



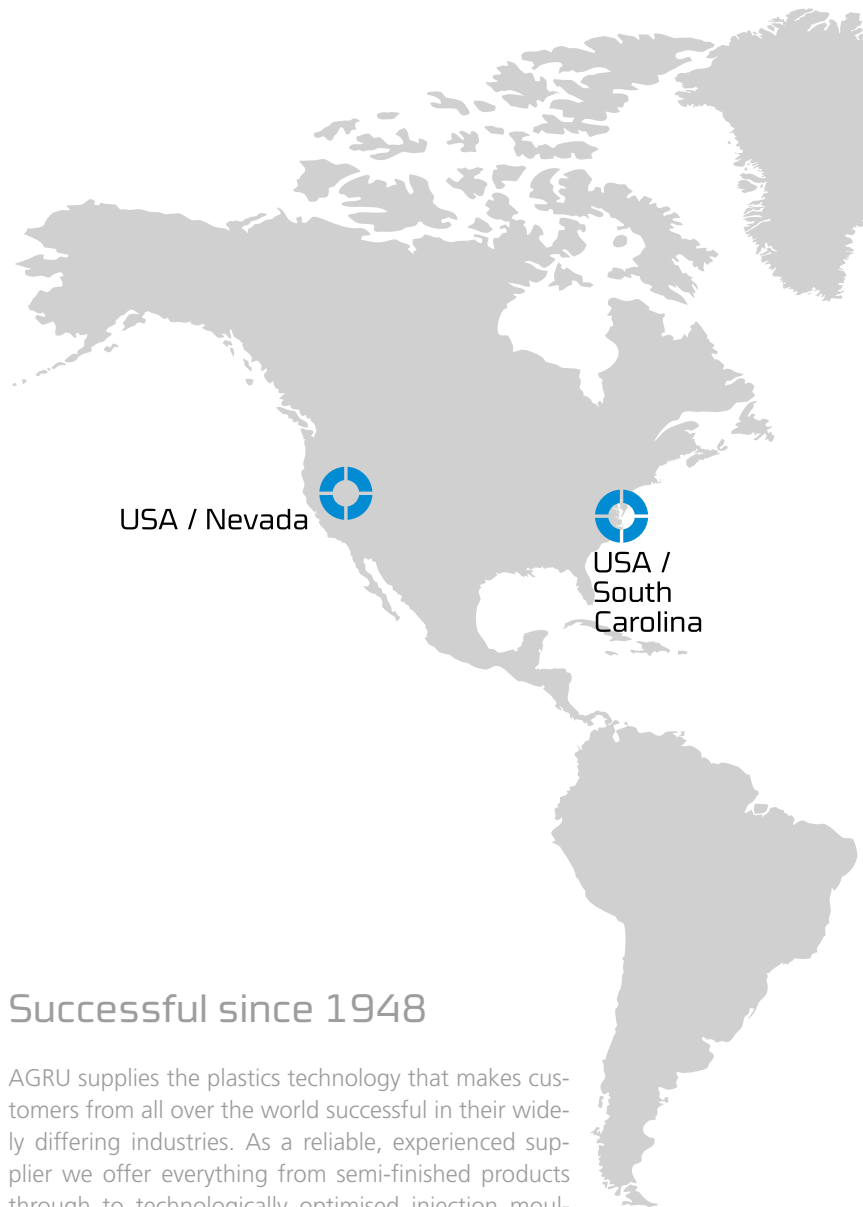
INDUSTRIE

INDUSTRIAL
PIPING SYSTEMS



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 5 COUNTRIES

**AGRU KUNSTSTOFFTECHNIK
AUSTRIA**



**AGRU OBERFLÄCHENTECHNIK
AUSTRIA**



**AGRU-FRANK
GERMANY**



**TWS
POLAND**



**AGRU AMERICA
FERNLEY, NV/USA**



**AGRU AMERICA
GEORGETOWN, SC/USA**



**AGRU AMERICA
ANDREWS, SC/USA**



**AGRU AMERICA
CHARLESTON, SC/USA**



**TAICANG AGRU PLASTICS
CHINA**



Produkte Products

AGRULINE



ROHRSYSTEME / PIPING SYSTEMS

PE 100 Rohrsysteme für Gas- und Wasserversorgung sowie Abwasserentsorgung und PE 100-RC Rohrsysteme für grabenlose und sandbettfreie Verlegung erhältlich in Dimensionen bis zu d_a 3260 mm.

PE 100 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 3260 mm.

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.

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.

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



AGRUAIR & AGRUSAN



ROHRSYSTEME / PIPING SYSTEMS

AGRUAIR Rohrsystem aus PE 100 blau für diverse Druckluftanwendungen. AGRUSAN Rohrsystem aus PP-R rot für Sanitäranlagen mit Kalt- und Warmwasser.

AGRUAIR piping system made of PE 100 blue for various compressed air applications. AGRUSAN piping system made of PP-R red for cold and warm water within sanitary systems.

HALBZEUGE SEMI-FINISHED PRODUCTS



HALBZEUGE / SEMI-FINISHED PRODUCTS

Vollstäbe, Schweißdrähte und Platten 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 and welding rods 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.

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.

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.



IGNiG



WRAS APPROVED PRODUCT





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.



The Plastics Experts.

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 9001:2015 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 9001:2015 – 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.



