
G. Kiesselbach und W. Finzel

PE-Rohrleitungssysteme in der Gas- und Wasserversorgung

Inhalt

Vorwort 17

Autorenverzeichnis 18

1 Anwendungsbereiche für PE-Rohrleitungen 21

2 Regelsetzung und Zertifizierung 23

2.1 *Technische Festlegungen und Zertifizierung in Deutschland* 23

2.1.1 Technik und Recht 23

2.1.2 PE-Rohrleitungen 24

2.1.2.1 Hauptregelwerk 24

2.1.2.2 PE-Gasleitungen 24

2.1.2.3 PE-Wasserleitungen 25

2.1.2.4 Schweißtechnik 26

2.1.2.5 Rohrleitungsbauunternehmen und Schweißpersonal 27

2.1.2.6 Grabenlose Bauweisen 27

2.1.2.7 Abnahme und Druckprüfung 28

2.1.3 PE-Rohrleitungsteile 28

2.1.3.1 Regelwerk 28

2.1.3.2 PE-Rohre 29

2.1.3.3 PE-Formstücke 29

2.1.3.4 Prüfung, Überwachung und Zertifizierung 30

2.1.4 Zertifizierungsstelle und Prüflaboratorien 30

2.1.5 Aktuelle Informationen 30

2.2 *Regelwerk, Gütesicherung, Zulassungen in Österreich* 31

2.2.1 Prüfrichtlinien für PE-Rohrleitungssysteme 31

2.2.1.1 ÖVGW-Prüfrichtlinien Gas und ÖVGW-Prüfrichtlinien Wasser ... 31

2.2.1.2 Erstellung und Überarbeitung der ÖVGW-Prüfrichtlinien 31

2.2.1.3 Struktur der ÖVGW-Prüfrichtlinien 32

2.2.2 ÖVGW-Zulassung und Kennzeichnung für
PE-Rohrleitungssysteme 33

2.2.3 Besondere ÖVGW-Zulassungsvoraussetzungen für
PE-Rohrleitungssysteme 34

2.2.4	Prüfung, Überwachung und Zertifizierung	35
2.2.4.1	ÖVGW-Prüf- und Überwachungsstellen für PE-Rohrleitungssysteme	35
2.2.4.2	ÖVGW-Zertifizierungsstelle	35
2.2.4.3	Rechtliche Bedeutung der Zertifizierung	35
2.2.5	ÖVGW-Richtlinien	37
2.2.5.1	ÖVGW-Richtlinien für die Verlegung von PE-Rohrleitungssystemen	37
2.2.5.2	ÖVGW-Richtlinien für die Ausbildung von PE Rohrlegern	37
2.2.5.3	ÖVGW-Richtlinien für die Qualifikation von Personen und Unternehmen	37
2.3	<i>Inverkehrbringung, Gütesicherung und Anwendung in der Schweiz</i>	37
2.3.1	Sonderfall Schweiz	37
2.3.2	Inverkehrbringung und Gütesicherung	38
2.3.3	Anwendung	40
3	Allgemeines über PE-Rohre, Formteile und Armaturen ..	42
3.1	<i>Anforderungen an PE-Rohrleitungen</i>	42
3.1.1	Allgemeine Anforderungen in der Gasverteilung	42
3.1.2	Allgemeine Anforderungen in der Wasserverteilung	42
3.1.3	Anforderungen im Zustand „Lagerung“	42
3.1.4	Anforderungen im Zustand „Erdverlegung“	43
3.1.5	Anforderungen bezüglich der Nutzungsdauer	43
3.2	<i>Aufbau, Struktur und Eigenschaften der Kunststoffe</i>	43
3.2.1	Aufbau der Kunststoffe	44
3.2.2	Vom Monomeren zum Polymeren	46
3.2.2.1	Bindungskräfte innerhalb von Molekülen	47
3.2.2.2	Zwischenmolekulare Kräfte	47
3.2.2.3	Einteilung der Kunststoffe	48
3.2.3	Thermoplaste	48
3.2.3.1	Formänderungsverhalten von Thermoplasten	49
3.2.3.2	Amorphe Thermoplaste	50
3.2.3.3	Teilkristalline Thermoplaste	52
3.2.4	Eigenschaften von Polyethylen	53
3.3	<i>PE-Rohre</i>	56
3.3.1	Rohrtypen	57
3.3.2	Rohrherstellung	58
3.3.3	Qualitätssicherung bei der Rohrherstellung	59
3.3.3.1	Rohrwerkstoff - Eingangskontrolle	59

