

AGRULINE

ROHRSYSTEME FÜR GAS,
WASSER & ABWASSER

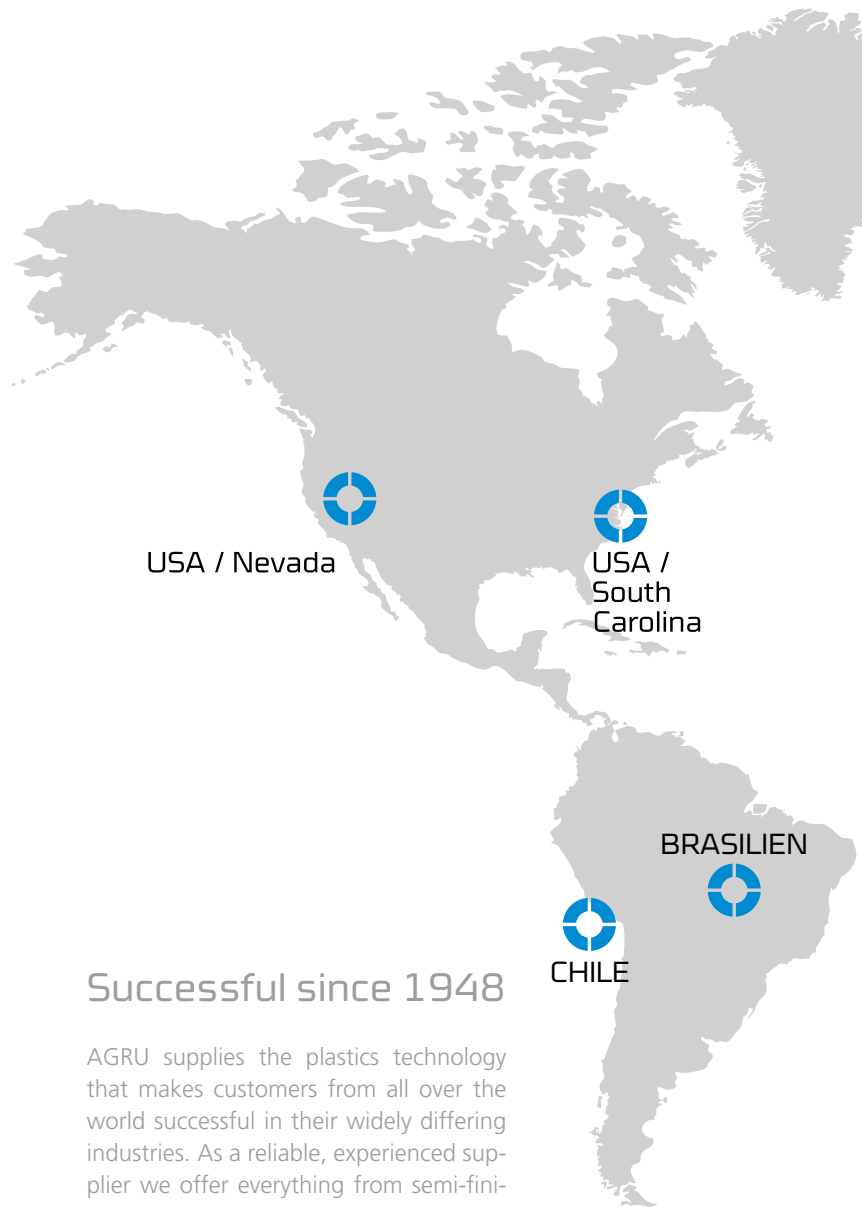
PIPING SYSTEMS
FOR NATURAL GAS,
WATER & SEWAGE



 **agru**
The Plastics Experts.

OUR
PRODUCTS
ARE AS
MANIFOLD
AS YOUR
DEMANDS.

The Plastics Experts.



Seit 1948 erfolgreich

AGRU liefert Kunststofftechnik, die Kunden aus unterschiedlichen Industriebereichen weltweit erfolgreich macht. Als zuverlässiger, erfahrener Lieferant bieten wir vom Halbzeug bis zum technologisch optimierten Spritzgussformteil alles aus einer Hand. Wir kennen die Herausforderungen aus tausenden Projekten und entwickeln unsere Produkte und Dienstleistungen laufend weiter. Kompromisslose Qualität, herausragender Kundennutzen und hohe Betriebssicherheit sind dabei unsere Maximen. Maßgeschneiderte Kundenlösungen und anwendungsorientierte Neuentwicklungen realisieren wir mit höchster Flexibilität - präzise und kostengünstig. Unsere engagierten Mitarbeiter mit Kunststoffkompetenz machen AGRU zu einem erfolgreichen Global Player.

Alles aus einer Hand anzubieten, unterscheidet uns von Vielen. Wir verarbeiten ausschließlich hochwertige, thermoplastische Kunststoffe. Und wenn es um Lösungskompetenz bei Materialauswahl und Verlegung geht, sind wir Ihr bester Ansprechpartner.

Successful since 1948

AGRU supplies the plastics technology that makes customers from all over the world successful in their widely differing industries. As a reliable, experienced supplier we offer everything from semi-finished products through to technologically optimised injection mouldings, all from a single source. We handle the challenges from thousands of projects and evolve our products and services on a rolling basis. Uncompromising quality, outstanding customer benefit and high operational dependability are our maxims. We implement custom solutions and application-oriented new developments with the highest flexibility - with precision and economically. Our dedicated employees with plastics expertise make AGRU successful as a global player.

Our ability to supply everything from a single source sets us apart. We use only top-grade thermoplastic polymers as our raw materials. When it comes to application-technical consulting, we are your best partner in the field.



 AUSTRIA | GERMANY | POLAND

 CHINA

AGRU PLANTS IN 7 COUNTRIES

AGRU KUNSTSTOFFTECHNIK AUSTRIA

AGRU OBERFLÄCHENTECHNIK AUSTRIA

AGRU-FRANK GERMANY

TWS POLAND

AGRU NEVADA FERNLEY, NV/USA

AGRU AMERICA GEORGETOWN, SC/USA

AGRU AMERICA ANDREWS, SC/USA

XXL PIPE PRODUCTION FACILITY CHARLESTON, SC/USA

AGRU PIPELINE TECHNOLOGY CHINA

AGRU CHILE QUILICURA, SANTIAGO, CHILE

AGRU BRASIL BARUERI - SÃO PAULO - BRAZIL

PRODUCTS

AGRUCEM INDUSTRIE INDUSTRIAL PIPING SYSTEMS



ROHRSYSTEME / PIPING SYSTEMS

Rohr- und Doppelrohrsysteme aus PP, PEHD-el, PPs, PPs-el, PVDF und ECTFE für industrielle Anwendungen wie den Transport von aggressiven Medien und kontaminiertem Abwasser. Rohrsysteme aus PE 100 blau für diverse Druckluftanwendungen.

Piping systems and double containment piping systems made of PP, HDPE-el, PPs, PPs-el, PVDF and ECTFE for industrial applications such as transport of aggressive media and contaminated sewage water. Piping system made of PE 100 blue for various compressed air applications.

AGRULINE



ROHRSYSTEME / PIPING SYSTEMS

PE 100-RC Rohrsysteme für Gas- und Wasserversorgung sowie Abwasserentsorgung und PE 100-RC Rohrsysteme für grabenlose und sandbettfreie Verlegung erhältlich in Dimensionen bis zu d_a 3500 mm.

PE 100-RC piping systems for gas and potable water distribution as well as sewage water disposal and PE 100-RC piping systems for trenchless and sandbed-free installation available in dimensions up to OD 3500 mm.

PURAD



ROHRSYSTEME / PIPING SYSTEMS

Rohrsysteme in PVDF-UHP, PP-Pure, Polypure und ECTFE für den Transport von hochreinen Medien der Halbleiter- und Pharmaindustrie sowie der Getränke- und Lebensmittelindustrie.

PVDF-UHP, PP-Pure, Polypure and ECTFE piping systems for the distribution of ultra-pure-water in semiconductor, pharmaceutical and food industry.

Zulassungen / Certifications



HALBZEUGE SEMI-FINISHED PRODUCTS



HALBZEUGE / SEMI-FINISHED PRODUCTS

Rundstäbe, Blöcke, Linerrohre, Schweißdrähte, Platten und Formteile aus thermoplastischen Kunststoffen wie PP, PE, PPs, PPs-el, PEHD, PEHD-el, PVDF, ECTFE, FEP und PFA passend für den Apparate- und Behälterbau.

Sheets, bars, blocks, liner pipes welding rods and fittings made of PP, PE, PPs, PPs-el, HDPE, HDPE-el, PVDF, ECTFE, FEP and PFA for the manufacturing of tanks and for use in apparatus engineering.

LINING SYSTEMS



DICHTUNGSBAHNEN / GEOMEMBRANES

Dichtungsbahnen und Abdichtungen aus PEHD, PE-VLD, PE-LLD und FPP sowie Drainage Systeme aus PE und PP für Deponien, Tunnel und Teiche.

Geomembranes made of HDPE, VLDPE, LLDPE and FPP as well as drainage systems made of PE and PP for the use in landfills, tunnels, ponds, hydraulic engineering.

BETONSCHUTZ CONCRETE PROTECTION



BETONSCHUTZPLATTEN / CONCRETE PROTECTIVE LINERS

Betonschutzplatten und Profile aus PE, PP, PVDF und ECTFE sind der passende Schutz für Ihr Bauwerk gegen chemische Korrosion.

Concrete protective liners and assembly profiles made of PE, PP, PVDF and ECTFE for the protection of your concrete structures from wear and chemical corrosion.

SCHWEISSEN WELDING



SCHWEISSTECHNIK / WELDING SYSTEMS

Schweißmaschinen in verschiedensten Dimensionen für die professionelle Infrarot-, Stumpf-, Induktions- und Heizwendelschweißung.

Welding machines in various dimensions for professional infrared-, butt- and induction welding.





Innovation sichert Erfolg

Forschung und Entwicklung haben einen sehr hohen Stellenwert im Unternehmen. Ziel der Forschung ist der absolute Kundennutzen im Sinne kontinuierlicher Verbesserung und neuer Marktanforderungen.

Die Mission erster zu sein.

Europas erster Produzent von Formteilen im Spritzguss. Die weltweit erste Kalandrierung von extrabreiten Dichtungsbahnen. AGRU setzt nun mit einem Reinraumwerk für Reinstmedien-Rohrsysteme neue Maßstäbe.

Innovation - the key to success

AGRU's plastics engineers are focused on the future. Only those who today are dealing with the customer- and target-group-specific requirements of tomorrow will be successful in the future.

We claim to be the first.

Europe's first to produce fittings in injection moulds; the world's first to calender liners many meters wide. Once again the company has set new standards by building a clean-room plant for ultra-pure media piping systems.

GROUND-BREAKING INNOVATIONS HAVE BEEN A HALLMARK OF AGRU SINCE ITS EARLIEST DAYS.

Qualität

Kompromisslose Qualität, herausragender Kundennutzen und hohe Betriebssicherheit sind unsere Maximen. In mehr als 50 Jahren hat AGRU einen Pool an Fachwissen aufgebaut, das in der Branche einmalig ist. Diese „Lebenserfahrung“ fließt in anwendungsorientierte Innovation, hochtechnologische Produktion sowie herausragende Service- und Logistikleistungen ein.

Wir sind stolz auf viele nationale und internationale Zertifikate, Zulassungen und unser nach ISO 9001:2008 zertifiziertes Qualitätssystem – im Sinne unserer Kunden für weltweiten Einsatz.

Quality

Operational reliability, on-time delivery and maximum customer benefit are our maxims. Over more than 50 years, the plastics experts have accumulated a wealth of expertise unique in the industry. This lifetime of experience flows into application-oriented innovation, high-tech production and outstanding service and logistics performance.

We are proud of our numerous national and international certificates, approvals and certified quality system ISO 9001:2008 – for our customers and for worldwide application.

AGRU
IS KNOWN
FOR ITS HIGH
QUALITY
STANDARDS
AROUND THE
WORLD.



AGRU - A TRUSTED PARTNER.

Zuverlässigkeit

Unterschiedliche Werkstoffe, Technologien und Produkte sowie ein weltumspannendes Partnernetzwerk machen AGRU zum zuverlässigen Komplettanbieter. Vor allem für Großprojekte und Sonderlösungen bietet AGRU damit seinen Kunden einen One-Stop-Shop. AGRU ist ein Synonym für Kundennutzen und dafür bekannt, die Kundenwünsche effizient, kostengünstig und mit höchster Flexibilität zu erfüllen. Maßgeschneiderte, kundenorientierte technische Lösungen, „Out-of-the-box-Denken“ und jahrzehntelange Kunststoffverarbeitung sind dafür notwendig.

Reliability

Different materials, technologies and products plus a worldwide network of partners all contribute to making AGRU a single-source supplier. For large-scale projects and special solutions in particular, AGRU is able to offer its customers a one-stop shop. AGRU has built a reputation for satisfying its customers' wishes efficiently, cost-effectively and with superlative flexibility. Customer-oriented technical solutions, the ability to think outside the box and decades of hands-on experience are what it takes.





**MAXIMUM
CUSTOMER
BENEFIT.**

Service

Die Wirtschaftlichkeit einer technischen Lösung entscheidet sich oft beim eingesetzten Werkstoff. Nur wenn das Ausgangsmaterial perfekt an die Einsatzbedingungen angepasst ist, können Chemikalien- und Temperaturbeständigkeit sowie die physische Belastbarkeit voll erfüllt werden. Die anwendungsspezifische Materialauswahl ist eine Kernkompetenz von AGRU. Als professioneller Ansprechpartner rund ums Thema Kunststoff zeigt AGRU die wirtschaftlichste Lösung für jede noch so große Herausforderung auf.

Service

Very often, the material used turns out to be definitive in terms of the ultimate profitability of an engineering solution. Only if the raw material is perfectly matched to the real-world conditions of use can physical toughness and resistance to chemicals and temperature effects be fully to specification. Application-specific material selection is one of AGRU's core competences. As a professional partner for everything associated with plastics, AGRU can point out the most economical solution for any problem, no matter how big the challenge.



Technologieführerschaft

Am Stand der Technik zu produzieren, Prozesse zu verbessern und die Ergebnisse zu optimieren, ist bei AGRU der Garant für Wettbewerbsfähigkeit. In unseren Werken rund um den Globus beweisen wir Tag für Tag Kosten- und Qualitätsführerschaft. Der technologische Vorsprung bewirkt, dass AGRU-Lösungen stets zu den besten ihrer Branche zählen.



Technology leadership

Producing at the cutting edge of technology, improving processes and optimising results are part and parcel of AGRU's guarantee of competitiveness. Day in, day out, we demonstrate our cost and quality leadership in our plants all over the globe. The technological edge means that AGRU solutions are consistently among the best in their field.



A	Materialeigenschaften	13
B	Kalkulationsrichtlinien	27
C	Verbindungstechnik	47
D	Verlegerichtlinien	69
E	Normen und Zulassungen	83

Materialeigenschaften

Kalkulationsrichtlinien

Verbindungstechnik

Verlegerichtlinien

Normen und Zulassungen

Normen und Zulassungen

Verlegerichtlinien

Verbindungstechnik

Kalkulationsrichtlinien

Materialeigenschaften

1	Allgemeine Eigenschaften	15
2	Werkstoffspezifische Eigenschaften	17
3	Vergleich Druckklassen	23
4	Beständigkeit von Polyethylen	24

Normen und Zulassungen

Verlegerichtlinien

Verbindungstechnik

Kalkulationsrichtlinien

Materialeigenschaften

1 Allgemeine Eigenschaften

1.1 Polyethylen (PE)

Durch die permanente Weiterentwicklung der PE-Formmassen in den letzten Jahren wurde die Leistungsfähigkeit von PE-Rohren und -Formteilen erheblich verbessert. Diesem Umstand wurde durch neue, internationale Normen (ISO 9080, EN 1555, EN 12201) Rechnung getragen, sodass jetzt höhere Betriebsdrücke zulässig sind.

Polyethylen (PE) für den Rohrleitungsbereich wird nicht mehr nach der Dichte eingeteilt (PE-LD, PE-MD, PE-HD), sondern in MRS-Festigkeitsklassen (MRS - minimum required strength) eingestuft.

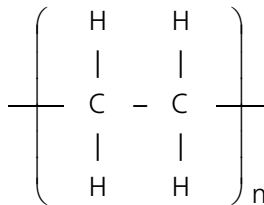


Abbildung A.1: Chemische Strukturformel von Polyethylen.

1.1.1 Vorteile von PE

- Hohe Flexibilität
- Homogen verschweißbar
- Geringes Gewicht
- Günstige Transportmöglichkeiten (z.B. Ringbunde)
- UV-Beständigkeit (wenn schwarz eingefärbt)
- Sehr gute chemische Beständigkeit
- Sehr gute Witterungsbeständigkeit
- Sehr gute Strahlenbeständigkeit
- Sehr gute Abrasionsbeständigkeit
- Kaum Ablagerungen und kein Zuwachsen durch geringen Reibungswiderstand
- Geringere Druckverluste als z.B. bei Metallen
- Widerstandsfähig gegen Druckstöße (bis zu 200 % des nominalen Betriebsdruckes)
- Einsatz bei niedrigen Temperaturen
- Nagetierbeständigkeit
- Geringer mikrobieller Bewuchs
- Physiologische Unbedenklichkeit

1.2 Polyethylen Typ PE 100

Diese Materialien werden auch als Polyethylen-Typen der dritten Generation bezeichnet (Mindestfestigkeit MRS=10 MPa).

Es handelt sich um eine Weiterentwicklung der PE-Materialien, die durch ein modifiziertes Polymerisationsverfahren eine geänderte, bimodale Molmassenverteilung aufweisen. Dadurch haben PE 100 Typen eine höhere Dichte und verbesserte mechanische Eigenschaften wie erhöhte Steifigkeit und Härte. Die Zeitstandsfestigkeit sowie der Widerstand gegen schnelle Rissfortpflanzung konnten deutlich verbessert werden.

Somit eignet sich dieses Material für die Herstellung von Druckrohren in kleinen und großen Dimensionen. Diese können im Vergleich zu den herkömmlichen Druckrohren aus PE (PE80) die entsprechende Druckstufe mit geringeren Wanddicken erreichen.

1.3 Polyethylen Typ PE 100-RC

Hinsichtlich Druckbeständigkeit und Verarbeitbarkeit sind bei dem PE 100-RC Material gegenüber PE 100 Materialien keine Unterschiede zu erkennen. Auch lassen sich diese beiden PE Typen problemlos miteinander verschweißen.

Der herausragende Unterschied im Vergleich zu Standard PE 100 Material ist der hohe Widerstand gegen langsamen Risswachstum (slow crack growth, SCG) bei Punktlasten. Diese Eigenschaft erlaubt eine sandbettfreie Verlegung, sowie die sichere Anwendung alternativer Verlegetechniken bei erdverlegten Rohrleitungen.

Bei der sandbettfreien Verlegung kann das Aushubmaterial (Erde, Kies, Schotter) verwendet werden, welches sich entsprechend der gängigen Richtlinien verdichten lässt.

Richtwerte für die Korngrößen des Bettungsmaterials (Quelle: ÖVGW QS-W 405):

DIM $D_e < 63$ mm bis 22 mm Korngröße
DIM $D_e > 63$ mm bis 100 mm Korngröße

PE100-RC bietet somit erweiterten Schutz gegenüber:

- Punktlasten,
- Rissinitiierung,
- Langsamem Risswachstum (SCG).

1.4 Polyethylen Typ 4710

PE 4710 ist eine Material-Klassifizierung basierend auf ASTM Standards. Die Eigenschaften und Anforderungen beider Materialien von PE 4710 als auch PE 100 können als gleichwertig betrachtet werden. Durch die unterschiedlichen Sicherheitsfaktoren (design factors) von PE 4710 und PE 100 Materialien kann PE 100 mit 15 % höheren Drücken für Gas- und Wasseranwendungen betrieben werden. Die PE Werkstoffe welche AGRU für seine Rohrsysteme verwendet entsprechen sowohl den Anforderungen von PE 100 als auch denen von PE 4710.

1.5 Vernetztes Polyethylen PE-Xa

Der Werkstoff PE-Xa entsteht durch die peroxidische Vernetzung von Polyethylen bei hohem Druck. Hierbei verbinden sich die einzelnen Moleküle des Polyethylens zu einem dreidimensionalen Netzwerk.

Dieses Vernetzungsverfahren sichert auch bei dickwandigen Rohren eine gleichmäßige Vernetzung im gesamten Rohrquerschnitt.

Durch die Vernetzung kann PE-Xa nicht mehr aufgeschmolzen werden und wird deshalb auch als thermoelastisch bezeichnet. Er verbindet die guten Eigenschaften eines Thermoplasts mit denen eines Elastomers.

PE-Xa-Rohre haben folgende Eigenschaften:

- Kerbunempfindlichkeit
- Unempfindlichkeit gegenüber Punktlasten
- Spannungsrisseunempfindlichkeit
- Höherer Widerstand gegen langsames Risswachstum
- Hoher Widerstand gegen Abrieb
- Hohe Kerbschlagzähigkeit bei extrem niedrigen Temperaturen
- Hohe Flexibilität bei tiefen Temperaturen
- Einsatz bis 95 °C Dauertemperatur
- Hohes Rückstellvermögen (Memory-Effekt)

Durch diese besonderen Werkstoffeigenschaften ergeben sich für die Praxis folgende praktische Vorteile:

- Geeignet für grabenlose Verlegung und Sanierung (Rohre auf Ringbunden)
- Einsatz in Bergsenkungsgebieten
- Sehr hohe Betriebssicherheit

Deshalb wird PE-Xa vor allem dort eingesetzt, wo maximale Sicherheit gefragt ist, wie bei erdverlegten Gas- oder Trinkwasserleitungen.

1.5.1 Spannungsrisssbeständigkeit

Bei Rohren aus nicht vernetzten Thermoplasten können durch punktförmige Lasten von außen (z.B. durch Steine) Spannungskonzentrationen und Überdehnungen an der Rohrinneenseite entstehen. Diese können zu feinen Haarrissen im Gefüge (Spannungsrissskorrosion) - und damit zum vorzeitigen Versagen der Rohre führen.

Durch die Vernetzung der Molekülketten bei PE-Xa ist der Widerstand gegen das Auftreten von Spannungsrisse im Vergleich zu einem Rohr aus herkömmlichen PE 100 wesentlich besser. Damit können Rohre aus PE-Xa ohne Sandbettung verlegt werden.

1.5.2 Kerbverhalten

Bei der Erdverlegung von Rohren und unter Umständen auch im späteren Betrieb können Kerben an der Rohroberfläche entstehen, die während der Betriebsdauer zu Rissen führen können.

PE-Xa hat einen wesentlich größeren Widerstand gegen die Kerbbildung und das Risswachstum als Rohre aus unvernetztem Polyethylen.

Rohre aus PE-Xa eignen sich deshalb besonders für grabenlose Verlegetechniken, bei welchen Beschädigungen der Rohroberfläche kaum vermeidbar sind.

1.5.3 Verminderte Rissfortpflanzung

Als schnelle Rissfortpflanzung bezeichnet man die Neigung von Rohren bei hohen Drücken, kompressiblen Medien und niedrigen Temperaturen im Fall von Rohrbeschädigungen in Längsrichtung schnell fortlaufende Risse über große Längen zu entwickeln.

Rohre aus PE-Xa zeigen selbst bei Temperaturen bis zu -50 °C und Drücken von bis zu 16 bar keine schnelle Rissfortpflanzung.

2 Werkstoffspezifische Eigenschaften

2.1 PE 100 und PE 100-RC

2.1.1 Materialeigenschaften

Die angegebenen Werte sind **Richtwerte** für den jeweiligen Werkstoff.

	Eigenschaft	Prüfnorm	Einheit	PE 100	PE 100-RC
Mechanische / Physikalische	MRS Klassifikation	ISO 9080	N/mm ²	10	10
	Spezifische Dichte bei 23 °C	ISO 1183	g/cm ³	0,96 ²⁾	0,96 ²⁾
	Melt flow rate (MFR 190/5)	ISO 1133-1	g/10min	~0,3 ¹⁾	~0,3 ¹⁾
	MFI-Gruppe			T003	T003
	Streckspannung	ISO 527	MPa	≥23	≥23
	Streckdehnung	ISO 527	%	≥9	≥9
	Bruchdehnung (bei 20 °C)	ISO 527	%	>350 ²⁾	≥350 ²⁾
	Schlagzähigkeit ungekerbt (bei -30 °C)	ISO 179	kJ/m ²	kein Bruch	kein Bruch
	Kerbschlagzähigkeit (bei +23 °C)	ISO 179	kJ/m ²	≥13 ³⁾	≥13 ³⁾
	Kerbschlagzähigkeit (bei -30 °C)	ISO 179	kJ/m ²	10	10
	Shore-D Härte (3 sec)	ISO 868	1	~60	~60
	Biegesteifigkeit (3,5 % Biegung)	ISO 178	MPa	≥21	≥21
	Elastizitätsmodul	ISO 527	MPa	≥1000	≥1000
	Spannungsrisssbeständigkeit (FNCT)	ISO 16770 EN 12814-3	h	≥300 ³⁾	≥8760 ³⁾
Thermische	Wärmeformbeständigkeit HDT/B	ISO 75	°C	75	75
	Längenausdehnungskoeffizient	DIN 53752	K ⁻¹ × 10 ⁻⁴	1,8 ⁴⁾	1,8 ⁴⁾
	Wärmeleitfähigkeit bei 20 °C	DIN 52612	W / (m×K)	~0,4	~0,4
	Brandklasse	UL 94	-	94-HB	94-HB
		DIN 4102	-	B2	B2
Einsatztemperatur	-	°C	-40 bis +60 *		
Elektrische	Spezifischer Durchgangswiderstand	VDE 0303	Ω × cm	>10 ¹⁶	>10 ¹⁶
	Spezifischer Oberflächenwiderstand	VDE 0303	Ω	>10 ¹³	>10 ¹³
	Relative Dielektrizitätskonstante bei 1 MHz	DIN 53483	-	2,3	2,3
	Durchschlagfestigkeit	VDE 0303	kV/mm	70	70
Allgemeine	Physiologisch unbedenklich	EEC 90/128	-	ja	ja
	UV Stabilisierung	-	-	Ruß	Ruß
	Farbe	-	-	schwarz	schwarz

Tabelle A.1: Spezifische Werkstoffeigenschaften von PE 100 und PE 100-RC.