●	Materialeigenschaften	
	Allgemeine Materialeigenschaften	Seite 1 - 5
	Spezifische Eigenschaften	Seite 6 - 8
	Einsatzmöglichkeiten	Seite 9
	Zeitstandskurven und Betriebsdrucktabellen	Seite 10 - 21
	Kriechmodulkurven	Seite 22 - 26
	Zulässige Betriebsunterdrücke	Seite 27 - 30
	Verhalten bei abrasiven Durchflusstoffen	Seite 31
	Chemische Beständigkeit	Seite 32 - 34
●	Verlegerichtlinien	
	Transport, Handling, Lagerung	Seite 35
	Allgemeine Verlegerichtlinien	Seite 36
	Spanabhebende Bearbeitung	Seite 37
●	Kalkulationsrichtlinien	
	Maßsysteme	Seite 38
	SDR, Bauteilbetriebsdruck	Seite 39
	Betriebsüberdruck für wassergefährdende Medien	Seite 40
	Rohrwanddicke, Äußerer Überdruck, Versteifung für Rohre mit Beulbeanspruchung	Seite 40 - 43
	Festlegung des Rohrquerschnitts, Ermittlung der hydraulischen Verluste	Seite 44 - 47
	Durchfluss-Nomogramm	Seite 48
	Festpunktbelastung	Seite 49
	Rohrstützweiten, Führungsabstände, Längenänderung, Biegeschenkelänge	Seite 50 - 56
	Berechnung von erdverlegten Rohrleitungen	Seite 57 - 58
●	Verbindungstechnik	
	Allgemeine Anforderungen, Anwendungsgrenzen	Seite 59 - 60
	Heizelementstumpfschweißen, Innendruckprüfung	Seite 61 - 71
	Berührungsloses Heizelement-Stumpfschweißen (IR)	Seite 72
	Heizelementmuffenschweißen	Seite 73 - 76
	Heizwendelschweißen (E-Schweißung)	Seite 77 - 82
	Warmgas-Ziehschweißen	Seite 83 - 86
	Extrusionsschweißen	Seite 87 - 89
	Lösbare Verbindungen	Seite 90
●	Doppelrohrsystem	
	Allgemeines	Seite 91 - 92
	Verbindungstechnik	Seite 93 - 95
	Leckageüberwachung	Seite 96
	Installationsmöglichkeiten	Seite 97 - 99
●	Zulassungen und Normen	
	Fremdüberwachung und Normen	Seite 100 - 101



Allgemeine Materialeigenschaften von PE (Polyethylen)

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, EN1555, EN12201) Rechnung getragen, sodass jetzt höhere Betriebsdrücke zulässig sind.

Polyethylen (PE) für Druckrohre wird nicht mehr nach der Dichte eingeteilt (PE-LD, PE-MD, PE-HD), sondern in MRS-Festigkeitsklassen eingestuft. Die neue Klassifizierung basiert auf einer Einteilung in MRS (Minimum Required Strength) Klassen, welche für druckbelastete PE Rohre für Langzeitanwendungen (mindestens 50 Jahre) bei einer Betriebstemperatur von 20°C angewandt werden. Rohre der ersten Generation sind PE32, PE40 und PE63 genannt worden, Rohre der zweiten Generation sind PE80 Rohre, die der dritten Generation werden als PE100 Rohre bezeichnet. Die Zahlen stehen dabei für den MRS-Wert in der Einheit bar. Umgerechnet auf Megapascal sind die zulässige Spannung für PE80 und PE100 Rohr 8,0 bzw. 10,0 MPa.

Im Vergleich zu anderen Thermoplasten weist PE eine ausgezeichnete Diffusionsbeständigkeit auf und wird daher seit vielen Jahren für den sicheren Transport von Gasen verwendet.

Weitere wesentliche Vorteile dieses Materials sind die UV-Stabilisierung (falls schwarz eingefärbt), und die Flexibilität des Werkstoffes ("flexibles Rohrsystem").

Physiologische Unbedenklichkeit

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

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

Verhalten bei Strahlenbelastung

Rohre aus Polyethylen können grundsätzlich im Bereich energiereicher Strahlung eingesetzt werden. So haben sich Rohre aus PE 80 und PE 100 seit vielen Jahren zur Ableitung radioaktiver Abwässer aus heißen Laboratorien und als Kühlwasserleitungen in der Kernergietechnik bewährt.

Die üblichen radioaktiven Abwässer enthalten 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.

Vorteile von PE

- UV-Beständigkeit (schwarzes PE)
- Flexibilität
- geringe Dichte von ca. $0,96\text{g/cm}^3$
- günstige Transportmöglichkeiten (z.B. Ringbunde)
- sehr gute chemische Beständigkeit
- Witterungsbeständigkeit
- Strahlenbeständigkeit
- gute Schweißbarkeit
- sehr gute Abrasionsbeständigkeit
- keine Ablagerungen und kein Zuwachsen möglich
- durch geringen Reibungswiderstand geringere Druckverluste als z.B. bei Metallen
- Unempfindlichkeit gegen Frost
- Nagetierbeständig
- Beständigkeit gegen jeglichen mikrobiellen Abbau

Polyethylen Type PE 100

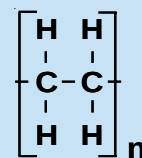
Diese Materialien werden auch als Polyethylen Typen der dritten Generation bzw. als MRS 10 Materialien bezeichnet.

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

Somit eignet sich dieses Material z.B. für die Herstellung von Druckrohren größerer Dimensionen, da im Vergleich zu den herkömmlichen Druckrohren aus PE mit geringeren Wanddicken die entsprechende Druckstufe erreicht wird.

