

Wirtschaftliche und ökologische Aspekte bei der Rohrverbindungstechnik unter Einhaltung einer hohen Qualität und Zuverlässigkeit

Von Robert Eckert

Die Gewährleistung der Versorgungssicherheit basiert wesentlich auf der dauerhaften Zuverlässigkeit unserer unterirdischen Infrastruktur. Der Erfolg beweist, dass die richtigen technischen, wirtschaftlichen und organisatorischen Weichenstellungen erfolgt sind. Ausbildung, Produktqualität und Überwachung halten das erreichte, hohe Niveau aufrecht. Innovationen werden diesen eingeschlagenen Weg auch zukünftig tragen und fortführen. Weiterentwickelte Produkte und optimierte Verarbeitungsmethoden helfen z. B., Zeitbedarf und Kosten beim Einbau von PE-Rohrleitungssystemen zu reduzieren. Dabei gewinnt ein neuer Parameter stark an Einfluss auf Entscheidungsprozesse: die Bewertung der Umwelteinflüsse während der gesamten Nutzungsdauer von Rohrleitungen. Hier können Kunststoffrohrsysteme einen weiteren Trumpf ausspielen.

Erfahrungen mit unseren erdeingebauten Versorgungssystemen

Kunststoffe richtig eingesetzt helfen, nachhaltig unseren Lebensstandard zu erhalten und abzusichern, sowohl unter ökonomischen als auch ökologischen Gesichtspunkten.

Eine wichtige Aufgabe nehmen dabei Kunststoffrohrsysteme ein, die – meist unsichtbaren – Adern der unterirdischen Infrastruktur. „Sichtbar“ werden diese Adern bei einer Havarie oder beim Auswechseln von i.d.R. Rohrleitungssystemen aus anderen Werkstoffen, die schon das Ende ihrer wirtschaftlichen Nutzungsdauer erreicht haben. Verbunden damit sind verärgerte Kunden, die eine temporär eingeschränkte Versorgung akzeptieren müssen, Geschäftsleute klagen wegen Umsatzeinbußen und

Verkehrsteilnehmer sind frustriert, weil sie aufgrund von Staus und Verkehrsbehinderungen deutlich länger unterwegs sind.

Die Versorgung mit Energie – Gas oder Strom – und mit Trinkwasser in bester Lebensmittelqualität - zuverlässig, jederzeit verfügbar und bezahlbar – wird heute als selbstverständlich angesehen.

Die regelmäßig veröffentlichten Schadensstatistiken des DVGW (**Bild 1**) für die Gas- und Trinkwasserversorgung bilden die Zuverlässigkeit der Systeme ab und sind daher ein wichtiger Gradmesser.

Werkstoffwahl und Verbindungstechnik

Für Rohrsysteme bestätigt sich Polyethylen dabei als Werkstoff der ersten Wahl, nicht nur aufgrund der mit Abstand geringsten Schadensquoten, sondern auch durch seinen großen absoluten Anteil in unseren Leitungsnetzen und einem Erfahrungshintergrund von über 50 Jahren. Die Rohr-Verbindungstechnik spielt für diesen Erfolg eine wichtige Rolle. Die oft schlechten Erfahrungen mit mechanischen Verbindungen bei der Einführung von PE-Rohren führten dazu, dass die Schweißtechnik für den Praxiseinsatz auf der Baustelle weiterentwickelt und perfektioniert worden ist. Stärker denn je sind das Heiẘendelschweißverfahren und das Heizelementstumpfschweißverfahren als Verbindungstechniken gesetzt. Wesentliche Grundlagen des Erfolgs von PE-Rohrsystemen sind u. a. eine geregelte Aus- und Weiterbildung der Schweiẘer, ausgereifte Produkt- und Einbaunormen sowie die Überwachung in der Praxis. Durch die Zusammenarbeit von Anwendern, Industrie und Verbänden, Prüfinstituten und mit Unterstützung weiterer interessierter Kreise wird in Fachausschüssen dieser Fortschritt