3.3.3.2	Qualitätskriterien für die PE-Rohrherstellung	60
3.3.3.3	Eigenüberwachung des Rohrherstellers	61
3.3.3.4	Abnahmeprüfzeugnisse	61
3.3.3.5	Kennzeichnung und Rückverfolgbarkeit	61
3.3.3.6	Fremdüberwachung	62
3.4	<i>PE-Formteile</i>	63
3.4.1	PE-Formteil-Herstellung	63
3.4.2	Formstück-Typen	65
3.4.3	Werkstoffübergangsverbinder	66
3.4.3.1	Gasversorgung	66
3.4.3.2	Wasserversorgung	67
3.4.4	Mehrsparten-Hausanschluss	68
3.4.5	Gasströmungswächter/Gasstop	69
3.5	<i>Armaturen in PE-Leitungen</i>	71
3.5.1	Armaturenarten	71
3.5.2	Anwendungsbereiche	72
3.5.3	Verbindungsarten	72
3.5.4	Auswahlkriterien	74
3.5.5	Einbaugrundsätze	75
3.5.6	Wartung	76
3.6	<i>Rohreigenschaften</i>	77
3.6.1	Spannungs-Dehnungs-Verhalten und viskoelastisches Verhalten	77
3.6.2	Zeitstand-Innendruckfestigkeit	78
3.6.3	Widerstand gegen langsames Risswachstum	82
3.6.4	Widerstand gegen schnelle Rissfortpflanzung	84
3.6.5	Verhalten gegenüber Spannungskonzentrationen	85
3.6.6	Beständigkeit gegen chemische Einwirkungen	86
3.6.7	Beständigkeit gegen physikalische Einwirkungen	87
3.6.8	Abriebverhalten	87
4	Dimensionierung von PE-Rohren und Formstücken	89
4.1	<i>PE-Rohre</i>	89
4.2	<i>PE-Formstücke</i>	93
5	Planung	96
5.1	<i>Vorwort</i>	96

5.2	<i>Grobplanung</i>	96
5.2.1	Planliche Darstellung	96
5.2.2	Netzformen	97
5.2.2.1	Ringnetze	97
5.2.2.2	Verästelte Netze	97
5.2.2.3	Leistungsformen	98
5.2.3	Planungsaspekte	98
5.2.3.1	Flächenwidmung	98
5.2.3.2	Abstimmung mit Bauprojekten	98
5.2.3.3	Zukünftiger Ausbau von Verkehrsanlagen	98
5.2.3.4	Weitere Entscheidungshilfen zur Trassenwahl	99
5.2.3.5	Fremde Rechte	100
5.2.4	Berechnung von PE-Rohrleitungsnetzen	100
5.2.4.1	Leitungsdimensionen	100
5.2.4.2	Kontinuitätsgleichung	100
5.2.4.3	Druckverlustberechnungen	102
5.2.4.3.1	Reynoldszahl Re	102
5.2.4.3.2	Werte für die Rohrreibungszahl λ	103



+GF+

Gewinnen – mit System

Auf die richtigen Züge kommts an. Gerade in der Gas- und Wasserversorgung, wo komplexe Aufgaben intelligente Lösungen fordern. Die bieten wir Ihnen.

Verschiedenste Systeme führen zum Erfolg. Elektroschweißen mit dem einzigartigen Baukastensystem. Stumpfschweißen mit Kühlzeitoptimierung. Mechanische Verbindungen in Kunststoff und Metall.