Modifiziertes Polyethylen PEHD-el (Polyethylen, elektrisch leitfähig)

Aufgrund der elektrischen Leitfähigkeit wird PE 80-el häufig für den Transport von leicht brennbaren Medien oder zum Transport von Stäuben eingesetzt, da diese Rohrleitungssysteme geerdet werden können.



Chemische Strukturformel von Polyethylen



Allgemeine Materialeigenschaften von PP

Bei Polypropylen unterscheidet man nach DIN 8078 drei verschiedene Typen:

Typ 1:PP-H (Homopolymerisat)
Typ 2:PP-B (Block- Copolymerisat)
Typ 3:PP-R (Random-Copolymerisat)

Durch die Co-Polymerisation mit Ethylen werden bei den PP-Typen 2 und 3 spezielle Eigenschaften erreicht, die sich in einer verbesserten Verarbeitbarkeit (z.B. geringere Gefahr von Lunkerbildung in der Spritzgussfertigung) und höherer Schlagzähigkeit der Produkte im Vergleich zu PP-H bemerkbar machen.

PP und Kupfer

Ein direkter Kontakt zwischen Kupfermetall und PP bewirkt, besonders bei höheren Temperaturen, eine Schädigung des PP. Grund dafür ist die beschleunigte Thermooxidation und die damit verbundene schnellere Wärmealterung.

Physiologische Unbedenklichkeit

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

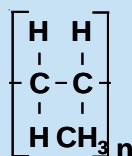
AGRU-Druckrohre werden bereits seit Mitte der Siebziger Jahre aus dem β -nukleierten PP-H (Beta(β)-PP hergestellt.

Formstücke werden seit Ende der Siebziger Jahre aus PP-R (Polypropylen-Random-Copolymerisat) hergestellt.

Beide Typen sind hochwärmestabilisiert und bestens geeignet für die Herstellung von druckbeanspruchten Rohrleitungssystemen.

Im Vergleich zu anderen Thermoplasten wie PE und PVC weist PP eine Temperaturbeständigkeit bis 100°C (kurzzeitig bis 120°C für drucklose Systeme) auf.

PP zeigt im Vergleich zu PVC ein gutes Schlagverhalten. Die Schlagzähigkeit ist temperaturabhängig und nimmt mit steigender Temperatur zu bzw. mit fallender Temperatur ab.



Chemische Strukturformel von PP

Vorteile von Polypropylen

- niedrige Dichte von 0,91g/cm³ (PVC 1,40g/cm³)
- hohe Zeitstandfestigkeit
- sehr gute chemische Beständigkeit
- hohe Alterungsbeständigkeit
- gute Verschweißbarkeit
- sehr gute Abrasionsbeständigkeit
- glatte Rohrinneoberfläche, daher keine Ablagerungen und kein Zuwachsen möglich durch geringen Reibungswiderstand
- geringere Druckverluste als z.B. bei Metallen
- nicht leitend, daher keine Beeinträchtigung der Struktur durch Kriechströme
- sehr gut thermoplastisch verformbar (z.B. durch Tiefziehen)
- PP ist ein schlechter Wärmeleiter, daher ist in vielen Fällen keine Wärmeisolation bei Heißwasserleitungen notwendig

Allgemeine Eigenschaften von Polypropylen (Standardtypen)

Verhalten bei Strahlenbelastung

Gegenüber energiereicher Strahlung ist Polypropylen bis zu einer absorbierten Energiedosis von 10⁴ Gray dauerhaft beständig. Bei Einwirkung von Strahlen mit einer höheren Energiedosis als 10⁴ Gray kann es zu einer vorübergehenden Festigkeitserhöhung durch Vernetzung der Molekularstruktur kommen. Bei dauerhafter Strahlenbelastung kommt es aber zu einem Bruch der Molekülketten und damit durch die Schädigung des Werkstoffes zu einer erheblichen Festigkeitsminderung.

Verhalten von PP bei UV-Strahlung

Rohrleitungen aus grauem Polypropylen sind nicht UV-stabilisiert und müssen daher entsprechend geschützt werden. Als wirksamer Schutz gegen direkte Sonneneinstrahlung wäre ein Schutzanstrich (AGRU-Coating) oder eine Isolierung möglich.

Weiters ist es auch möglich, gemäß DVS-Richtlinie 2210-1 die auftretende Schädigung der Oberfläche durch einen entsprechenden Wanddickenzuschlag zu kompensieren, da die Schädigung nur oberflächlich auftritt. Der Wanddickenzuschlag darf dabei 2 mm nicht unterschreiten, die maximal zu erwartende Lebensdauer beträgt 10 Jahre.

Da Polypropylen normalerweise nicht mit lichtstabilen Farbpigmentierungen ausgestattet ist, kann es bei langjähriger Freibewitterung zu einer Farbveränderung (Ausbleichen) kommen.

Alternativ dazu kann auch eine hochtemperaturbeständige, schwarze PP Type verwendet werden, die eine UV-Stabilisierung für eine Anwendungsdauer von 10 Jahren aufweist (die Betriebsbedingungen sind mit der anwendungstechnischen Abteilung abzuklären).