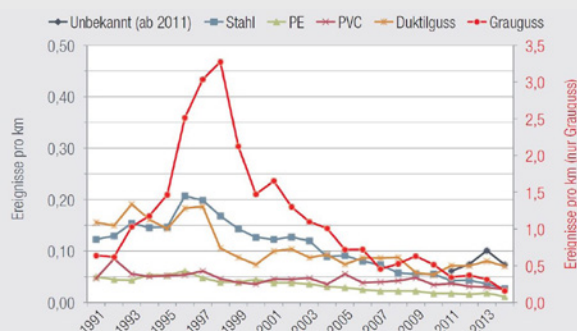


Bild 1: Laut „DVGW Bestands- und Ereignisdatenerfassung Gas1“ sind PE-Rohrleitungssysteme sehr zuverlässig

(Quelle: Bestands- und Ereignisdatenerfassung Gas – Ereignisse aus den Jahren 2011 bis 2014, energie / wasser-praxis 1/2016)

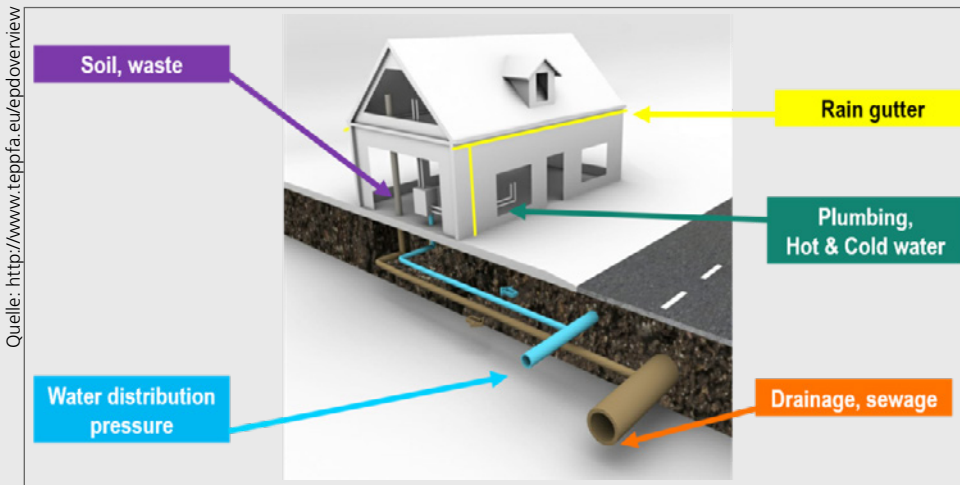


Bild 2: EPD-Analyse von Kunststoffrohrsystemen in verschiedenen Anwendungen

in technischen Regelwerken manifestiert, auf dieser Basis geschult und somit für die Praxis zugänglich gemacht.

Erforderliche Qualifikation für die Erstellung von Rohrverbindungen

Die Herstellung von Verbindungen an PE-Rohren erfordert eine entsprechende Qualifikation sowohl der Ausführenden, als auch der Überwachenden. Hierfür werden entsprechende Kriterien u. a. in den DVGW-Regelwerken (z. B. GW 301, GW 326, GW 330, GW 331) und DVS-Richtlinien (z. B. DVS 2212) definiert und die Ausbildung durch geeignete Stellen angeboten.

Sofern die Grundlagen nicht bereits in den entsprechenden Ausbildungsberufen vermittelt werden, müssen diese Kenntnisse zum Werkstoff, zur Handhabung der Komponenten und zu den Besonderheiten der jeweiligen Verbindungstechnik individuell vermittelt werden. Die Wissensgrundlagen für den PE-Schweißbereich wurden bereits vor Jahrzehnten aufgestellt, der technischen Entwicklung angepasst und stetig aktualisiert. Aktuell wird z. B. der Rohrwerkstoff Polyamid ergänzend zum Schulungsinhalt. Die Ausbildung nach GW 326 schließt nun eine Lücke für die Ausführenden mechanischer Verbindungstechniken. Da die Grundlagen des DVGW-Arbeitsblattes GW 330 auch hier gelten, kann die Ausbildung für mechanische Verbindungstechniken ergänzend oder als eigenständige Qualifikation erfolgen. Die Vielzahl der Angebote an mechanischen Verbindungstechniken, wie Klemm-, Quetsch-, Schraub- oder Steckverbindungen mit oft systemgebundenen Verarbeitungswerkzeugen, führt zu einer steigenden Komplexität der Anforderungen für den Anwender. Neben der Grundqualifikation, die die GW 326 zum Umgang mit PE-Rohren und der Handhabung mechanischer Verbindungselemente im Allgemeinen vermittelt, sind daher zusätzliche spezifische Produktschulungen der Anwender gefordert. Die erfolgreiche Durchführung dieser Maßnahmen muss entsprechend dokumentiert werden.