Richtwerte aus:

¹⁾ DVS 2207-1 ²⁾ EN 12201 ³⁾ DVS 2205-1 BB1 ⁴⁾ DVS 2210-1

*Abhängig von Art und Dauer der Anwendung (s. Kap. 2.1.3)

2.1.2 Zeitstandkurve

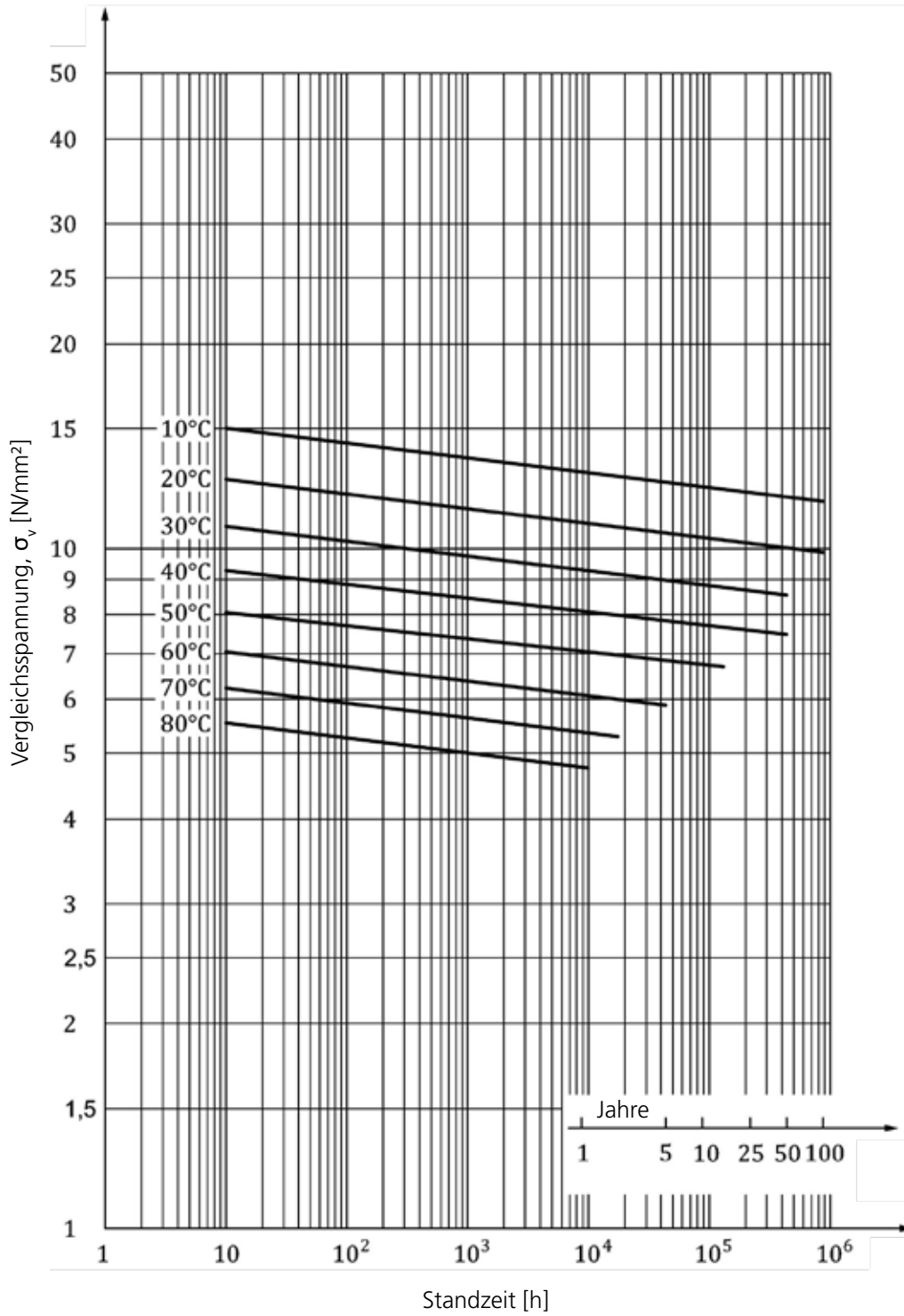


Abbildung A.2: Zeitstandkurve PE 100 und PE 100-RC. (Quelle: DIN 8075:2018-08, ISO 15494:2015-01)

2.1.3 Zulässige Bauteilbetriebsüberdrücke p_B

Temperatur [°C]	Betriebsdauer [a]	Zulässiger Bauteilbetriebsüberdruck [bar]									
		Wasser								Gas	
		SDR 41	SDR 33	SDR 26	SDR 21	SDR 17	SDR 11	SDR 9	SDR 7,4	SDR 17	SDR 11
	ISO-S 20	ISO-S 16	ISO-S 12,5	ISO-S 10	ISO-S 8	ISO-S 5	ISO-S 3,2	ISO-S 3,2	ISO-S 8	ISO-S 5	
10	5	5,0	6,3	7,9	10,0	12,6	19,9	25,1	31,6	7,9	12,5
	10	4,9	6,2	7,8	9,8	12,4	19,6	24,7	31,1	7,7	12,3
	25	4,8	6,1	7,7	9,6	12,1	19,2	24,2	30,5	7,6	12,0
	50	4,8	6,0	7,5	9,5	12,0	18,9	23,9	30,0	7,5	11,8
20	5	4,2	5,3	6,7	8,4	10,6	16,8	21,1	26,6	6,6	10,5
	10	4,2	5,2	6,6	8,3	10,4	16,5	20,8	26,2	6,5	10,3
	25	4,1	5,1	6,5	8,1	10,2	16,2	20,4	25,7	6,4	10,1
	50	4,0	5,0	6,3	8,0	10,0	16,0	20,0	25,0	6,3	10,0
30	5	3,6	4,5	5,7	7,2	9,0	14,3	18,0	22,7	5,6	8,9
	10	3,5	4,5	5,6	7,1	8,9	14,1	17,7	22,3	5,6	8,8
	25	3,5	4,4	5,5	6,9	8,7	13,8	17,4	21,9	5,4	8,6
	50	3,4	4,3	5,4	6,8	8,6	13,6	17,1	21,6	5,4	8,5
40	5	3,1	3,9	4,9	6,2	7,8	12,3	15,5	19,5	4,9	7,7
	10	3,0	3,8	4,8	6,1	7,6	12,1	15,3	19,2	4,8	7,6
	25	3,0	3,8	4,7	6,0	7,5	11,9	15,0	18,8	4,7	7,4
	50	2,9	3,7	4,7	5,9	7,4	11,7	14,7	18,5	4,6	7,3
45	5	2,9	3,6	4,6	5,7	7,2	11,5	14,4	18,2	4,5	7,2
	10	2,8	3,6	4,5	5,7	7,1	11,3	14,2	17,9	4,5	7,1
	25	2,8	3,5	4,4	5,5	7,0	11,1	13,9	17,5	4,4	6,9
50	5	2,7	3,4	4,3	5,4	6,7	10,7	13,5	16,9	4,2	6,7
	10	2,6	3,3	4,2	5,3	6,6	10,5	13,3	16,7	4,2	6,6
	15	2,6	3,3	4,2	5,2	6,6	10,4	13,1	16,5	4,1	6,5
55	5	2,5	3,2	4,0	5,0	6,3	10,0	12,6	15,8	3,9	6,2
	10	2,5	3,1	3,9	4,9	6,2	9,8	12,4	15,6	3,9	6,2
60	5	2,4	3,0	3,7	4,7	5,9	9,4	11,8	14,8	3,7	5,9

Tabelle A.2: Zulässige Bauteilbetriebsdrücke von PE 100 und PE 100-RC (Quelle: DIN 8075: 2018, ISO 15494: 2015-01).

Die in den Tabellen enthaltenen Angaben gelten für Durchflussmedien Wasser und Gas. Sie wurden mit Sicherheitsfaktoren $C = 1,25$ (Wasser) und $C = 2$ (Gas) aus dem Zeitstanddiagramm ermittelt.

Für die Berechnung des Betriebsdruckes in frei verlegten Rohrleitungssystemen wird empfohlen, die in der Tabelle enthaltenen Betriebsdrücke mit einem Systemabminderungsfaktor $f_s = 0,8$ zu multiplizieren (Dieser Wert beinhaltet verlegetechnische Einflüsse, wie Schweißverbindung, Flanschverbindung oder auch Biegebeanspruchungen).

2.1.4 Kriechmodulkurven

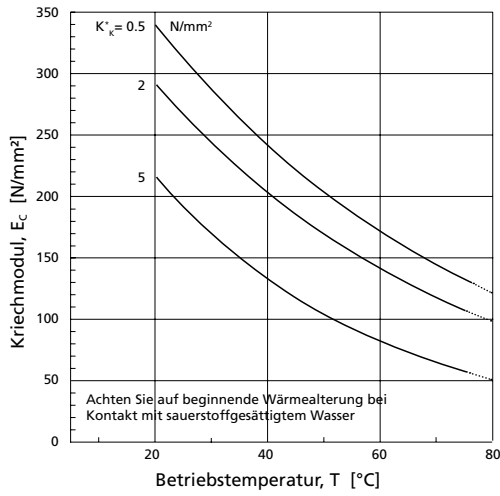


Abbildung A.3: Kriechmodul PE 100 und PE100-RC für 1 Jahr (Quelle: DVS 2205-1).

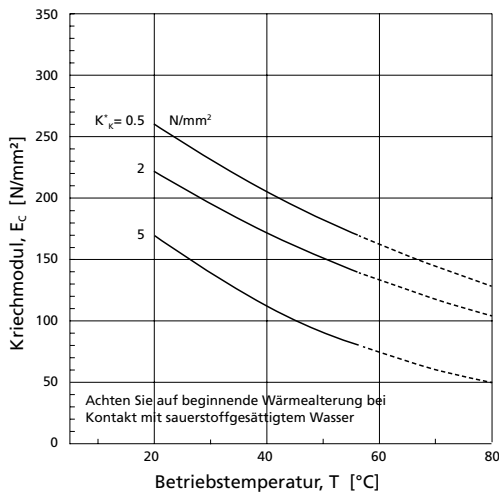


Abbildung A.4: Kriechmodul PE 100 und PE100-RC für 10 Jahre (Quelle: DVS 2205-1).

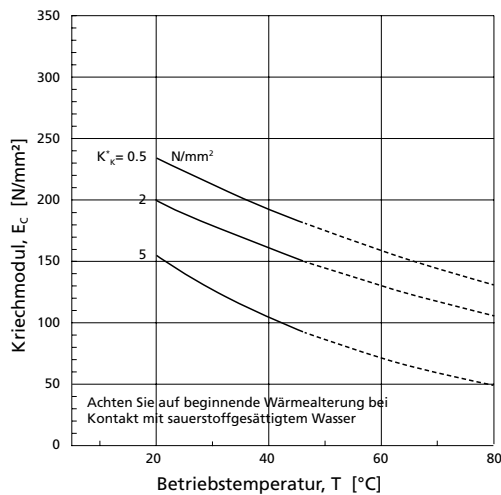


Abbildung A.5: Kriechmodul PE 100 und PE100-RC für 25 Jahre (Quelle: DVS 2205-1).

Der Kriechmodul aus den Abbildungen A3 bis A5, ist für Stabilitätsberechnungen noch mit einem Sicherheitsfaktor von ≥ 2 abzumindern.

Einflüsse durch chemische Beanspruchung oder durch Exzentrizität und Unrundheit sind gesondert zu berücksichtigen.

2.1.5 Isochrones Spannung-Dehnung-Diagramm

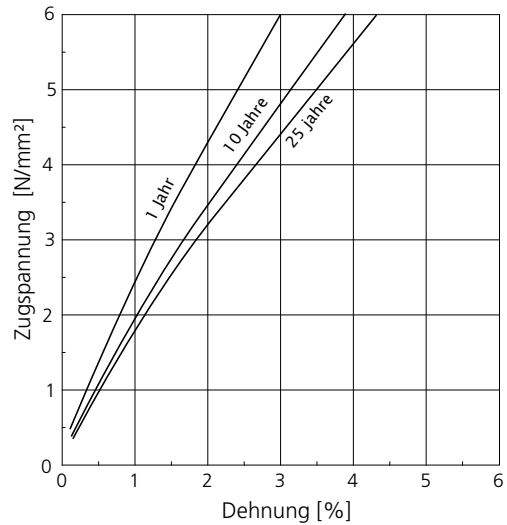


Abbildung A.6: Isochrones Spannung-Dehnung-Diagramm von PE 100 for 23°.

2.2 PE-Xa

2.2.1 Materialeigenschaften

Die angegebenen Werte sind **Richtwerte** für den Werkstoff

	Eigenschaft	Prüfnorm	Einheit	PE-Xa
Mechanische / Physikalische	MRS Klassifikation	ISO 9080	N/mm ²	9,5
	Spezifische Dichte bei 23 °C	ISO 1183	g/cm ³	0,94
	Melt flow rate	ISO 1133	g/10min	k.A.
	MFR 190/5			k.A.
	MFR 190/2,16			k.A.
	MFR 230/5			k.A.
	Streckspannung bei 20 °C	ISO 527	MPa	19 - 26
	Bruchdehnung	ISO 527	%	350 - 550
	Schlagzähigkeit ungekerbt bei +23 °C	ISO 179	kJ/m ²	kein Bruch
	Schlagzähigkeit ungekerbt bei -30 °C	ISO 179	kJ/m ²	kein Bruch
	Schlagzähigkeit gekerbt bei +23 °C	ISO 179	kJ/m ²	kein Bruch
	Schlagzähigkeit gekerbt bei -30 °C	ISO 179	kJ/m ²	kein Bruch
	Biegesteifigkeit (3,5 % Biegespannung)	ISO 178	MPa	20
	Elastizitätsmodul bei 20 °C	ISO 527	MPa	600-900
Spannungsrisssbeständigkeit (FNCT)		h	>8760	
Thermische	Vicat-Erweichungstemperatur VST/B/50	ISO 306	°C	133
	Linearer Wärmeausdehnungskoeffizient	DIN 53752	K ⁻¹ × 10 ⁻⁴	1,4
	Wärmeleitfähigkeit bei 20 °C	DIN 52612	W / (m×K)	0,35
	Brandklasse	UL 94	-	94-HB
		DIN 4102	-	B2
Einsatztemperatur	-	°C	-50 bis + 95	
Elektrische	Spezifischer Durchgangswiderstand	VDE 0303	Ω × cm	>10 ¹⁵
	Spezifischer Oberflächenwiderstand	VDE 0303	Ω	>10 ¹³
	Relative Dielektrizitätskonstante bei 1 MHz	DIN 53483	-	2,3
	Durchschlagfestigkeit	VDE 0303	kV/mm	60 - 90
Allgemeine	Physiologisch unbedenklich	EEC 90/128	-	
	UV Stabilisierung	-	-	eingeschränkt
	Farbe	-	-	gelb, blau

Tabelle A.3: Spezifische Werkstoffeigenschaften von PE-Xa.

2.2.2 Zeitstandkurve

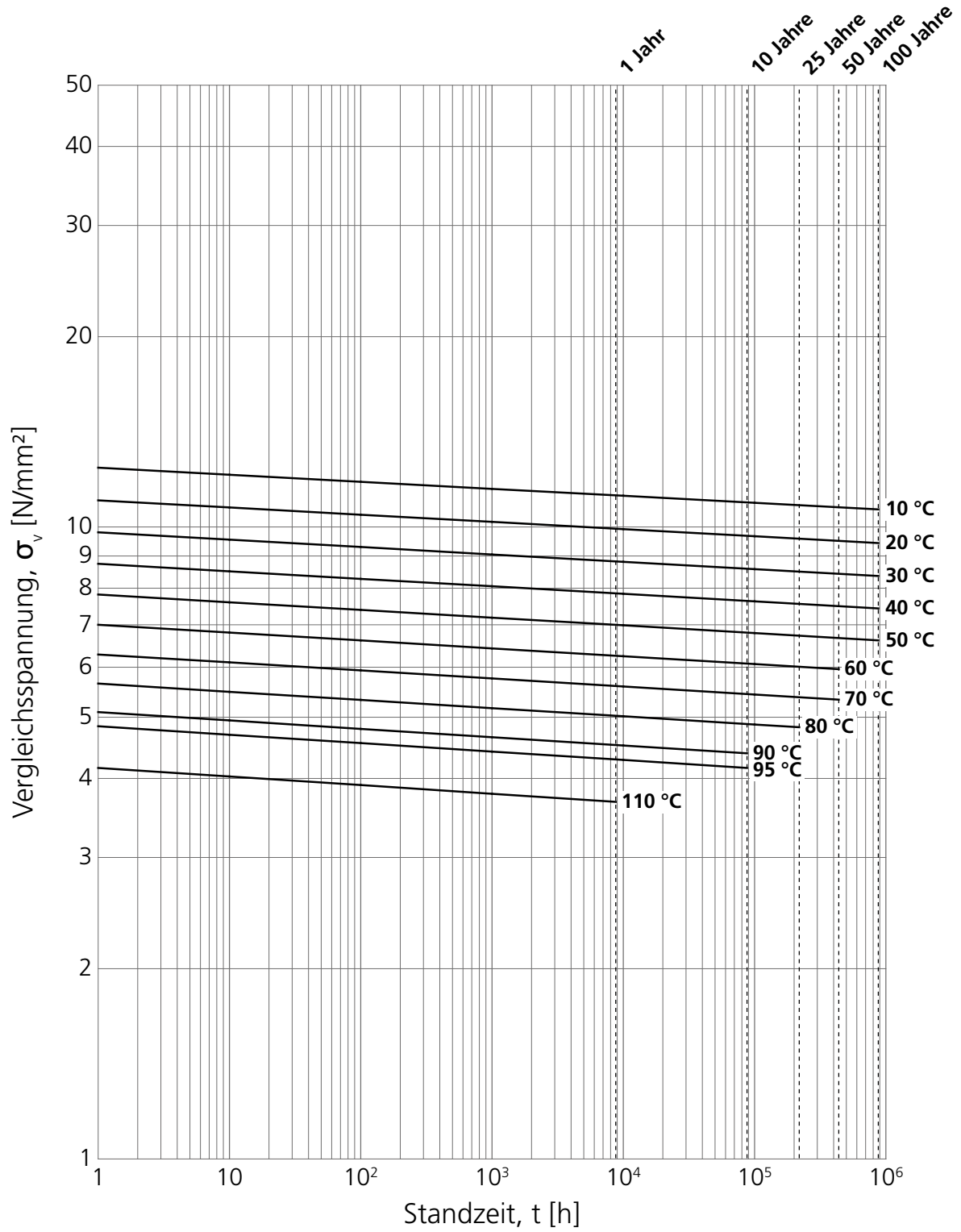


Abbildung A.7: Zeitstandkurve PE-Xa (Quelle: DIN 16893).

2.2.3 Bauteilbetriebsüberdruck p_B

Temperatur [°C]	Betriebsdauer [a]	Zulässiger Bauteilbetriebsüberdruck [bar]	
		Wasser	Gas
SDR 11 / ISO-S 5			
10	1	17,9	11,2
	5	17,5	10,9
	10	17,4	10,9
	25	17,2	10,8
	50	17,1	10,7
20	1	15,8	9,9
	5	15,5	9,7
	10	15,4	9,6
	25	15,2	9,5
	50	15,1	9,4
30	1	14,0	8,8
	5	13,8	8,6
	10	13,7	8,6
	25	13,5	8,4
	50	13,4	8,4
40	1	12,5	7,8
	5	12,2	7,6
	10	12,1	7,6
	25	12,0	7,5
	50	11,9	7,4
50	1	11,1	6,9
	5	10,9	6,8
	10	10,8	6,8
	25	10,7	6,7
	50	10,6	6,6
60	1	9,9	6,2
	5	9,7	6,1
	10	9,7	6,1
	25	9,5	5,9
	50	9,5	5,9
70	1	8,9	5,6
	5	8,7	5,4
	10	8,6	5,4
	25	8,5	5,3
	50	8,5	5,3
80	1	8,0	5,0
	5	7,8	4,9
	10	7,7	4,8
	25	7,6	4,8
	50	7,6	4,8
90	1	7,2	4,5
	5	7,0	4,4
	10	6,9	4,3
95	1	6,8	4,3
	5	6,6	4,1

Tabelle A.4: Zulässige Bauteilbetriebsdrücke von PE-Xa (Quelle: DIN 16893).

3 Vergleich Druckklassen

Nachfolgender Vergleich stellt den Unterschied zwischen der SDR-Reihe, S-Reihe und PN-Druckklasse dar (gültig für 20 °C, 50 Jahre Lebensdauer und C = 1,25 (Wasser)).

SDR	S	PN-Druckklasse (Wasser)		
		PE100 / PE100-RC	PE-Xa	PE 80
41	20	4	-	3,2
33	16	5	-	4
26	12,5	6,3	-	5
17	8	10	-	7,5
11	5	16	12,5	8
9	4	20	-	12,5
7,4	3,2	25	20	20

Tabelle A.5: Vergleich Druckklassen (Quelle: EN 12201-2, DVGW G400-1, DVGW G472).

Die in den Tabellen enthaltenen Angaben gelten für Durchflussmedien Wasser und Gas. Sie wurden mit Sicherheitsfaktoren C = 1,25 (Wasser) und C = 2 (Gas) aus dem Zeitstanddiagramm ermittelt.

4 Beständigkeit von Polyethylen

4.1 Physikalische Beständigkeit

4.1.1 Physiologische Unbedenklichkeit

Polyethylen entspricht in seiner Zusammensetzung den einschlägigen lebensmittelrechtlichen Bestimmungen (nach ÖNorm B 5014 Teil 1, BGA, KTW-Richtlinien).

PE-Rohre und -Formteile sind auf Trinkwassertauglichkeit nach DVGW Richtlinie W270 geprüft.

4.1.2 Verhalten bei Strahlenbelastung

Rohre aus Polyethylen können grundsätzlich im Bereich energiereicher Strahlung eingesetzt werden. So haben sich Rohre aus PE seit vielen Jahren zur Ableitung radioaktiver Abwässer aus Heißlaboren und als Kühlwasserleitungen in der Kernertechnik bewährt.

Die üblichen radioaktiven Abwässer enthalten Quellen für Beta- und Gammastrahlen. PE-Rohrleitungen werden selbst nach jahrelangem Einsatz nicht radioaktiv.

Auch in Umgebung höherer Aktivitäten werden Rohre aus PE nicht geschädigt, wenn sie während ihrer gesamten Betriebszeit keine größere, gleichmäßig verteilte Strahlendosis als $<10^4$ Gray enthalten.

4.1.3 Verhalten bei abrasiven Durchflusstoffen

Prinzipiell eignen sich Kunststoffrohre wesentlich besser zum Transport von Flüssigkeiten-Feststoff-Gemischen als z.B. Beton- oder Stahlrohre. Hier liegen neben verschiedenen Versuchsergebnissen bereits positive Erfahrungen in vielen Anwendungsfällen vor.

Zum Testen des Abriebsverhaltens kann der Darmstädter Kipprinnenversuch herangezogen werden.

Bei dem Versuch wird eine 1 Meter lange Rohr-Halbschale mit einem Quarzsand-Kies-Wasser-Gemisch (46 Vol.-% Quarzsand/Kies, Körnung bis 30 mm)

gefüllt und mit einer Frequenz von 0,18 Hz hin und her gekippt. Als Maß für den Abrieb gilt die lokale Abnahme der Wanddicke nach einer bestimmten Beanspruchungszeit.

Aus dem Versuchsergebnis lässt sich klar der Vorteil von PE- und PP-Rohren für den Feststofftransport in Freispiegelleitungen ersehen.

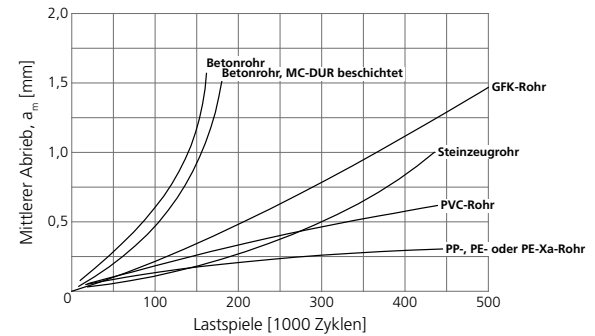


Abbildung A.8: Abriebverhalten nach dem Darmstädter-Verfahren (DIN EN 295-3). Quelle: Technische Hochschule Darmstadt

4.2 Chemische Beständigkeit

Im Unterschied zu den Metallen, bei denen ein Angriff von Chemikalien zu einer irreversiblen chemischen Veränderung des Materials führt, sind es bei den Kunststoffen in den überwiegenden Fällen physikalische Vorgänge, die den Gebrauchswert beeinträchtigen. Solche physikalische Veränderungen sind z.B. Quellungs- und Lösungsvorgänge, bei denen sich das Gefüge der Kunststoffe so verändern kann, dass die mechanischen Eigenschaften in Mitleidenschaft gezogen werden. In solchen Fällen sind bei der Auslegung von Anlagen und Anlagenteilen Abminderungsfaktoren zu berücksichtigen.

PE ist gegen wässrige Lösungen von Salzen, Säuren und Alkalien beständig, sofern es sich nicht um starke Oxidationsmittel handelt. Gute Beständigkeit besteht auch gegenüber vielen Lösungsmitteln, wie Alkoholen, Estern und Ketonen.

Bei Kontakt mit Lösungsmitteln, wie Aliphaten, Aromaten und Chlorkohlenwasserstoffen, ist besonders bei höherer Temperatur mit einer starken Quellung zu rechnen. Eine Zerstörung der Werkstoffe tritt aber nur selten ein.

Oberflächenaktive Medien (Chromsäure, konzentrierte Schwefelsäure) können die Beständigkeit durch Spannungsrissskorrosion stark reduzieren.

4.2.1 Laugen

4.2.1.1 Alkalilaugen

Wässrige Lösungen von Alkalien (z.B. Kalilauge, Natronlauge, ...) reagieren auch bei erhöhter Temperatur und hohen Konzentrationen nicht mit PE und sind daher ohne Probleme in PE-Systemen einsetzbar.

4.2.1.2 Natriumhypochlorit

Bei diesem Medium muss man bereits bei Raumtemperatur von einer bedingten Beständigkeit ausgehen.

Bei höheren Temperaturen und einer Konzentration von > 3 mg/l ist PE nur noch für drucklose Rohrleitungssysteme geeignet.

4.2.1.3 Kohlenwasserstoffe

PE ist gegen Kohlenwasserstoffe (Benzin sowie andere Treibstoffe) bis zu Temperaturen von 40 °C für den Transport und 60 °C für die Lagerung dieser Medien beständig.

Erst bei Temperaturen von mehr als 60 °C ist PE nur bedingt beständig, da die Quellung $>3\%$ beträgt.

4.2.2 Säuren

4.2.2.1 Schwefelsäure

Konzentrationen bis ca. 78% verändern die Eigenschaften von PE nur geringfügig. Konzentrationen über 85% wirken bereits bei Raumtemperatur oxidierend.

4.2.2.2 Salzsäure, Flusssäure

Gegenüber konzentrierter Salzsäure und Flusssäure ist PE chemisch widerstandsfähig.

Es tritt jedoch ab einer Konzentration $>20\%$ bei HCl und $>40\%$ bei HF eine Diffusion auf, die zwar das Material in keiner Weise schädigt, dafür aber Sekundärschäden an umliegenden Stahlbauten verursacht. Bei solchen Anwendungen haben sich Doppelrohrsysteme bewährt.

4.2.2.3 Salpetersäure

Höher konzentrierte Salpetersäure wirkt oxidierend auf PE, sodass mit einer Abnahme der mechanischen Festigkeitseigenschaften zu rechnen ist.

4.2.2.4 Phosphorsäure

Gegenüber diesem Medium ist PE auch bei höheren Konzentrationen und bei erhöhten Temperaturen beständig.

4.2.3 Gase

PE wird seit Jahrzehnten erfolgreich für den Transport von Erdgas und Biogas eingesetzt. Auch gegenüber Wasserstoff bis zu 100 Vol.-% ist PE bestens geeignet.

