

Zertifizierungsprogramm ZP 8106
der DVGW CERT GmbH, Bonn

Ergänzungsprüfungen an Kunststoff-
Rohren für den Transport und die
Verteilung gasförmiger Brennstoffe
mit einem Wasserstoffgehalt
von bis zu 100 Vol.-%

0	Zweck	3
1	Zertifizierungsverfahren	4
2	Akkreditierungen	4
3	Zeichen	4
3.1	Zertifizierungszeichen	4
3.2	Verwendungshinweis	4
4	Art des Zertifikats und des Prüfverfahrens	5
5	Geltungsbereich	5
6	Prüfstellen	7
7	Anforderungen	7
7.1	Allgemeine Anforderungen:	7
7.2	Wasserstoffspezifische Anforderungen	7
7.2.1	Beständigkeit gegenüber Wasserstoff	7
7.2.2	Gasdurchlässigkeit der Rohrwandung	7
8	Wasserstoffspezifische Prüfungen und Nachweise	7
9	Kennzeichnung	8
10	Mitgeltende Dokumente	8
11	Geltungsdauer	9
12	Anhang A Literaturstellen	10
13	Anhang B Prüfgrundlage	16

	Zertifizierungsprogramm ZP 8106 Ergänzungsprüfungen an Kunststoffrohren für den Transport und die Verteilung gasförmiger Brennstoffe mit einem Wasserstoffgehalt von bis zu 100 Vol.-%	58106.100-01-N-DE	
		Dok.-Art	ZP
		Verfasser	DVGW CERT GmbH
		Stand	12.03.2024

0 Zweck

In diesem Zertifizierungsprogramm (ZP) werden Anforderungen und Ergänzungsprüfungen beschrieben, um neue, in Verkehr zu bringende Kunststoffrohre für den Transport und die Verteilung gasförmiger Brennstoffe mit einem Wasserstoffgehalt von bis zu 100 Vol.-% zu qualifizieren.

Dieses Dokument bezieht sich dabei auf die im DVGW Arbeitsblatt G 260 (Ausgabestand 2021-09) definierten Gase der 2. Gasfamilie (methanreiche Gase) und der 5. Gasfamilie (Wasserstoff) sowie Mischungen dieser Gase.

Voraussetzung für die Zertifizierung nach dieser Grundlage ist eine *bestehende oder beantragte „Basis-Zertifizierung“* des Rohres für den Anwendungsbereich Erdgas nach einer der nachfolgend genannten werkstoffspezifischen Normen:

- PE-Rohre nach DIN EN 1555, Teil 2,
- Rohre aus PE 80 und PE 100 nach DVGW GW 335-A2,
- Rohre aus PE-Xa nach DVGW Arbeitsblatt GW 335-A3,
- Rohre aus PE-Xb und PE-Xc nach DVGW VP 640,
- PE-Mehrschichtrohre mit Verstärkung (PE gestreckt) nach DVGW GW 335-A5,
- PA-U Rohre nach DIN EN ISO 16486, Teil 2,
- Rohre aus PA-U 160 und PA-U 180 nach DVGW Arbeitsblatt GW335-A6.

Die Basis-Zertifizierung für den Anwendungsbereich Erdgas und die ergänzende Zertifizierung der Wasserstoffeignung erfolgt durch die DVGW CERT GmbH.

Ausgehend von der Basis-Zertifizierung für den Anwendungsbereich Erdgas, deckt dieses Zertifizierungsprogramm die Zusatzerfordernisse hinsichtlich der Wasserstoffeignung des Bauteiles ab, die bisher in den Produkt- und Prüfnormen nicht oder nicht vollständig beschrieben sind.

Dieses ZP findet so lange Anwendung, bis die beschriebenen Ergänzungsprüfungen zur Wasserstoffeignung in den vorgenannten werkstoffspezifischen Regelwerken der Basiszertifizierung oder in Prüfnormen geregelt worden sind.

Die Basis für dieses Zertifizierungs- und Prüfprogramm sind zum einen durchgeführte DVGW-Forschungsprojekte (z.B. G 201205 [1], G 201615 [2], G 201824 [3], G 202138 [4], G 202021), Industrieforschung und auch die vielfältige Literatur zur Wasserstoffverwendung in der Chemie und Industrie (z.B. Marchi et al. [5], NASA-Schriftenreihe [6]).

Literaturverzeichnis

- [1] Dörr, H., Kröger, P., Nitschke-Kowsky, P., Senner, J., Tali, E., Feldpausch-Jägers, S., „Untersuchungen zur Einspeisung von Wasserstoff in ein Erdgasnetz - Auswirkungen auf den Betrieb von Anwendungen im Bestand, auf Gas-Plus-Technologien und auf Verbrennungsregelungsstrategien“, DVGW G 201205, DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V. Technisch-wissenschaftlicher Verein, Bonn, 2016.
- [2] Scholten, F., Dörr, H., Werschy, M., „Mögliche Beeinflussung von Bauteilen der Gasinstallation durch Wasserstoffanteile im Erdgas unter Berücksichtigung der TRGI“, DVGW 201615, DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V. Technisch-wissenschaftlicher Verein, Bonn, 2018.
- [3] Köppel, W., Mörs, F., Hüttenrauch, J., Burmeister, F., „Entwicklung einer Roadmap zur Umsetzung des DVGW-Energie-Impulses bis zum Jahr 2050“, DVGW G 201824, DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V. Technisch-wissenschaftlicher Verein, Bonn, 2023.