Bei der Entscheidung für eine Verbindungstechnik, die herstellereinspezifische Verarbeitungswerkzeuge erfordert, müssen die Vor- und Nachteile einer engen Bindung an nur einen Lieferanten gut abgewogen werden. Viele Unternehmen fordern heute die Freiheit, ihren Bedarf aus unterschiedlichen Bezugsquellen decken zu können.

Umwelt-Produktdeklaration und Ökobilanz von Kunststoffrohrsystemen

Eine Umwelt-Produktdeklaration (EPD = Environmental Product Declaration) ist ein genormtes Verfahren über die Mitteilung der Ergebnisse aus der Ökobilanz/LCA (Life Cycle Assessment). Die EPD erlaubt es dem Anwender, die umweltrelevanten Auswirkungen eines Rohrsystems beurteilen zu können. Sie gestattet auch den Vergleich mit alternativen Produkten auf derselben Systemebene (Erdverlegung, Gebäudeinstallation usw.).

Im Rahmen eines EPD-Projekts wurden die Umweltauswirkungen von Kunststoffrohrsystemen in verschiedenen Anwendungen (**Bild 2**) analysiert. Das wesentliche Ziel bestand darin, Transparenz über die ökologischen Auswirkungen von bestimmten Rohrsystemanwendungen im Laufe ihres Lebenszyklus zu schaffen. Die Untersuchungen wurden durch Teppfa (The European Plastic Pipes and Fittings Association) in Auftrag gegeben und veröffentlicht. In deutscher Sprache können die Ergebnisse auf der Homepage des Kunststoffrohrverbandes KRV eingesehen und heruntergeladen werden.

Ökobilanzierung (LCA) bezeichnet eine international anerkannte und nach ISO 14040/44 standardisierte Methode, bei der für Produkte, Prozesse und/oder Systeme die Input- und Output-Flüsse sowie die potentiellen Umweltwirkungen zusammengestellt und beurteilt werden. Dabei werden verschiedene Umweltaspekte im Verlauf des Lebensweges beleuchtet, von der Gewinnung der primären Rohstoffe bis hin zu den verschiedenen „End-of-life“ Optionen am Ende der Nutzungsdauer.

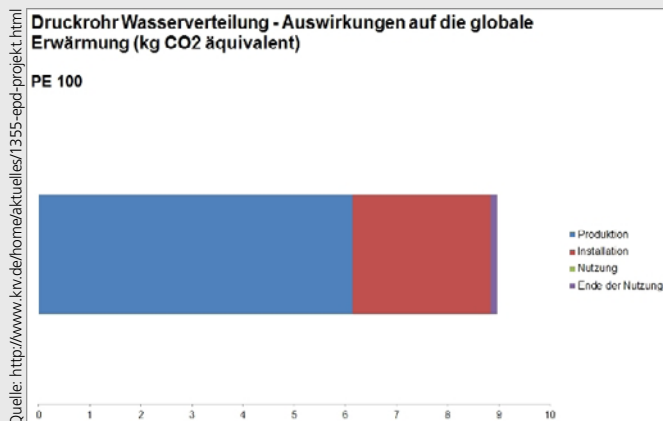


Bild 3: Ökobilanz am Beispiel Treibhauspotenzial (kg CO₂ Äquivalente): Die Auswirkungen der vier Phasen des Produktzyklus, Produktion – Installation – Nutzung – Ende der Nutzung



Bild 4: Ein Brennstoffzellenkraftwerk versorgt FRIATEC mit sauberer Wärme und Energie

In der Ökobilanz werden die Umweltauswirkungen eines Systems nach sechs Wirkungskategorien unterteilt: Ressourcenabbau, Versauerungspotential, Eutrophierungspotential, Treibhauspotential (**Bild 3**), Ozonabbaupotential und Sommersmogpotential. Im Ergebnis zeigt sich der Einsatz von Kunststoffrohrsystemen in allen Bereichen gegenüber anderen Werkstoffen als überlegen und mit einer höheren Umweltfreundlichkeit. Details zu den Methoden und Untersuchungsergebnissen sind auf den Homepages von KRV und Teppfa verfügbar.