Normen und Zulassungen

Verlegerichtlinien

Verbindungstechnik

Kalkulationsrichtlinien

Materialeigenschaften

1	SDR - Standard Dimension Ratio	29
2	S-Reihe	29
3	Bauteilbetriebsdruck	29
4	Rohrwanddicke	29
5	Beuldruck (Unterdruck)	30
6	Rohrquerschnitt	31
7	Hydraulische Verluste	31
8	Längenänderungen	36
9	Festpunktbelastung	36
10	Biegeschenkellängen	38
11	Rohrstützweiten	40
12	Ringsteifigkeit	42
13	Durchfluss (Nomogramm)	42
14	Berechnungshilfen	44

Normen und Zulassungen

Verlegerichtlinien

Verbindungstechnik

Kalkulationsrichtlinien

Materialeigenschaften

1 SDR - Standard Dimension Ratio

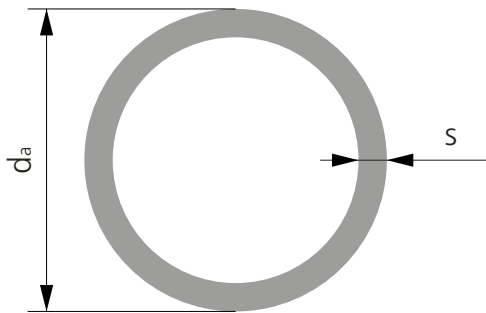


Abbildung B.1: Rohrabmessungen.

$$SDR = \frac{d_a}{s}$$

Formel B.1: SDR.

- d_a Außendurchmesser [mm]
- s Wanddicke [mm]
- SDR Außendurchmesser-Wandstärken-Verhältnis [1]

2 S-Reihe

$$S = \frac{SDR - 1}{2}$$

Formel B.2: S-Reihe.

- S ISO S-Reihe [1]
- SDR Standard Dimension Ratio [1]

3 Bauteilbetriebsdruck

$$p_B = \frac{20 \cdot \sigma}{c \cdot (SDR - 1)}$$

Formel B.3: Bauteilbetriebsdruck.

- c minimaler Sicherheitsfaktor [1]
- p_B Bauteilbetriebsdruck [bar]
- SDR Standard Dimension Ratio [1]
- σ Vergleichsspannung [N/mm²]

	Minimaler Sicherheitsfaktor c [1]	
	Trinkwasser, Abwasser	Gas
PE 100, PE 100-RC	1,25	2,0
PE-Xa	1,25	2,0

Tabelle B.1: Minimale Sicherheitsfaktoren.

Vergleichsspannung siehe Kapitel A „Zeitstandkurve“.

4 Rohrwanddicke

Festigkeitsberechnungen für thermoplastische Kunststoffrohrleitungen sind grundsätzlich auf der Basis von Langzeitkennwerten vorzunehmen. Die Festigkeitswerte können, in Abhängigkeit von der Temperatur, aus den Zeitstandkurven (siehe Kapitel *Materialeigenschaften*) entnommen werden.

Nach der Ermittlung der rechnerischen Wanddicke muss die Ausführungswanddicke unter Berücksichtigung der Nenndruckstufe bzw. SDR-Klasse bestimmt werden. Wanddickenzuschläge (z.B. beim Einsatz von PE-Rohrleitung im Freien ohne UV-Schutz oder beim Transport abrasiver Stoffe) sind zu berücksichtigen.

$$s_{\min} = \frac{p \cdot d_a}{20 \cdot \sigma_{\text{zul}} + p}$$

Formel B.4: Mindestwanddicke.

$$\sigma_{\text{zul}} = \frac{\sigma}{c}$$

Formel B.5: Zulässige Spannung.

- c minimaler Sicherheitsfaktor [1]
- d_a Außendurchmesser [mm]
- p Betriebsdruck [bar]
- s_{\min} Mindestwanddicke [mm]
- σ Vergleichsspannung [N/mm²]
- σ_{zul} zulässige Spannung [N/mm²]

Vergleichsspannung siehe Kapitel A „Zeitstandkurve“.

Falls erforderlich kann aus dieser Formel auch die Vergleichsspannung σ bzw. der Betriebsdruck p errechnet werden.

5 Beuldruck (Unterdruck)

In bestimmten Einzelfällen sind Rohrleitungssysteme einem äußeren Überdruck (Unterdruck im Rohr) ausgesetzt:

- Verlegung im Wasser oder im Boden unterhalb des Grundwasserspiegels
- Leitungen für Unterdruck, z.B. Saugleitungen
- Relining mit Ringraumverfüllung

$$p_k = \frac{10 \cdot E_c}{8 \cdot (1 - \mu^2)} \cdot \left(\frac{s}{r_m}\right)^3$$

Formel B.6: Berechnung Beuldruck (Sicherheitsfaktor 2)

$$r_m = \frac{d_a - s}{2}$$

Formel B.7: Mittlerer Radius.

Die Beulspannung kann anschließend direkt berechnet werden:

$$\sigma_k = 0,1 \cdot p_k \cdot \frac{r_m}{s}$$

Formel B.8: Berechnung der Beulspannung.

- d_a Außendurchmesser [mm]
- E_c Kriechmodul für 25 Jahre [N/mm²]
- p_k kritischer Beuldruck [bar]
- r_m mittlerer Rohrradius [mm]
- s Wanddicke [mm]
- μ Querkontraktionszahl 0,38 [1]
- σ_k kritische Beulspannung [N/mm²]

Zeitraum [Jahre]	Temperatur [°C]			
	20	30	40	50
1	290	250	200	170
10	220	190	170	150
25	200	180	160	-

Tabelle B.2: Richtwerte zu Langzeit-Kriechmodul für PE 100 und PE 100-RC aus den Kriechmodulkurven Kap. 2.1.4 (Spannung: 2 N/mm²) (Quelle: DVS 2205-1)

Temperatur [°C]	Betriebsdauer [a]	Zulässiger Bauteilbetriebsunterdruck [bar]							
		SDR 7,4	SDR 9	SDR 11	SDR 17	SDR 21	SDR 26	SDR 33	SDR 41
20	1	13,423	6,719	3,376	0,854	0,429	0,212	0,107	0,054
	10	10,183	5,097	2,561	0,648	0,325	0,161	0,081	0,041
	25	9,257	4,634	2,328	0,589	0,296	0,146	0,074	0,037
30	1	11,571	5,792	2,910	0,736	0,370	0,183	0,092	0,047
	10	8,794	4,402	2,212	0,559	0,281	0,139	0,070	0,036
	25	8,331	4,170	2,095	0,530	0,266	0,132	0,066	0,034
40	1	9,257	4,634	2,328	0,589	0,296	0,146	0,074	0,037
	10	7,869	3,939	1,979	0,500	0,251	0,124	0,062	0,032
	25	7,406	3,707	1,863	0,471	0,237	0,117	0,059	0,030
50	1	7,869	3,939	1,979	0,500	0,251	0,124	0,062	0,032
	10	6,943	3,475	1,746	0,442	0,222	0,110	0,055	0,028

Tabelle B.3: Zulässige Betriebsunterdrücke von PE 100 / PE 100-RC.

Die in den Tabellen enthaltenen Angaben gelten für das Durchflussmedium Wasser. Sie wurden mit einem Sicherheitsfaktor von 2,0 (Mindestsicherheitsfaktor für Stabilitätsberechnungen) ermittelt.

Für den jeweiligen Anwendungsfall sind diese Betriebsunterdrücke noch mit den entsprechenden Abminderungsfaktoren durch chemischen Einfluss oder Unrundheit zu reduzieren.

6 Rohrquerschnitt

Strömungsvorgänge werden mit der Kontinuitätsgleichung erfasst. Diese lautet für Flüssigkeiten, bei denen der Volumenstrom konstant bleibt:

$$\dot{V} = 0,0036 \cdot A \cdot v$$

Formel B.9: Volumenstrom.

Für Gase und Dämpfe bleibt der Massenstrom konstant. Daher ergibt sich folgende Gleichung:

$$\dot{m} = 0,0036 \cdot A \cdot v \cdot \rho$$

Formel B.10: Massestrom.

Werden in diesen Gleichungen die Konstanten zusammengefasst, so ergeben sich in der Praxis übliche Formeln zur Berechnung des erforderlichen Rohrquerschnittes:

$$d_i = 18,8 \cdot \sqrt{\frac{Q_1}{v}}$$

Formel B.11: Rohrinne Durchmesser - m³/h.

$$d_i = 35,7 \cdot \sqrt{\frac{Q_2}{v}}$$

Formel B.12: Rohrinne Durchmesser - l/s.

A	freier Rohrquerschnitt [mm ²]
d _i	Rohrinne Durchmesser [mm]
\dot{m}	Massestrom [kg/h]
Q ₁	Fördermenge [m ³ /h]
Q ₂	Fördermenge [l/s]
V	Volumenstrom [m ³ /h]
v	Strömungsgeschwindigkeit [m/s]
ρ	Dichte des Mediums in Abhängigkeit von Druck und Temperatur [kg/m ³]

Richtwerte für Strömungsgeschwindigkeiten für:

- Flüssigkeiten:
 - Saugseite: v ≈ 0,5 bis 1,0 m/s
 - Druckseite: v ≈ 1,0 bis 3,0 m/s
- Gase
 - v ≈ 10 bis 30 m/s

7 Hydraulische Verluste

Strömende Medien in Rohrleitungen verursachen im Fördersystem Druck- und damit Energieverluste. Maßgebend für die Größe der Verluste sind:

- Länge der Rohrleitung
- Rohrquerschnittsform
- Rohrrauheit
- Geometrie von Formstücken, Armaturen und Rohrverbindungen
- Zähigkeit und Dichte des Durchflusstoffes

Der gesamte Druckverlust ergibt sich aus der Summe folgender Einzelverluste:

$$\Delta p_{ges} = \Delta p_R + \Delta p_{RF} + \Delta p_{RA} + \Delta p_{RV}$$

Formel B.13: Gesamter Druckverlust.

Δp_{ges}	gesamter Druckverlust [bar]
Δp_R	Druckverlust in Rohren [bar]
Δp_{RA}	Druckverlust in Armaturen [bar]
Δp_{RF}	Druckverlust in Formstücken [bar]
Δp_{RV}	Druckverlust in Verbindungen [bar]

7.1 Druckverlust in geraden Rohren

Der Druckverlust in einer geraden Rohrstrecke ist umgekehrt proportional zum Rohrdurchmesser.

$$\Delta p_R = \lambda \cdot \frac{L}{d_i} \cdot \frac{\rho}{2 \cdot 10^2} \cdot v^2$$

Formel B.14: Druckverlust in geraden Rohren.

d _i	Rohrinne Durchmesser [mm]
L	Rohrleitungslänge [m]
Δp_R	Druckverlust in Rohren [bar]
λ	Rohrreibungszahl (0,02 in den meisten Fällen ausreichend) [1]
v	Strömungsgeschwindigkeit [m/s]
ρ	Dichte des Mediums [kg/m ³]

Druckverlust in Rohren kann ebenfalls mit der empirischen Hazen-Williams Gleichung berechnet werden (Quelle: NFPA 13). Diese Beziehung gilt nur für Wasser.

$$p_m = 6,05 \cdot \left(\frac{Q_m^{1,85}}{C^{1,85} \cdot d_m^{4,87}} \right) 10^5$$

p _m	Druckverlust [bar/m Rohr]
C	Rauheitsfaktor (PE-HD = 150)
Q _m	Durchfluss [l/min]
d _m	Innendurchmesser [mm]

7.2 Druckverlust in Formstücken

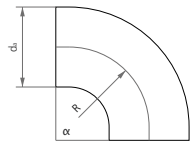
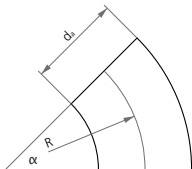
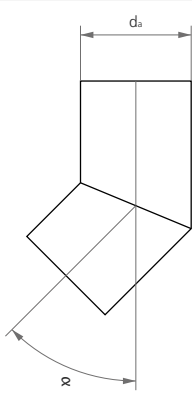
In Formstücken treten erhebliche Reibungs-, Umlenk- und Ablöseverluste auf. Die für die Berechnung notwendigen Widerstandsbeiwerte können entweder aus dem nachfolgenden Kapitel oder aus anderer Fachliteratur entnommen werden.

- Δp_{RF} Druckverlust in Formstücken [bar]
- ζ Widerstandsbeiwert für Formstücke [1]
- v Strömungsgeschwindigkeit [m/s]
- ρ Dichte des Mediums [kg/m³]

$$\Delta p_{RF} = \zeta \cdot \frac{\rho}{2 \cdot 10^5} \cdot v^2$$

Formel B.15: Druckverlust in Formstücken.

7.2.1 Widerstandsbeiwerte für Formstücke

Formstück	Kenngröße	Widerstandsbeiwert [1]		Durchfluss
Bogen 90°	R	ζ		
	1,0 × d _a	0,51		
	1,5 × d _a	0,41		
	2,0 × d _a	0,34		
	4,0 × d _a	0,23		
Bogen 45°	R	ζ		
	1,0 × d _a	0,34		
	1,5 × d _a	0,27		
	2,0 × d _a	0,20		
	4,0 × d _a	0,15		
Winkel	α	ζ		
	90°	~ 1,20		
	45°	0,30		
	30°	0,14		
	20°	0,05		
	15°	0,05		
	10°	0,04		
	T-Stück 90°	V _Z / V _S	ζ_z	
0,0		-1,20	0,06	
(Strom-vereinigung)	0,2	-0,40	0,20	
	0,4	0,10	0,30	
	0,6	0,50	0,40	
	0,8	0,70	0,50	
	1,0	0,90	0,60	

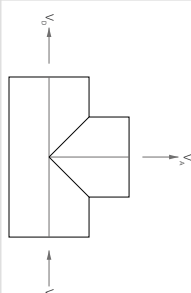
Formstück	Kenngroße	Widerstandsbeiwert [1]		Durchfluss
T-Stück 90°	V_A / V_S	ζ_A	ζ_S	
(Strom-trennung)	0,0	0,97	0,10	
	0,2	0,90	-0,10	
	0,4	0,90	-0,05	
	0,6	0,97	0,10	
	0,8	1,10	0,20	
	1,0	1,30	0,35	

Tabelle B.4: Widerstandsbeiwerte für Formstücke - Teil 1. (Quelle: DVS 2210-1)

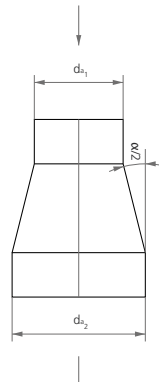
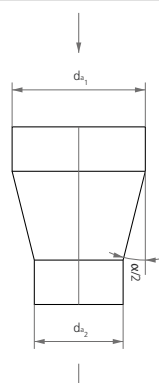
Formstück	Kenngroße	Widerstandsbeiwert [1]			Durchfluss
Reduktion	d_{a2} / d_{a1}	$4^\circ > \alpha < 8^\circ$	$\alpha < 16^\circ$	$\alpha < 24^\circ$	
(Strom-erweiterung)	1,2	0,10	0,15	0,20	
	1,4	0,20	0,30	0,50	
	1,6	0,50	0,80	1,50	
	1,8	1,20	1,80	3,00	
	2,0	1,90	3,10	5,30	
	Reduktion	d_{a1} / d_{a2}	$\alpha < 4^\circ$	$\alpha < 8^\circ$	
(Strom-verengung)	1,2	0,046	0,023	0,010	
	1,4	0,067	0,033	0,013	
	1,6	0,076	0,038	0,015	
	1,8	0,031	0,041	0,016	
	2,0	0,034	0,042	0,017	

Tabelle B.5: Widerstandsbeiwerte für Formstücke - Teil 2. (Quelle: DVS 2210-1)

Positive ζ -Werte stellen einen Druckabfall dar, wohingegen negative ζ -Werte einen Druckanstieg bedeuten.

- V_A abgehender Volumenstrom
- V_D durchgehender Volumenstrom
- V_S gesamter Volumenstrom
- V_Z hinzukommender Volumenstrom

7.3 Druckverlust in Armaturen

Die für die Berechnung notwendigen Widerstandsbeiwerte können entweder aus dem nachfolgenden Kapitel oder aus anderer Fachliteratur entnommen werden.

- Δp_{RA} Druckverlust in Armaturen [bar]
- ζ Widerstandsbeiwert für Formstücke [1]
- v Strömungsgeschwindigkeit [m/s]
- ρ Dichte des Mediums [kg/m³]

$$\Delta p_{RF} = \zeta \cdot \frac{\rho}{2 \cdot 10^5} \cdot v^2$$

Formel B.16: Druckverlust in Armaturen.

7.3.1 Widerstandsbeiwerte für Armaturen

Nennweite DN	Widerstandsbeiwert ζ [1]							
	Membranventil	Geradsitzventil	Schrägsitzventil	Schieber ohne Einschnürung	PE-Kugelhahn	Absperrklappe	Freifluß-Rückschlagventil	Rückschlagklappe
25	4,0	2,1	3,0	0,1 - 0,3	0,1 - 0,15	0,3 - 0,6	2,5	1,9
32	4,2	2,2	3,0				2,4	1,6
40	4,4	2,3	3,0				2,3	1,5
50	4,5	2,3	2,9				2,0	1,4
65	4,7	2,4	2,9				2,0	1,4
80	4,8	2,5	2,8				2,0	1,3
100	4,8	2,4	2,7				1,6	1,2
125	4,5	2,3	2,3				1,6	1,0
150	4,1	2,1	2,0				2,0	0,9
200	3,6	2,0	1,4				2,5	0,8

Tabelle B.6: Widerstandsbeiwerte für Armaturen (Quelle: DVS 2210-1).

7.3.1.1 Erläuterung

Die angegebenen Widerstandszahlen sind Anhaltswerte und dienen überschlägigen Druckverlustberechnungen. Für objektbezogene Berechnungen sind die Angaben des jeweiligen Armaturenherstellers zugrunde zu legen.

7.4 Kriterien für die Armaturenauswahl

Auswahlkriterium	Bewertung					
	Membranventil, Geradsitzventil, Schrägsitzventil	Schieber ohne Einschnürung	PE-Kugelhahn	Absperrklappe	Freifluß-Rückschlagventil	Rückschlagklappe
Strömungswiderstand	groß	gering	Dimensions- und Herstellerabhängig	mäßig	groß	mäßig
Öffnungs- und Schließzeiten	mittel	lang	kurz	kurz	kurz	kurz
Betätigungsmoment	gering	gering	mäßig (ohne Getriebe) gering (mit Getriebe)	mäßig		
Verschleiß	mäßig	gering	gering	mäßig	mäßig	mäßig
Durchflussregelung	geeignet	wenig geeignet	wenig geeignet	wenig geeignet	-	-
Baulänge nach Reihe F	mittel	groß	direkt in die Leitung eingeschweißt	groß	mittel	groß
Baulänge nach Reihe K	-	-		gering	-	gering

Tabelle B.7: Kriterien für die Armaturenauswahl.

Reihe F Flanschausführung (DIN 3202-1)

Reihe K Zwischenflanschausführung (DIN 3202-3)

Quelle: DVS 2210 Teil 1, Tabelle 11.

7.5 Druckverlust in Rohrverbindungen

Eine exakte Angabe ist nicht möglich, weil Art und Güte der ausgeführten Verbindungen (Schweißungen, Verschraubungen, Flanschverbindungen) Unterschiede aufweisen.

Es wird empfohlen, für alle Verbindungsstellen in einem Kunststoffrohrsystem wie Stumpf- und Mufenschweißung sowie für Flansche einen Widerstandsbeiwert von jeweils $\zeta_{RV} = 0,1$ der Druckverlustberechnung zugrunde zu legen.

$$\Delta p_{RV} = \zeta \cdot \frac{\rho}{2 \cdot 10^5} \cdot v^2$$

Formel B.17: Druckverlust in Verbindungen.

- Δp_{RV} Druckverlust in Verbindungen [bar]
- ζ Widerstandsbeiwert für Verbindungen 0,1 [1]
- ρ Dichte des Mediums [kg/m³]
- v Strömungsgeschwindigkeit [m/s]

8 Längenänderungen

Längenänderungen in einem Kunststoffrohrsystem können durch Prüf- oder Betriebsvorgänge ausgelöst werden. Es sind zu unterscheiden:

- Längenänderungen durch Temperaturwechsel
- Längenänderungen durch inneren Überdruck
- Längenänderungen durch chemische Einwirkung

8.1 Längenänderungen durch Temperaturwechsel

Wird die Rohrleitung unterschiedlichen Temperaturen (Betriebs- oder Umgebungstemperaturen) ausgesetzt, so verändert sie ihre Lage entsprechend den Bewegungsmöglichkeiten der einzelnen Rohrstrecken. Als Rohrstrecke wird der Abstand zwischen zwei Festpunkten angesehen.

Für die Berechnung von temperaturabhängigen Längenänderungen gilt:

$$\Delta L_T = \alpha \cdot L \cdot \Delta T$$

Formel B.18: Längenänderung Temperaturwechsel.

- L Rohrlänge [m]
- α linearer Ausdehnungskoeffizient [mm/(m·K)]
- ΔL_T Längenänderung infolge Temperaturänderung [mm]
- ΔT Temperaturdifferenz [K]

Bei der Festlegung von ΔT ist die niedrigste und höchste Rohrwandtemperatur T_R bei Montage, Betrieb oder Stillstand der Anlage anzusetzen.

	Linearer Ausdehnungskoeffizient α [mm/(m·K)]
PE 100, PE 100-RC	0,18
PE-Xa	0,14

Tabelle B.8: Linearer Ausdehnungskoeffizient.

8.2 Längenänderungen durch Innendruck

Die durch den inneren Überdruck hervorgerufene Längsdehnung einer geschlossenen und reibungsfrei gelagerten Rohrstrecke beträgt:

$$\Delta L_p = \frac{0,1 \cdot p \cdot (1 - 2 \cdot \mu)}{E_c \cdot \left(\frac{d_a^2}{d_i^2} - 1 \right)} \cdot L$$

Formel B.19: Längenänderung Innendruck.

- d_a Rohraußendurchmesser [mm]
- d_i Rohrinne Durchmesser [mm]
- $E_{C,100min}$ Kriechmodul [N/mm²]
- L Rohrleitungslänge [mm]
- p Betriebsdruck [bar]
- ΔL_p Längenänderung durch inneren Überdruck [mm]
- μ Querkontraktionszahl 0,38 [1]

9 Festpunktbelastung

Festpunkte sollen ein Verschieben oder ein Bewegen der Rohrleitung in jeder Richtung verhindern. Sie dienen außerdem zur Aufnahme von Reaktionskräften bei Verwendung von Kompensatoren bzw. Schiebe- und Steckmuffen. Der Festpunkt ist für alle auftretenden Kräfte zu dimensionieren:

- Kräfte durch behinderte thermische Längenänderung
- Gewicht bei senkrechten Rohrleitungen
- Spezifisches Gewicht des Durchflussmediums
- Betriebsdruck
- Eigenwiderstand der Dehnungsausgleicher

Frei wählbare Festpunkte sind so zu legen, dass Richtungsänderungen im Leitungsverlauf zur Aufnahme der Längenänderung ausgenutzt werden können.

Als Festpunkte haben sich Muffenkanten von Formstücken oder spezielle Festpunktformstücke als geeignet erwiesen.

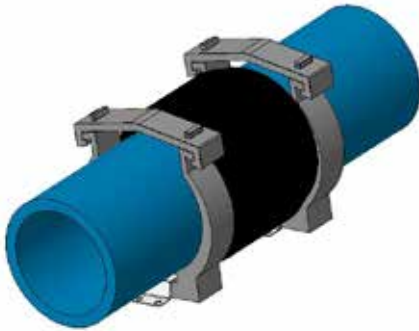


Abbildung B.2: PE 100-RC E-Muffe Festpunkt.

Ungeeignet sind dagegen Pendelschellen oder das Festklemmen der Rohrleitung.

9.1 Fest eingespanntes System

Wird die Längenänderung innerhalb einer Rohrleitung verhindert, so entsteht ein fest eingespanntes System.

Die starr oder fest eingespannte Rohrstrecke erhält keinerlei Kompensationselemente und muss hinsichtlich ihrer Dimensionierung als Sonderfall betrachtet werden.

Folgende Systemgrößen sind daher rechnerisch zu bestimmen:

- Festpunktbelastung
- zulässiger Führungslagerabstand unter Berücksichtigung der kritischen Knicklänge
- auftretende Zug- und Druckspannungen

Die größte Festpunktbelastung tritt am geraden, eingespannten Rohrstrang auf. Sie beträgt in allgemeiner Form:

$$F_{FP} = A_R \cdot E_C \cdot \epsilon$$

Formel B.20: Festpunktkraft.

- A_R Rohrwandringfläche [mm²]
- E_C Kriechmodul für 100 min [N/mm²]
- F_{FP} Festpunktkraft [N]

ϵ verhinderte Längenausdehnung durch den Lastenfall (Innendruck, Temperatur) [1]

Mittlere Temperatur T_m [°C]	Kriechmodul 100 min [N/mm ²]
10	810
20	630
30	450
40	310
50	240
60	180

Tabelle B.9: Kriechmodule für 100 Minuten (Quelle: DVS 2210-1 BB1).

9.1.1 Lastenfall Wärmeausdehnung

$$\epsilon = \alpha \cdot \Delta T$$

Formel B.21: Wärmeausdehnung.

- α linearer Wärmeausdehnungskoeffizient [0,00018 (1/K) für PE]
- ΔT maximale Temperaturdifferenz [K]
- ϵ verhinderte Längenausdehnung durch Wärmeausdehnung [1]

9.1.2 Lastenfall Innendruck

$$\epsilon = \frac{0,1 \cdot p \cdot (1 - 2 \cdot \mu)}{E_C \cdot \left(\frac{d_a^2}{d_i^2} - 1 \right)}$$

Formel B.22: Innendruck.

- d_a Rohraußendurchmesser [mm]
- d_i Rohrinne Durchmesser [mm]
- E_C Kriechmodul für 100 min [N/mm²]
- p Betriebsdruck [bar]
- ϵ verhinderte Längenausdehnung durch Innendruck [1]
- μ Querkontraktionszahl 0,38 [1]

9.1.3 Lastenfall Quellung

Achtung: ein fest eingespanntes System ist bei einem Dehnungslastfall bzgl. Quellung im Allgemeinen nicht empfehlenswert, da durch die Quellung auch eine Schwächung des Materials auftritt.

10 Biegeschenkelängen

Längenänderungen entstehen durch Änderungen der Betriebs- oder Umgebungstemperatur. Bei frei verlegten Leitungen ist daher für einen ausreichenden axialen Bewegungsausgleich zu sorgen.

In den meisten Fällen können Richtungsänderungen im Leitungsverlauf über Biegeschenkel zur Aufnahme der Längenänderung genutzt werden. Andernfalls müssten Dehnungsschleifen eingesetzt werden.

Die Mindestlänge der Biegeschenkel ergibt sich aus:

$$L_s = k \cdot \sqrt{\Delta L \cdot d_a}$$

Formel B.23: Biegeschenkelängen.