	Zertifizierungsprogramm ZP 8106 Ergänzungsprüfungen an Kunststoffrohren für den Transport und die Verteilung gasförmiger Brennstoffe mit einem Wasserstoffgehalt von bis zu 100 Vol.-%	58106.100-01-N-DE	
		Dok.-Art	ZP
		Verfasser	DVGW CERT GmbH
		Stand	12.03.2024

- [4] Anghilante, R., Bhagwan, R., Dörr, H., Burmeister, F., Joormann, N., Oberschelp, L., Tali, E., „Experimentelle Charakterisierung der Leckraten von Prüflecks mit Wasserstoff und/oder Methan-Gasmischungen gegenüber Luft“, DVGW G 202138, DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V. Technisch-wissenschaftlicher Verein, Bonn, 2023
- [5] C. S. Marchi, B. P. Somerday, Technical Reference for Hydrogen Compatibility of Materials, Sandia Report SAND2012-7321 (unlimited release), (2012)
- [6] NASA, SAFETY STANDARD FOR HYDROGEN AND HYDROGEN SYSTEMS, Guidelines for Hydrogen System Design, Materials Selection, Operations, Storage, and Transportation, Report NSS 1740.16 (1997)

1 Zertifizierungsverfahren

Produkte Gas, nationale DVGW-Zertifizierung (europäisch nicht harmonisierter Bereich)

2 Akkreditierungen

Für das Verfahren besteht eine Akkreditierung Nr. D-ZE-16028-01 bei der „Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH“ (DAkkS), Berlin.

3 Zeichen

3.1 Zertifizierungszeichen

DVGW- bzw. DIN-DVGW-Zertifizierungszeichen Produkte Gas



Registriernummernschema:

DG-8106DN0001 bzw. NG-8106DN0001

DG = DVGW-Zertifizierungszeichen Gas,

NG = DIN-DVGW-Zertifizierungszeichen Gas,

8106 = Produktcode, DN = 2022, 0001 = lfd. Nr.

3.2 Verwendungshinweis



Anmerkung: Das H₂-Ready-Zeichen der DVGW-CERT GmbH hat keinen direkten Bezug zu den in diesem ZP beschriebenen Prüfungen. Das H₂-Ready-Zeichen ist ein Hinweis auf die Einsatzmöglichkeit des Produktes mit Erdgas-H₂-Gemischen bzw. reinem Wasserstoff.

	Zertifizierungsprogramm ZP 8106 Ergänzungsprüfungen an Kunststoffrohren für den Transport und die Verteilung gasförmiger Brennstoffe mit einem Wasserstoffgehalt von bis zu 100 Vol.-%	58106.100-01-N-DE	
		Dok.-Art	ZP
		Verfasser	DVGW CERT GmbH
		Stand	12.03.2024

4 Art des Zertifikats und des Prüfverfahrens

Die Zertifizierung für den Anwendungsbereich Erdgas wird entsprechend diesem ZP um die Wasserstoffeignung des Bauteils erweitert. Dabei bleibt die Laufzeit der Baumusterprüfbescheinigung der Erdgasanwendung sowie ihr Registriernummernschema der Zertifizierungen unverändert.

5 Geltungsbereich

Gegenstand der Zertifizierung sind wasserstoffspezifische Ergänzungsprüfungen an Kunststoffrohren mit bestehender oder beantragter Zertifizierung für den Anwendungsbereich Erdgas. Die Produktcodes der Kunststoffrohre im Geltungsbereich dieses ZP enthalten die nachfolgenden Tabellen.

Tabelle 1: Produktcodes von Kunststoffrohren aus Polyethylen

Produkt-code	Produktart / Gruppe / Außendurchmesser D	Prüfgrundlage
8106 8111 8116	Druckrohre (Monolayer) aus PE 80 und PE 100 in der Gasverteilung - Erzeugnisgruppe 43 / $D \leq 63$ mm - Erzeugnisgruppe 44 / $75 \text{ mm} \leq D \leq 225$ mm - Erzeugnisgruppe 45 / $D \geq 250$ mm	DVGW GW 335-A2 DVGW GW 335-A2-B1 (Kunststoff-Rohrleitungssysteme in der Gasverteilung – Rohre aus PE 80 und PE 100)
8118 8123 8128	Druckrohre aus PE 80 und PE 100 mit integrierten Schichten (Multilayer) in der Gasverteilung - Erzeugnisgruppe 43 / $D \leq 63$ mm - Erzeugnisgruppe 44 / $75 \text{ mm} \leq D \leq 225$ mm - Erzeugnisgruppe 45 / $D \geq 250$ mm	
8160 8162 8164	Druckrohre aus PE 80 und PE 100 mit additiven Schichten (Protective Layer) in der Gasverteilung - Erzeugnisgruppe 43 / $D \leq 63$ mm - Erzeugnisgruppe 44 / $75 \text{ mm} \leq D \leq 225$ mm - Erzeugnisgruppe 45 / $D \geq 250$ mm	
8107 8112 8171 8174	PE-Rohre (Monolayer) mit Identifizierungsstreifen für die Gasversorgung - Fertigungsgruppe 1 / $D < 75$ mm - Fertigungsgruppe 2 / $75 \text{ mm} \leq D < 250$ mm - Fertigungsgruppe 3 / $250 \text{ mm} \leq D < 750$ mm - Fertigungsgruppe 4 / $710 \text{ mm} \leq D \leq 800$ mm	DIN EN 1555-2 DIN CEN/TS 1555-7 (Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Gasversorgung – Polyethylen (PE))
8108 8113 8172 8175	PE-Rohre mit koextrudierten Schichten (Multilayer) für die Gasversorgung - Fertigungsgruppe 1 / $D < 75$ mm - Fertigungsgruppe 2 / $75 \text{ mm} \leq D < 250$ mm - Fertigungsgruppe 3 / $250 \text{ mm} \leq D < 750$ mm - Fertigungsgruppe 4 / $710 \text{ mm} \leq D \leq 800$ mm	