Beispiel: Wirkungskategorie Treibhauspotential

Die Funktionseinheit wird hier definiert als „erdverlegtes Leistungssystem zum Transport von Trinkwasser über eine Entfernung von 100 m vom Wasserwerk bis zur Wasseruhr im Gebäude“. Folgende Eigenschaften beschreiben das System: Dimension d110 mm / PE 100 / SDR 17, Länge 100 m, Formstücke (HM und HS), Betriebsparameter: Durchfluss 0,5 bis 2,0 m/s, Nutzungszeit: 100 Jahre, relevante Regelwerke: DIN EN 12201 / DIN EN 805.

Wie verbessert die Industrie ihre Ökobilanz?

Viele Unternehmen der kunststoffverarbeitenden Industrie haben sowohl ein Umweltmanagement nach ISO 140014 als auch das Energiemanagement nach ISO 500015 zertifiziert. Damit stehen sie in der Verpflichtung, zu diesen Themen die Vorgänge im eigenen Unternehmen kritisch zu hinterfragen, Ziele zu definieren, Prozesse stetig zu verbessern und die Ergebnisse hieraus zu dokumentieren.

Für Rohrsysteme aus Kunststoffen wurde eine gute Umweltverträglichkeit nachgewiesen. Dennoch hinterlässt deren Produktion einen massiven „Footprint“ in der Bilanz (**Bild 3**). Die produzierende Industrie leistet daher verschiedene Beiträge, um die Umweltverträglich im Produktionsprozess zu verbessern. Energierückgewinnung, z. B. durch Nutzung der Prozessabwärme oder der Einsatz

grüner Energie, u. a. Erdwärme und Nutzung, bzw. Erzeugung von Solarstrom, beeinflussen die Ökobilanz positiv. Nicht unerwähnt bleiben darf die Recyclingfähigkeit von Kunststoffrohrsystemen. Der Kunststoffrohrverband fördert z. B. ein Sammel- und Wiederverwertungssystem.

Praxisstudie: FRIATEC reduziert CO₂-Emissionen um 3000 Tonnen pro Jahr

Die FRIATEC AG in Mannheim nutzt seit 2016 zur Deckung eines Großteils des Energiebedarfs des Unternehmens ein Brennstoffzellenkraftwerk (**Bild 4**). Die erste europäische Brennstoffzelle im Megawatt-Leistungsbereich liefert praktisch schadstofffrei Wärme und Strom. Während des verbrennungslosen Prozesses fallen nahezu keine Schadstoffe an. Der Einsatz der Brennstoffzelle ermöglicht es, die CO₂ Emissionen um rund 3.000 Tonnen pro Jahr zu reduzieren. Das entspricht dem CO₂-Ausstoß von ca. 250.000 Mittelklassewagen auf 100 km.

Dreh- und Angelpunkt im Hinblick auf Energieverbrauch und Ressourcenbedarf ist natürlich das Produkt-Design. Die Entwicklung neuer Produkte verfolgt daher mit höchster Priorität einen sparsamen und verantwortungsbewussten Umgang mit Ressourcen. „Wie lässt sich die geforderte Produktfunktion im System sowohl durch die Produktgestaltung als auch bei der Installation ökonomisch und ökologisch realisieren?“ ist die drängende Frage in den Entwicklungsabteilungen der Unternehmen. Dabei darf die Produktsicherheit hinsichtlich der Verarbeitung und der Zuverlässigkeit des Produkts im Einsatz nicht in Frage gestellt werden. Durch intelligente Konstruktion gelingt es, den Einsatz an Rohstoffen deutlich zu reduzieren. Druckklassengerechte Gestaltung optimiert den Werkstoffeinsatz und reduziert den Energieverbrauch in der Produktion, der Ersatz von vor allem metallenen Komponenten durch Kunststoffbauteile verbessert die Ökobilanz entscheidend.

