

---

**G. Kiesselbach und W. Finzel**

# **PE-Rohrleitungssysteme in der Gas- und Wasserversorgung**

# Inhalt

<b>Vorwort</b> .....	17
<b>Autorenverzeichnis</b> .....	18
<b>1 Anwendungsbereiche für PE-Rohrleitungen</b> .....	21
<b>2 Regelsetzung und Zertifizierung</b> .....	23
2.1 <i>Technische Festlegungen und Zertifizierung in Deutschland</i> .....	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 <i>Regelwerk, Gütesicherung, Zulassungen in Österreich</i> .....	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
<b>3</b>	<b>Allgemeines über PE-Rohre, Formteile und Armaturen</b> ..	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	<b>Dimensionierung von PE-Rohren und Formstücken</b>	89
4.1	<i>PE-Rohre</i>	89
4.2	<i>PE-Formstücke</i>	93
5	<b>Planung</b>	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	Leitungsformen .....	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 Rohreibungszahl $\lambda$ .....	103

**+GF+**

### Gewinnen – mit System

Auf die richtigen Züge kommt 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](mailto:info@piping.georgfischer.com)

[www.piping.georgfischer.com](http://www.piping.georgfischer.com)

---

5.2.4.3.3	Anwendung der Rohreibungszahl $\lambda$ 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	Anzeigepflicht 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 Umstellung auf PE 100</i> .....	111
<b>6</b>	<b>Berechnung von PE-Rohrleitungen</b> .....	113
6.1	<i>Einleitung</i> .....	113
6.2	<i>Charakterisierung der mechanischen Eigenschaften 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
<b>7</b>	<b>Qualifikation der Fachunternehmen</b> .....	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, Ausbildner und Prüfer .....	154
7.3.4.1	Ausbildungsstelle .....	154
7.3.4.2	Ausbildner .....	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

---

<b>8</b>	<b>Rohrverbindungen bei PE-Rohrleitungssystemen</b> .....	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	Schweißeignung .....	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 Heizelementstumpf-schweißprozess – 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: Vorwärmtechnik	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	Verarbeitungswerzeuge	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

---

<b>9</b>	<b>Verlegung und Einbau</b>	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	Fräsen- 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
<b>10</b>	<b>Druckprüfung – Festigkeitsprüfung, Dichtheitsprüfung</b> ..	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	<b>Abnahme und Dokumentation von PE-Rohrleitungen</b>	285
11.1	<i>Einleitung</i>	285
11.2	<i>Druckprüfung von Gasrohrleitung mit einem Betriebsdruck &gt; 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
<b>12</b>	<b>Betrieb und Instandhaltung</b>	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
	<b>Literatur</b>	307
	<b>Inserentenverzeichnis</b>	313