Produkt-code	Produktart / Gruppe / Außendurchmesser D	Prüfgrundlage
8109	PE-Rohre mit abziehbarer zusätzlicher thermoplastischer Schicht (Protective Layer) für die Gasversorgung - Fertigungsgruppe 1 / $D < 75$ mm	
8114	- Fertigungsgruppe 2 / $75 \text{ mm} \leq D < 250$ mm	
8173	- Fertigungsgruppe 3 / $250 \text{ mm} \leq D < 750$ mm	
8176	- Fertigungsgruppe 4 / $710 \text{ mm} \leq D \leq 800$ mm	

Tabelle 2: Produktcodes von Kunststoffrohren aus vernetztem Polyethylen und weichmacherfreiem Polyamid

Produkt-code	Produktart / Gruppe / Außendurchmesser D	Prüfgrundlage
8440	Rohre aus PE-Xa in der Gasverteilung - Erzeugnisgruppe 461 / $D \leq 63$ mm	DVGW GW 335-A3 (Kunststoff-Rohrleitungssysteme in der Gasverteilung – Rohre aus PE-Xa)
8441	- Erzeugnisgruppe 462 / $75 \text{ mm} \leq D \leq 225$ mm	
8442	- Erzeugnisgruppe 463 / $D \geq 250$ mm	
8445	Rohre aus PE-Xb in der Gasverteilung - Erzeugnisgruppe 461 / $D \leq 63$ mm	DVGW VP 640 (Kunststoff-Rohrleitungssysteme in der Gasverteilung – Rohre aus PE-Xb und PE-Xc)
8446	- Erzeugnisgruppe 462 / $75 \text{ mm} \leq D \leq 225$ mm	
8447	- Erzeugnisgruppe 463 / $D \geq 250$ mm	
8450	Rohre aus PE-Xc in der Gasverteilung - Erzeugnisgruppe 461 / $D \leq 63$ mm	DVGW GW 335-A5 (Kunststoff-Rohrleitungssysteme in der Gasverteilung – PE-Mehrschichtrohre mit Verstärkung, PE gestreckt)
8451	- Erzeugnisgruppe 462 / $75 \text{ mm} \leq D \leq 225$ mm	
8452	- Erzeugnisgruppe 463 / $D \geq 250$ mm	
8460	PE-Mehrschichtrohre mit Verstärkung, (PE gestreckt) in der Gasverteilung	
8470	Rohre aus PA-U 160 und PA-U 180 in der Gasverteilung - Erzeugnisgruppe 43 / $D \leq 63$ mm	DVGW GW335-A6 (Kunststoff-Rohrleitungssysteme in der Gasverteilung – Rohre aus PA-U 160 und PA-U 180)
8471	- Erzeugnisgruppe 44 / $75 \text{ mm} \leq D \leq 225$ mm	
8472	- Erzeugnisgruppe 45 / $D \geq 250$ mm	
8473	PA-U Rohre für die Gasversorgung - Fertigungsgruppe 1 / $16 \leq D \leq 63$ mm	DIN EN ISO 16486-2 ISO/TS 16486-7 Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Gasversorgung - Rohre aus weichmacherfreiem Polyamid, PA-U)
8474	- Fertigungsgruppe 2 / $63 \text{ mm} < D \leq 225$ mm	
8478	- Fertigungsgruppe 3 / $225 \text{ mm} < D \leq 630$ mm	

	Zertifizierungsprogramm ZP 8106 Ergänzungsprüfungen an Kunststoffrohren für den Transport und die Verteilung gasförmiger Brennstoffe mit einem Wasserstoffgehalt von bis zu 100 Vol.-%	58106.100-01-N-DE	
		Dok.-Art	ZP
		Verfasser	DVGW CERT GmbH
		Stand	12.03.2024

6 Prüfstellen

Nach EN ISO/IEC 17025 für die betreffenden Prüfgrundlagen akkreditierte und an die DVGW CERT GmbH vertraglich gebundene Prüfstellen.

7 Anforderungen

7.1 Allgemeine Anforderungen:

Für das Rohr muss eine Zertifizierung der DVGW CERT GmbH für den Anwendungsbereich Erdgas (Gasversorgung bzw. Gasverteilung) nach einer der in Absatz 1 genannten werkstoffspezifischen Normen, DVGW-Arbeitsblättern oder DVGW VPs bestehen oder beantragt sein.