Allgemeine Materialeigenschaften von PP

PP-Sondertypen - Allgemeine Eigenschaften

Aufgrund der sehr zahlreichen spezifischen Anforderungen im chemischen Rohrleitungs- und Apparatebau wurden schwer entflammbare bzw. elektrisch leitfähige Sondertypen entwickelt. Z.B. können beim Betrieb von thermoplastischen Rohrleitungssystemen statische Aufladungen durch die Strömung von Flüssigkeiten oder Stäuben entstehen. Daher wurden elektrisch leitfähige Polypropylentypen entwickelt, damit diese Rohrleitungssysteme geerdet werden können.

Durch Beimengung von Additiven werden diese modifizierten Eigenschaften erreicht. Dadurch ergeben sich jedoch Veränderungen der mechanischen, thermischen und auch der chemischen Eigenschaften im Vergleich zur Standardtype.

Es ist daher notwendig, alle Projekte mit der anwendungstechnischen Abteilung abzuklären.

Physiologische Eigenschaften

Modifizierte PP-Typen (schwer entflammbares, elektrisch leitfähiges PP-s-el) entsprechen in ihrer Zusammensetzung aufgrund der Beimengung von Additiven bzw. wegen des hohen Rußgehaltes nicht den einschlägigen lebensmittelrechtlichen Bestimmungen und sind daher für Trinkwasserrohre und den Kontakt mit Lebensmitteln nicht geeignet.

Unterschiede gegenüber den Standardtypen von PP

PP-R, schwarz:

(Polypropylen-Random-Copolymerisat, schwarz eingefärbt)
Der wesentliche Vorteil dieser schwarz eingefärbten Materialtype liegt in der UV-Beständigkeit für eine Anwendungsdauer von 10 Jahren, die bei dem grauen PP nicht vorhanden ist. Allerdings ist eine geringe Abnahme der Schlagzähigkeit zu vermerken.

PP-B 2222, grau:

PPB 2222 ist ein Polypropylen Block-Copolymer in grauer Farbe (ähnlich RAL 7032 –Kieselgrau). Das Material zeichnet sich durch besonders gute Wärmestabilität, hohe Maßbeständigkeit und exzellente Schlagzähigkeitseigenschaften aus.

PP-R, natur:

(Polypropylen-Random-Copolymerisat, natur)
Da PP-R natur keinerlei Farbaditive enthält, wird es vor allem für Reinstwasser-Rohrleitungssysteme verwendet. Jedoch ist dieses Material nicht UV-beständig.

PP-s:

(Polypropylen-Homopolymerisat, schwer entflammbar)
Aufgrund der höheren Steifigkeit von PP-s eignet es sich besonders für Lüftungsrohre, Abgasleitungen und auch Kaminsysteme. Für den Einsatz im Freien ist es aber aufgrund der fehlenden UV-Stabilisierung ohne Schutzmaßnahmen nicht geeignet.

PP-s-el:

(Polypropylen-Random-Copolymerisat, schwer entflammbar, elektrisch leitfähig)
Dieses Material vereint die positiven Eigenschaften der schwer entflammbaren und elektrisch leitfähigen PP-Typen. Es wird daher aus Sicherheitsgründen vor allem für den Transport von leicht entzündbaren Medien eingesetzt und ersetzt sehr oft teure Edelstahlleitungen.

Mit einer reduzierten Schlagzähigkeit und Zeitstandfestigkeit von PP-s-el sowie einer geringfügig veränderten chemischen Beständigkeit ist jedoch zu rechnen (siehe Anmerkung auf Seite 17).

Verlegerichtlinien

Kalkulationsrichtlinien

Verbindungstechnik

Doppelrohrsystem

Zulassungen und Normen



● Allgemeine Materialeigenschaften von PVDF (Polyvinylidenfluorid)

PVDF ist besonders rein und enthält im Gegensatz zu vielen anderen Kunststoffen keine Stabilisatoren (UV-, Thermostabilisatoren,...), Weichmacher, Gleitmittel oder flammenhemmende Zusätze. Es eignet sich daher besonders für Reinstwasseranlagen und den Transport von chemisch reinen Flüssigkeiten in der Halbleiter-Industrie. Wegen seiner chemischen Reaktionsträgheit ist eine Verunreinigung des betreffenden Mediums nahezu ausgeschlossen.

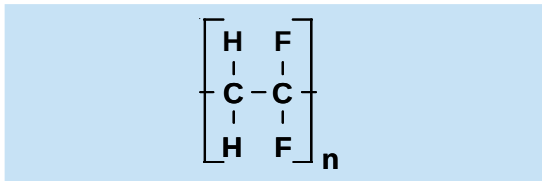
Rohre und Apparate, die aus geeigneten Standard-Typen hergestellt werden, erfüllen die strengen Anforderungen der Halbleiter-Industrie; sie sind beispielsweise in der Lage, den spezifischen Widerstand von entionisiertem ultrareinem Wasser von mehr als 18 MΩcm aufrechtzuerhalten.

PVDF bietet mit seinen Eigenschaften einen ausgezeichneten Kompromiss, verbunden mit einer äußerst einfachen Verarbeitung und einem vorteilhaften Preis-Leistungs-Verhältnis.

PVDF hat wie alle anderen Thermoplaste die typischen Eigenschaften wie:

- gute Verschweißbarkeit
- gute Verarbeitbarkeit
- gute Warmverformbarkeit

PVDF zeichnet sich durch seine hohe mechanische Festigkeit und seine sehr gute chemische Beständigkeit auch bei Anwendungen im höheren Temperaturbereich aus.