Tabelle 1: Schweißzeiten verschiedener HM-Formstücke im Vergleich, Status 11/2017

Dimension	FRIATEC	Fabrikat X	Fabrikat Y	Fabrikat Z
	HM-Muffe: Schweißzone mit Heizwendel...			
D / SDR11	...Freiliegend	...Verdeckt	...Verdeckt	...Verdeckt
Schweißzeit [sec], (nominal, 23°C)				
d32	21	48	39	30
d50	36	61	65	120
d63	40	71	Keine Daten	60
d110	120	200	170	200
d225	485	Keine Daten	613	440
d630, SDR17	2 x 850 + Vorwärmung	2 x 2100	Keine Daten	Keine Daten
HM-Anbohrarmatur: Schweißzone mit Heizwendel				
	Freiliegend	Verdeckt	Verdeckt	Verdeckt
d110/32	140	170	230	70

Rohrleitungssysteme: Produkte für die Praxis – Was ist relevant?

Durch die Neugestaltung von Produkten und die Entwicklung neuer Verarbeitungsmethoden lassen sich z. B. Montageprozesse auf der Baustelle vereinfachen. Mögliche Montagefehler werden ausgeschlossen oder der Zeitbedarf für die Erstellung einer Rohrverbindung, bzw. zur Erstellung eines Systems, z. B. des Hausanschlusses, lassen sich deutlich reduzieren.

Bei PE-Rohrsystemen werden Hausanschlüsse zum allergrößten Teil mit Heizwendelschweißtechnik eingebunden. Das Heizelementstumpfschweißen ist hier weder wirtschaftlich noch von der Handhabung her sinnvoll einsetzbar.

Die Bauteilkosten machen den Einsatz mechanischer Verbindungstechnik oft wenig attraktiv. Einheitliche oder standardisierte Verarbeitungsvorgaben fehlen. Einige Verfahren erfordern spezifisches Sonderwerkzeug. Da ein Systemstandard fehlt, ist auch das Zusammenspiel verschiedener Komponenten normativ nicht gewährleistet, z. B. hinsichtlich der Kombination von Rohrstützenlänge und Fitting-Einstecktiefe.

Aufgrund der starken Nachfrage der vergangenen Jahre zum einen, zum anderen wegen gesunkener Herstellkosten durch ausgereifte Produktionsprozesse oder dem Einsparpotential durch spezifische Problemlösungen sind Heizwendelschweiß-Formstücke heute auch in großen Dimensionen interessant. Die geringen Kosten für die Herstellung einer Rohrverbindung sowohl hinsichtlich des Materials, als auch des Arbeitsaufwands durch optimierte Montagezeiten, in Verbindung mit hoher Zuverlässigkeit des Verfahrens führen dazu, dass auch in großen Durchmesserbereichen das Heizwendelschweißen zum Einsatz kommt.

PE als Isolator gibt Wärme nur verzögert wieder ab. Bei Heizelement-Stumpfschweißungen muss der Fügedruck über die gesamte Abkühlzeit durch die Einspannung der Rohrenden in der Schweißmaschine erhalten und nach-

geregelt werden. Die Abkühlzeiten nehmen daher im HS-Fügeprozess einen großen Zeitanteil ein und blockieren währenddessen die Schweißmaschine. Im Gegensatz hierzu erfolgt die Abkühlung bei HM unabhängig vom Schweißgerät. Daher ist das Schweißgerät unmittelbar nach Ablauf der Schweißzeit für die nächste Verbindung einsatzbereit. Mit dem Zeitbedarf, der für eine einzige HS-Schweißung erforderlich ist, lassen sich meist mehrere HM-Schweißungen in Reihe herstellen [1]

Insbesondere Heizwendelschweißfittings mit freiliegender Heizwendel [2] zeigen ihr Potential, sowohl hinsichtlich der Montagezeit als auch des erforderlichen Energiebedarfs. Unmittelbar mit Start des Schweißvorgangs erfolgt eine direkte Wärmeübertragung der unverdeckten, freiliegenden Heizwendel im Formstück auf den Fügepartner. Dessen Rohroberfläche wird damit sofort für die Schweißung aktiviert. Im Gegensatz dazu muss bei Formstücken mit verdeckten Heizleitern zunächst die PE-Schicht durchwärmt werden, dann erfolgt erst die Wärmeübertragung auf den Fügepartner. Die Eigenschaft von PE, ein hervorragender Isolator zu sein, ist hier kontraproduktiv, führt zur Verzögerung und deutlich höherem Energiebedarf für den Vorgang.