- L_s Biegeschenkelänge [mm]
- k Materialspezifischer Proportionalitätsfaktor [1]
- ΔL Systemlänge des Dehnbogens [mm]
- d_a Rohraußendurchmesser [mm]

Ist dies nicht realisierbar, sind Kompensatoren mit möglichst geringem Eigenwiderstand einzusetzen. Sie können je nach Bauart als Axial-, Lateral- oder Angular-Kompensatoren eingesetzt werden.

k-Faktor für PE	0 °C	10 °C	30 °C	40 °C	60 °C
	bei Temperaturwechsel				
	16	17	23	28	-
einmalige Temperaturänderung					
	12	12	16	17	-

Anmerkung: für die Berechnung der k-Werte wurde eine Montagetemperatur von 20 °C zugrunde gelegt. Bei niedrigeren Temperaturen ist die Schlagzähigkeit des Materials zu beachten.

Für drucklose Rohre (z.B. Lüftung) kann der k-Wert um 30 % reduziert werden.

Zwischen zwei Fixpunkten ist jeweils ein Kompensator anzuordnen. Für eine ausreichende Führung der Rohrleitung in Lospunkten ist zu sorgen, wobei die auftretenden Reaktionskräfte zu berücksichtigen sind.

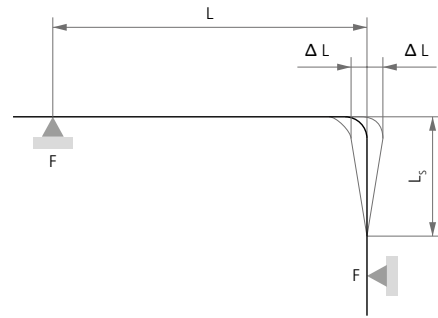


Abbildung B.3: L-Kompensation.

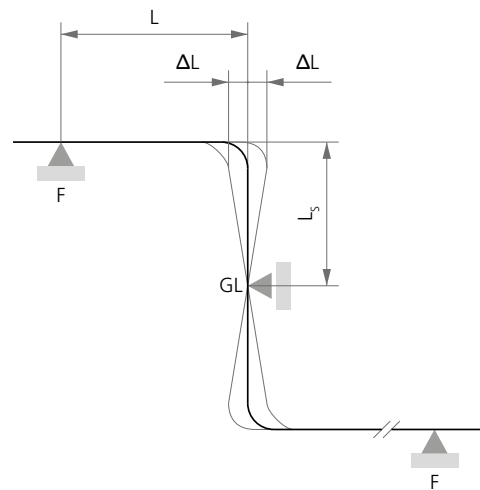


Abbildung B.4: Z-Kompensation.

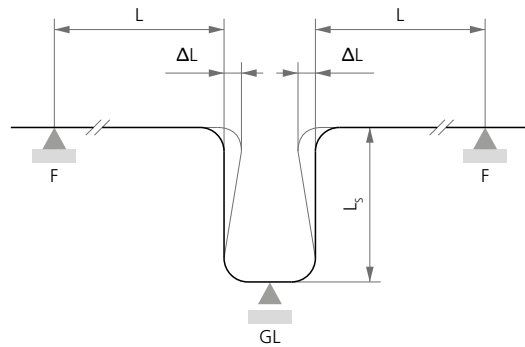


Abbildung B.5: U-Kompensation.

- F Fixpunkt
- GL Gleitlager

10.1 Berechnung der Biegeschenkelängen

d _a [mm]	Längenänderung ΔL [mm]								
	50	100	150	200	250	300	350	400	500
16	750	1050	1300	1500	1650	1850	1950	2100	2350
20	850	1200	1450	1650	1850	2050	2200	2350	2600
25	950	1300	1600	1850	2100	2300	2450	2600	2950
32	1050	1500	1850	2100	2350	2550	2800	2950	3300
40	1200	1650	2050	2350	2600	2850	3100	3300	3700
50	1300	1850	2300	2600	2950	3200	3450	3700	4150
63	1500	2100	2550	2950	3300	3600	3900	4150	4650
75	1600	2300	2800	3200	3600	3900	4250	4550	5050
90	1750	2500	3050	3500	3900	4300	4650	4950	5550
110	1950	2750	3350	3900	4350	4750	5150	5500	6100
125	2100	2950	3600	4150	4600	5050	5450	5850	6500
140	2200	3100	3800	4400	4900	5350	5800	6200	6900
160	2350	3300	4050	4700	5200	5700	6200	6600	7400
180	2500	3500	4300	4950	5550	6050	6550	7000	7800
200	2600	3700	4550	5200	5850	6400	6900	7400	8250
225	2800	3900	4800	5550	6200	6800	7300	7800	8750
250	2950	4150	5050	5850	6500	7150	7700	8250	9200
280	3100	4400	5350	6200	6900	7550	8150	8750	9750
315	3300	4650	5700	6550	7300	8000	8650	9250	10350
355	3500	4900	6000	6950	7750	8500	9200	9800	11000
400	3700	5200	6400	7400	8250	9050	9750	10400	11650
450	3900	5550	6800	7800	8750	9600	10350	11050	12350
500	4150	5850	7150	8250	9200	10100	10900	11650	13000
560	4400	6200	7550	8750	9750	10700	11550	12350	13800
630	4650	6550	8000	9250	10350	11350	12250	13100	14600

Tabelle B.10: Biegeschenkelängen in mm für Rohre aus PE berechnet nach Formel A.23 mit dem k-Faktor= 26 (in 50 mm Schritten aufgerundet).

11 Rohrstützweiten

Die Unterstützungsabstände von thermoplastischen Kunststoffrohrleitungen sind unter Beachtung der zulässigen Biegespannung und einer begrenzten Durchbiegung des Rohrstranges zu bestimmen. Als Richtwert für die zulässige Durchbiegung kann $L_A/500$ angenommen werden.

Unter Berücksichtigung der vorgenannten Durchbiegung einer Rohrstrecke zwischen den Auflagepunkten ergibt sich ein zulässiger Unterstützungsabstand der Rohrleitung.

$$L_A = f_{LA} \cdot \sqrt[3]{\frac{E_C \cdot J_R}{q}}$$

Formel B.24: Rohrstützweite bei freiverlegten Leitungen.

Der Faktor f_{LA} ist in Abhängigkeit zum Rohraußendurchmesser d_a festzulegen. Dabei gilt die folgende Beziehung:

$$\min \leftarrow d_a \rightarrow \max$$

$$0,92 \leftarrow f_{LA} \rightarrow 0,80$$

Übliche Stützweiten von thermoplastischen Rohrleitungen können dem folgenden Kapitel entnommen werden.

Bei fest eingespannten Rohrleitungssystemen (Kap. *Festpunktbelastung*) muss zusätzlich die kritische Länge gegen Knickung berechnet werden. Diese kritische Knicklänge wird dann mit der zulässigen Stützweite verglichen, wobei der kleinere Wert dann zu beachten ist.

$$L_{Kn, zul} = 3,17 \cdot \sqrt{\frac{W \cdot d_a}{2 \cdot \epsilon \cdot A_R}}$$

- E_C Kriechmodul für 25 Jahre [N/mm²] (Abminderungsfaktor ≥ 2 berücksichtigen, s. 2.1.4)
- f_{LA} Faktor für die Durchbiegung (0,80 - 0,92)[1]
- J_R Rohr-Trägheitsmoment [mm⁴]
- L_A zulässige Unterstützungsabstand [mm]
- q Streckenlast (Rohr-, Füll- und Zusatzgewicht) [N/mm]
- $L_{Kn, zul}$ kritische Knicklänge [mm]
- W Rohr-Widerstandsmoment [mm³]
- d_a Rohraußendurchmesser [mm]
- ϵ verhinderte Längsdehnung [1]
- A_R Rohrwandquerschnitt [mm²]

Bei Einsatztemperaturen über 45 °C ist die ermittelte Stützweite L_{Kn} um mind. 20 % zu reduzieren.

Nachfolgende Tabelle dient zur überschlägigen Umrechnung auf andere Transportmedien und SDR-Klassen. Ausgangsgrößen sind:

- PE-Rohr
- SDR 11
- Transportmedium Wasser

Medien- und Wanddickenfaktor [1]			
SDR	f_{Wand}	f_{medium}	
		Wasser	Gas
33	0,75	1	1,65
17,6/17	0,91	1	1,47
11	1	1	1,30
7,4	1,07	1	1,21

11.1 Richtwerte zu Stützweiten für frei verlegte Rohre und Medium Wasser (PE 100 / PE 100-RC)

d _a [mm]	SDR	Rohrstützweiten L _A [mm] (frei verlegt, für Wasser, PE100 / PE100-RC)				
		20 °C	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C
20	11	600	600	550	450	400
25	11	700	650	600	600	550
32	11	800	800	700	700	600
40	11	950	900	800	800	700
50	11	1150	1100	950	900	800
63	11	1300	1250	1150	1100	950
75	11	1450	1400	1300	1200	1100
90	11	1650	1550	1450	1350	1250
110	11	1800	1750	1650	1550	1400
125	11	1900	1850	1750	1700	1500
140	11	2050	2000	1900	1800	1650
160	11	2250	2100	2000	1900	1750
180	11	2350	2250	2100	2000	1900
200	11	2500	2400	2300	2200	2050
225	11	2650	2550	2450	2350	2250
250	11	2850	2750	2600	2500	2300
280	11	3000	2900	2800	2600	2400
315	11	3150	3050	2950	2800	2550
355	11	3400	3300	3150	3000	2800
400	11	3600	3450	3350	3150	2950
450	11	4000	3850	3600	3550	3350
500	11	4250	4100	3850	3800	3600
560	11	4550	4400	4150	4100	3850
630	11	4900	4700	4500	4400	4150
710	11	5300	5050	4850	4750	4550
800	11	5750	5500	5250	5150	4900
900	11	6200	5950	5700	5600	5300
1000	11	6650	6350	6100	6000	5700
1200	11	7500	7200	6900	6800	6400
1400	11	8300	8000	7650	7550	7200
1600	11	9100	8700	8400	8200	7800
1800	17	8800	8400	8100	7950	7500
2000	17	9450	9150	8700	8500	8100
2250	17	10200	9900	9400	9200	8800
2500	17	10950	10650	10100	9900	9400

Tabelle B.11: Richtwerte für Rohrstützweiten (Dim 20-400 mm aus DVS 2210-1, Dim 450-1400 berechnet mit f_{LA}=0,86), aufgerundet in 50 mm Schritten

12 Ringsteifigkeit

Die Ringsteifigkeit beschreibt die Scheiteltragfähigkeit und hat die Abkürzung SN. Diese Abkürzung steht für Stiffness-Number und wird in Klassen eingeteilt. Die Ringsteifigkeit wird in kN/m^2 angegeben und wird mittels Laboruntersuchung ermittelt. Das Rohr wird 21 Tage nach der Produktion ca. 3 % deformiert. Die dafür notwendige Flächenlast wird auf die nächste kleinere ganze Zahl abgerundet. Das bedeutet das ein Rohr mit der Ringsteifigkeitsklasse SN 2 eine Flächenlast von min. 2 kN/m^2 bei einer Verformung < 3 % stand hält.

Der Einfluss der Ringsteifigkeit bei biegeweichen Kunststoffrohrsystemen wird überschätzt. Das Rohr muss zum Zeitpunkt des Einbaus eine genügende Ringsteifigkeit besitzen, um die Last aus der Verdichtung aufnehmen zu können. Bei einer guten Verdichtungsarbeit im Bereich der Leitungszone trägt der Boden die auftretenden Lasten, das Rohr selbst entzieht sich den Lasten durch Verformung (in der Regel 2 % bis 3 %) und liegt nach einem Zeitraum von ca. 2 Jahren (Relaxation) lastfrei im Boden. Eine Ringsteifigkeit von 8 kN/m^2 ist als optimal und ausreichend zu betrachten.

Die Ringsteifigkeit wird nach EN 12201-2 in folgenden Klassen eingeteilt:

SDR	ISO S	SN [kN/m^2]
41	20	1,3
33	16	2,5
26	12,5	5,3
21	10	10,4
17	8	20,3
13,6	6,3	41,7
11	5	83,3
9	4	162,8
7,4	3,2	317,9
6	2,5	668,7

Tabelle B.12: Anfängliche Ringsteifigkeit von Rohren (kalkuliert mit E-Modul $E = 1000 \text{ MPa}$)

13 Durchfluss (Nomogramm)

Zur groben Ermittlung von Strömungsgeschwindigkeit, Druckverlust und Fördermenge dient das nachfolgende Durchfluss-Nomogramm.

Bei mittlerer Strömungsgeschwindigkeit werden pro T-Stück, Reduktion und Winkel 90° bis zu 20 m, pro Bogen ($r = d$) ca. 10 m und pro Bogen ($r = 1,5 \times d$) 5 m Rohrlänge zugeschlagen.

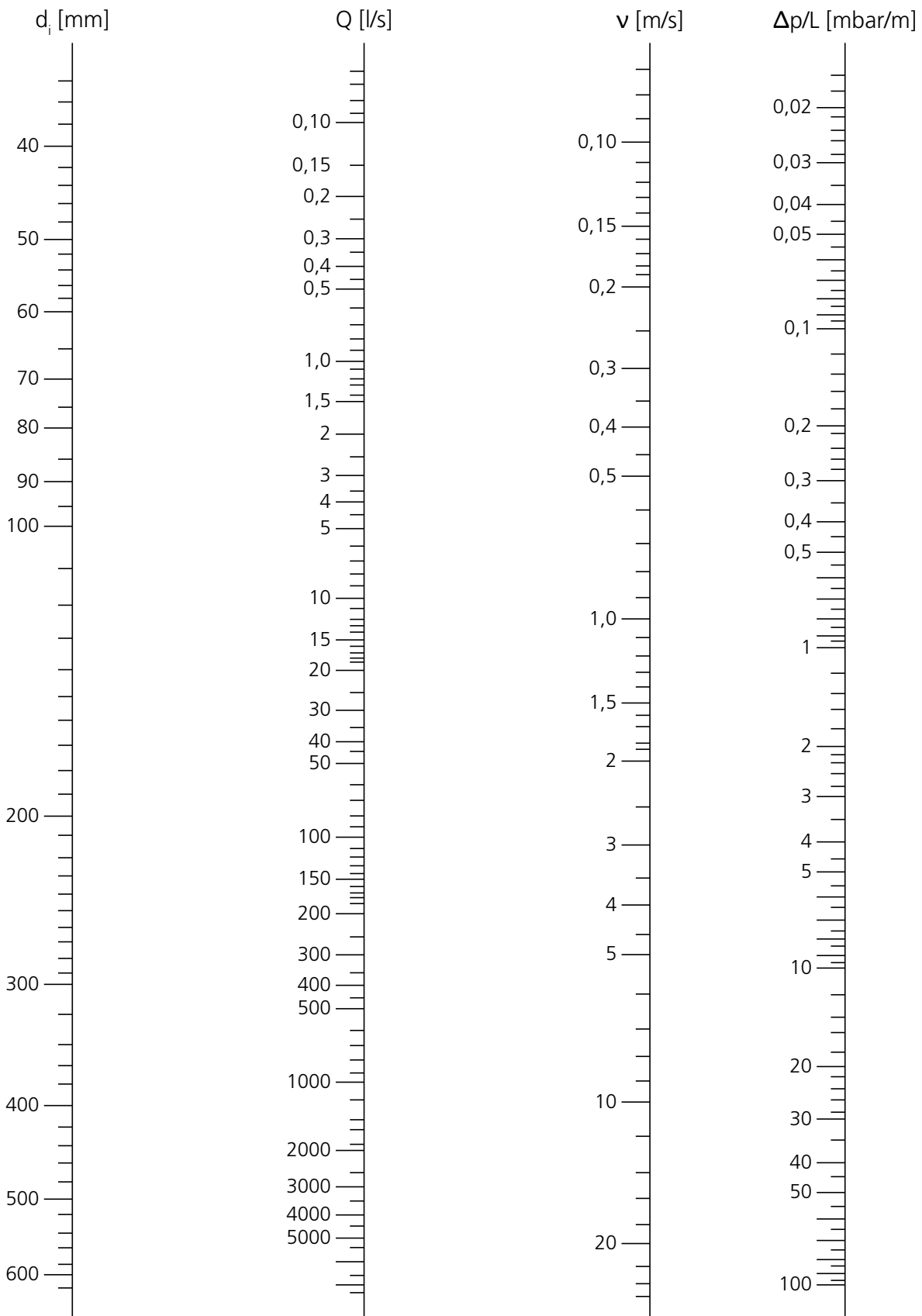


Abbildung B.6: Durchfluss-Nomogramm.

- d_i Rohrinne Durchmesser [mm]
- Q_2 Fördermenge (Volumenstrom) [l/s]
- v Strömungsgeschwindigkeit [m/s]
- $\Delta p/L$ Druckverlust pro Meter Rohrlänge [mbar/m]

14 Berechnungshilfen

14.1 Umrechnungstabellen

	Pa = N/m²	MPa	bar	mm WS
1 Pa = N/m ²	1	10 ⁻⁶	10 ⁻⁵	10 ⁻²
1 MPa = 1 N/mm ²	10 ⁶	1	10	1,02 · 10 ⁵
1 bar	10 ⁵	0,1	1	1,02 · 10 ⁴
1 mm WS	9,81	9,81 · 10 ⁻⁶	9,81 · 10 ⁻⁵	1

Tabelle B.13: Umrechnung Druck

	mm	cm	dm	m	km
1 mm	1	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁶
1 cm	10	1	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻⁵
1 dm	10 ²	10	1	10 ⁻¹	10 ⁻⁴
1 m	10 ³	10 ²	10	1	10 ⁻³
1 km	10 ⁶	10 ⁵	10 ⁴	10 ³	1

Tabelle B.14: Umrechnung Länge

	mm²	cm²	dm²	m²
1 mm ²	1	10 ⁻²	10 ⁻⁴	10 ⁻⁶
1 cm ²	10 ²	1	10 ⁻²	10 ⁻⁴
1 dm ²	10 ⁴	10 ²	1	10 ⁻²
1 m ²	10 ⁶	10 ⁴	10 ²	1

Tabelle B.15: Umrechnung Flächen

	t	kg	g	mg
1 t	1	10 ³	10 ⁶	10 ⁹
1 kg	10 ⁻³	1	10 ³	10 ⁶
1 g	10 ⁻⁶	10 ⁻³	1	10 ³
1 mg	10 ⁻⁹	10 ⁻⁶	10 ⁻³	1

Tabelle B.16: Umrechnung Masse

	mm³	cm³	dm³	m³
1 mm ³	1	10 ⁻³	10 ⁻⁶	10 ⁻⁹
1 cm ³	10 ³	1	10 ⁻³	10 ⁻⁶
1 dm ³ = 1l Wasser	10 ⁶	10 ³	1	10 ⁻³
1 m ³	10 ⁹	10 ⁶	10 ³	1

Tabelle B.17: Umrechnung Volumen

d_a [mm]	DN	Zoll
10	6	-
12	8	-
16	10	-
20	15	1/2
25	20	3/4
32	25	1
40	32	1 ^{1/4}
50	40	1 ^{1/2}
63	50	2
75	65	2 ^{1/2}
90	80	3
110	100	4
125	100	4 ^{1/2}
140	125	5
160	150	6
180	150	7
200	200	8
225	200	9
250	250	10
280	250	11
315	300	12
355	350	14
400	400	16
450	500	18
500	500	20
560	600	22
630	600	25
710	700	28
800	800	32
900	900	36
1000	1000	40
1200	1200	48

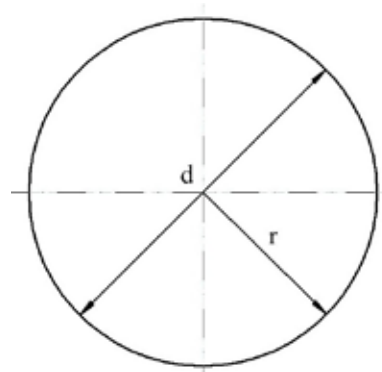
Tabelle B.18: Zusammenhang zwischen Aussendurchmesser, Nennweite und Zoll

1 Meter [m]	3,28 feet [ft]	39,37 inch [in]
1 Liter [l]	0,264 Gallons [Ga]	0,035 cubic feet [ft³]
1 Kilogramm [kg]	2,204 Pounds [lbs]	9,81 Newton [N]
1 bar [bar]	14,505 Pound/sq. inch [psi]	100 Kilopascal [kPa]

Tabelle B.19: Umrechnung SI-Maßeinheiten

14.2 Formeln

14.2.1 Kreis



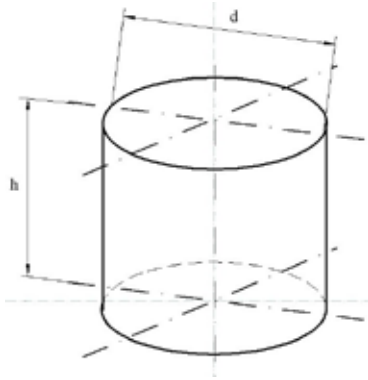
Fläche

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 = \pi \cdot r^2$$

Umfang

$$U = 2 \cdot \pi \cdot r = \pi \cdot d$$

14.2.2 Zylinder



Mantelfläche

$$A_m = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot h$$

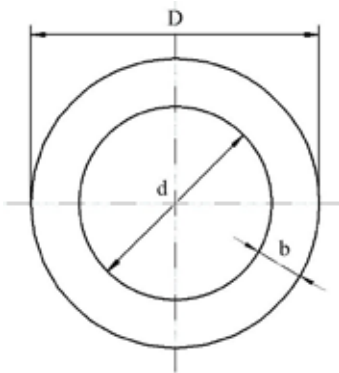
Oberfläche

$$A_o = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot (r + h)$$

Volumen

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot h$$

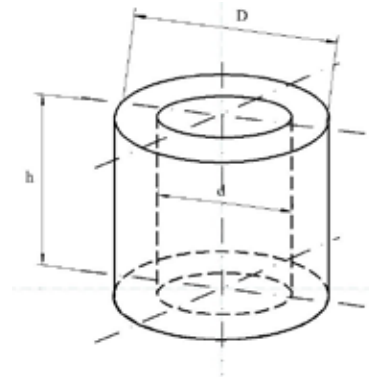
14.2.3 Kreisring



Fläche

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2)$$

14.2.4 Hohlzylinder (Rohr)



Volumen

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot h \cdot (D^2 - d^2)$$

- A Fläche [mm²]
- A_m Mantelfläche [mm²]
- A_o Oberfläche [mm²]
- V Volumen [mm³]
- U Umfang [mm]
- r Radius [mm]
- D Durchmesser (außen) [mm]
- d Durchmesser (innen) [mm]
- h Höhe [mm]
- b Wanddicke [mm]

1	Allgemeine Anforderungen	49
2	Heizelementstumpfschweißen (HS)	51
3	Heizelement Muffenschweißen	54
4	Heizwendelschweißen DIM 20-500 mm monofilar	56
5	Heizwendelschweißen Dim 560-1400 SDR 11 - 17 bifilar	58
6	Heizwendelschweißen Dim 560-1600 SDR 26 bifilar - ohne Vorwärmen	58
7	Schellen	59
8	Druckprüfung	61

Normen und Zulassungen

Verlegerichtlinien

Verbindungstechnik

Kalkulationsrichtlinien

Materialeigenschaften

1 Allgemeine Anforderungen

(Gilt für alle Schweißverfahren)

Die Qualität von Schweißverbindungen ist abhängig von der Qualifikation der Schweißer, der Eignung der verwendeten Maschinen und Vorrichtungen sowie der Einhaltung der Schweißrichtlinien. (DVS 2207 Teil 1). Die Schweißnaht kann durch zerstörungsfreie und/oder zerstörende Verfahren geprüft werden.

Die Schweißarbeiten sind zu überwachen. Art und Umfang der Überwachung muss zwischen den Vertragspartnern vereinbart werden. Es wird empfohlen die Verfahrensdaten in Schweißprotokollen oder auf Datenträgern zu dokumentieren.

Jeder Schweißer muss ausgebildet sein und einen gültigen Qualifikationsnachweis führen. Das vorgesehene Anwendungsgebiet kann für die Art der Qualifikation bestimmend sein. Im industriellen Rohrleitungsbau gilt DVS 2212 Teil 1. Für Rohre >225 mm Aussendurchmesser ist ein ergänzender Befähigungsnachweis zu erbringen.

Die zum Schweißen verwendeten Maschinen und Vorrichtungen müssen den Anforderungen von DVS 2208-1 und / oder ISO 12176-1 entsprechen. Für das Schweißen von Kunststoffen in der Hausinstallation gelten auch die Anforderungen der Merkblätter DVS 1905 Teil 1 und 2.

1.1 Maßnahmen vor dem Schweißen.

Der Schweißbereich soll vor ungünstigen Witterungseinflüssen (z.B. Feuchtigkeitseinwirkung, extreme Temperaturen) geschützt werden.



Abbildung C.1: Vorbereitung des Schweißplatzes nach DVS

Schweißen ist grundsätzlich bei jeder Aussentemperatur möglich, wenn durch geeignete Maßnahmen (z.B. Vorwärmen, Schweißzelt, Beheizen) sichergestellt wird, dass eine zum Schweißen ausreichende Halbzeugtemperatur eingehalten werden kann und soweit der Schweißer nicht in der Handfertigkeit behindert wird. (s. Abb. C.1)

Die Verschweißbarkeit der zu verbindenden Komponenten muss durch die Herstellung von Probenähten unter den auf der Baustelle vorherrschenden Bedingungen nachgewiesen werden.

Falls das Halbzeug (Rohr oder Formteil) infolge der Sonneneinstrahlung ungleichmäßig erwärmt wird, ist durch rechtzeitiges Abdecken im Bereich der Schweißstelle ein Temperatenausgleich zu schaffen. Eine Abkühlung während des Schweißvorganges durch Luftzug ist zu vermeiden. Beim Schweißen von Rohren sollen die Rohrenden zusätzlich verschlossen werden um den Kamineffekt zu vermeiden.

PE Rohre vom Ringbund sind unmittelbar nach dem Abrollen oval. Das zu schweißende Rohrende ist vor dem Schweißen zu richten, zum Beispiel durch vorsichtiges Anwärmen mit Hilfe eines Warmluftgerätes und Verwendung einer geeigneten Spann- und/oder Runddrückvorrichtung.

Die Verbindungsflächen der zu schweißenden Teile dürfen nicht beschädigt und müssen frei von Verunreinigung (z.B. Schmutz, Fett, Späne) sein.

Vor dem Schweißen müssen die zu verbindenden Teile mit einem, extra dafür vorgesehenen, Reiniger gereinigt werden (PE-Reiniger aus Isopropanol, Aceton oder Ethylalkohol gemäß DVGW VP 603).

Achtung: Verunreinigungen mit Silikonfetten können mit den meisten Reinigern nicht entfernt werden. In diesem Fall können Bremsenreiniger verwendet werden. Die Tauglichkeit muss jedoch vorher mit dem Hersteller abgeklärt, und Probeschweißungen durchgeführt werden.

Bei allen Verfahren ist der Schweißbereich von Biegespannungen freizuhalten (z.B. sorgfältige Lagerung, Rollenböcke), und eine einwandfreie axiale Ausrichtung ist sicherzustellen.

Die AGRU-Schweißrichtlinien sind gültig für die Verschweißung von Rohren und Formstücken aus den in der Tabelle C.1 enthaltenen Thermoplasten.