7.2 Wasserstoffspezifische Anforderungen

7.2.1 Beständigkeit gegenüber Wasserstoff

Die Werkstoffe und Materialien des Kunststoffrohres müssen beständig gegen gasförmigen Wasserstoff sein. Die im Kunststoffrohr verarbeiteten Werkstoffe sind zu benennen und durch Abnahmeprüfzeugnisse 3.1 nach DIN EN 10204 zu belegen. Die Beständigkeit gegenüber gasförmigen Brennstoffen ist durch Herstellererklärungen oder Prüfberichte nachzuweisen. Anhang A enthält eine Auswahl von Literaturstellen, die zum Nachweis der Wasserstoffeignung von Kunststoffen herangezogen werden können. Darüber hinaus wird auf die Werkstofftabellen in DIN EN ISO 11114-2 verwiesen.

7.2.2 Gasdurchlässigkeit der Rohrwandung

Die Gaspermeabilität wird optional als zusätzlicher Bauteilkennwert ohne Festlegung eines Grenzwertes prüftechnisch ermittelt. Dieser Kennwert dient dem Anwender als Hilfestellung hinsichtlich der Auswahl des Rohrwerkstoffes, der Rohrkonstruktion und der Abschätzung des Gasverlustes bei Wasserstoffanwendungen.

8 Wasserstoffspezifische Prüfungen und Nachweise

Zusätzlich zu den in den genannten Regelwerken (Normen, DVGW-Arbeitsblätter, DVGW VPs) definierten Prüfungen für den Anwendungsbereich Erdgas, sind die in Tabelle 3 genannten Nachweise zu erbringen bzw. wasserstoffspezifische Prüfungen durchzuführen. Die Zusatzprüfungen und Nachweise berücksichtigen, dass die Kunststoffrohre mit unterschiedlichen Wasserstoffkonzentrationen zwischen 0 und 100 % betrieben werden können.

	Zertifizierungsprogramm ZP 8106 Ergänzungsprüfungen an Kunststoffrohren für den Transport und die Verteilung gasförmiger Brennstoffe mit einem Wasserstoffgehalt von bis zu 100 Vol.-%	58106.100-01-N-DE	
		Dok.-Art	ZP
		Verfasser	DVGW CERT GmbH
		Stand	12.03.2024

Tabelle 3: Wasserstoffspezifische Prüfungen und Nachweise

Nr.	Anforderungen	Prüfgrundlage	Nachweis	Bemerkung
1	Werkstoff- und Materialbeständigkeit des Bauteils	Literaturstellen zur Wasserstoffeignung in Anhang A	Herstellereklärung oder Prüfbericht + Abnahmeprüfzeugnisse 3.1 nach DIN EN 10204 der Rohstoffchargen	erforderliche Erklärung/Prüfung
2	Permeationseigenschaften der Rohrwandung	Prüfgrundlage zur Bestimmung der Permeationseigenschaften in Anhang B	Prüfbericht (Kennwert wird auf Zertifikat ausgewiesen)	optionale Prüfung

9 Kennzeichnung

Die Kennzeichnung der Rohre erfolgt gemäß

- der bezugnehmenden Basisnorm in Absatz 1 für den Anwendungsbereich Erdgas. Zusätzlich ist bei der Rohrsignierung die Angabe „H₂-geprüft“ in Verbindung mit der DVGW-Registrierungsnummer zulässig. Beispiel zur Rohrsignierung: „DG-8106DN0001 H₂-geprüft“,
- den Anforderungen der DVGW CERT Geschäftsordnung zur Zertifizierung von Produkten im nicht harmonisierten Bereich.

10 Mitgeltende Dokumente

Bei nichtdatierten Verweisen gilt jeweils die aktuelle Ausgabe der nachfolgenden Dokumente.

- DVGW CERT GmbH <40014> Geschäftsordnung der DVGW CERT GmbH zur Zertifizierung von Produkten im nicht harmonisierten Bereich
- DVGW G 221:2021-12
Leitfaden zur Anwendung des DVGW-Regelwerks auf die leitungsgebundene Versorgung der Allgemeinheit mit wasserstoffhaltigen Gasen und Wasserstoff
- DVGW G 260:2021-9
Gasbeschaffenheit
- DVGW GW 335-A2:2005-06
Kunststoff-Rohrleitungssysteme in der Gas- und Wasserverteilung - Anforderungen und Prüfungen - Teil A2: Rohre aus PE 80 und PE 100
- DVGW GW 335-A2-B1:2010-12
Beiblatt 1 zu DVGW-Arbeitsblatt GW 335-A2:2005-11:
Kunststoff-Rohrleitungssysteme in der Gas- und Wasserverteilung - Anforderungen und Prüfungen - Teil A2: Rohre aus PE 80 und PE 100
- DVGW GW 335-A3:2003-06
Kunststoff-Rohrleitungssysteme in der Gas- und Wasserverteilung - Anforderungen und Prüfungen - Teil A 3: Rohre aus PE-Xa
- DVGW GW 335-A5:2015-12
Kunststoff-Rohrleitungssysteme in der Gas- und Wasserverteilung -

	Zertifizierungsprogramm ZP 8106 Ergänzungsprüfungen an Kunststoffrohren für den Transport und die Verteilung gasförmiger Brennstoffe mit einem Wasserstoffgehalt von bis zu 100 Vol.-%	58106.100-01-N-DE	
		Dok.-Art	ZP
		Verfasser	DVGW CERT GmbH
		Stand	12.03.2024