Chemische Strukturformel von PVDF

● Vorteile von PVDF

- Breiter Temperaturanwendungsbereich
- Hohe Wärmeformbeständigkeit
- Sehr gute chemische Beständigkeit, auch in Verbindung mit höheren Temperaturen
- Gute Beständigkeit gegen UV- und γ-Strahlung - dadurch hervorragende Alterungsbeständigkeit
- Ausgezeichnete Abriebfestigkeit (geringe Reibungszahl)
- Sehr gute Gleiteigenschaften
- Gute mechanische Eigenschaften
- Hervorragende Isolationseigenschaften in Verbindung mit sehr guten elektrischen Werten
- Schwer entflammbar
- Physiologische Unbedenklichkeit
- Gute und einfache Verarbeitbarkeit

PVDF besitzt als Halogenverbindung schon ohne flammhemmende Additive ein ausgezeichnetes Brandschutzverhalten.

Darüber hinaus tritt nur schwache Rauchentwicklung bei der Verbrennung von PVDF auf.

Wie jede andere organische Substanz ist jedoch auch PVDF brennbar und kann sich bei ausreichender Umgebungswärme entzünden.

● Löslichkeit

Das PVDF-Homopolymerisat quillt in stark polaren Lösemitteln wie z.B. Aceton und Ethylacetat und ist in aprotischen polaren Lösemitteln, wie z.B. Dimethylformamid und Dimethylacetamid, löslich.

Allgemeine Materialeigenschaften von ECTFE (Ethylenchlortrifluorethylen)

ECTFE besitzt eine einzigartige Kombination von Eigenschaften, die ein Ergebnis seiner chemischen Struktur sind - ein Copolymer mit wechselweiser Anordnung von Ethylen und Chlortrifluorethylen.

Physiologische Eigenschaften

ECTFE eignet sich gemäß "BGA Deutschland" für die sichere Verwendung von Gegenständen, die zum wiederholten Kontakt mit Nahrungsmitteln bestimmt sind.

Um auch jegliche Geruchs- und Geschmackseinflüsse zu verhindern, ist es ratsam, die mit Lebensmitteln in Kontakt stehenden ECTFE-Teile mit Wasser zu reinigen.

Thermische Eigenschaften

ECTFE ist hervorragend beständig gegen Zersetzung durch Wärme, starke Strahlen und Bewitterung. Es widersteht für längere Zeit Temperaturen von 150°C und gehört zu den strahlenbeständigsten Kunststoffen.

Witterungsbeständigkeit

ECTFE zeigt nur sehr geringe Veränderungen in Eigenschaften oder Aussehen bei Außenbewitterung in Sonnenlicht. Geraffte Bewitterungstests zeigen die bemerkenswerte Stabilität des Polymers. Dies gilt besonders für die Bruchdehnung, die ein guter Indikator für die Polymer-Zersetzung ist. Sogar nach 1000 Stunden in einem Weather-Ometer mit Xenon-Licht sind die wichtigsten Eigenschaften kaum beeinflusst.

Strahlenbeständigkeit

ECTFE zeigt eine hervorragende Beständigkeit gegen verschiedenste Strahlen. Es behält auch nach Bestrahlung mit 200 Megarad Kobalt 60 gute Werte.

Mechanische Eigenschaften

ECTFE ist ein harter, hochschlagfester Kunststoff, der seine Eigenschaften über einen weiten Temperaturbereich kaum ändert. Neben der guten Schlagzähigkeit besitzt ECTFE gute Zugfestigkeit und gutes Abriebverhalten. Herauszuheben ist sein gutes Verhalten bei niedrigen Temperaturen, besonders die hohe Schlagzähigkeit.

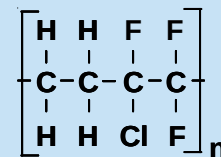
Vorteile von ECTFE

- Breiter Temperaturanwendungsbereich (thermische Beständigkeit bis kurzzeitig max. 150°C)
- Gute Beständigkeit gegenüber UV- und γ -Strahlung, dadurch hervorragende Alterungsbeständigkeit
- Schwer entflammbar (UL94-V0 Material)
- Sauerstoffindex 60
- Ausgezeichnete Abriebfestigkeit
- Außerordentlich gute chemische Beständigkeit gegenüber den meisten technischen Säuren, Basen und Lösungsmittel sowie auch in Kontakt mit Chlor
- Hervorragende Isolationseigenschaften in Verbindung mit sehr guten elektrischen Werten
- Physiologische Unbedenklichkeit
- Sehr gute Gleiteigenschaften

Vermehrung von Mikroorganismen

Die Oberfläche eines Teiles aus ECTFE bildet für die Vermehrung von Mikroorganismen einen ebenso ungünstigen Nährboden wie Glas. So lautet das Schlussergebnis einer Untersuchung, die im Zuge der Überprüfung auf HP-Tauglichkeit von ECTFE durchgeführt wurde.

Aufgrund dieser Eigenschaften wird ECTFE in der Lebensmittelindustrie eingesetzt und ist auch im Reinstwasserbereich verwendbar.