Materialbezeichnung	Schweißbeignung
PE-80, PE-100, PE-100 RC	MFR(190/5)= 0,2 - 1,7 (g/10 min) 0,2 - 1,3 (g/10 min) für Sattelschweißungen

Tabelle C.1: Thermoplaste für die Verschweißung
(Quelle: DVS2207-1)

1.2 Anforderung an die Schweißgeräte

Alle Schweißungen müssen mit Maschinen und Geräten durchgeführt werden, die den Anforderungen von DVS 2208 Teil1 entsprechen.

Die Maschinen müssen gewartet sein und die Heizelemente müssen mit einem dafür vorgesehenen Reinigungsmittel gereinigt werden.

1.3 Anwendungsgrenzen der Verbindungsarten

Sämtliche Verbindungen sind spannungsfrei auszuführen. Temperaturbedingte Spannungen sind durch geeignete Maßnahmen möglichst gering zu halten.

Die längskraftschlüssigen Verbindungen sind in folgenden Dimensionen zulässig (Tabelle C.2):

Verbindungsart	da					
	20 - 63	75 - 110	125 - 225	250 - 500	560 - 1400	1400 - 3500
Heizelement Stumpfschweißung	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Heizelement Muffenschweißung	✓	✓				
Heizwendel- schweißung	✓	✓	✓	✓	✓	
Flansch- verbindung	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Verschraubung	✓					

Tabelle C.2: Zulässige längskraftschlüssige Verbindungen

2 Heizelementstumpfschweißen (HS)

(in Anlehnung an DVS 2207 Teil 1 für PE-HD)

Das Heizelementstumpfschweißen besteht aus drei Schritten: Angleichen, Anwärmen und Umstellen. Beim Angleichschritt werden die Kontaktflächen der, zu verbindenden Rohre oder Formteile unter Druck an das Heizelement gepresst. Anschließend

werden die Kontaktflächen mit verminderten Druck auf die Schweißtemperatur erwärmt. Beim Umstellschritt wird das Heizelement entfernt und die jeweiligen Schweißkomponenten unter Druck bis zum Erreichen der Abkühlzeit zusammengefügt. Die Schweißtemperatur bei einer Heizelementstumpfschweißung beträgt $220\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$.

Nennwand-dicke s [mm]	Wulsthöhe [mm] bei einem Druck = $0,15\text{ N/mm}^2$	Anwärmzeit t_{AW} [s] bei einem Druck $\leq 0,01\text{ N/mm}^2$	max. Umstellzeit t_U [s]	max. Fügedruck-aufbauzeit t_F [s]
bis 4,5	0,5	bis 45	5	5
4,5 – 7	1,0	45 – 70	5 – 6	5 – 6
7 – 12	1,5	70 – 120	6 – 8	6 – 8
12 – 19	2,0	120 – 190	8 – 10	8 – 11
19 – 26	2,5	190 – 260	10 – 12	11 – 14
26 – 37	3,0	260 – 370	12 – 16	14 – 19
37 – 50	3,5	370 – 500	16 – 20	19 – 25
50 – 70	4,0	500 – 700	20 – 25	25 – 35
70 – 90	4,5	700 – 900	25 – 30	35
90 – 110	5,0	900 – 1100	30 – 35	35
110 – 130	5,5	1100 – 1300	max 35	35

Tabelle C.3: Stumpfschweißparameter (Quelle: DVS2207-1)

Nennwanddicke s [mm]	Abkühlzeit t_{AK} [min] bei einem Druck $p = 0,15 \pm 0,01\text{ N/mm}^2$ Abhängig von der Umgebungstemperatur		
	bis 15 °C [min]	$15\text{ °C} - 25\text{ °C}$ [min]	$25\text{ °C} - 40\text{ °C}$ [min]
bis 4,5	4,0	5,0	6,5
4,5 – 7	4,0 – 6,0	5,0 – 7,5	6,5 – 9,5
7 – 12	6,0 – 9,5	7,5 – 12	9,5 – 15,5
12 – 19	9,5 – 14	12 – 18	15,5 – 24
19 – 26	14 – 19	18 – 24	24 – 32
26 – 37	19 – 27	24 – 34	32 – 45
37 – 50	27 – 36	34 – 46	45 – 61
50 – 70	36 – 50	46 – 46	61 – 85
70 – 90	50 – 64	64 – 82	85 – 109
90 – 110	64 – 78	82 – 100	109 – 133
110 – 130	78 – 92	100 – 118	133 – 157

Tabelle C.4: Abkühlzeiten von Rohren und Formteilen aus PE abhängig von der Umgebungstemperatur

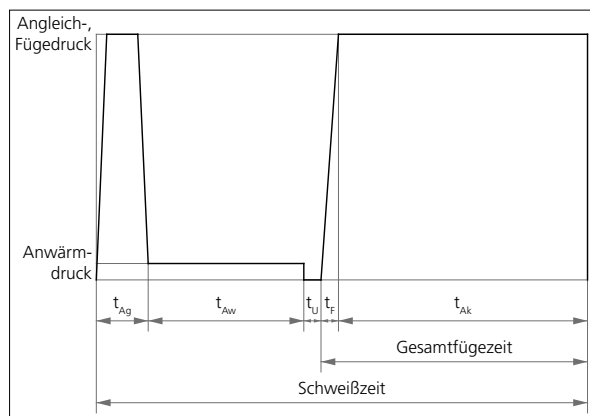


Abbildung C.2: Verlauf einer Heizelement-Stumpfschweißung

2.1 Ablauf einer Hezelementstumpfschweißung:

2.1.1 Vorbereitung des Schweißplatzes

- Das Schweißgerät standsicher aufstellen und die Schweißeinrichtung überprüfen.
- Falls notwendig Schweißzelt / Schirm aufstellen.

2.1.2 Vorbereitung der Rohre und Formteile

- Rohre und Formteile vor dem Einspannen in die Schweißmaschine axial so auszurichten, dass die Flächen planparallel zueinander stehen.
- Die Längsbewegung der zu schweißenden Teile ist durch geeignete Maßnahmen (z.B. verstellbare Rollenböcke) sicherzustellen.
- Die Verbindungsflächen der zu schweißenden Teile müssen frei von Verunreinigungen sein (Schmutz, Fett, Silikon usw.) und dürfen keine Beschädigung aufweisen.
- Die Rohrenden müssen beidseitig plangehobelt werden (s. Abb. C.3) und die Späne aus dem Schweißnahtbereich und aus dem Rohr oder Formstück (mittels Pinsel, Papier, Duckluft etc.) entfernt werden.
- Bei der Verschweißung von **Rohren mit PP-Schutzmantel**, muss der Schutzmantel am Rohrende vor dem Hobeln entfernt werden (20 mm). Dabei darf das Rohr nicht beschädigt werden.

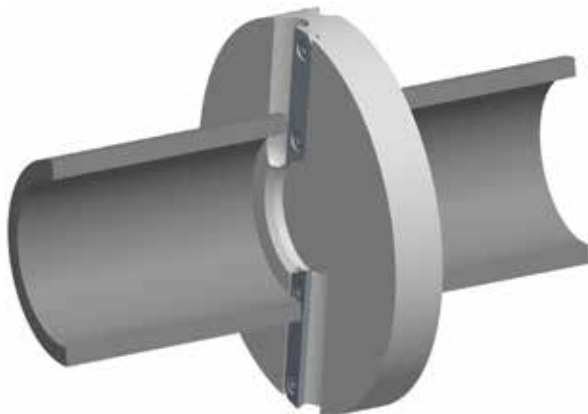


Abbildung C.3: Hobeln der Rohrenden

- Danach wird der Hobel entfernt, und die Teile zusammengefahren um die Planparallelität und den Versatz der Rohraußenseiten zu überprüfen. Der vorhandene Rohrversatz darf nicht $> 0,1 \times$ Wanddicke sein. Ebenfalls ist darauf zu achten, dass die Nennwanddicken im Fügebereich übereinstimmen.

2.1.3 Vorbereitung zum Schweißvorgang

- Die Schweißtemperatur ist vor jeder Schweißung zu überprüfen (frühestens 10 Minuten nach Erreichen der Schweißtemperatur mit dem Schweißen beginnen).
- Um Verschmutzungen oder Beschädigungen zu vermeiden, ist das Hezelement vor und nach dem Schweißen in einer Schutzvorrichtung aufzubewahren.
- Das Hezelement ist vor jedem Schweißvorgang mit sauberem, nicht faserndem Papier zu reinigen.

2.1.4 Schweißen

2.1.4.1 Angleichen

- Die zu schweißenden Fügeflächen werden mit dem definierten Angleichdruck solange an das Hezelement gedrückt, bis die Stirnflächen planparallel anliegen und sich ein Wulst bildet. Das Angleichen ist abgeschlossen, wenn die geforderte Wulsthöhe erreicht ist (s. Abb. C.4).

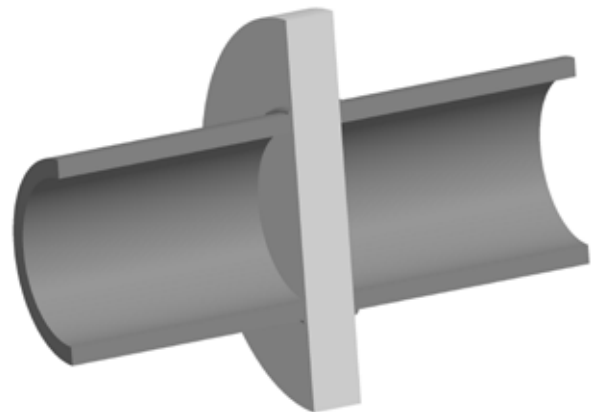


Abbildung C.4: Angleichen von Fügeflächen (Hezelement in der Mitte)

2.1.4.2 Anwärmen

- Der Angleichdruck wird nahezu auf Null abgesenkt ($<0.01 \text{ N/mm}^2$).
- Die vorgesehene Anwärmzeit abwarten.

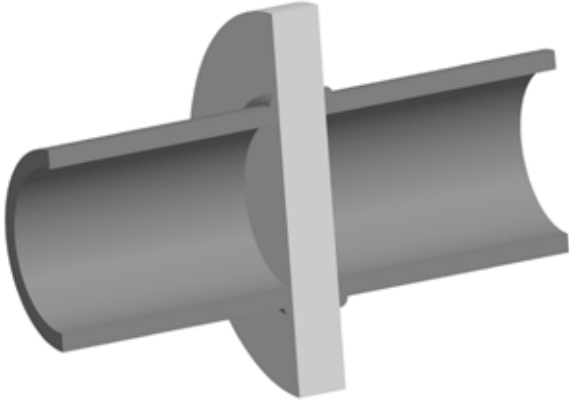


Abbildung C.5: Anwärmen der Stirnflächen

2.1.4.3 Umstellen

- Das Heizelement innerhalb der max. Umstellzeit entfernen. Die Umstellzeit so kurz wie möglich halten, da sonst die plastifizierten Flächen erkalten und die Schweißnahtqualität dadurch abnimmt.

2.1.4.4 Fügen

- Die Verbindungsflächen zusammenfügen. Den Fügedruck kontinuierlich auf den erforderlichen Wert steigern.
- Nach Ablauf der erforderlichen Abkühlzeit kann man die Verbindung ausspannen.
- Vorher sind mechanische Belastungen (Druckprüfung oder Inbetriebnahme) nicht zulässig.

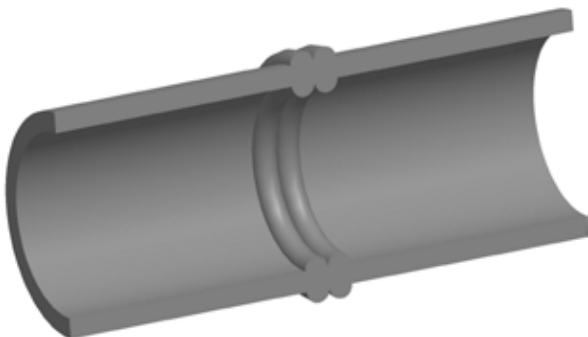


Abbildung C.6: Fügen der Stirnflächen

2.1.5 Prüfung der Schweißverbindung

2.1.5.1 Visuelle Kontrolle

Die Schweißwulst muss gleichmäßig am gesamten Umfang verteilt sein. Die Fügefläche dürfen maximal um $0,1 \times$ Wandstärke versetzt sein.

2.1.5.2 Durchführung einer Druckprüfung

Die Druckprobe ist gemäß den einschlägigen Normvorschriften (z.B. DVS 2210 Teil 1, Beiblatt 2, DIN EN 805, DVGW 400-2 bzw. Kapitel 7) durchzuführen.

3 Heizelement Muffenschweißen

(in Anlehnung an DVS 22207 Teil 1 für PE-HD)

Beim Heizelement Muffenschweißen werden Rohr und Formstück überlappend geschweißt. Rohrende und Formstück werden mit Hilfe eines muffen- bzw. stutzenförmigen Heizelementes auf Schweißtemperatur erwärmt und anschließend verschweißt (s. Abb. C.7 - C.9).

Rohre, Heizelement und Formstück sind maßlich so aufeinander abgestimmt, dass sich beim Fügen ein Fügedruck aufbaut.

Heizelement-Muffenschweißungen können bis einschließlich Rohraussendurchmesser 50 mm von Hand hergestellt werden. Darüber hinaus ist wegen der zunehmenden Fügekräfte eine Schweißvorrichtung notwendig.

Die Schweißtemperatur bei einer Heizelementmuffenschweißung beträgt bei PE-HD normalerweise 250-270 °C

Richtwerte für die Heizelement Muffenschweißung (PE-HD Rohre und Formstücke, Aussentemperatur: ca. 20 °C, mäßige Luftbewegung) sind in Tabelle C.5 aufgeführt.

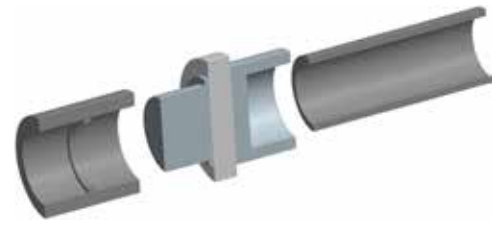


Abbildung C.7: Vorbereitung Muffenschweißvorgang

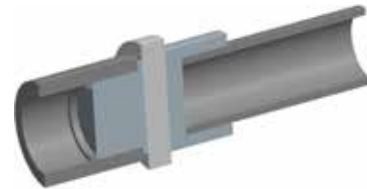


Abbildung C.8: Angleichen und Anwärmen

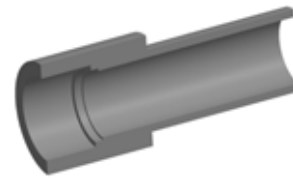


Abbildung C.9: Fügen und Abkühlen

da [mm]	Anwärmen		Umstellen Max.Umstellzeit [s]	Abkühlen	
	Anwärmzeit [s]			Fixiert [s]	Ges. [min]
	SDR11, SDR7,4, SDR 6	SDR17, SDR17,6			
16	5	Schweißen nicht empfehlenswert	4	6	2
20	5		4	6	2
25	7		4	10	2
32	8		6	10	4
40	12		6	20	4
50	18		6	20	4
63	24		8	30	6
75	30	18	8	30	6
90	40	26	8	40	6
110	50	36	10	50	8
125	60	46	10	60	8

Tabelle C.6: Schweißparameter Muffenschweißung (Quelle: DVS2207-1)

3.1 Ablauf einer Heizelementmuffenschweißung:

3.1.1 Schweißplatzvorbereitung

- Schweißgerät aufstellen, Zubehör vorbereiten, Kontrolle der Schweißeinrichtung.
- Falls notwendig Schweißzelt (Schirm) aufstellen.
- Reinigung der Heizelemente.

3.1.2 Vorbereitung der Rohre und Formteile

- Rohre und Formteile rechtwinklig abschneiden und Innenkante mit einem Messer entgraten.
- Gemäß DVS2207 Teil1 das Rohrende (s. Tab. C.4) abfasen und mittels Schälwerkzeug soweit bearbeiten, bis die Messer des Schälwerkzeuges mit der Stirnseite des Rohres bündig abschliessen.

Rohraußen- durchmesser d [mm]	Rohrfase b [mm]	Einstecktiefe l [mm]
20	2	14
25		16
32		18
40		20
50		23
63	3	27
75		31
90		35
110		41

Tabelle C.5: Erforderliche Rohrfase und Einstecktiefe

3.1.3 Vorbereiten der Schweißmaschine

- Die Schweißtemperatur ist vor jeder Schweißung zu überprüfen (frühestens 10 Minuten nach Erreichen der Schweißtemperatur mit dem Schweißen beginnen.)
- Um Verschmutzungen oder Beschädigungen zu vermeiden, ist das Heizelement vor und nach dem Schweißen in einer Schutzvorrichtung aufzubewahren.
- Das Heizelement ist auch vor jedem Schweißvorgang mit sauberen, nicht fasernden Papier zu reinigen.

3.1.4 Schweißung

- Formstück und Rohr zügig und axial auf den Heizdorn bzw. in die Heizmuffe bis zum Anschlag (Maschinenschweißung) bzw. Markierung (manuelle Schweißung) aufchieben. Berührung des Rohres mit der Stirnfläche am Ende der Heizbuchse ist zu vermeiden.
- Anwärmzeit gemäß Tabelle abwarten.
- Nach Ablauf der Anwärmzeit Formstück und Rohr ruckartig von den Heizelementen abziehen und sofort ohne verdrehen bis Anschlag bzw. zur Markierung zusammenschieben.
- Bei Handschweißung müssen die zusammengeführten Teile bis zur Abkühlung fixiert gehalten werden.
- Mechanische Belastungen (Druckprüfung oder Inbetriebnahme) der Fügeverbindung sind frühestens nach vollständiger Abkühlung zulässig.

3.1.5 Prüfung der Schweißverbindung

3.1.5.1 Visuelle Kontrolle

Der Wulst der Schweißnaht muss gleichmäßig am gesamten Rohrfumfang sichtbar sein. Das Rohr muss axial ohne Abwinkelung eingeschweißt sein.

3.1.5.2 Durchführung einer Druckprüfung

Die Druckprobe ist gemäß den einschlägigen Normvorschriften (z.B. DVS 2210 Teil 1, Beiblatt 2, DIN EN 805, DVGW 400-2 bzw. Kapitel 7) durchzuführen.

4 Heizwendelschweißen DIM 20-500 mm monofilar

(in Anlehnung an DVS 2207-1)

Beim Heizwendelschweißen mit monofilarem Schweißsystem werden die zu verbindenden Komponenten mit Hilfe von Widerstandsdrähten (Heizwendel) erwärmt und dadurch verschweißt. Die Widerstandsdrähte sind im Formteil komplett eingebettet, dies bewirkt eine glatte Innenoberfläche und erleichtert somit die Reinigung und das Einführen der Rohrenden. Die Energiezufuhr erfolgt mit Hilfe eines Schweißstromtransformators (Heizwendelschweißgerät).

Die Schrumpfspannungen der Heizwendelformteile erzeugen den notwendigen Schweißdruck, der eine optimale Verschweißung sicherstellt.

Das Verfahren zeichnet sich durch die verwendete Sicherheitskleinspannung sowie durch einen hohen Automatisierungsgrad aus. Schweißungen können vor Ort und an unzugänglichen Stellen durchgeführt werden.

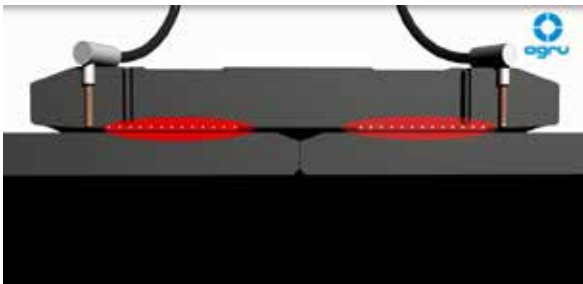


Abbildung C.10: Prinzip des monofilaren Heizwendelschweißens

Für die Verschweißung von Agru E-Formteilen sollte bevorzugt ein Universalschweißgerät mit Barcodeerkennung und Protokollierung herangezogen werden. Einfache Bedienung und lückenlose Nachverfolgbarkeit der Schweißabläufe können somit garantiert werden.

4.1 Barcode

Der Barcode enthält alle benötigten Schweißparameter und ist so aufgebaut, dass er von allen gängigen Heizwendelschweißgeräten eingelesen werden kann. Auf den agru Heizwendelformteilen befindet sich neben dem Schweißcode auch ein Barcode für die Rückverfolgbarkeit. Dieser Code wird Traceabilitycode genannt und ermöglicht die Erfassung von chargenbezogenen Angaben. Zur Unterscheidung der beiden Codes werden zweifarbige Etiketten verwendet (s. Abb. C.11):



Abbildung C.11: Agru Barcode-Aufkleber

Schweißcode weißer Hintergrund, nach ISO 13950

Stelle	Beschreibung
1-2	Formteil
3-6	Hersteller
7-8	Abkühlzeit
9-11	Dimension
12	Energiezufuhr
13-14	Spannungsniveau
15-17	Widerstand
18	Toleranzbereich des Widerstands
19-21	Schweißzeit
22-23	Korrekturwert für Energie
24	Prüfziffern

Traceabilitycode gelber Hintergrund, nach ISO 12176-4

Stelle	Beschreibung
1-4	Hersteller
5-6	Formteil
7-9	Dimension
10-15	Seriennummer
16-17	Produktionsstandort
18	SDR-Klasse
19-22	Grundmaterial
23	Materialzustand
24	MRS
25	MFR
26	Prüfziffer

4.2 Allgemeine Schweißbeignung

PE 80, PE 100 und PE 100-RC können grundsätzlich problemlos miteinander verschweißt werden. Die zu verschweißenden Rohre müssen jedoch einen Schmelzflussindex (MFR 190/5) im Bereich von 0,2 g/10' bis 1,7 g/10' aufweisen. Eine Probenschweißung ist herzustellen.

Achtung: Das Rohr / E-Formteil mit der niedrigsten Druckstufe bestimmt die gesamte Druckstufe der Leitung (z.B. Rohre PN 25 (SDR 7,4) mit E-Formteil PN 16 (SDR 11) verbunden → ges. Leitung: PN16).

Die Verschweißbarkeit der E-Formteile ist mit folgenden SDR Rohrreihen geprüft und freigegeben:

E-Muffe	da [mm]	Schweißbare Rohre / Fittings							
		SDR 33	SDR 26	SDR 17,6	SDR 17	SDR 13,6	SDR 11	SDR 9	SDR 7,4
Schweißbar mit Wanddicken von 2,5mm-3,5mm									
SDR 11 (E-Muffe)	20	x	x	x	x	x	✓	✓	✓
	25	x	x	x	x	x	✓	✓	✓
	32	x	x	x	x	x	✓	✓	✓
	40	x	x	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	50	x	x	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	63	x	x	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	75	x	x	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	90	x	x	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	110	x	x	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	125	x	x	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	140	x	x	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	160	x	x	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	180	x	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	200	x	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	225	x	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	250	x	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	280	x	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
315	x	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
355	x	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
400	x	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
450	x	x	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
500	x	x	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
SDR 17 (E-Muffe)	90	x	✓	✓	✓	x	x	x	x
	110	x	✓	✓	✓	x	x	x	x
	125	x	✓	✓	✓	x	x	x	x
	140	x	✓	✓	✓	x	x	x	x
	160	x	✓	✓	✓	x	x	x	x
	200	x	✓	✓	✓	x	x	x	x
	225	x	✓	✓	✓	x	x	x	x
	250	x	✓	✓	✓	x	x	x	x
	280	x	✓	✓	✓	x	x	x	x
	315	✓	✓	✓	✓	x	x	x	x
	355	✓	✓	✓	✓	x	x	x	x
	400	✓	✓	✓	✓	x	x	x	x
	450	✓	✓	✓	✓	x	x	x	x
500	✓	✓	✓	✓	x	x	x	x	

*Dünnwandigere Rohre müssen mit Stützhülsen verschweißt werden.

4.3 Ablauf Heizwendelschweißung Dim 20-500 mm monofilar



Verlegeanimation
Heizwendelschweißung Dim 20-500



Verlegeanleitung B5116
Heizwendelschweißung Dim 20-500

5 Heizwendelschweißen Dim 560-1400 SDR 11 - 17 bifilar

(in Anlehnung an DVS 2207-1)

Beim Heizwendelschweißen mit bifilarem Schweißsystem werden die zu verbindenden Komponenten mit Hilfe von Widerstandsdrähten (Heizwendel) in zwei getrennten Schweißzonen separat erwärmt und dadurch verschweißt.

Dieses System hat den Vorteil dass man die erste Seite vorbereitend verschweißen kann, und die zweite Seite direkt auf der Baustelle oder im Rohrgraben fertigstellt.

Zum schließen größerer Spalte und zum Ausgleich größerer Ovalitäten zwischen Rohr und E-Muffe ist eine Vorwärmfunktion vorhanden. Die Widerstandsdrähte sind im Formteil komplett eingebettet, dies bewirkt eine glatte Innenoberfläche und erleichtert somit die Reinigung und das Einführen der Rohrenden. Die Energiezufuhr erfolgt mit Hilfe eines Schweißstromtransformators (Schweißgerät). Für eine optimale Verschweißung sollen Spanngurte verwendet werden, diese erzeugen den notwendigen Schweißdruck.

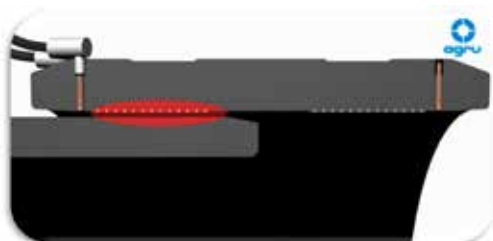


Abbildung C.12: Prinzip des bifilaren Heizwendelschweißens

Für die Verschweißung von Agru E-Formteilen sollte bevorzugt ein Universalschweißgerät mit Barcodeerkennung und Protokollierung herangezogen werden. Einfache Bedienung und lückenlose Nachverfolgbarkeit der Schweißabläufe können somit garantiert werden.



Verlegeanimation
Heizwendelschweißung Dim 560-1400



Verlegeanleitung B5127
Heizwendelschweißung Dim 560-1400

6 Heizwendelschweißen Dim 560-1600 SDR 26 bifilar - ohne Vorwärmen

(in Anlehnung an DVS 2207-1)



Verlegeanleitung B5141
Heizwendelschweißung Dim 560-1600

6.1 Prüfung der Schweißverbindung

- Die Druckprobe ist gemäß den einschlägigen Regelwerken (z. B. DVS-Richtlinie 2210-1, Beiblatt 2, DIN EN 805, DVGW-Arbeitsblatt 400-2) durchzuführen. Bis zur Durchführung der Druckprobe müssen alle Schweißverbindungen vollständig abgekühlt sein.
- Ein Schweißprotokoll ist durch eine automatische Protokollierung oder durch ein handschriftliches Protokoll zu erstellen.
- Nach Ablauf der Kühlzeit können beide Gurte von der Muffe entfernt werden.