Es ist eine exakt auf Ihre Bedürfnisse abgestimmte Produktauswahl und -zusammensetzung möglich. So gewinnen Sie Zeit und Geld.

Intelligente Verbindungstechnologie in der Gas- und Wasserversorgung.

Georg Fischer Rohrleitungssysteme AG

Ebnatstrasse 111

CH-8201 Schaffhausen

Phone +41 (0)52 631 34 56

Fax +41 (0)52 631 28 46

e-mail: info@piping.georgfischer.com

www.piping.georgfischer.com

5.2.4.3.3	Anwendung der Rohrreibungszahl λ in der Praxis	104
5.2.4.4	Vereinfachte Druckverlustberechnung	105
5.3	<i>Detailplanung – Einreichung</i>	106
5.3.1	Planliche Darstellung	106
5.3.2	Behördenverfahren – Einreichungen	107
5.3.2.1	Wasserrecht	107
5.3.2.1.1	Sondernutzung mit dem Öffentlichen Wassergut	108
5.3.2.2	Landes und Bundesstraßen	108
5.3.2.3	Sondernutzung von Landes- und Bundesstraßen	108
5.3.2.4	Naturschutzbehörde	109
5.3.2.5	Forstrecht	109
5.3.2.6	Bewilligung von Erdgasleitungsanlagen in Österreich – Bewilligungsverfahren nach dem Gaswirtschaftsgesetz für Erdgasleitungsanlagen MOP > 6 bar	110
5.3.2.6.1	Kollaudierung bzw. Fertigmeldung	110
5.3.2.6.2	Anzeigespflicht für Gasleitungen 1 bar < MOP < 6 bar	110
5.3.2.7	Gemeinden	110
5.3.2.8	Eisenbahnfachliches Prüfverfahren und Grundbenutzung	110
5.3.2.9	Privatrechtliche Vereinbarungen	111
5.4	<i>Kriterien für zukünftige Druckerhöhungen</i> <i>Umstellung auf PE 100</i>	111
6	Berechnung von PE-Rohrleitungen	113
6.1	<i>Einleitung</i>	113
6.2	<i>Charakterisierung der mechanischen Eigenschaften</i> <i>von PE-Rohrwerkstoffen</i>	114
6.3	<i>Grundlagen der Berechnung von PE-Rohren</i>	116
6.4	<i>Berechnung von PE-Rohren gegen Innendruck</i>	121
6.5	<i>Berechnung erdverlegter PE-Rohrleitungen</i>	123
6.6	<i>Strukturverhalten erdverlegter PE-Rohrleitungen</i>	129
7	Qualifikation der Fachunternehmen	140
7.1	<i>Qualifikation von Fachunternehmen im Rohrleitungsbau</i>	140
7.2	<i>Qualifikation des Fachpersonals im PE-Rohrleitungsbau</i>	142