Anforderungen und Prüfungen - Teil A5: PE-Mehrschichtrohre mit Verstärkung (PE gestreckt) sowie zugehörige Verbinder und Verbindungen

- DVGW GW 335-A6:2015-12
Kunststoff-Rohrleitungssysteme in der Gas- und Wasserverteilung - Anforderungen und Prüfungen - Teil A6: Rohre aus PA-U 160 und PA-U 180 sowie zugehörige Verbinder und Verbindungen
- DVGW VP 640:2003-08
Kunststoff-Rohrleitungssysteme in der Gas- und Wasserverteilung - Anforderungen und Prüfungen - Rohre aus PE-Xb und PE-Xc
- DVGW VP 642:2004-06
Faserverstärkte PE-Rohre (RTP) und zugehörige Verbinder für Gasleitungen mit Betriebsdrücken über 16 bar
- DIN EN 1555-2:2021-12
Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Gasversorgung - Polyethylen (PE) - Teil 2: Rohre
- DIN CEN/TS 1555-7:2022-03
Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Gasversorgung - Polyethylen (PE) - Teil 7: Empfehlungen für die Beurteilung der Konformität
- DIN EN ISO 11114-2:2022-2
Gasflaschen - Verträglichkeit von Werkstoffen für Gasflaschen und Ventile mit den in Berührung kommenden Gasen - Teil 2: Nichtmetallische Werkstoffe
- DIN EN ISO 16486-2:2021-2
Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Gasversorgung - Rohrleitungssysteme aus weichmacherfreiem Polyamid (PA-U) mit Schweißverbindungen und mechanischen Verbindungen - Teil 2: Rohre
- ISO/TS 16486-7:2023-07
Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Gasversorgung - Rohrleitungssysteme aus weichmacherfreiem Polyamid (PA-U) mit Schweißverbindungen und mechanischen Verbindungen - Teil 7: Beurteilung der Konformität
- EN ISO/IEC 17025
Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien
- DIN EN 10204:2005-01
Metallische Erzeugnisse - Arten von Prüfbescheinigungen

Es gilt der jeweils gültige Ausgabestand.

11 Geltungsdauer

Dieses Zertifizierungsprogramm gilt ab dem 12.03.2024..

	Zertifizierungsprogramm ZP 8106		58106.100-01-N-DE	
	Ergänzungsprüfungen an Kunststoffrohren für den Transport und die Verteilung gasförmiger Brennstoffe mit einem Wasserstoffgehalt von bis zu 100 Vol.-%		Dok.-Art	ZP
			Verfasser	DVGW CERT GmbH
			Stand	12.03.2024

12 Anhang A Literaturstellen

Literaturstellen zur Wasserstoff- und Methaneignung von Kunststoffen

Tabelle A1: Beständigkeit von Kunststoffen gegenüber Wasserstoff und Methan nach Ehrenstein, G.W.; Pongratz, S.: Beständigkeit von Kunststoffen, Hanser-Verlag, Band 2 (2007)

Werkstoff	Medium	Bedingungen	Beständigkeit	zitierte Quelle	Seite
PA6, PA6.6	Wasserstoffgas	20 °C	sehr gut beständig	[BASF]	1020
PA6, PA6.6	Methan	20 °C	sehr gut beständig	[BASF]	1015
PA11, PA12	Wasserstoff	90 °C	sehr gut beständig	[EMS]	1033
PA11, PA12	Methan	60 °C	sehr gut beständig	[EMS]	1028
PE	Wasserstoff	60 °C, techn. rein	sehr gut beständig	[Hüls]	905 ff
PE	Methan	20 °C	sehr gut beständig	[Hüls]	905 ff
PE-MD, PE-HD	Wasserstoff	20 °C, 60 °C	sehr gut beständig	[Aminaabhavi]	926
PE-LD, PE-LLD, PE-mLLD		20 °C, 60 °C	keine Angabe	[Aminaabhavi]	926
PP	Wasserstoff	60 °C, techn. rein	sehr gut beständig	[Hüls]	905 ff
PP	Methan	20 °C	sehr gut beständig	[Hüls]	905 ff
PVDF	Wasserstoff	120 °C, techn. rein	sehr gut beständig	[Hüls]	1119
PVDF	Methan	100 °C	sehr gut beständig	[Hüls]	1113

Tabelle A2: Zitierte Quellen der Tabelle A1

[Hüls]	Hüls AG, Handbuch der chemischen Beständigkeit, 1991
[Aminaabhavi]	Aminaabhavi et al.; A review on biodegradable plastics, Polymer Plastics Technology and Engineering, 29 (1990)
[BASF]	BASF AG; Verhalten von Ultramid, Ultraform und Ultradur gegen Chemikalien, Informationsbroschüre, Ludwigshafen (1995) Bayer AG Chemikalienbeständigkeit von Durethan A und Durethan B, Informationsbroschüre, Leverkusen (1997)
[EMS]	EMS Chemie AG; Chemikalienbeständigkeit von Grilamid, GrilamidTR, Grivory GV und Grilon, Informationsbroschüre (2000) Tokiwa et al; Purification and Some Properties of Polyethylene (!!!), Agric Biol. Chem 41 (1977) Huang; Biodegradable Polymers, Enzycl Polymer Science and Engineering 2 (1985) Huang; Biodegradation; Comprehensive Polymer Science 6 (1989)