7 Schellen

(in Anlehnung an DVS 2207-1)

Schellen werden zur Erzeugung von Abzweigungen an bestehenden Rohrleitungen eingesetzt. Sie werden mit dem Schellenunterteil an der Hauptleitung befestigt und mittels Heizwendelschweißung mit dieser verbunden.

Agru bietet 3 verschiedene Arten von Schellen an:

7.1 Stutzenschelle

Stutzenschellen sind vorgesehen für das Erzeugen von Abzweigungen an einer bestehenden Leitung ohne Druck. Zum Anbohren wird zusätzlich eine Anbohrwerkzeug benötigt. Mit Spezialvorrichtungen ist auch das Anbohren unter Druck möglich.



Abbildung C.13: Stutzenschelle



Verlegeanimation
Stutzenschelle



Verlegeanleitung B5105-1
Stutzenschelle

7.2 Anbohrschelle

Anbohrschellen sind vorgesehen für das Erzeugen von Abzweigungen an einer bestehenden Leitung unter Druck. Das patentierte Teleskopsystem garantiert ein leakagefreies Anbohren und öffnen der in Betrieb befindlichen Hauptleitung.

Nach dem Anbohrvorgang wird die Öffnung für das Betätigungswerkzeug mit einer Schraub- oder Schweißkappe verschlossen.



Abbildung C.14: Anbohrschelle



Verlegeanimation
Anbohrschelle



Verlegeanleitung B5101-1
Anbohrschelle

7.3 Druckanbohrventil

Druckanbohrventile sind vorgesehen für das Erzeugen von Abzweigungen an einer bestehenden Leitung unter Druck. Im Gegensatz zur Anbohrschelle ist hier ein mehrfaches Öffnen und dichtes Verschließen möglich.



Abbildung C.15: Druckanbohrventil



Verlegeanimation
Druckanbohrventil



Verlegeanleitung B5111-1
Druckanbohrventil

7.4 Lösbare Verbindungen

- Damit die Schrauben für die Flanschverbindung auch bei längerer Betriebszeit leichtgängig bleiben, empfiehlt es sich, das Gewinde z.B. mit Molybdänsulfid zu bestreichen.
- Bei der Auswahl des Dichtungsmaterials sollte insbesondere auf die chemische und thermische Eignung geachtet werden.
- Die Länge der Schrauben sind so zu wählen, dass das Schraubengewinde möglichst nicht mehr als zwei bis drei Gewindelängen übersteht.
- Am Schraubenkopf und auch bei der Mutter sind Scheiben unterzulegen.
- Vor dem Aufbringen der Schraubenvorspannung müssen die Dichtflächen planparallel zu einander ausgerichtet sein und eng an der Dichtung anliegen.
- Das Beziehen der Flanschverbindung mit der dadurch entstehenden Zugspannung ist unter allen Umständen zu vermeiden.
- Das erforderliche Schraubendrehmoment ist abhängig von der Form und dem Werkstoff der gewählten Dichtung (Shore-A-Härte) sowie von der Reibung im Schraubengewinde und an der Mutterauflagefläche (durchschnittliche Reibungskoeffizient liegt bei ca. 0,15).
- Die Verbindungsschrauben müssen diagonal gleichmäßig mittels Drehmomentschlüssel angezogen werden.
- Das Schraubenanzugsmoment muss auf einer elastomeren Dichtung eine gewisse Druckspannung erzeugen. Ein unterschreiten dieser Mindestdruckspannung kann zu Undichtigkeiten führen. Im Gegenzug führt eine zu hohe Druckspannung zu Beschädigungen und Verformungen im Dichtungsbereich (Dichtung, Losflansch, etc.).
- Bei Flanschverbindungen die einer wechselseitigen Belastung ausgesetzt sind, ist darauf zu achten, dass die Verbindungsstellen im Rahmen der vorgeschriebenen Wartung zu kontrollieren und gegebenenfalls nachzuziehen sind.

Form	empfohlene Einsatzgrenzen		Flansch- /Bundausführung
	Druck [bar]	Temp. [°C]	
Flachring	bis 10*	bis 40	mit Dichtrillen
Flachring profiliert	bis 16	keine Einschränkung	mit/ohne Dichtrillen

*bis max. DN>150 max. 6 bar

Tabelle C.7: Dichtungskriterien (Quelle: DVS 2210-1 BB. 3)

Nennweite	Dicke [mm]
bis d90 mm / DN 80	min. 2
ab d110 mm / DN 100	min. 3

Tabelle C.8: Flachdichtungsdicken (Quelle: DVS 2210-1 BB.3)

DN	Flachring bis 10 bar	Profiling bis 16 bar
15	15	15
20	15	15
25	15	15
32	20	15
40	30	15
50	35	20
65	40	25
80	40	25
100	40	30
125	50	35
150	60	40
200	70*	50
250	80*	55
300	100*	60
350	100*	70
400	120*	80
500	190*	90
600	220*	100

Tabelle C.9: Richtwerte Schraubenanzugsmomente bei einer Shore-Härte 80° nach DVS 2210-1 BB. 3)

* zulässiger Betriebsdruck ≤ 6 bar

8 Druckprüfung

Nachstehend sind drei Druckprüf-Verfahren nach gültigen Regelwerken beschrieben. Diese werden unterteilt in Prüfungen von frei verlegten oder erdverlegten Leitungen für Wasser- oder Gasversorgung. Die Druckprüfungen können nach nationalen Anforderungen von den hier beschriebenen Verfahren abweichen.

Die Innendruckprüfung ist am fertig installierten Rohrsystem vorzunehmen. Die Beanspruchung durch den Innendruck muss oberhalb der Betriebsbelastung liegen und soll den experimentellen Nachweis der Betriebssicherheit darstellen. Das Prüfen der Rohrleitung mit einem Innendruck unterhalb des Nenndrucks der Rohrleitungsteile ist nur in Ausnahmefällen anzuwenden.

Achtung: Vor dem Berechnen des Prüfdruckes muss der maximal zulässige Druck jeder einzelnen Komponente spezifiziert sein und sicher gestellt werden, dass der Prüfdruck diesen nicht überschreitet.

8.1 Druckprüfung für freiverlegte Leitungen

(in Anlehnung an DVS 2210-1 Beiblatt 2)

Generell gibt es 3 Arten von Innendruckprüfungen:

- die Vorprüfung
- die Hauptprüfung
- die Kurzzeitprüfung

Das Ergebnis der Innendruckprüfung ist, einschließlich Angaben zu den Randbedingungen, in einem Protokoll festzuhalten. Eine kontinuierliche Druck- und Temperaturaufzeichnung ist vorzunehmen.

8.1.1 Vorprüfung

Die Vorprüfung dient dazu, das Rohrleitungssystem auf die eigentliche Prüfung (Hauptprüfung) vorzubereiten. Im Verlauf der Vorprüfung wird sich im Rohrleitungssystem ein Spannungs-Dehnungs-Gleichgewicht in Verbindung mit einer Volumenzunahme einstellen.

Dabei kommt es zu einem werkstoffabhängigen Druckabfall, der ein wiederholtes Nachpumpen zur Wiederherstellung des Prüfdruckes sowie häufig ein Nachziehen der Flanschverbindungsschrauben erforderlich macht.

8.1.2 Hauptprüfung

Die Hauptprüfung folgt unmittelbar der Vorprüfung. Im Rahmen der Hauptprüfung kann bei etwa gleichbleibenden Rohrwandtemperaturen ein wesentlich geringerer Druckabfall erwartet werden, so dass sich ein Nachpumpen zur Wiederherstellung des Prüfdruckes erübrigt. Die Kontrollen können sich im Wesentlichen auf die Dichtheit der Flanschverbindungen und auf eventuelle Lageveränderungen der Rohrleitung konzentrieren.

8.1.3 Kurzzeitprüfung

Die Kurzprüfung stellt einen Sonderfall dar, da sich in der zur Verfügung stehenden Zeit nach allgemeiner Erfahrung kein Spannungs-Dehnungs-Gleichgewicht einstellt. Unzulänglichkeiten an den Verbindungsstellen können unter Umständen durch kurzzeitige Belastungen nicht erkannt werden, was dem Sinn einer Prüfung nicht entspricht.

Gegenstand und Erläuterung		Vorprüfung	Hauptprüfung	Kurzzeitprüfung
Prüfdruck p_p	Abhängig von der Rohrwandtemperatur bzw. vom zulässigen Prüfdruck der eingebauten Teile	$\leq p_{P(zul)}$	$\leq 0,85 \cdot p_{P(zul)}$	$\leq 1,1 \cdot p_{P(zul)}$
Prüfdauer	Rohrleitung ohne oder mit Verzweigungen und einer Gesamtlänge ges $L \leq 100$ m ¹⁾	≥ 3 h	≥ 3 h	≥ 1 h
	Rohrleitungen ohne oder mit Verzweigungen und einer Gesamtlänge 100 m $<$ ges $L \leq 500$ m	≥ 6 h	≥ 6 h	≥ 3 h
	Rohrleitung ohne oder mit Verzweigung und einer Gesamtlänge ges $L > 500$ m	Das Rohrsystem ist abschnittsweise zu prüfen, wobei die jeweilige Prüflänge $L_{prüf} \leq 500$ m einzuhalten ist ¹⁾		
		≥ 6 h	≥ 6 h	≥ 3 h

Gegenstand und Erläuterung		Vorprüfung	Hauptprüfung	Kurzzeitprüfung
Kontrollen während der Prüfung	Die Kontrollergebnisse sowie der Prüfdruck- und Temperaturverlauf sind in einem Prüfbericht zu dokumentieren	≥ 3 Kontrollen auf die Prüfdauer verteilt mit Wiederherstellen des Prüfdruckes	≥ 2 Kontrollen auf die Prüfdauer verteilt ohne Wiederherstellen des Prüfdruckes	≥ 1 Kontrolle mit Konstanthalten des Prüfdruckes
Werkstoffspezifischer Druckabfall	Anhaltswerte, abhängig vom E-Modul des jeweiligen Kunststoffes	PE ≤ 1,0 bar/h	PE ≤ 0,5 bar/h	Für kurzzeitige Belastungen liegen keine Werte zum Druckabfall vor
		Normalfall (in Bezug auf die genannte Dauer der Vor- und Hauptprüfung)		Sonderfall (Zustimmung des Auftraggebers bzw. Betreibers erforderlich)

Hinweise

1) Überschreitet die Gesamtlänge die angegebene Grenzlänge nicht mehr als 10 % dürfen die genannten Prüfbedingungen beibehalten werden.

Eine Begrenzung der Prüflänge ergibt sich aufgrund der Notwendigkeit, Reaktionen aus Änderungen bei Prüfdruck und Prüftemperatur innerhalb der Prüfdauer erfassen und beurteilen zu können. Je größer die Prüflänge ist, desto schwieriger wird die Zuordnung von Prüfdruckschwankungen. Bei Prüftemperaturen von 20 °C ± 5 °C

können auch Prüflängen > 500 m verwertbare Ergebnisse liefern. Die Entscheidung hierüber hat die verantwortliche Prüfaufsicht zu treffen.

2) Die DVS-Arbeitsgruppe AG W 4.3a hat beschlossen, Richtwerte für die Druckabfallraten der verschiedenen Thermoplaste aufgrund von Prüfungen festzulegen. Sobald konkrete Ergebnisse Vorliegen, werden diese in der Fachpresse veröffentlicht.

8.1.4 Einzelheiten zur Innendruckprüfung

Vorbereiten der Innendruckprüfung

Die Innendruckprüfung ist mit dem Medium Wasser durchzuführen.

Die Prüfung an einer Kunststoffrohrleitung setzt zu Beginn der Vorprüfung die weitgehende Beseitigung von Luftblasen (Restluftvolumen) im Leitungssystem voraus. Dazu sind möglichst an allen Hochpunkten der Rohrleitung Entlüftungen vorzusehen, die beim Spülen bzw. Füllen des Leitungssystems geöffnet sein müssen. Die Spülgeschwindigkeit soll mindestens 1,0 m/s betragen.

Füllen der Leitung

Das Füllen der Rohrleitung erfolgt vom geodätisch tiefsten Punkt aus, wobei die Füllmenge pro Zeiteinheit so einzustellen ist, dass die an den Hochpunkten austretende Luft sicher entweichen kann. Anhaltswerte für die Füllmenge liefert die nebenstehende Tabelle. Weist ein Rohrleitungssystem mehrere Tiefpunkte auf, kann unter Umständen ein abschnittsweises Füllen vom jeweiligen Tiefpunkt aus erforderlich werden.

Zwischen dem Füllen und Prüfen der Rohrleitung ist ausreichend Zeit zu lassen, in der die im Rohrsystem befindliche Luft über die Entlüftungen entweichen kann (Richtzeit ≥ 6 ... 12 h, abhängig von der Rohrennenweite).

Bei Rohrleitungen ab DN 150, die keine ausgesprochenen Hochpunkte ausweisen und nur mit geringer Neigung verlegt sind, kann es erforderlich sein, die im Rohrinernen verbleibenden Luftblasen mittels Molch zu beseitigen.

DN	V [l/s]
≤80	0,15
100	0,3
150	0,7
200	1,5
250	2,0
300	3,0
400	6,0
500	9,0

Tabelle C.10: Anhaltswerte für das Füllen der Leitung

Aufbringen des Prüfdrucks

Beim Aufbringen des Prüfdrucks bis zu seinem Maximalwert ist darauf zu achten, dass die gewählte Drucksteigerungsrate keine Stöße im zu prüfenden Rohrsystem verursacht. Richtwerte dazu sind der Abbildung C.16 zu entnehmen.

Rohrleitungen, die Bauteile mit geringerer Belastbarkeit als die des Rohres enthalten, dürfen nur bis zur Höhe des vom Hersteller angegebenen Innendrucks belastet werden. Gegebenenfalls sind die weniger belastbaren Teile der Rohrleitung während der Innendruckprüfung auszubauen.

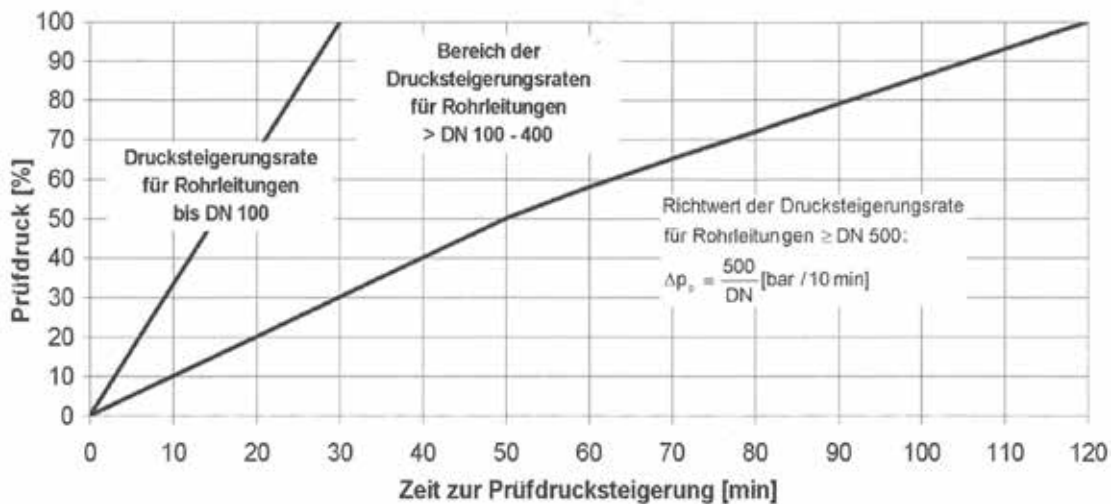


Abbildung C.16: Zeit zur Prüfdrucksteigerung

8.1.5 Prüfdruck und Prüftemperatur

Ermittlung des Prüfdrucks

Der zulässige Prüfdruck $p_{P(zul)}$ errechnet sich nach folgender Formel:

$$p_{P(zul)} = \frac{1}{\frac{OD}{s}} \cdot \frac{20 \cdot \sigma_{v(T, 100h)}}{s_p \cdot A_G}$$

- d_a Rohraußendurchmesser [mm]
- s Rohrwanddicke [mm]
- $\sigma_{v(T, 100h)}$ Zeitstandfestigkeit für die Rohrwandtemperatur T_R bei $t = 100$ h [N/mm²]
- s_p Mindestsicherheitsabstand zur Zeitstandfestigkeit [-]
- A_G Verarbeitungs- oder geometriespezifischer Faktor, der den zulässigen Prüfdruck mindert ($A_G > 1,0$) [-]. Für PE = 1 ausreichend.

$d_a / s \sim SDR$

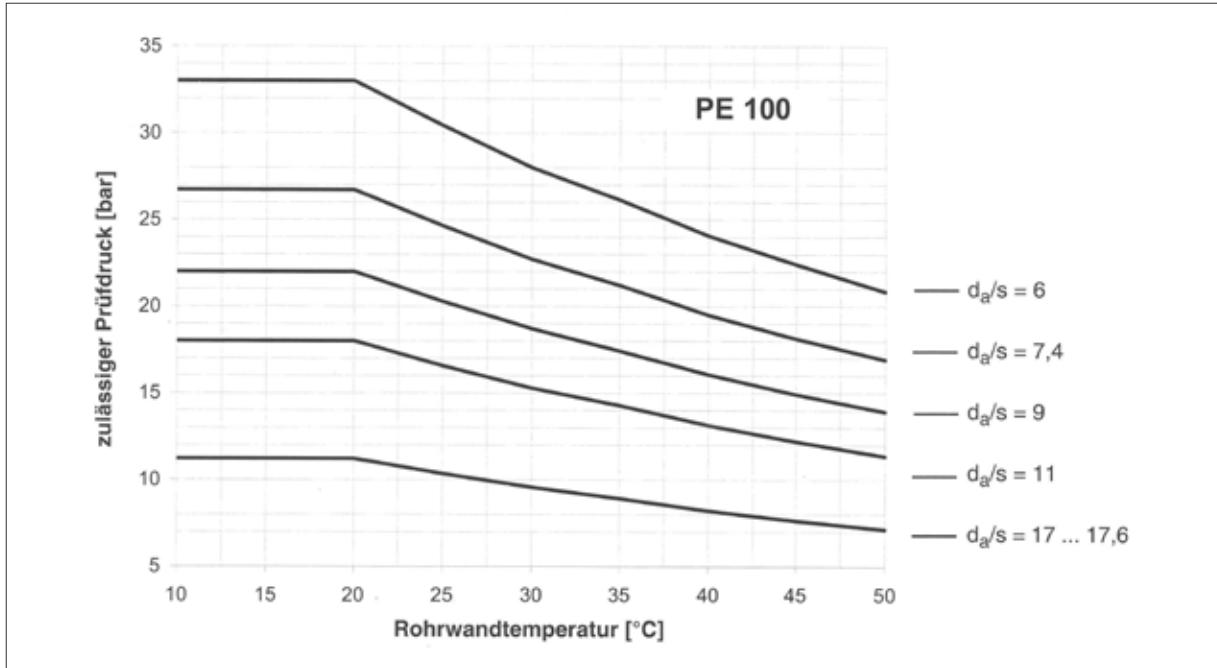
p_B Betriebsüberdruck [bar]

Die Festlegung eines größeren Sicherheitsabstandes, als in nachfolgender Tabelle angegeben, wird dem Anwender freigestellt.

Werkstoff	PE
s_p	1,25

Der zulässige Prüfdruck $P_{P(zul)}$ in Abhängigkeit von der Rohrwandtemperatur kann den nachfolgenden Abbildungen direkt entnommen werden.

Wird mit Prüfdrücken gearbeitet, welche geringer sind als der nach Formel 1 ermittelte Prüfdruck, so ist als Mindestwert für $p_p = 1,3 \times p_B$ anzunehmen.



8.1.6 Prüftemperatur (Hinweise zur Rohrwandtemperatur)

Ist anzunehmen, dass sich im Verlauf der Innendruckprüfung die Rohrwandtemperatur (Prüftemperatur) ändert, so ist der Prüfdruck auf die maximal zu erwartende Grenztemperatur zu beziehen.

Wird bei Kontrollmessungen während der Prüfung an der Rohroberfläche eine Temperatur festgestellt, die zu einer höheren Rohrwandtemperatur führt, als angenommen war, ist der Prüfdruck unmittelbar nach der Messung auf den der Temperatur entsprechenden Diagramm- bzw. Rechenwert zu reduzieren.

Die Rohrwandtemperatur darf in vereinfachter Form als arithmetisches Mittel zwischen T_i und T_{Ra} angenommen werden (mittlere Rohrwandtemperatur).

$$T_R = \frac{T_i + T_{Ra}}{2}$$

T_i Temperatur des Prüfmediums im Rohr inneren [°C]

T_{Ra} Temperatur an der Rohroberfläche [°C]

T_R mittlere Rohrwandtemperatur [°C]

Neben dem Temperatureinfluss auf den Prüfdruck der Kunststoffrohrleitung muss besonders beim Kontraktionsverfahren auf eine möglichst gleichbleibende Rohrwandtemperatur geachtet werden.

Bei im Freien zu prüfenden Kunststoffrohrleitungen ist das Konstanthalten der Rohrwandtemperatur ein Problem, das die Verwendbarkeit des jeweiligen Prüfverfahrens einschränken kann. Um die Aussagefähigkeit der Prüfung sicherzustellen, müssen die im Prüfprotokoll aufgeführten Temperaturen aufgezeichnet werden.

Ist aufgrund direkter Sonneneinstrahlung die mittlere Rohrwandtemperatur einer Rohrleitung bzw. eines Rohrleitungsabschnittes höher anzunehmen, als sich nach der obigen Formel ergibt, so ist der Prüfdruck äquivalent abzusenken.

Das Messen bzw. Aufzeichnen der Temperatur im Innern der Rohrleitung (Temperatur des Prüfmediums) erfordert die Anordnung eines Messtutzens an der ungünstigsten Stelle der Rohrleitung. Ist durch geeignete Maßnahmen sichergestellt, dass die Rohrwandtemperatur nicht über einen vorher bestimmten Maximalwert ansteigt, kann auf die Temperaturmessung des Prüfmediums verzichtet werden. Bei Rohrleitungen aus Kunststoffen mit niedriger Kerbschlagfestigkeit (z.B.: PP-H, PVC-U), wird von einer Innendruckprüfung bei Rohrwandtemperaturen < 10 °C abgesehen.

8.2 Druckprüfung von erdverlegten Wasserleitungen

(In Anlehnung an EN 805 + ÖVGW W 101)

Jede fertig verlegte Rohrleitung ist einer Wasserdruckprüfung zu unterziehen, um die Dichtheit bzw. ordnungsgemäße Ausführung der Rohre, und aller weiteren Rohrleitungsteile sicherzustellen. Als Prüfmedium soll Trinkwasser verwendet werden.

8.2.1 Füllen und Prüfen

Das Befüllen der Rohrleitungen mit sauberen Wasser soll bei geöffneten Luftventilen und ausreichender Entlüftung erfolgen. Bevor die Druckprüfung durchgeführt wird, soll die Prüfausrüstung kalibriert und bestimmungsgemäß mit den Rohrleitungen verbunden werden. Während der Prüfung müssen alle Entlüftungsvorrichtungen geschlossen sein.

8.2.2 Vorbereitung Druckprüfung

Zur Vermeidung der Lageänderungen soll das Rohrsystem vor der Prüfung ausreichend mit Verfüllmaterial abgedeckt werden. Die Verbindungen können dabei frei gelassen werden. Widerlager und Verankerungen müssen nachweislich den Kräften des Prüfdruckes standhalten. Die Rohrleitung soll als Ganzes oder abschnittsweise geprüft werden. Beim Füllen der Leitung müssen der Systemprüfdruck (STP) an der tiefsten Stelle und der Systembetriebsdruck (MDP) mindestens am höchsten Punkt jedes Prüfabschnittes erreicht werden. Die Rohrleitung ist von jeglicher Form der Verunreinigung zu befreien und ist vor Prüfbeginn so gut wie möglich zu entlüften.

8.2.3 Minimierung des Temperatureinflusses

Ist die PE-Rohroberfläche hohen Temperaturen oder Temperaturschwankungen ausgesetzt, kann dies zur Verkürzung der Lebensdauer der Leitung oder zur Verfälschung der Prüfergebnisse führen.

Zur Verringerung des Temperatureinflusses werden folgende Maßnahmen empfohlen:

- Füllung des Prüfabschnittes mit möglichst kaltem Wasser.

- Die freiliegenden Bereiche sollen während der Prüfung zur Beschattung abgedeckt werden
- Rohrwandtemperatur (2 bis 20 °C) soll während der Druckprüfung eingehalten und laufend kontrolliert werden. Die Druckprüfung soll dazu bei moderaten Außentemperaturen (im Sommer z.B. frühmorgens) stattfinden.
- Können die Werte nicht eingehalten werden, kann nach Rücksprache mit dem Planer der Prüfdruck STP ausnahmsweise auf den max. Betriebsdruck MDP abgesenkt werden. Der Prüfabschnitt muss dabei durchgängig horizontal sein.

8.2.4 Prüfdruck

Der Systemprüfdruck (STP) ist ausgehend vom höchsten Systembetriebsdruck (MDP) wie folgt zu berechnen:

Bei Berücksichtigung des Druckstoßes:

$$STP = MDP_c + 100 \text{ kPa}$$

Bei Nichtberücksichtigung der Druckstoßes:

$$STP = MDP_a \cdot 1,5$$

oder

$$STP = MDP_a + 500 \text{ kPa}$$

Es gilt der jeweils niedrigere Wert.

STP System Prüfdruck

MDP_c Höchster vom Planer festgelegter Betriebsdruck des Systemes inkl. Druckschläge

MDP_a Systembetriebsdruck (DP) + mindestens 200 kPa für Druckstoß

Die Berechnung des Druckstoßes soll mit entsprechenden Grundgleichungen und Annahmen des Planers (ungünstigste Betriebsbedingungen) erfolgen.

Die Messgeräte sollen am niedrigsten Punkt der Prüfstrecke angeschlossen werden.

Bei kurzen Rohrleitungslängen und bei Anschlussleitungen ≤ DN 80 und kürzer als 100 m, kann der Betriebsdruck als Systemprüfdruck verwendet werden, wenn nicht anders festgelegt.

8.2.5 Druckprüfverfahren

Das Prüfverfahren wird abhängig von Rohrart und Werkstoff vom Planer bestimmt und darf in bis zu drei Schritten ausgeführt werden:

- Vorprüfung
- Druckabfallprüfung
- Hauptdruckprüfung

8.2.6 Vorprüfung

Die Vorprüfung soll die Verfälschung der Ergebnisse während der Hauptprüfung vermeiden. Bei der Vorprüfung werden folgende Schritte durchgeführt:

- Entspannungsphase (mind. 1h) nach dem Spülen und Entlüften, dabei darf keine Luft in den Prüfabschnitt gelangen.
- Kontinuierliches Steigern des Drucks (innerhalb 10 min) auf den Systemprüfdruck (STP) und anschließendes Halten von diesem (30 min) durch Nachpumpen. Währenddessen soll die Leitung auf Undichtheiten untersucht werden.
- Ruhepause ohne Nachpumpen (1h) abwarten und anschließend den verbleibenden Druck messen. Falls der Druckabfall mehr als 30 % vom Systemprüfdruck beträgt, ist die Prüfung abzubrechen und die Fehlerursache zu evaluieren (die Wiederholung ist frühestens nach einer Entspannungsphase >1h möglich).
- Bei einer erfolgreichen Vorprüfung kann die Hauptprüfung durchgeführt werden.