7.2.1	PE-Schweißer	142
7.2.1.1	Abschlussprüfung	144
7.2.1.2	Verlängerungsprüfung	146
7.2.2	Schweißaufsicht für PE-Rohrleitungen	148
7.2.2.1	Planmäßige Überwachung	150
7.2.3	Zusammenfassung	151
7.3	<i>Kunststoffrohrleger in Österreich</i>	152
7.3.1	Allgemeines	152
7.3.2	Zulassung zur Ausbildung und Erstprüfung	153
7.3.2.1	Bereich Gas	153
7.3.2.2	Bereich Wasser	153
7.3.3	Zulassung und Fristen für die Verlängerungsprüfung	154
7.3.4	Ausbildungsstelle, Ausbilder und Prüfer	154
7.3.4.1	Ausbildungsstelle	154
7.3.4.2	Ausbilder	154
7.3.4.3	Prüfer	155
7.3.5	Ausbildungsplan und Prüfung	156
7.3.5.1	Ausbildungsplan	156
7.3.5.2	Prüfung	156
8	Rohrverbindungen bei PE-Rohrleitungssystemen	158
8.1	<i>Flanschverbindungen</i>	158
8.2	<i>Schweißverbindungen</i>	160
8.2.1	Allgemeine Anforderungen	160
8.2.1.1	Technische Grundlagen des Fügeprozesses	161
8.2.1.2	Anforderungen an Geräte	161
8.2.1.3	Anforderung an Formstücke	161
8.2.1.4	Qualifikation des Schweißers	161
8.2.1.5	Schweißbeignung	162
8.2.2	Schweißverfahren	162
8.2.2.1	Heizelementstumpfschweißen (HS)	163
8.2.2.1.1	Verfahrensschritte beim Heizelementstumpfschweißen	164
8.2.2.1.2	Anforderungen an Schweißgeräte und Schweißmaschinen	165
8.2.2.1.3	Spanneinrichtungen	165
8.2.2.1.4	Führungselemente	165
8.2.2.1.5	Heizelement	166
8.2.2.1.6	Planhobel	166
8.2.2.1.7	Antrieb	166
8.2.2.1.8	Praktische Verarbeitungsschritte zum Heizelementstumpfschweißprozess – Maßnahmen vor dem Schweißen	166
8.2.2.1.9	Heizelementtemperatur kontrollieren	167

8.2.2.1.10	Schweißparameter	168
8.2.2.1.11	Wartung und Pflege	168
8.2.2.1.12	Zubehör und Hilfsmittel	168
8.2.2.1.13	Eigenkontrolle	168
8.2.2.2	Heizwendel(-muffen-)schweißen (HM)	169
8.2.2.2.1	Prinzip des Heizwendelschweißens	171
8.2.2.2.2	Einsatzspektrum von Heizwendelformstücken	172
8.2.2.2.3	Konstruktive Einflüsse auf die Verarbeitungssicherheit	172
8.2.2.2.4	Geometrische Merkmale	173
8.2.2.2.5	Schweißparameter	175
8.2.2.2.6	Schweißindikatoren	176
8.2.2.3	Schweißgeräte	176
8.2.2.3.1	Wartung und Pflege von Maschinen und Werkzeugen	178
8.2.2.3.2	Praktische Verarbeitungsschritte beim Heizwendelschweißen ..	179
8.2.2.4	Anwendungsbereich von Heizwendelformstücken in der Großrohrtechnik	182
8.2.2.4.1	Sicherer Schmelzedruckaufbau durch behinderte Dehnung	183
8.2.2.4.2	Praxisanforderungen kennen, Probleme lösen: Vorwärntechnik	185
8.2.2.5	Sattelformstücke	187
8.2.2.5.1	Praktische Verarbeitungsschritte zum Heizwendelschweißen von Sattelformstücken	189
8.2.2.5.2	Hausanschlüsse und Abzweige an Großrohren	190
8.2.2.5.3	Eigenkontrolle	191
8.3	<i>Qualitätssicherung von Rohrverbindungen</i>	192
8.3.1	Allgemeines	192
8.3.1.1	Sicherheit	192
8.3.1.2	Funktionalität	193
8.3.1.3	Zuverlässigkeit	194
8.3.2	Prüfmethoden	194
8.3.2.1	Stromquelle	194
8.3.2.2	Schweißgerät	195
8.3.2.3	Elektroschweißmuffe	195
8.3.2.4	Verarbeitungswerkzeuge	196
8.3.2.5	Bei Abzweigschellen ist zusätzlich zu beachten	196
8.3.2.6	PE-Rohr, Formstücke	196
8.3.3	Prüfungen	196
8.3.4	Dokumentation	197
8.3.4.1	Wareneingangskontrolle	197
8.3.4.2	Fachgerechte Verarbeitung	197
8.3.4.3	Überprüfungen laut Verlegevorschriften	198
8.3.4.4	Plandokumentation durch den Netzbetreiber	198