Chemische Strukturformel von ECTFE

● Spezifische Werkstoffeigenschaften PE

	Eigenschaft	Norm	Einheit	PE80	PE100	PEHD-el
Verlegetechniken	Dichte bei 23°C	ISO 1183	g/cm ³	0,94	0,96	0,99
	Melt flow index	ISO 1133	g/10min	0,9	0,3	
	MFR 190/5				<0,1	
	MFR 190/2,16					
	MFR 230/5					
Kalkulationsrichtlinien	MFI range	ISO1872/1873		T012	T003	T001
	Streckspannung	ISO 527	MPa	20	≥ 23	≥ 20
	Streckdehnung	ISO 527	%	10	≥ 9	
	Bruchdehnung	ISO 527	%	>350	>350	
	Schlagzähigkeit ungekerbt bei +23°C	ISO 179	kJ/m ²	kein Bruch	kein Bruch	
	Schlagzähigkeit ungekerbt bei -30°C			kein Bruch	kein Bruch	
	Schlagzähigkeit gekerbt bei +23°C	ISO 179	kJ/m ²	12	≤ 13	5,0
	Schlagzähigkeit gekerbt bei 0°C			4,5	10	3,0
	Schlagzähigkeit gekerbt bei -30°C					
	Kugeldruckhärte nach Rockwell	ISO 2039-1	MPa	36	46	
Verbindungstechnik	Biegefestigkeit (3,5% Biegespannung)	ISO 178	MPa	18	≥ 21	
	Elastizitätsmodul	ISO 527	MPa	750	≥ 1000	≥ 1000
	Vicat-Erweichungstemperatur VST/B/50	ISO 306	°C	63	77	83
	Wärmeformbeständigkeit HDT/B	ISO 75	°C	60	75	
	Linearer Wärmeausdehnungskoeffizient	DIN 53752	K ⁻¹ x 10 ⁻⁴	1,8	1,8	1,8
	Wärmeleitfähigkeit bei 20 °C	DIN 52612	W/(m·K)	0,4	0,4	0,43
Doppelrohrsystem	Entflammbarkeit	UL94 DIN 4102	–	94-HB B2	94-HB B2	B2
	Spezifischer Durchgangswiderstand	VDE 0303	OHM cm	>10 ¹⁶	>10 ¹⁶	≤10 ⁸
	Spezifischer Oberflächenwiderstand	VDE 0303	OHM	>10 ¹³	>10 ¹³	≤10 ⁶
	relative Dielektrizitätskonstante bei 1 MHz	DIN 53483	–	2,3	2,3	
Zulassungen und Normen	Durchschlagfestigkeit	VDE 0303	kV/mm	70	70	
	Physiologisch unbedenklich	EEC 90/128	–	Ja	Ja	Nein
	FDA	–	–	Nein	Nein	Nein
	UV Stabilisierung	–	–	Russ	Russ	Russ
	Farbe	–	–	schwarz	schwarz	schwarz

Hinweis: Die angegebenen Werte sind Richtwerte für den jeweiligen Werkstoff.

Spezifische Werkstoffeigenschaften PP

	Eigenschaft	Norm	Einheit	PP-H	PP-R	PP-B	PP-s	PP-s-el
	Spezifische Dichte bei 23°C	ISO 1183	g/cm ³	0,91	0,91	0,91	0,93	1,13
	Melt flow index	ISO 1133	g/10min	0,5	0,5	0,5	0,8	0,6
	MFR 190/5			1,25	1,25	1,3	2,0	
	MFR 190/2,16							
	MFR 230/5							
Mechanische Eigenschaften	MFI range	ISO1872/1873		M003				
	Streckspannung	ISO 527	MPa	30	25	26	30	30
	Streckdehnung	ISO 527	%	10	12	10	10	
	Bruchdehnung	ISO 527	%	>300	>300	>50	>50	43
	Schlagzähigkeit ungekerbt bei +23°C	ISO 179	kJ/m ²	kein Bruch	kein Bruch	kein Bruch	kein Bruch	
	Schlagzähigkeit ungekerbt bei -30°C					80	28	
	Schlagzähigkeit gekerbt bei +23°C	ISO 179	kJ/m ²	8	20	40	9	9,5
	Schlagzähigkeit gekerbt bei 0°C			2,8	3,5	8	2,8	-
	Schlagzähigkeit gekerbt bei -30°C			2,2	2,0	3,2	2,2	2,3
	Kugeldruckhärte nach Rockwell	ISO 2039-1	MPa	60	45	50	72	
Thermische Eigenschaften	Biegefestigkeit (3,5% Biegespannung)	ISO 178	MPa	28	20	20	37	
	Elastizitätsmodul	ISO 527	MPa	1300	900	1100	1300	
	Vicat-Erweichungstemperatur VST/B/50	ISO 306	°C	91	65	68	85	133
	Wärmeformbeständigkeit HDT/B	ISO 75	°C	96	70	75	85	88
	Linearer Wärmeausdehnungskoeffizient	DIN 53752	K ⁻¹ x 10 ⁻⁴	1,6	1,6	1,6	1,6	
Elektrische Eigenschaften	Wärmeleitfähigkeit bei 20 °C	DIN 52612	W/(mxK)	0,22	0,24	0,2	0,2	
	Entflammbarkeit	UL94 EN 13501 DIN 4102	-	94-HB B2	94-HB B2	94-HB B2	V-2 E(d2) B1*)	V-0
	Spezifischer Durchgangswiderstand	VDE 0303	OHM cm	>10 ¹⁶	>10 ¹⁶	>10 ¹⁵	>10 ¹⁵	≤10 ⁸
	Spezifischer Oberflächenwiderstand	VDE 0303	OHM	>10 ¹³	>10 ¹³	>10 ¹⁵	>10 ¹⁵	≤10 ⁶
	relative Dielektrizitätskonstante bei 1 MHz	DIN 53483	-	2,3	2,3			
	Durchschlagfestigkeit	VDE 0303	kV/mm	75	70	30 bis 40	30 bis 45	
	Physiologisch unbedenklich	EEC 90/128	-	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein
	FDA	-	-	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein
	UV Stabilisierung	-	-	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja
	Farbe	-	-	Ral 7032 grau	RAL 7032 grau	RAL 7032 grau	RAL 7037 dunkelgrau	schwarz

*) Brandklasse B1 nur gültig für eine Wandstärke von 2-10mm

Hinweis: Die angegebenen Werte sind Richtwerte für den jeweiligen Werkstoff.