8.2.7 Integrierte Druckabfallprüfung

Die Druckabfallprüfung dient zur Bestimmung der Restluft in der Leitung und verbessert dadurch die Genauigkeit der Hauptprüfung. Bei der Druckabfallprüfung werden folgende Schritte durchgeführt:

- Schnelle Absenkung des Drucks um Δp (10 – 15 % von STP) durch Ablassen von Wasser
- Messung des abgelassenen Wasservolumens
- Ermittlung des zulässigen Wasserverlustes ΔV_{max} nach folgender Gleichung:

$$\Delta V_{max} = 1,2 \cdot V \cdot \Delta p \cdot \left(\frac{1}{E_W} + \frac{D}{e \cdot E_R} \right)$$

- ΔV_{max} zulässiger Wasserverlust [l]
- V Volumen Prüfabschnitt [l]
- Δp Druckverlust gemessen [kPa]
- E_W Kompressionsmodul Wasser [kPa]
- D Rohrinne Durchmesser [m]
- e Rohrwanddicke [m]
- E_R E-Modul Rohrwand in Umfangsrichtung = 770 000 kPa
- 1,2 Faktor: zulässiger Anteil Luft vor der Hauptprüfung
- Prüfung ob $\Delta V > \Delta V_{max}$. Wenn ΔV größer ist, die Prüfung abbrechen und nach der Entspannung wiederholen

8.2.8 Hauptprüfung

Die integrierte Druckabfallprüfung unterbricht die viskoelastische Dehnung des Rohrs und führt zu einer Kontraktion der Rohrleitung. Der dadurch verursachte Druckanstieg wird im Zeitraum von 30 Minuten beobachtet und aufgezeichnet. Wenn innerhalb dieses Zeitraumes die Drucklinie nicht abfällt, gilt die Hauptprüfung als bestanden. Ein Abfall der Drucklinie zeigt auf eine Undichtheit in der Rohrleitung. Bei Unsicherheit kann die Prüfdauer auf 90 min verlängert werden. Der Druckabfall darf dabei nicht mehr als 25 kPa betragen, sonst gilt die Hauptprüfung als gescheitert. Die Wiederholung der Hauptprüfung ist nur möglich, wenn der gesamte Prüfablauf (+1h Entspannungsphase) wiederholt wird.

8.3 Druckprüfung von von erdverlegten Gasleitungen

(In Anlehnung an DVGW G469 und ÖVGW GE101 Richtlinien).

8.3.1 Prüfbedingungen

Die Druckprüfung kann erst dann gestartet werden, wenn die Kühlzeit nach einer Schweißung erreicht ist. Nach Erreichen des Prüfdrucks soll sich die Temperatur des Prüfmediums an die Temperatur des Erdreiches angleichen (Beharrungszustand). Zur Minimierung der Druckschwankungen aufgrund der Umgebungstemperatur soll die Leitung größtenteils vergraben werden. Die Verbindungen zwischen den Leitungen können für die Prüfung freigehalten werden, sollen jedoch abgedeckt sein.

Das Prüfmedium ist Druckluft. Die Drucklufttemperatur sollte nicht > 40 °C überschreiten, andererseits muss das Prüfmedium gekühlt werden (z.B. klimatisierter Raum). Die Druckluft kommt von einem Kompressor mit Wasser- und Ölabscheider. Während der Druckprüfung sollen geeignete Sicherheitsmaßnahmen getroffen werden (Warnschilder, Absperrungen).

8.3.2 Beharrungszustand

Gemäß ÖVGW GE101 / DVGW G469 Richtlinien ist die Temperaturangleichung nach 1 – 2 Stunden pro 1 bar Prüfdruck erreicht (z.B. 9 bar Prüfdruck: mind. 9 – 18 Stunden Beruhigungszeit).

Erfahrungsgemäß ist die Beruhigungszeit erreicht nach:

Prüfbedingung	Beruhigungszeit
6 bar	mind. 24 Stunden
15 bar	mind. 3 Tage

Tabelle C.11: Erfahrungswerte für Beruhigungszeit

Die aufgeführten Werte sind Richtlinien und können, abhängig von den eigentlichen Bedingungen auf der Baustelle (z.B. Temperatur), abweichen.

8.3.3 Prüfdruck

Der Prüfdruck soll mindestens den 1,5-fachen Wert von MOP betragen, ihn jedoch um mind. 2 bar übersteigen (z.B. 6 bar MOP: 9 bar Prüfdruck, 1 bar MOP: 3 bar Prüfdruck).

Der maximal zulässige Druckabfall Δp ist die Differenz der Drücke am Anfang und am Ende der Druckprüfung. Der Druckabfall Δp darf den errechneten zulässigen Druckabfall Δp_{zul} nicht überschreiten ($\Delta p \leq \Delta p_{zul}$). Der maximal zulässige Druckabfall wird mit folgender Gleichung berechnet:

$$\Delta p_{zul} = \frac{(\Delta V_{zul} \cdot t \cdot L) \cdot p_0}{V}$$

Δp_{zul} zulässiger Druckabfall [bar]

p_0 Atmosphärischer Druck (1,013 bar)

V zu prüfendes Leitungsvolumen [dm³]

ΔV_{zul} zulässige Volumensänderung [dm³/km*h]

(laut ÖVWG GE 110: 10dm³/(km*h))

t Prüfdauer [h]

L Leitungslänge [km]

Zur Messung soll ein registrierendes Präzisionsdruckmessgerät verwendet werden.

8.3.4 Mindestprüfdauer

Die Prüfdauer hängt vom Leitungsvolumen ab. Die Mindestwerte sind in der Tabelle C.11 aufgeführt.

Leitungsvolumen V [dm ³]	Mindestprüfdauer [h]
≤ 1.000	2
≤ 3.000	4
≤ 6.000	8
≤ 9.000	12
≤ 12.000	16
> 12.000	24

Tabelle C.12: Mindestprüfdauer

Zur Registrierung der Druckänderung während der Prüfung sollen die jeweiligen Abschnittslängen nicht länger als 18 km (da Rohr: ≤ 120 mm) bzw. 11 km (da Rohr: > 120 mm) sein.

Normen und Zulassungen

Verlegerichtlinien

Verbindungstechnik

Kalkulationsrichtlinien

Materialeigenschaften

1	Transport / Handhabung / Lagerung	71
2	Verlegungen	72
3	Produktspezifische Eigenschaften für Relining	80
4	Spanende Bearbeitung	82

Normen und Zulassungen

Verlegerichtlinien

Verbindungstechnik

Kalkulationsrichtlinien

Materialeigenschaften

1 Transport / Handhabung / Lagerung

1.1 Rohre

Beim Transport von AGRU PE-Rohren bzw. PE 100-RC-Rohren ist darauf zu achten dass die Ladefläche eines geeigneten Fahrzeugs sauber und frei von spitzen bzw. herausstehenden Gegenständen (Nägel, Schrauben etc.) ist.

Die Rohre müssen während des Transports über ihre gesamte Länge aufliegen und gegen verschieben gesichert sein. Die Höhe von Rohrverschlügen sollte 1 m nicht überschreiten (Rohre > 1000 mm müssen lose gelagert werden). Ringbunde sollen möglichst liegend gelagert werden.

Das Überhängen der Rohrenden für längere Zeit ist zu vermeiden. Müssen unterschiedliche Rohrdimensionen in einem Fahrzeug transportiert werden, so sind die kleineren und leichteren Rohrtypen oben zu lagern.

Schlagbeanspruchungen sollen möglichst vermieden werden. Eine Berührung mit Ölen, Fetten, Farben, Benzin etc. ist zu vermeiden. Bei Temperaturen um den Gefrierpunkt bedürfen die Rohre besonders sorgfältiger Behandlung.

Speziell Trinkwasserrohre sollen so gelagert werden dass sie innen nicht verunreinigt werden (Enden mit Schutzkappen verschliessen).



Beim Abladen der Rohre muss darauf geachtet werden, dass diese nicht über scharfe Kanten gezogen werden. Die Rohre dürfen auf der Baustelle nicht auf Steinen oder auf scharfkantigen Gegenständen gelagert werden.

Für PE-Xa-Rohre gelten grundsätzlich die gleichen Transport-, Handhabungs- und Lagerbedingungen wie für PE-Rohrsysteme.

Gemäß der gültigen ÖVGW und DVGW Regelwerke sind die Rohre und Rohrleitungsteile vor dem Einbringen in den Rohrgraben auf eventuelle Transport- und Lagerschäden zu überprüfen.

Rohre mit Riefen, Kratzern oder flächigen Abtragungen von mehr als 10 % der Wanddicke dürfen nicht eingebaut werden.

Nicht schwarze PE-Rohre sind bei direkter Sonneneinstrahlung (Mitteleuropa) maximal 2 Jahre UV-beständig.

1.2 Formteile

Beim Transport von AGRU PE-Formteilen soll darauf geachtet werden, dass diese nur in der Originalverpackung transportiert und gelagert werden (Schutz vor äusseren Einflüssen).

Beim Verpacken auf Paletten sollen Überstände vermieden werden.



Formteile sind auf der Baustelle in einem Zelt oder Bauwagen zu lagern. Sofern die Formteile in ihrer Originalverpackung (Kartons mit gesonderter Folienverpackung) vor Feuchtigkeit geschützt aufbewahrt werden, kann von einer zeitlich unbegrenzten Lagerfähigkeit ausgegangen werden.

Formteile sind bis unmittelbar vor der Verarbeitung in der Originalverpackung aufzubewahren um Verschmutzungen und Beschädigungen zu vermeiden.

Nahtlose (gedrückte) Bögen sind generell an einem kühlen und vor Sonneneinstrahlung geschützten Ort zu lagern. Es besteht sonst Gefahr, dass die Bögen ihr Winkelmaß verlieren.

Auf Anfrage können gedrückte Bögen auch mit Winkelfixierung angeboten werden.

2 Verlegungen

Verlegeart	Norm	PE 100	Sureline® (PE 100-RC)	SurePEX (PE-Xa)	SureFIT® (PE 100)
Offene Verlegung mit Sandbett	DVGW W 400-2	x	x	x	
Offene Verlegung ohne Sandbett			x	x	
Pflügen	DVGW GW 324		x	x	
Fräsen	DVGW GW 324		x	x	
Relining	DVGW GW 320-1, DVGW GW 320-2	x	x	x	x
Berstlining	DVGW GW 323		x ¹	x	
Horizontal-Spülbohrverfahren	DVGW GW 321		x	x	
Raketenverfahren			x	x	

Tabelle D.1: Übersicht Verlegearten.

¹Bei steinigem Boden Sureline® mit Schutzmantel empfohlen

2.1 Biegeradius

Die Flexibilität des Rohres gestattet eine gute Anpassung an örtliche Gegebenheiten. Kleinere Hindernisse lassen sich umgehen und geringe Richtungsänderungen sind möglich, ohne dass Formteile eingesetzt werden müssen. Als Richtwerte für Richtungsänderungen (Rohre mit SDR 11 und SDR 17) gelten folgende Werte:

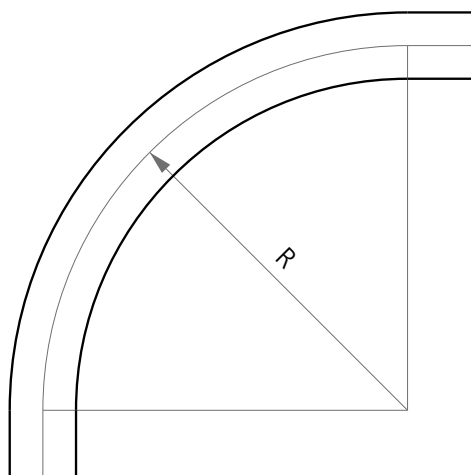


Abbildung D.1: Biegeradius.

$$R = d_a \cdot x$$

Formel D.1: Biegeradius.

- R Biegeradius [mm]
- d_a Außendurchmesser Rohr [mm]
- x Multiplikationsfaktor [1]

Verlege- temperatur [°C]	Multiplikationsfaktor [x] Sureline I + Sureline II Rohre		
	SDR 7,4-17	SDR 21-26	SDR 33-41
+30	20	30	50
+20	20	30	50
+10	35	52,5	87,5
0	50	75	125

Tabelle D.2: Multiplikationsfaktor Biegeradius.

Verlege- temperatur [°C]	Multiplikationsfaktor [x] Sureline III Rohre mit Schutzmantel
	SDR 7,4-17
+30	30
+20	30
+10	50
0	75

Tabelle D.3: Multiplikationsfaktor Biegeradius.

Achtung: Sollten Formteile oder Flansche im Biegebereich installiert sein, darf ein minimaler Biegeradius von $d_a \cdot x \cdot 100$ nicht unterschritten werden.

2.2 Offene Verlegung

Für den Bau des notwendigen Rohrgrabens und für die Verlegung der Rohre gelten die entsprechenden nationalen und regionalen Vorschriften.

Grundsätzlich werden Richtungsänderungen mit Formteilen wie Bögen, Winkel und T-Stücken etc. durchgeführt, wobei die Formteile mit den Rohren verschweißt werden (siehe Kapitel D).

Werden große Rohrdimensionen verschweißt, ist aus Gründen der Arbeitserleichterung das Verschweißen der Rohre außerhalb des Rohrgrabens anzustreben. Für das Stumpfschweißen großer Dimensionen empfiehlt es sich die Schweißmaschine stationär aufzustellen und den Rohrstrang nach jeder Schweißung weiterzuziehen.

Für das Elektroschweißen bzw. bei kleineren, entlang der Trassen ausgelegten Rohren, kann die Schweißmaschine zu den Verbindungsstellen transportiert werden. Im freien Gelände sollte ein Ortungskabel mitverlegt werden, das ein späteres Auffinden der Leitung erleichtert.

Folgende Einflussfaktoren auf die Verlegeart- und Tiefe müssen immer gesondert beachtet werden:

- Frost und Erwärmungsgrenze (örtliche Gegebenheiten)
- Volumenstrom, Druck und Temperatur des Mediums in der Rohrleitung
- Isolierung der Rohrleitung
- Verkehrsbelastung und Erdauflast
- Bodenart, Bodenfeuchte und Oberflächenbeschaffenheit
- Querende Anlagen

Eine statischer Nachweis in Anbetracht aller Einflussfaktoren ist vor jeder Verlegung und allen Verlegearten zu erbringen.

Dafür sind anerkannte Berechnungsverfahren (ATV-DVWK-A 127, AWWA M55) heranzuziehen.

2.2.1 Verlegung mit Sandbett

Die wohl gängigste Variante der Verlegung ist derzeit die Verlegung mit Sandbett. Dazu sollte der Rohrgraben mindestens 40 cm breiter als der Durchmesser des Rohres sein. Die Grabentiefe ist nach nationalen Regeln, und abhängig von der Anwendung so herzustellen, dass der Rohrscheitel nach Fertigstellung unterhalb der Frostfreigrenze liegt (besonders wichtig bei Wasseranwendung). Die Grabensohle ist ebenflächig aus tragfähigem und steinfreiem Untergrund herzustellen. Auf diesem Untergrund ist eine mindestens 10 cm dicke Bettungsschicht (bei steinigem Untergrund mind. 15 cm) aufzubringen. Die Rohrleitung muss vorsichtig in den Rohrgraben abgesenkt und mindestens 10 cm allseitig mit Bettungsmaterial verfüllt werden.

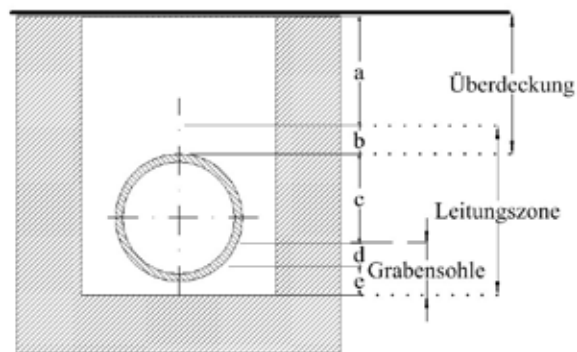


Abbildung D.2: Schematische Darstellung eines Rohrgrabens

a. Verfüllung	Aushubmaterial kann grundsätzlich verwendet werden.
b. Abdeckung	Mindestens 10 cm rund um den gesamten Rohrumfang
c. Seitenverfüllung	
d. Obere Bettungsschicht	
e. Untere Bettungsschicht	

Tabelle D.3: Information zu Bettung/Verfüllung

2.2.1.1 Grabenbreite

Die Grabenbreite muss so bemessen sein, dass ein sicheres Arbeiten und ein fachgerechter Einbau der Rohrleitung gewährleistet werden kann. Baugruben und Gräben von mehr als 0,80 m Breite sind in ausreichendem Maße mit Übergängen, z. B. Laufbrücken oder Laufstegen, zu versehen.

Richtwerte zur Mindestgrabenbreite [mm] in Abhängigkeit des Außendurchmessers (d_a)			
d_a [mm]	verbauter Graben	unverbauter Graben	
		$\beta^1) > 60^\circ$	$\beta^1) \leq 60^\circ$
≤ 225	$d_a + 400$	$d_a + 400$	
> 225 bis ≤ 355	$d_a + 500$	$d_a + 500$	$d_a + 400$
> 355 bis ≤ 710	$d_a + 700$	$d_a + 700$	
in Abhängigkeit der Grabentiefe			
Tiefe [mm]		Breite [mm]	
< 1000		keine Vorgaben	
≥ 1000 bis ≤ 1750		800	
> 1750 bis ≤ 4000		900	
> 4000		1000	

Tabelle D.4: Richtwerte zur Grabenbreite (Quelle: DIN EN 1610).

¹⁾ Böschungswinkel

2.2.1.2 Bettungsmaterial

Das Bettungsmaterial muss für die entsprechende Rohrleitung geeignet sein, darf also am Rohr keine Korrosion, Beschädigung, chemische oder mechanische Beeinträchtigung hervorrufen. Als Einbettung kommt Bettungsmaterial, z.B. ein Sand-Kies-Gemisch in Frage, das eine ausreichende Verdichtbarkeit aufweist. Damit wird gewährleistet, dass das umliegende verdichtete Erdreich die Kräfte durch Innendruck und äußere Lasten entsprechend verteilt.

Richtwerte zur mittleren Korngröße in der Leitungszone			
	DN	Korngröße [mm]	
		rund	gebrochen
PE 100 Rohr	≤ 200	0-22	0-11
	> 200	0-40	0-11
PE 100-RC Rohr	≤ 63	0-22	
	> 63	0-100	

Tabelle D.5: Richtwerte zur mittleren Korngröße in der Leitungszone (in Anlehnung an DVGW Arbeitsblatt W 400-2 und ÖVGW/GRIS QS-W 405/1)

Die Überdeckung hat in der Regel mindestens 1 m gemessen vom Rohrscheitel zu betragen. Der Rohrgraben sollte unmittelbar nach der Verlegung verfüllt werden um Beschädigungen zu vermeiden.

Zur Rohrgrabenverfüllung kann, wenn nicht anders angeordnet (Straßenbau...) grundsätzlich das Aushubmaterial wieder eingebracht werden.

Rohrleitungsart	Überdeckung [m]
Wasserleitung	0,9 ¹⁾ - 1,8 m
Gasleitung	0,6 ¹⁾ - 1,3 m
Abwasserleitung	min. 2,0 m

Tabelle D.6: Richtwerte zu Überdeckungshöhen (in Anlehnung an DVGW - Arbeitsblatt W 400-1)

¹⁾ In landwirtschaftlich genutzten Gebieten empfiehlt sich eine Mindestüberdeckungshöhe von 1,2 m.

2.2.2 Verlegung ohne Sandbett

PE 100-RC Rohre und Formteile können zusätzlich zur konventionellen Verlegung im Sandbett auch für nicht konventionelle Verlegetechniken wie die Verlegung ohne Sandbett oder grabenlose Verlegung verwendet werden.

Sandbettfrei heißt, dass vorher entferntes Aushubmaterial wieder als Bettungsmaterial und Verfüllung verwendet werden kann, soweit es sich nach den gängigen Richtlinien (z.B. ÖNORM B2538 und ÖNORM B 5016) verdichten lässt, und die Anforderungen für die Korngrößen gemäß „Abweichung vom Regelfall“ der ÖNORM B 2538 beachtet werden.



Abbildung D.3: Schematische Darstellung eines Rohrgrabens nach sandbettfreier Verlegung

Richtwerte für die Korngrößen des Bettungsmaterials:

DN/OD < 63	bis 22 mm
DN/OD ≥ 63	bis 100 mm

Tabelle D.7: Richtwerte für die Korngrößen des Bettungsmaterials (in Anlehnung an ÖVGW/GRIS QS-W 405/1)

2.2.3 Berechnung von erdverlegten Rohrleitungen

Für erdverlegte Rohrleitungen (z. B. Entwässerungskanäle) ist ein Spannungs- und Verformungsnachweis nach ATV-DVWK-A 127, AWWA M55, zu führen. Es können im Bedarfsfall aber auch andere Grundlagen oder Ergebnisse von Forschungsprojekten herangezogen werden. Es steht für die Auflastberechnung nach ATV-DVWK-A 127, in unserer Anwendungstechnik ein EDV-Programm zur Verfügung, um den geforderten Nachweis zu erhalten. Füllen Sie bitte den nachfolgenden Fragebogen so weit als möglich vollständig aus. Wir werden Ihnen nach Erhalt des Fragebogens sofort eine entsprechende Statik erstellen.

Erläuterungen zu den einzelnen Punkten des Fragebogens.

- **Allgemeines:**
Diese allgemeinen Angaben sind notwendig, damit eine Zuordnung der verschiedenen Projekte möglich ist.
- **Angaben zum Rohr:**
Hier müssen der Rohrwerkstoff (Polyethylen oder Polypropylen) und die Rohrabmessungen angegeben werden.
- **Boden / Einbau:**
Bei den verschiedenen Bodenarten unterscheidet man vier Gruppen.

Gruppe		Wichte γ_B [kN/m ³]	Innerer Reibungswinkel ϕ'	Verformungsmodul E_b in [N/mm ²] bei Verdichtungsgrad D_{pr} in %					
				D_{pr}					
				85	90	92	95	97	100
G1	nichtbindige Böden (z. B. Sand, Kies-/Sandgemische)	20	35	2,0	6	9	16	23	40
G2	schwachbindige Böden (z. B. Schluffe / Kies-/Schluffgemische)	20	30	1,2	3	4	8	11	20
G3	bindige Mischböden, Schluff (z. B. schluffriger Sand/Kies, bindiger, steiniger Verwitterungsboden)	20	25	0,8	2	3	5	8	13
G4	bindige Böden (z. B. Ton)	20	20	0,6	1,5	2	4	6	10

Tabelle D.8: Information zu den Bodenarten

Die bei der Berechnung verwendeten Verformungsmodule des Bodens werden nach folgenden Zonen unterschieden:

- E_1 Überschüttung über dem Rohrscheitel
- E_2 Leitungszone rund um das Rohr (min. 10cm)
- E_3 anstehender Boden neben dem Graben bzw. eingebauter Boden neben der Leitungszone
- E_4 Boden unter dem Rohr (Baugrund)

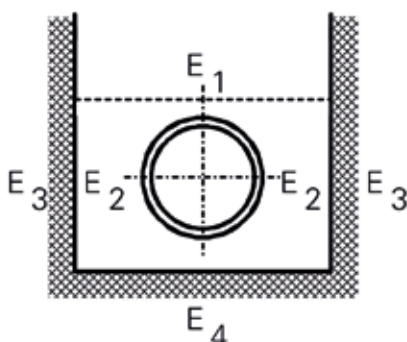


Abbildung D.4: Grabenbedingung

- **Auflast:**
Unter Überschüttungshöhe versteht man bei der Grabenbedingung die Verlegetiefe des Rohres (bezogen auf den Rohrscheitel) und bei der Dammbedingung die Müllüberdeckung.
- **Betriebsbedingungen des Rohres:**
In diesem Punkt sind nur die entsprechenden Betriebsparameter für den jeweiligen Anwendungsfall einzusetzen.

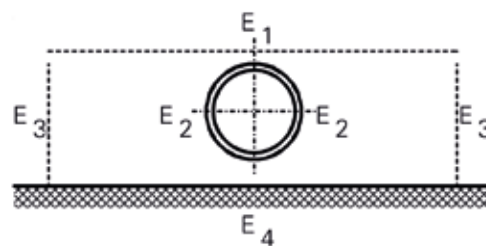


Abbildung D.5: Dammbedingung

1. Allgemeines	Bauvorhaben: <input style="width: 100%;" type="text"/> Bauort: <input style="width: 100%;" type="text"/> Bauherr: <input style="width: 100%;" type="text"/>																							
2. Angaben zum Rohr	Rohrwerkstoff: <input style="width: 100%;" type="text"/> Rohraussendurchmesser: <input style="width: 100%;" type="text"/> mm Nennweite: <input style="width: 100%;" type="text"/> mm	Rohrinnen- durchmesser <input style="width: 100%;" type="text"/> mm Wandstärke <input style="width: 100%;" type="text"/> mm																						
3. Boden	Zone Gruppe G (1,2,3,4) Wichte [kN/m ³] Proctordichte [%] E-Modul des Bodens E _B [N/mm ²]	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 25%;">E1</th> <th style="width: 25%;">E2</th> <th style="width: 25%;">E3</th> <th style="width: 25%;">E4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>	E1	E2	E3	E4																		
E1	E2	E3	E4																					
4. Einbau	Verlegeart: Graben <input type="checkbox"/> Damm <input type="checkbox"/> Überdeckungshöhe (Einbautiefe) vom Rohrscheitel zum fertigen Boden h= <input style="width: 100%;" type="text"/> [m]																							
	Grabenbreite in Scheitelhöhe b= <input style="width: 100%;" type="text"/> [m] Böschungswinkel β = <input style="width: 100%;" type="text"/> [°]																							
5. Auflast	Verkehrslast: ohne <input type="checkbox"/> LKW12 <input type="checkbox"/> SLW30 <input type="checkbox"/> SLW60 <input type="checkbox"/> Zusätzliche Flächenlast F= <input style="width: 100%;" type="text"/> [kN/m ²] Minimaler Grundwasserstand über Sohle <input style="width: 100%;" type="text"/> m Maximaler Grundwasserstand über Sohle <input style="width: 100%;" type="text"/> m																							
6. Betriebsbedingungen des Rohres	Betriebstemperatur T= <input style="width: 100%;" type="text"/> [°C] Betriebsdruck kurzzeitig (24h) p= <input style="width: 100%;" type="text"/> [bar] Betriebsdruck langfristig (50 Jahre) p= <input style="width: 100%;" type="text"/> [bar]																							

2.3 Grabenlose Verlegung

2.3.1 Pflügen

Das Einpflügen ist sehr stark von den vorherrschenden Bodenverhältnissen abhängig. Beim Einpflügen wird das Rohr bis zu einem Durchmesser d_a 225 mm mit einem Pflug bzw. einem Rammschild in den Boden eingebracht. Durch das Verdrängen des Bodens kann die Rohrleitung im selben Arbeitsgang eingebracht werden. Je nach Durchmesser ist es auch möglich, dass mehrere Rohrleitungen gleichzeitig eingebracht werden.