Praxisbeispiel: Re-Design einer Anbohrarmatur

Viel Erfahrung aus über zwei Jahrzehnten Praxiseinsatz der FRIALEN-Druckanbohrarmatur sind eingeflossen bei der Gestaltung einer Druckanbohrarmatur der nächsten Generation (**Bild 5**). Die neue Ausführung soll die Eigenschaften der bisherigen Version komplett abbilden, zusätzlich aber eine einfache und fehlerneutrale Sattelmontage ermöglichen


Bild 5: Die Druckanbohrarmatur der nächsten Generation



Bild 6: Anwenderfreundlich: Ein universeller Anbohrschlüssel für alle Dimensionen

und kurze Bearbeitungszeiten bieten. Die Priorisierung ökologischer Aspekte fordert zudem optimierten Materialeinsatz, Substitution von Metallkomponenten und einen reduzierten Energiebedarf während der Installationsphase.

Eine simple Erleichterung besteht z. B. durch ein vereinheitlichtes Anbohrwerkzeug (**Bild 6**), das als universell einsetzbarer Sechskantschlüssel alle Dimensionen abdeckt und oft bereits im Werkzeugkoffer des Monteurs zu finden ist. Ein bedeutender Vorteil liegt in der Umsetzung der werkzeugfreien Sattelmontage. Durch den Schnellspannmechanismus erfolgt die Montage mit nur einem Handgriff und ohne zusätzliches Werkzeug. Und zwar so, dass Fehler bei der Montage praktisch ausgeschlossen werden können (**Bild 7**). Durch die Flexibilität der Unterschelle

wird der Sattel automatisch korrekt aufgespannt. Auch große Rohrtoleranzen, insbesondere bei durch Innen- druck geweiteten Wasser-Rohrleitungen, werden durch die Elastizität der Spannschelle in weiten Bereichen direkt abgedeckt.

Freiliegende Heizwendeln als Konstruktionsprinzip der Fügezone am Sattel führen aufgrund der direkten Wärmeübertragung auf den Fügepartner zu kurzen Schweißzeiten. Kurze Schweißzeiten erfordern weniger Schweißenergie und geringere Laufzeiten des Generators. Weniger Schweißenergie erfordert kürzere Abkühlzeiten. Der Energiebedarf für die Verarbeitung des Heizwendel-Sattelformstücks konnte mit der neuen Ausführung deutlich reduziert werden. Damit wird die Abkühlzeit, die vor der Anbohrung der Hauptleitung einzuhalten ist, so kurz, dass praktisch ohne Haltezeiten der komplette Hausanschluss installiert und in Betrieb genommen werden kann.

Praxisbeispiel: Hausanschluss, die Verbindung zwischen der Verteilerleitung und dem Gebäude

Hausanschlussleitung bestehend aus:

- » Für Gas (**Bild 8**): Anbohrarmatur DAA d 110/32, Rohrverbindung FRIASTOPP mit integriertem Gasströmungswächter, HM-Muffe UB d 32, Rohr d 32, Gas-Hauseinführung.
- » Für Trinkwasser: Druckanbohrventil DAV d 110/32, 2 x HM-Muffe UB d 32, Rohr d 32, MUN d 32 für Anschluss an Zählerverschraubung.

Montagezeit für HM-Schweißverfahren (Angabe FRIATEC)	Montagezeit für Mech. Verbindungstechnik (Angabe Hersteller)**
d110/32: 23 Min. d160/32: 35 Min. d225/32: 35 Min.	d110/32: z.B. 29 Min.
* Zeitermittlung durch dokumentierte Erstellung HAL / Video ** Zeitbedarfs-Wert zitiert aus einer Produktvorstellung	



Bild 7: Einfache Handhabung: Der innovative Schnellspannmechanismus der DAA mit dem roten Hebel macht zusätzliches Montagewerkzeug überflüssig und sorgt für einen korrekten Sitz der Armatur

Es ergibt sich kein signifikanter Vorteil beim Einsatz unterschiedlicher Verbindungstechniken für die Erstellung eines Hausanschlusses.

Fazit

Ziel ist es, eine langlebige und zuverlässige, unterirdische Infrastruktur zu betreiben.