● Spezifische Werkstoffeigenschaften PVDF und ECTFE

Eigenschaft	Norm	Einheit	PVDF	PVDF flex	ECTFE
Spezifische Dichte bei 23°C	ISO 1183	g/cm ³	1,78	1,78	1,68
Melt flow index MFR 275/2,16 MFR 230/5 MFI range	ISO 1133	g/10min	6	6	1
Streckspannung	ISO 527	MPa	50	20-35	30
Streckdehnung	ISO 527	%	9	10-12	5
Bruchdehnung	ISO 527	%	80	200-600	250
Schlagzähigkeit ungekerbt bei +23°C Schlagzähigkeit ungekerbt bei -30°C	ISO 179	kJ/m ²	124	- -	kein Bruch
Schlagzähigkeit gekerbt bei +23°C Schlagzähigkeit gekerbt bei 0°C Schlagzähigkeit gekerbt bei -30°C	ISO 179	kJ/m ²	11	17 - -	kein Bruch
Kugeldruckhärte nach Rockwell	ISO 2039-1	MPa	80	-	90
Biegefestigkeit	ISO 178	MPa	80	-	47
Elastizitätsmodul	ISO 527	MPa	2000	1000-1100	1690
Vicat-Erweichungstemperatur VST/B/50	ISO 306	°C	140	150	
Wärmeformbeständigkeit HDT/B	ISO 75	°C	145	-	90
Linearer Wärmeausdehnungskoeffizient	DIN 53752	K ⁻¹ x 10 ⁻⁴	1,2	1,4-1,6	0,8
Wärmeleitfähigkeit bei 20 °C	DIN 52612	W/(m·K)	0,20	0,2	0,15
Entflammbarkeit	UL94 EN 13501 FM 4910	–	V-0 B ja	V-0	V-0 – –
Spezifischer Durchgangswiderstand	VDE 0303	OHM cm	>10 ¹³	≥10 ¹⁴	>10 ¹⁶
Spezifischer Oberflächenwiderstand	VDE 0303	OHM	>10 ¹²	≥10 ¹⁴	>10 ¹⁴
relative Dielektrizitätskonstante bei 1 MHz	DIN 53483	–	7,25	7	2,6
Durchschlagfestigkeit	VDE 0303	kV/mm	22	20	30 bis 35
Physiologisch unbedenklich	EEC 90/128	–	Ja		Ja
FDA	–	–	Ja		in Vorbereitung
UV Stabilisierung	–	–	Ja		Ja
Farbe	–	–	natur	natur	natur

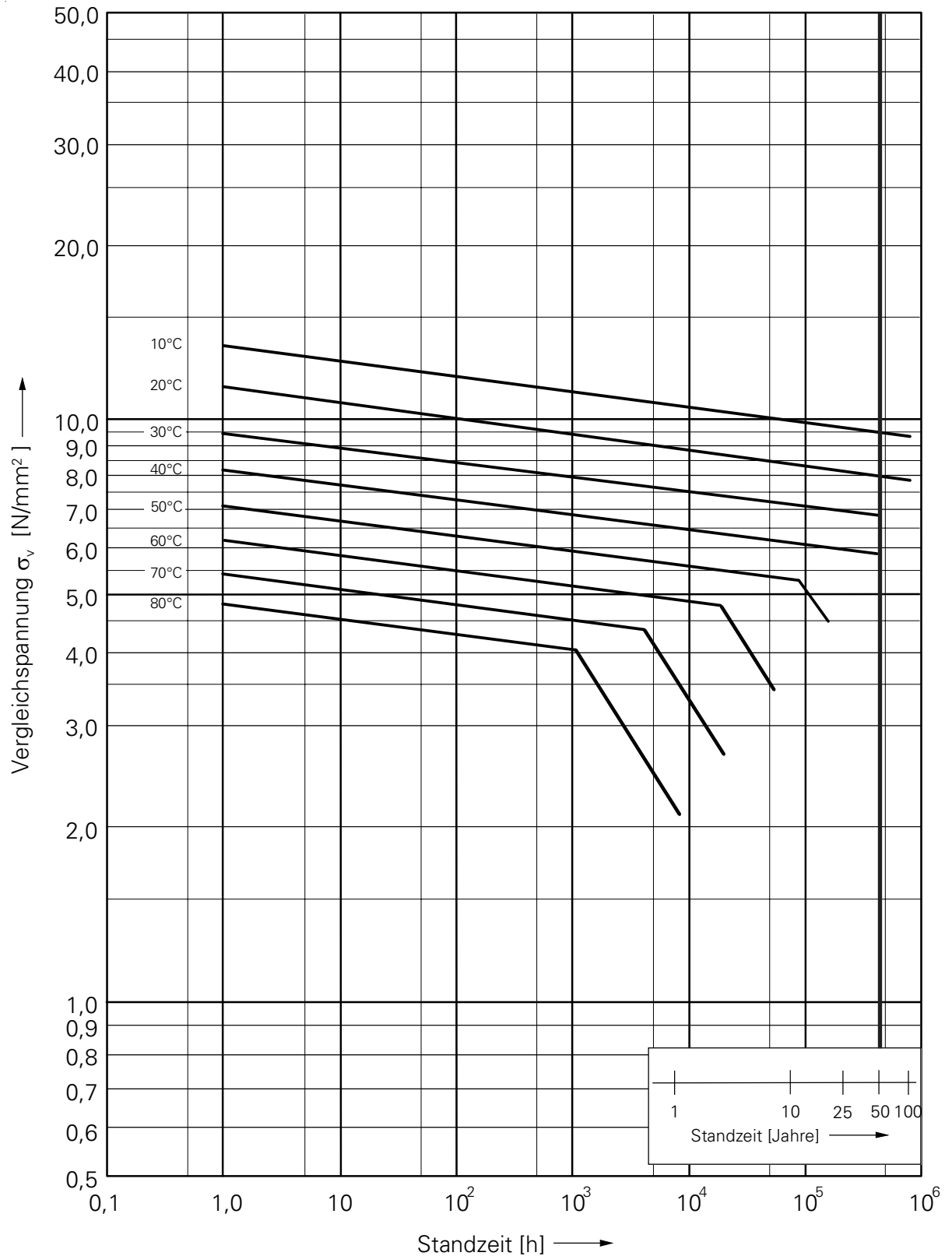
Hinweis: Die angegebenen Werte sind Richtwerte für den jeweiligen Werkstoff.