Der entstandene Hohlraum wird von oben wieder verschlossen. Das Erdreich bildet eine Brücke über der Rohrleitung womit der Druck auf die Rohrleitung minimiert wird.

Dieses Verfahren ist für eine maximale Verlegetiefe von ca. 2 m beschränkt.

2.3.2 Fräsen

Bei diesem Verfahren wird mittels einer Fräse ein Rohrgraben geöffnet und die Rohrleitung zugleich in diesem Graben verlegt. Die Verfüllung erfolgt unmittelbar danach in der Regel mit dem Aushubmaterial. Es können auch schwer zu bearbeitende Böden mit diesem Verfahren zugänglich gemacht werden.

Bei der Verlegung der Rohrleitung muss auf die unterschiedlichen Bodenverhältnisse auf der Leitungsstrecke geachtet werden. Aus diesem Grund sollte die Leitungsstrecke zuvor untersucht werden und basierend darauf ist das Leitungsmaterial auszuwählen.

Das Einfräsen einer Leitung ist bis zu einer Verlegetiefe von ca. 2,5 m möglich. Die Verlegeleistung ist etwas geringer als bei dem Einpflügen.

2.3.3 Horizontal-Spülbohrverfahren

Das Horizontal-Spülbohrverfahren ist ein grabenloses Verlegeverfahren bei denen Straßen, Schienen, Gewässer etc. unterquert werden können.

Die Verlegung einer Rohrleitung mittels Spülbohrverfahren erfolgt in drei Schritten:

- Pilotbohrung:
Beginnend von der Startgrube wird mit dem Bohrgerät, unter ständiger Ortung des Bohrkopfes, zur Zielgrube gebohrt. Durch die spezielle Geometrie des Bohrkopfes sowie der Spülung am Bohrkopf kann die Richtung verändert werden.
- Aufweiten des Bohrloches:
Zur Aufweitung des Bohrloches wird in der Zielgrube der Bohrkopf vom Gestänge entfernt, und durch ein spezielles Aufweitwerkzeug (Back reamer) ersetzt. Im Rückwärtsgang und durch Rotation wird das Aufweitwerkzeug wieder zur Startgrube gezogen.
Je nach Größe des Rohres wird dieser Vorgang wiederholt, bis der gewünschte Bohrlochdurchmesser erreicht ist.
- Einziehen des Rohres:
Der Rohreinzug erfolgt von der Zielgrube zur Startgrube bei dem letzten Aufweitvorgang. Das Rohr wird mit einem Einziehkopf versehen, ein Zwischenstück verhindert die Rotation des Rohres. Es können auch mehrere Rohre gleichzeitig eingezogen werden.

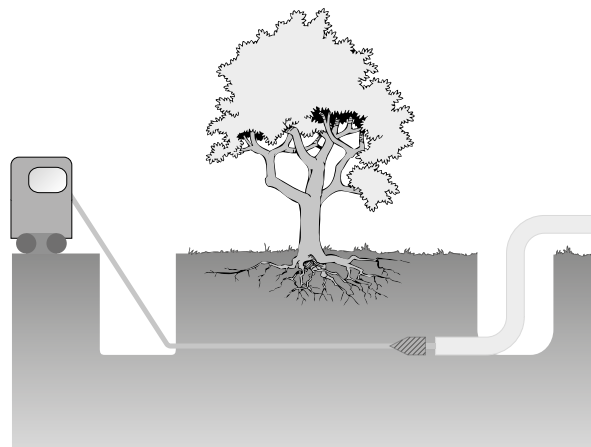


Abbildung D.6: Spülbohren

2.3.4 Berstlining

Mit dem Berstlining-Verfahren können defekte Rohrleitungen ersetzt werden. Mit dem Berstkörper wird das bestehende Altrrohr zerstört und in das umgebende Erdreich verdrängt. Das Bohrloch wird soweit vergrößert, dass ein neues Rohr mit gleichem oder größeren Durchmesser platz findet, welches im selben Arbeitsschritt eingezogen wird.

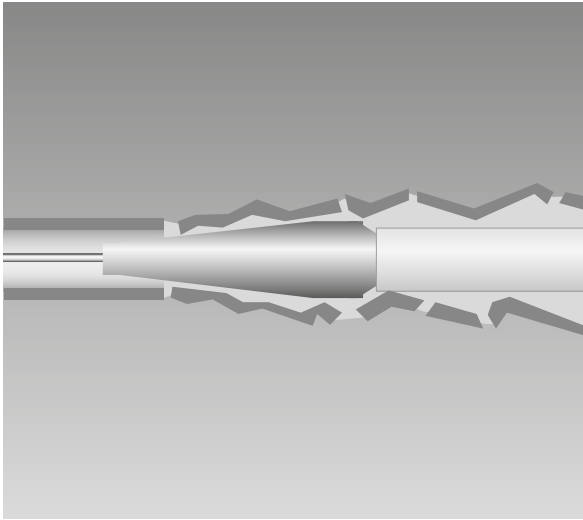


Abbildung D.7: Berstlining.

2.4 Freiverlegte Rohrleitungen

Rohre und Leitungen aus thermoplastischem Kunststoff unterliegen einer Längenänderung bei Temperaturwechsel. Es ergeben sich die folgenden Anforderungen an die Befestigung von Rohrleitungsteilen.

2.4.1 Befestigung

Befestigungen bzw. Rohrschellen für PE-Rohrleitungssystem sind aus verschiedenen Werkstoffen verfügbar. Bei Rohrschellen aus Stahl ist darauf zu achten, dass diese mit Bändern aus PE oder Elastomeren ausgeführt sind, um das Kunststoffrohr bei Längenänderungen des Rohres vor Beschädigung zu schützen.

Bei den Befestigungen ist darauf zu achten, dass die Auflageflächen möglichst breit sind um punktförmige Belastungen zu vermeiden. Der Durchmesser sollte dem Außendurchmesser des Rohres angepasst sein.

Besonders gut für die Verlegung eignen sich die AGRU Kunststoffrohrsellen bzw. Rohrhalter, welche auf die Toleranzen der Kunststoffrohre abgestimmt sind.

Diese Rohrsellen dienen auch z.B. als Gleitlager bzw. Führungslager bei horizontal verlegten Rohrleitungen, nehmen vertikal gerichtete Kräfte auf und verhindern das Ausknicken der Rohrleitung. Hierzu sind die Rohrstützweiten bzw. die maximalen Führungsabstände zur Vermeidung von Ausknicken einzuhalten.

Für Rohre kleiner $d_a \geq 63$ mm können die Stützweitenabstände vergrößert werden, wenn die Rohrleitung mit Stahlhalbschalen unterstützt wird.

2.4.2 Festpunkte

Dehnung und Kontraktion der Rohrleitung in Radial- und Axialrichtung dürfen bei oberirdischer Verlegung nicht behindert werden; d.h. Einbau mit radialem Spiel, Schaffung von Kompensationsmöglichkeiten, kontrollierte Längenänderung durch sinnvolle Anordnung von Festpunkten.

Armaturen (in bestimmten Anwendungen auch T-Stücke) sollten grundsätzlich als Festpunkt innerhalb einer Leitung ausgebildet werden. Vorteilhaft sind Armaturenkonstruktionen, bei denen die Befestigungsvorrichtung im Armaturenkörper integriert ist.

Elektroschweißmuffen in einer Rohrleitung können ebenfalls als Festpunkte verwendet werden.

2.5 Relining

Beim Relining unterscheidet man zwischen zwei Arten:

- Relining mit Ringraum (Slip-Lining)
- Relining ohne Ringraum (Close-Fit-Lining)

2.5.1 Relining mit Ringraum

Bei der Rehabilitation mit Ringraum werden PE-Rohre eingezogen deren Durchmesser kleiner sind als die der Altleitung. Einerseits kommen Rohrstränge mit mehreren hundert Metern Länge zum Einsatz (z.B. Ringbunde) und andererseits können einzelne Rohre in der Startgrube taktweise verschweißt und in die Altleitung geschoben werden.

Beim Relining mit Ringraum verkleinert sich der Rohrquerschnitt. Teilweise wird die reduzierte Transportkapazität aufgrund der guten Oberflächenbeschaffenheit von PE kompensiert. Der gesamte verfügbare Dimensionsbereich von PE-Rohren (20 mm bis 2500 mm) kann für Relining mit Ringraum eingesetzt werden.

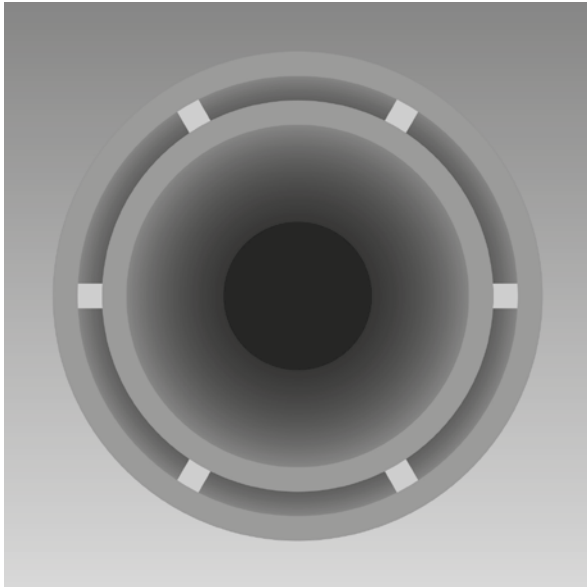


Abbildung D.8: Relining mit Ringraum.

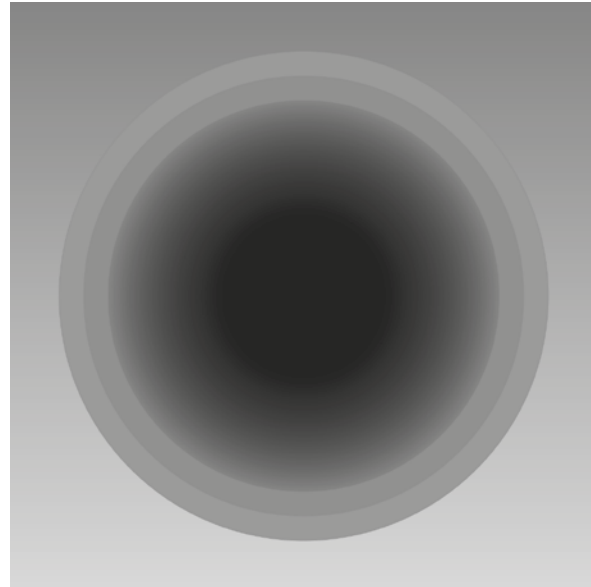


Abbildung D.10: SureFIT® nach der Installation.

2.5.2 Relining ohne Ringraum

Beim Relining ohne Ringraum - auch als Close-Fit-Verfahren bezeichnet - wird ein im Querschnitt reduzierter PE-Rohrstrang in das Altrohr eingezogen.



Abbildung D.9: SureFIT® während der Installation.

Nachdem das Rohr in die bestehende Altleitung gezogen wurde, wird es an beiden Enden verschlossen. Zuletzt wird das Rohr mit Wasserdampf erwärmt und/oder mit Druck beaufschlagt.

So wird der Memory-Effekt aktiviert und das Rohr solange behandelt bis es in seine runde Ursprungsform zurückkehrt und exakt am Altrohr anliegt.

Im Bereich der werkseitig vorgeformten Rohre bietet AGRU mit dem SureFIT® eine maßgeschneiderte Lösung für Durchmesser von 150 mm bis 400 mm an. Bei größeren Durchmessern werden PE 100 Rohre vor Ort im Querschnitt reduziert.

2.6 Raketenverfahren

Die Erdrakete wird mit Pneumatik betrieben.

Bedingungen für die Anwendung sind eine Start-Baugrube und eine Ziel-Baugrube oder ein Zielgebiet. Die Rakete wird in der Startgrube ausgerichtet. Dann wird das Ziel anvisiert. Danach wird die Erdrakete mittels Druckluft zum Ziel getrieben.

Grundsätzlich gibt es zwei Installationssysteme:

- Ein-Schritt-System:
Die gesamte Erdrakete wird mit dem angehängten Rohr zum Ziel getrieben.
- Zwei-Schritt-System:
Der erste Schritt ist es einen Multi-Schneidekopf zum Ziel zu treiben. In einem zweiten und letzten Schritt wird das Rohr eingezogen. Dieses System ist das präzisere.

In allgemeinen gibt es zwei verschiedene Arten von Erdraketen:

- ungesteuerte Rakete
- gesteuerte Rakete

2.6.1 Ungesteuerte Erdrakete

Installationslängen: bis zu 40 m

Dimensionsmaximum: DN 200

Höchstgeschwindigkeit: 15 m/h

Örtlichkeit: Ziel-Baugrube

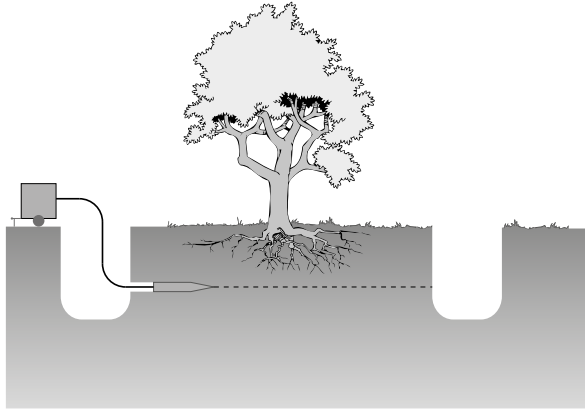


Abbildung D.11: Ungesteuerte Erdrakete.

2.6.2 Gesteuerte Erdrakete

Installationslängen: bis zu 70 m

Dimensionsmaximum: DN 65

Höchstgeschwindigkeit: 10 m/h

Minimaler Radius R: 27 m

Örtlichkeit: Ziel-Baugrube oder Zielgebiet

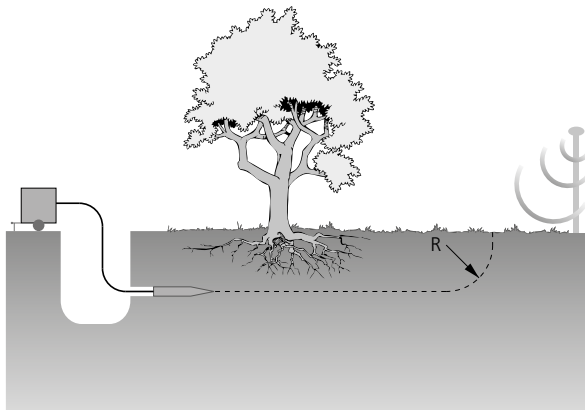


Abbildung D.12: Gesteuerte Erdrakete.

Neben der Kurskorrektur bringt die gesteuerte Erdrakete noch einen weiteren Vorteil mit sich. Sie kann die Kursdaten aufzeichnen (Neigungen, seitwärts Bewegungen und Tiefeninformationen). Diese Daten können auf einen Computer übertragen und als Pfad-Diagramm gespeichert werden.

3 Produktspezifische Eigenschaften für Relining

3.1 Besonderheiten bei PE 100

Relining mit Ringraum: geeignet

3.2 Besonderheiten bei Sureline® (PE 100-RC)

Relining mit Ringraum: geeignet

Relining ohne Ringraum: geeignet

Ungesteuerte Erdrakete: geeignet bis DN 200 mm

Gesteuerte Erdrakete: nicht geeignet

Bei der Grabenlosen Verlegung dürfen bestimmte Zugkräfte nicht überschritten werden.

Nachfolgende Tabelle gibt Aufschluss über die zulässigen Zugkräfte für die Dauer von 30 min.

d _a [mm]	Maximal zulässige Zugkräfte für AGRU PE 100-RC Sureline Rohre			
	SDR 17		SDR 11	
	20 °C	40 °C	20 °C	40 °C
63	-	-	10	7,2
75	9,5	6,6	15	10
90	14	9,5	21	15
110	20	14	31	22
125	26	18	41	28
140	33	23	51	36
160	43	30	66	47
180	55	38	84	59
200	67	47	104	73
225	85	60	131	92
250	105	74	162	114
280	132	92	204	142
315	167	117	258	180
355	212	149	327	229
400	269	189	415	291
450	341	239	526	368
500	421	295	648	454
560	528	370	814	570
630	668	468	1030	721
710	849	594	1309	916

Tabelle D.9: Zugkräfte für Sureline®-Rohre (Quelle: DVGW GW 320-1).

Bei einer Einziehdauer von >30 min sind die Werte um 10 % abzumindern.

Bei einer Einziehdauer von >20 h sind die Werte um 25 % abzumindern.

Durch die hohe Elastizität und Flexibilität der Sureline®-Rohre (PE 100-RC Rohre) können Richtungsänderungen bei der Verlegung ohne der Verwendung von Formteilen realisiert werden. Dabei sind die genannten Mindestbiegeradien (siehe Kapitel 2.1) zu berücksichtigen.

3.3 Besonderheiten bei SureFIT® (PE 100)

Relining mit Ringraum: nicht geeignet

Relining ohne Ringraum: geeignet (von Dim150 mm bis DN 400 mm)

3.4 Besonderheiten bei SurePEX (PE-Xa)

Relining mit Ringraum: geeignet

Relining ohne Ringraum: geeignet

Ungesteuerte Erdrakete: geeignet

Gesteuerte Erdrakete: geeignet

Rohre aus PE-Xa lassen sich aufgrund des geringen E-Moduls leichter verarbeiten als PE 100 Rohre. Niedrige Temperaturen um den Gefrierpunkt haben eine Abnahme der Flexibilität des Rohrmaterials zur Folge. Aus diesem Grund ist es zu empfehlen, die Ringbunde in einer geheizten Halle oder in einem geheizten Zelt bis kurz vor der Verlegung zwischenzulagern um ein einfacheres Abwickeln des Ringbundes bzw. eine einfachere Verlegung zu gewährleisten.

Alternativ können die Rohre auch durch Durchleiten von warmer Luft oder Dampf erwärmt werden.

Das Abquetschen von PE-Xa Druckrohrsystemen ist gemäß ÖVGW und DVGW Regelwerk zulässig. Die Quetschstelle muss von der nächsten Rohrverbindung / Verbindungsstelle einen Mindestabstand von $5 \times d_a$ aufweisen.

4 Spanende Bearbeitung

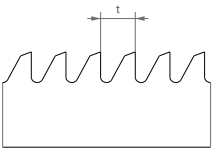
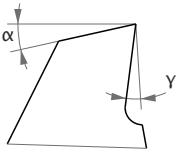
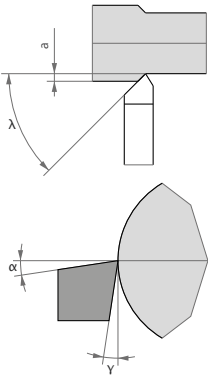
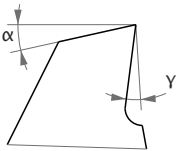
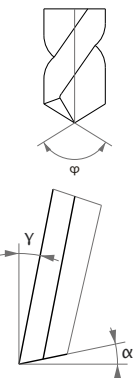
	Trennen			
	Freiwinkel α Spanwinkel γ Teilung t Schnittgeschwindigkeit v	[°] [°] [mm] [m/min]	20 - 30 2 - 5 3 - 8 500	Bandsägen sind geeignet zum Schneiden von Rohren, Blöcken, dicken Platten und für Rundschritte.
	Trennen			
	Freiwinkel α Spanwinkel γ Teilung t Schnittgeschwindigkeit v	[°] [°] [mm] [m/min]	20 - 30 6 - 10 3 - 8 2000	Kreissägen sind geeignet zum Schneiden von Rohren, Blöcken, Platten. Hartmetall-Sägen haben eine wesentlich längere Lebensdauer.
	Drehen			
	Freiwinkel α Spanwinkel γ Einstellwinkel λ Schnittgeschwindigkeit v Vorschub f Spantiefe a	[°] [°] [°] [m/min] [mm/min ⁻¹] [mm]	6 - 10 0 - 5 45 - 60 250 - 500 0,1 - 0,5 >0,5	Der Spitzenradius (r) sollte mindestens 0,5 mm betragen. Hohe Oberflächengüte wird durch Drehmeißel mit Breitschlichtschneide erreicht. Abstechen: Drehmeißel messerartig anschleifen.
	Fräsen			
	Freiwinkel α Spanwinkel γ Schnittgeschwindigkeit v Vorschub f	[°] [°] [m/min] [mm/Zahn]	10 - 20 5 - 15 250 - 500 0,5	Hohe Oberflächengüte durch Fräser mit weniger Schneidmesser - dadurch höhere Schnittleistung.
	Bohren			
	Freiwinkel α Spanwinkel γ Spitzenwinkel ϕ Schnittgeschwindigkeit v Vorschub f Drallwinkel γ_x	[°] [°] [°] [m/min] [mm/min ⁻¹] [°]	5 - 15 10 - 20 60 - 90 50 - 150 0,1 - 0,3 12 - 16	Für Bohrungen von 40 mm - 150 mm Durchmesser sollten Hohlbohrer eingesetzt werden, für alle Löcher <40 mm Durchmesser normale Schnellschnitt-Stahlbohrer.

Tabelle D.10: Parameterrichtwerte für spanende Bearbeitung.

Die Schnittgeschwindigkeit, den Vorschub und die Schneidengeometrie sind so zu wählen, dass die entstehende Wärme zum größten Teil durch den Span abgeführt wird (eine zu hohe Erwärmung kann zum Anschmelzen bzw. zur Verfärbung der bearbeiteten Oberfläche führen).

Als Bearbeitungsmaschinen können alle üblichen Metall- und Holzbearbeitungsmaschinen verwendet werden.

Achtung: die Verwendung von Silikonfetten oder anderen Schmierstoffen, die das Schweißergebnis negativ beeinflussen können, ist nicht gestattet.

1	Normen	85
2	Zulassungen / Fremdüberwachung	85

Normen und Zulassungen

Verbindungstechnik

Verlegerichtlinien

Kalkulationsrichtlinien

Materialeigenschaften

1 Normen

AGRULINE-Rohre und Formstücke werden aus genormten Formmassen hergestellt und nach einschlägigen internationalen Normen und Richtlinien produziert.

Nachstehend ein Auszug der wichtigsten Normen / Richtlinien für PE:

- ÖNORM B 5014-1
Sensorische und chemische Anforderungen und Prüfung von Werkstoffen im Trinkwasserbereich - Teil 1: Organische Werkstoffe.
- DIN 8074
Rohre aus Polyethylen (PE) - PE 63, PE 80, PE 100, PE-HD - Maße.
- DIN 8075
Rohre aus Polyethylen (PE) - PE 63, PE 80, PE 100, PE-HD - Allgemeine Güteanforderungen, Prüfungen.
- DIN 16963 (Teil 1 - Teil 15)
Rohrverbindungen und Rohrleitungsteile für Druckrohrleitungen aus Polyethylen hoher Dichte (HDPE), Typ 1 und 2.
- EN 1555 (Teil 1 - Teil 7)
Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Gasversorgung - Polyethylen (PE).
- EN 12201 (Teil 1 - Teil 7)
Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Wasserversorgung - Polyethylen (PE).
- ISO 1872-1
Plastics - Polyethylene (PE) moulding and extrusion materials.
- ISO 4065
Thermoplastics pipes - Universal wall thickness table.
- ISO 4427 (Teil 1 - Teil 5)
Plastics piping systems - Polyethylene (PE) pipes and fittings for water supply.
- ISO 4437 (Teil 1 - Teil 5)
Buried polyethylene (PE) pipes for the supply of gaseous fuels - Metric series - Specifications.
- ÖVGW QS-G 392 (Teil 1-4)
Gasrohrsysteme aus Polyethylen PE 80, PE 100 und PE 100-RC
- ÖVGW QS-W 405 Teil 1
Rohrleitungssysteme aus Polyethylen PE 100-RC für nicht konventionelle Verlegetechniken in der Trinkwasserversorgung

- ÖVGW QS-W 405 Teil 2
Rohrleitungssysteme aus Polyethylen PE 100-RC in der Trinkwasserversorgung
Teil 2: Formstücke
- ÖVGW QS-W 406 (Teil 1 -3)
Rohrleitungssysteme aus Polyethylen (PE 40, PE 80 und PE 100) für die Trinkwasserversorgung
- GRIS GV 19
Spezielle Gütevorschrift für Kanalrohre und Formstücke aus Polyethylen (PE) für den Siedlungswasserbau
- GRIS GV 20
Spezielle Gütevorschrift für Kanal-Druckrohre und Formstücke aus Polyethylen PE 100-RC für nicht konventionelle Verlegetechniken im Siedlungswasserbau
- PAS 1075
Rohre aus Polyethylen für alternative Verlegetechniken
- DVGW W 400/1
Technische Regel Wasserverteilungsanlagen (TRWW) - Teil 1: Planung

2 Zulassungen / Fremdüberwachung

Die regelmäßige Fremdüberwachung der Produkte erfolgt durch staatlich anerkannte Prüfstellen auf Basis von Überwachungsverträgen gemäß den Normen und Prüfbescheiden für die jeweiligen Produktgruppen. Derzeit sind mit der Fremdüberwachung für die Produktion beauftragt:

- TGM Wien
- TÜV Süd
- Certigaz
- KIWA

Der hohe Qualitätsstandard unserer Produkte ist durch eine Reihe von Zulassungen dokumentiert und in folgenden Ländern für die Gas- und Wasserversorgung zugelassen:

Land	Zulassung	Gas	Wasser	Abwasser
Algerien	Sonelgaz	×		
Australien	Watermark		×	
Belgien	BELGAQUA		×	
	Electrabel	×		
Deutschland	DVGW	×	×	
	Dibt		×	×
Europa	EN 12201		×	×
	EN 1555	×		
Frankreich	Gaz de France	×		
Großbritannien & Nordirland	WRAS		×	
Italien	IIP - UNI	×	×	
Neuseeland	Watermark		×	
Österreich	ÖVGW	×	×	
	GRIS			×
Polen	Install	×	×	
Russland	DIN Gost TÜV	×	×	
	GasCert	×		
Schweiz	SVGW	×	×	

Tabelle E.1: Übersicht Zulassungen.

FM-Zulassung 218 und 250 psi für PE Rohre und diverse Formteile (Dim 63 - 630 mm) nach FM Standard 1613 „Plastic pipes and fittings for underground fire protection service“.



DNV Zulassung für die Verwendung von Rohren/ Fittingen aus PE100 / PE100-RC in Systemen für Wasser und Seewasser.



Piping Systems

AGRULINE | INDUSTRIE | PURAD



Semi-Finished Products

SHEETS | ROUND BARS | RODS



Concrete Protection

SURE GRIP | ULTRA GRIP | HYDRO^{CLICK} | HYDRO⁺



Lining Systems

GEOMEMBRANES | AGRUFLEX - TUNNEL LINER

0421

Ihr Fachhändler / Your distributor:



Satzfehler, Druckfehler und Änderungen vorbehalten.
Abbildungen sind teilweise Symbolfotos.

Subject to errors of typesetting, misprints and modifications.
Illustrations are generic and for reference only.

agru Kunststofftechnik Gesellschaft m.b.H.
Ing.-Pesendorfer-Strasse 31
4540 Bad Hall, Austria

T. +43 7258 7900
F. +43 7258 790 - 2850
office@agru.at