Am Beispiel der neuen Druckanbohrarmatur FRIALEN DAA versucht dieser Beitrag aufzuzeigen, wie im Zuge der Produktentwicklung von Heizwendel-Formstücken ein ganzheitliches Anforderungsprofil hierfür abgebildet werden kann. Hierzu zählen

- » die normungstechnischen Grundlagen,
- » die Anforderungen an die Qualifikation und Ausbildung für den Einbau,
- » Vorgaben für den Einbau, Verlegerichtlinien, Montageanleitungen
- » die Definition eines Produkthanforderungsprofils unter besonderer Berücksichtigung der geforderten Funktion und Dauerhaftigkeit, der Ökobilanz, hinsichtlich der eingesetzten Ressourcen, des erforderlichen Energieverbrauchs und der Nutzung „sauberer“ Energie, der Anpassung der ökonomischen Kriterien bei der Produktgestaltung, einer einfachen, fehlerneutralen Montage sowie einer zeitsparenden Verarbeitung auf der Baustelle.

Diese Anforderungen wurden erreicht. Die Grundlagen stimmen, die Handhabung des Produkts ist einfach, die Verarbeitung zeitsparend. Das Anforderungsprofil stimmt mit der Praxiserwartung überein. Darüber hinaus werden die ehrgeizigen ökologischen Vorsätze nicht nur im Hinblick auf die Produktgestaltung, sondern auch durch einen geringeren Energiebedarf erfüllt. Richtungsweisend ist die praktisch emissionsfreie Deckung des Energiebedarfs durch die Nutzung einer sauberen Quelle, dem Brennstoffzellenkraftwerk.

Literatur

- [1] Eckert, Robert: Heizwendelschweißtechnik als Mittel zur Kostenreduzierung im Rohrleitungsbau? Energie Wasser Praxis 6/2001
- [2] Eckert, Robert, Verbindungstechnik für PE-Rohre, 3R international 4/2003
- [3] Einbauhinweise A 1465: Druckrohrleitungen, Gas-, Wasser. Und Abwasserleitungen außerhalb von Gebäuden, KRV, Fachverband der Kunststoffrohr-Industrie, 09/2016
- [4] Montageanleitung: FRIALEN®-Hausanschluss- und Verteilerleitungen bis d225
- [5] DVGW-Arbeitsblatt GW 301 „Unternehmen zur Errichtung, Instandsetzung und Einbindung von Rohrleitungen - Anforderungen und Prüfungen“ (2011-10)
- [6] DVGW-Arbeitsblatt GW 326 „Mechanisches Verbinden von PE-Rohren in der Gas- und Wasserverteilung (Rohrnetz) – Fachkraft und Fachaufsicht – Anforderungen und Qualifikation“ (2017-07)
- [7] DVGW-Arbeitsblatt GW 330 „Schweißen von Rohren und Rohrleitungsteilen aus Polyethylen (PE 80, PE 100 und PE-Xa) für Gas- und Wasserleitungen; Lehr- und Prüfplan (2000-11)



Bild 8: Typische Gas-Hausanschlussleitung mit Druckanbohrarmatur DAA, FRIASTOPP Langmuffe mit integriertem Gas-Strömungswächter und der Anschlussleitung d32, PE100/SDR11

- [8] Merkblatt GW 331 „Schweißaufsicht für Schweißarbeiten an Rohrleitungen aus PE-HD für die Gas- und Wasserversorgung; Lehr- und Prüfplan“ (1994-10)
- [9] DVS 2212-1 „Prüfung von Kunststoffschweißern – Prüfgruppen I und II“ (2015-12)
- [10] ISO 14001 „Umweltmanagementsysteme – Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung“ (2015-09)
- [11] DIN EN ISO 14040 „Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen“ (2009-11)
- [12] DIN EN ISO 14044 „Umweltmanagement – Ökobilanz – Anforderungen und Anleitungen“ (2006-10)
- [13] ISO 50001 „Energiemanagementsysteme – Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung“ (2011-06)

SCHLAGWÖRTER: Ökobilanz für Kunststoffrohrsysteme, Wirtschaftlichkeit durch kurze Einbauzeiten, Brennstoffzelle, Hausanschlussleitung

AUTOR



Dipl. Ing. **ROBERT ECKERT**
 Friatec AG, Mannheim
 Tel. +49 621 4862214
 reckert.friatec@alixaxis.com