	Zertifizierungsprogramm ZP 8106 Ergänzungsprüfungen an Kunststoffrohren für den Transport und die Verteilung gasförmiger Brennstoffe mit einem Wasserstoffgehalt von bis zu 100 Vol.-%	58106.100-01-N-DE	
		Dok.-Art	ZP
		Verfasser	DVGW CERT GmbH
		Stand	12.03.2024

Tabelle A3: Beständigkeit von Kunststoffen gegenüber Wasserstoff und Methan nach Bürkert, Beständigkeitstabelle (2019)

Werkstoff	Medium	Beständigkeit ¹⁾
PA	Wasserstoff	geringe oder keine Beeinträchtigung des Materials, beständig
PA	Methan	geringe oder keine Beeinträchtigung des Materials, beständig
PP	Wasserstoff	geringe oder keine Beeinträchtigung des Materials, beständig
PP	Methan	schwacher bis mäßiger Angriff, bedingt beständig
PVDF	Wasserstoff	geringe oder keine Beeinträchtigung des Materials, beständig
PVDF	Methan	schwacher bis mäßiger Angriff, bedingt beständig

Tabelle A4: Beständigkeit von Kunststoffen gegenüber Wasserstoff und Methan nach Bürkle GmbH; Chemische Beständigkeit von Kunststoffen (2012)

Werkstoff	Medium	Bedingungen	Beständigkeit (gemäß Datenblätter Rohstoffhersteller)
PA	Wasserstoff	20 °C/50 °C	sehr gut beständig/keine Angabe
PA	Methan	20 °C/50 °C	sehr gut beständig/keine Angabe
PE-HD	Wasserstoff	20 °C/50 °C	sehr gut beständig/sehr gut beständig
PE-HD	Methan	20 °C/50 °C	sehr gut beständig/keine Angabe
PE-LD	Wasserstoff	20 °C/50 °C	sehr gut beständig/sehr gut beständig
PE-LD	Methan	20 °C/50 °C	keine Angabe/keine Angabe
PP	Wasserstoff	20 °C/50 °C	sehr gut beständig/sehr gut beständig
PP	Methan	20 °C/50 °C	sehr gut beständig/keine Angabe
PVDF	Wasserstoff	20 °C/50 °C	sehr gut beständig/sehr gut beständig
PVDF	Methan	20 °C/50 °C	sehr gut beständig/sehr gut beständig

¹⁾ Sämtliche Angaben der Beständigkeitstabellen stützen sich auf Erfahrungswerte der Industrie (z. B. DECHEMA-Werkstofftabellen) und auf Daten der Werkstoffhersteller. Diese wurden durch Ergebnisse aus eigenen Laborversuchen ergänzt

	Zertifizierungsprogramm ZP 8106 Ergänzungsprüfungen an Kunststoffrohren für den Transport und die Verteilung gasförmiger Brennstoffe mit einem Wasserstoffgehalt von bis zu 100 Vol.-%	58106.100-01-N-DE	
		Dok.-Art	ZP
		Verfasser	DVGW CERT GmbH
		Stand	12.03.2024

*Tabelle A5: Beständigkeit von Kunststoffen gegenüber Wasserstoff und Methan nach
PPI TR-19, CHEMICAL RESISTANCE of plastic piping (and fitting) materials (Dezember 2020),
The Plastics Pipe Institute, Inc., Irving, Texas, USA*

Werkstoff	Medium	Beständigkeit
PA11 PA12	Wasserstoff	beständig bis 90 °C (194 °F)
PA11 PA12	Methan	beständig bis 60 °C (140 °F)
PB	Wasserstoff	keine Angabe
PB	Methan	beständig bis 60 °C (140 °F)
PE-MD, PE-HD PE-RT	Wasserstoff	beständig bis 60 °C (140 °F)
PE-MD, PE-HD PE-RT	Methan	beständig bis 60 °C (140 °F)
PE-X	Wasserstoff	beständig bis 60 °C (140 °F)
PE-X	Methan	beständig bis 60 °C (140 °F)
PP-R, PP-RCT	Wasserstoff	beständig bis 60 °C (140 °F)
PP-R, PP-RCT	Methan	beständig bis 23 °C (73 °F)
PVC	Wasserstoff	beständig bis 60 °C (140 °F)
PVC	Methan	beständig bis 60 °C (140 °F)
PVDF	Wasserstoff	beständig bis 120 °C (248 °F)
PVDF	Methan	keine Angabe

	Zertifizierungsprogramm ZP 8106 Ergänzungsprüfungen an Kunststoffrohren für den Transport und die Verteilung gasförmiger Brennstoffe mit einem Wasserstoffgehalt von bis zu 100 Vol.-%	58106.100-01-N-DE	
		Dok.-Art	ZP
		Verfasser	DVGW CERT GmbH
		Stand	12.03.2024

Tabelle A6: Beständigkeit von Kunststoffen gegenüber Wasserstoff und Methan nach ISO/TR 10358 aus Juni 2021: Kunststoffrohre und Formstücke für industrielle Anwendungen - Datensammlung zur kombinierten chemischen Beständigkeit von Thermoplasten