9	Verlegung und Einbau	200
9.1	<i>Konventionelle Bauweisen</i>	200
9.1.1	Vorschriften, Normen, Richtlinien	200
9.1.2	Vertragsbedingungen	201
9.1.3	Tiefbauarbeiten (DIN 4124)	202
9.1.4	Verlegung und Einbau in offener Bauweise	206
9.1.5	Dükerverlegung	210
9.2	<i>Neue Einbautechnologien</i>	211
9.2.1	Einführung	211
9.2.2	Allgemeine Hinweise für die Anwendung neuer Einbautechnologien	212
9.2.2.1	Voraussetzungen	212
9.2.2.2	Besonderheiten von PE-Rohren	212
9.2.3	Verfahrensbeschreibungen	214
9.2.3.1	Allgemeines	214
9.2.3.2	Press-Ziehverfahren	214
9.2.3.3	Hilfsrohrverfahren	217
9.2.3.4	Spülbohrverfahren	219
9.2.3.5	Berstliningverfahren	223
9.2.3.6	Fräs- und Pflugverfahren	224
9.2.3.7	Sonstige Verfahren	228
9.2.4	Zusammenfassung	228
9.3	<i>Rehabilitation von Druckrohrleitungen – PE-Reliningverfahren</i>	229
9.3.1	Einleitung	229
9.3.2	Grabenlose Rehabilitationsverfahren	231
9.3.3	PE-Reliningverfahren	232
9.3.3.1	PE-Reliningverfahren mit Ringraum	232
9.3.3.2	PE-Reliningverfahren ohne Ringraum	232
9.3.4	Qualitätsanforderungen bei grabenlosen Rehabilitationsverfahren	234
9.3.4.1	Planung	234
9.3.4.2	Produkte	235
9.3.4.3	Verfahren	235
9.3.4.4	Fachunternehmen	236
9.3.4.5	Abnahmedokumentation bei grabenlosen Rehabilitationsverfahren	236
9.3.5	Konsequenzen für den Rohrnetzbetrieb	237
9.3.6	Zusammenfassung	238
9.4	<i>Einbindungs- und Reparaturtechnik</i>	239
9.4.1	Einleitung	239

9.4.2	Vorschriften, Technische Regeln, Voraussetzungen	239
9.4.3	Arbeiten an Gasleitungen	240
9.4.4	Arbeiten an Wasserleitungen	241
9.4.5	Absperrtechniken	241
9.4.5.1	Gasleitungen	241
9.4.5.2	Wasserleitungen	243
9.4.6	Absperreinrichtungen	244
9.4.6.1	Abquetschgeräte nach DVGW-Merkblatt GW 332 unter Einhaltung der Parameter	244
9.4.6.2	Blasensetzgeräte mit Absperrblasen	244
9.4.7	Verbindungstechniken	244
9.4.7.1	Schweißen	244
9.4.7.2	Klemmverbindungen	247
9.4.7.3	Pressfittings	247
9.4.7.4	Flanschverbindungen	247
9.4.7.5	Arbeitsablauf	248
9.4.8	Dichtheitsprüfung	249
9.4.9	Inbetriebnahme	249
9.5	<i>Ursachen von Ausführungsfehlern</i>	250
9.5.1	Einleitung	250
9.5.2	Anforderungen an die Qualitätssicherung beim Verlegen	250
9.5.3	Anforderungen an die Qualitätssicherung beim Schweißen	254
9.5.4	Ursachen von Fehlern	256
9.5.4.1	Allgemeines	256
9.5.4.2	Individuelle Fehler des Rohrleitungsbaupersonals	257
9.5.4.3	Vermeidung von Fehlern beim Heizwendelschweißen	257
9.5.4.4	Vermeidung von Fehlern beim Heizelementstumpfschweißen ..	260
9.5.4.5	Bauteilspezifische Fehlermöglichkeiten	262
9.5.4.6	Unzureichende Ausstattung	262
9.5.4.7	Gerätetechnische Fehlermöglichkeiten	263
9.5.4.8	Örtliche Baustellen- und Witterungsgegebenheiten	263
9.5.5	Zusammenfassung	264
10	Druckprüfung – Festigkeitsprüfung, Dichtheitsprüfung ..	265
10.1	<i>Druckprüfung von Wasserrohrleitungen</i>	265
10.1.1	Theoretische Grundlagen	265
10.1.1.1	Druckverlustmethode	265
10.1.1.2	Wasserverlustmethode	268
10.1.1.3	Sichtprüfung	268
10.1.2	Vorbereitungs- und Sicherungsarbeiten	268
10.1.3	Die Kontraktionsprüfung für PE- und PVC-Rohrleitungen	269
10.1.3.1	Prüfeinrichtungen und -geräte	270