Werkstoff	Medium	Prüftemperatur	Beständigkeit
PE	Wasserstoff	20 °C; 40 °C; 60 °C	“satisfactory resistance”
PP	Wasserstoff	20 °C; 40 °C; 60 °C	“satisfactory resistance”
		80 °C	“limited resistance”
		100 °C	“resistance not satisfactory”
PB	Wasserstoff	20 °C; 40 °C; 60 °C	“satisfactory resistance”
PVC-U	Wasserstoff	20 °C; 40 °C; 60 °C	“satisfactory resistance”
PVC-C	Wasserstoff	20 °C; 40 °C; 60 °C	“satisfactory resistance”
ABS	Wasserstoff	20 °C	“satisfactory resistance”
		40 °C	“limited resistance”
PE-X	Wasserstoff	20 °C; 40 °C; 60 °C	“satisfactory resistance”
PA-U	Wasserstoff	20 °C; 40 °C; 60 °C; 80 °C	“satisfactory resistance”
PE	Methan	20 °C	“satisfactory resistance”
		40 °C	“limited resistance”
PP	Methan	20 °C	“satisfactory resistance”
		40 °C; 60 °C; 80 °C	“limited resistance”
PB	Methan	20 °C	“satisfactory resistance”
		40 °C	“limited resistance”
PVC-U	Methan	20 °C; 40 °C	“satisfactory resistance”
		60 °C	“limited resistance”
PVC-C	Methan	20 °C; 40 °C; 60 °C; 80 °C	“limited resistance”
ABS	Methan	20 °C; 40 °C	“resistance not satisfactory”
PE-X	Methan	20 °C	“satisfactory resistance”
		40 °C	“limited resistance”
PA-U	Methan	20 °C; 40 °C; 60 °C	“satisfactory resistance”

	Zertifizierungsprogramm ZP 8106 Ergänzungsprüfungen an Kunststoffrohren für den Transport und die Verteilung gasförmiger Brennstoffe mit einem Wasserstoffgehalt von bis zu 100 Vol.-%	58106.100-01-N-DE	
		Dok.-Art	ZP
		Verfasser	DVGW CERT GmbH
		Stand	12.03.2024

Tabelle A7: Beständigkeit von Kunststoffen gegenüber Wasserstoff und Methan nach Erwin Baur, Katja Ruhrberg, William Woishnis, Chemical Resistance of Engineering Thermoplastics, Elsevier (2016)

Werkstoff	Medium	Bedingungen	Beständigkeit
PA6	Wasserstoff	23 °C/365 Tage	PDL 8; Resistant - slight changes in mass or dimensions; no irreversible change
PA6	Methan	23 °C/365 Tage	PDL 8; Resistant - slight changes in mass or dimensions; no irreversible change
PA11	Wasserstoff	90 °C/540 Tage	PDL 8-9; Good resistance, generally not affected
PA11	Methan	60 °C/540 Tage	PDL 9; Good resistance
PA46	Wasserstoff	15 °C-35 °C	PDL 9;
PA46	Methan	15 °C-35 °C	PDL 9;
PA66	Wasserstoff	15 °C-25 °C	PDL 9; Resistant; little or no change in weight; small effect on mechanical properties; generally suitable for practical use
PA66	Methan	23 °C/365 Tage	PDL 9; Good resistance
PA, Nylon	Wasserstoff	15 °C bis 25 °C	PDL 9; Resistant; little or no change in weight; small effect on mechanical properties;
PA, Nylon	Methan	15 °C bis 25 °C	PDL 9; Resistant; little or no change in weight; small effect on mechanical properties; generally suitable for practical use

	Zertifizierungsprogramm ZP 8106 Ergänzungsprüfungen an Kunststoffrohren für den Transport und die Verteilung gasförmiger Brennstoffe mit einem Wasserstoffgehalt von bis zu 100 Vol.-%	58106.100-01-N-DE	
		Dok.-Art	ZP
		Verfasser	DVGW CERT GmbH
		Stand	12.03.2024

Tabelle A8: Erläuterungen zum PDL Resistance Rating der Tabelle A7 nach Erwin Baur, Katja Ruhrberg, William Woishnis, Chemical Resistance of Engineering Thermoplastics, Elsevier (2016)

PDL Resistance Rating

The PDL Resistance Rating is determined using a weighted value scale developed by PDL and reviewed by experts. Each of the ratings is calculated from the test results for a material after exposure to a specific exposure medium in the conditions specified.

The PDL Rating gives a general indication of a material's resistance to a specific exposure medium and helps the user to readily identify the materials most likely to be resistant to a specific exposure medium.

After assigning the weighted value to each field for which information is available, the PDL Resistance Rating is determined by adding together all weighted values and dividing this number by the number of values added together. All numbers to the right of the decimal are truncated to give the final result. If the result is equal to 10, a resistance rating of 9 is assigned. Each reported field is given equal importance in assigning the resistance rating since, depending on the end use, different factors play a role in the suitability for use of a material in a specific environment.

Supplier resistance ratings are also taken into account in the calculation of the PDL Resistance Rating. Weighted values assigned depend on the scale used by the supplier.

The following tables give the values and guidelines used in assigning the PDL Resistance Rating. The guidelines are sometimes subject to an educated judgment. Every effort is made to maintain consistency and accuracy.