10.1.3.1.1	Druckmessgeräte	270
10.1.3.1.2	Temperatur	270
10.1.3.1.3	Wasservolumenmessgeräte	271
10.1.3.1.4	Pumpen	271
10.1.3.2	Vorprüfung	271
10.1.3.3	Hauptprüfung mit integrierter Druckabfallprüfung	272
10.1.4	Dokumentation	273
10.2	<i>Druckprüfung von Gasrohrleitungen</i>	274
10.2.1	Bedeutung des Nachweises der Dichtigkeit eines Rohrleitungssystems	274
10.2.2	Europäischer und nationaler Standard	274
10.2.3	Druckprüfung für den PE-Rohrleitungsbau	274
10.2.4	Theoretische Grundlagen [3]	275
10.2.5	Druckprüfverfahren	276
10.2.6	Durchführung der Druckprüfverfahren	276
10.2.6.1	Sicherungsmaßnahmen	276
10.2.6.2	Sichtverfahren A 3 und A 4	278
10.2.6.3	Druckmessverfahren B 3	279
10.2.6.4	Präzisionsmessverfahren mit Luft C 3	280
10.2.6.4.1	Allgemeines	280
10.2.6.4.2	Druckmessgeräte für das Verfahren C 3	280
10.2.6.4.3	Druck-Ablasstest	280
10.2.6.4.4	Präzisionsmessverfahren C 3 – direkte Messung mit Kolbenmanometer	281
10.2.6.4.5	Präzisionsmessverfahren C 3 – indirekte Messung mit Kolbenmanometer	282
10.2.7	Druckprüfung von PE-Gasrohrleitungen	283
10.2.8	Zusammenfassung	284
11	Abnahme und Dokumentation von PE-Rohrleitungen	285
11.1	<i>Einleitung</i>	285
11.2	<i>Druckprüfung von Gasrohrleitung mit einem Betriebsdruck > 10 bar</i>	286
11.3	<i>Durchführung der Dichtheitsprüfung nach ÖVGW G 52/2 bzw. EN 12007-2</i>	286
11.3.1	Dichtheitsprüfung mit registrierenden Druckmessgeräten nach ÖVGW G 52/2	287
11.3.2	Beispiel „Druckprobenprogramm für Dichtheits- und Festigkeitsprüfung“	288

11.4	<i>Prüfbescheinigung</i>	293
11.5	<i>Bestandsunterlagen</i>	293
11.6	<i>Zusammenfassung</i>	295
12	Betrieb und Instandhaltung	296
12.1	<i>Betriebsbedingungen</i>	296
12.2	<i>Odormittel</i>	297
12.3	<i>Überwachung von PE-Rohrleitungen</i>	298
12.3.1	Durchführung der Gasrohrnetzprüfung	298
12.3.2	Einflussgrößen der Gasausbreitung	299
12.3.3	Ursachen für Leckstellen und Beseitigung der Leckstellen	301
12.4	<i>Errichtung einer PE-Leitung am Beispiel einer PE-100-Hochdruckleitung</i>	301
12.5	<i>Betrieb einer PE-Leitung (PN 10)</i>	305
12.6	<i>Ortung von PE-Leitungen</i>	306
12.7	<i>Fazit</i>	306
	Literatur	307
	Inserentenverzeichnis	313