Weighted value	Weight change*	Diameter; length* change	Volume change*	Mechanical** property retained	Visual/observed*** change
10	0–0.25	0–0.1	0–2.5	>=97	no change
9	>0.25–0.5	>0.1–0.2	>2.5–5.0	94–<97	
8	>0.5–0.75	>0.2–0.3	>5.0–10.0	90–<94	
7	>0.75–1.0	>0.3–0.4	>10.0–20.0	85–<90	slightly discolored slightly bleached
6	>1.0–1.5	>0.4–0.5	>20.0–30.0	80–<85	discolored yellows slightly flexible
5	>1.5–2.0	>0.5–0.75	>30.0–40.0	75–<80	possible stress crack agent flexible possible oxidizing agent slightly crazed
4	>2.0–3.0	>0.75–1.0	>40.0–50.0	70–<75	distorted, warped softened slight swelling blistered known stress crack agent
3	>3.0–4.0	>1.0–1.5	>50.0–70.0	60–<70	cracking, crazing brittle plasticizer oxidizer softened swelling surface hardened
2	>4.0–6.0	>1.5–2.0	>60.9–90.0	50–<60	severe distortion oxidizer and plasticizer deteriorated
1	>6.0	>2.0	>90.0	>0–<50	decomposed
				0	solvent dissolved disintegrated

*All values are given as percentage change from original.

**Percentage mechanical properties retained include tensile strength, elongation, modulus, flexural strength, and impact strength. If the % retention is greater than 100%, a value of 200 minus the % property retained is used in the calculations.

***Due to the variety of information of this type reported, this information can be used only as a guideline.

	Zertifizierungsprogramm ZP 8106		58106.100-01-N-DE	
	Ergänzungsprüfungen an Kunststoffrohren für den Transport und die Verteilung gasförmiger Brennstoffe mit einem Wasserstoffgehalt von bis zu 100 Vol.-%		Dok.-Art	ZP
			Verfasser	DVGW CERT GmbH
			Stand	12.03.2024

13 Anhang B Prüfgrundlage

Prüfgrundlage zur Bestimmung von Permeationseigenschaften an Kunststoffrohren

Je Rohraufbau/Material werden zwei Prüfmuster, die aus der gleichen Rohrcharge stammen, untersucht. Der Prüfmusteraufbau erfolgt in Abstimmung mit dem ausführenden Labor.

Jedes Prüfmuster wird auf allgemeine (äußere) Dichtheit bei Raumtemperatur mit Stickstoff und einem Prüfdruck von 1,1x MOP untersucht. Die allgemeine Dichtheitsprüfung wird mittels Druckabfalls oder visueller Kontrolle (z.B. Eintauchverfahren oder Lecksuchspray) durchgeführt.

Die Prüfmuster werden für ≥ 4 Wochen mit Wasserstoff²⁾ (bzw. dem vereinbarten Mischungsverhältnis aus Methan/Wasserstoff) unter MOP bei Raumtemperatur konditioniert.

Nach der Konditionierung erfolgt die Messung der Permeation / Gasdurchlässigkeit. Die Prüfmuster werden in Messzellen eingespannt und mit dem Prüfmedium unter Nenndruck (MOP) beaufschlagt. Die Messzelle wird mit Stickstoff gespült und auf einen Druck von (100 ± 10) mbar eingestellt. Der Messzelle werden in regelmäßigen Abständen Gasproben mittels Spritze entnommen, sodass mindestens vier Messungen vorliegen. Nach der gaschromatographischen Analyse der Proben wird die Gasdurchlässigkeitsrate ermittelt und der Permeationskoeffizient / die Gasdurchlässigkeit für das Prüfmuster berechnet.

Die Gasdurchlässigkeitsrate verläuft nach der Konditionierung und bei konstanten Untersuchungsbedingungen in einer linearen Funktion³⁾. Unter Berücksichtigung der Prüfbedingungen und der Abmessungen des Prüfmusters kann aus der Permeationsrate der Permeationskoeffizient nach folgender Formel berechnet werden:

$P_I = \frac{V_n \cdot s_R}{\pi \cdot d_i \cdot L_p \cdot p_R}$	P_I	- spezifischer Permeationskoeffizient	$\left[\frac{\text{cm}^3 \cdot \text{mm}}{\text{m}^2 \cdot \text{bar} \cdot \text{Tag}} \right]$
	V_n	- permeiertes Volumen im Normzustand pro Zeiteinheit	$[\text{cm}^3 / \text{Tag}]$
	s_R	- Rohrwanddicke	$[\text{mm}]$
	π	- Kreiszahl Pi	3,14159....
	d_i	- Rohrprüfkörper - Innendurchmesser	$[\text{m}]$
	L_p	- Prüflänge in Messzelle	$[\text{m}]$
	p_R	- Partialdruck (absolut)	$[\text{bar}]$

2) Normprüfgas „NPG“: H₂, Reinheit $\geq 99,9$ Vol.-% (in Anlehnung an ISO 14687:2019-11 Grade B)

3) Zur Vertiefung der Thematik wird folgende Veröffentlichung empfohlen:

Permeationsuntersuchungen an Kunststoffrohren von Stefan Schütz, Janko König und Josephine Glandien, Werner Weißing und Stefan Gollanek, gwf Gas + Energie 9/2017