Einsatzmöglichkeiten

Nachstehende Tabelle gibt Ihnen einen Überblick auf die bevorzugten Einsatzmöglichkeiten der von uns verwendeten Formmassen.

Einsatzgebiet	PP-H	PP-R	PP-s	PP-s-el	PE80	PE100	PEHD-el	PVDF	ECTFE
Anwendungen im Industriebereich									
Rohrleitungen für den Chemikalien-transport	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Kühlwasserrohrleitungen	■	■	■		■	■	■		
Feststofftransportrohrleitungen	■	■			■	■	■	■	■
Rohrsysteme in explosionsgeschützten Räumen				■					
Reinstmedienrohrleitungen		■			■			■	■
Wassergewinnung u. Aufbereitung					■	■			
Schwimmbadrohrleitungen	■	■			■	■			
Mantelrohre für Fernwärmeleitungen					■				
Schutzrohre für Kabel					■				
Apparate- und Behälterbau	■	■	■		■	■	■	■	■
Entlüftungs- und Abgasrohrleitungen	■	■	■	■	■		■		
Auskleidung von Behältern und Wannen	■	■	■	■	■		■	■	■
Anlagenbau	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Druckluftversorgung						■			
Anwendungen für den Umweltschutz									
Kanalrohrleitungen	■	■			■	■			
Kanalauskleidungen, Kanalrelining		■			■	■			
Doppelrohrsysteme	■	■			■	■		■	■
Kläranlagenrohrleitungen und Auskleidungen	■	■			■	■			
Entgasungsrohrleitungen für					■	■	■		
Drainageleitungen für Mülldeponien					■	■			
Abflussrohrleitungen					■	■			
Anwendungen im Versorgungsbereich									
Bewässerungsrohrleitungen					■	■			
Trinkwasserrohrleitungen	■	■			■	■			
Gasrohrleitungen					■	■			

Zeitstandskurve PE 80
(lt. EN ISO 15494 Anhang B)



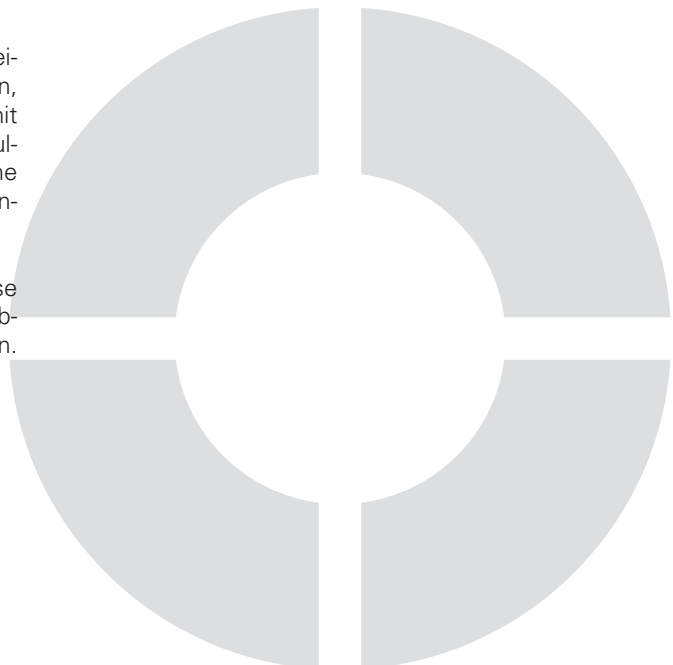
Zulässige Bauteil-Betriebsüberdrücke p_B für PE 80 in Abhängigkeit von Temperatur und Betriebsdauer

Die in den Tabellen enthaltenen Angaben gelten für das Durchflussmedium Wasser. Sie wurden mit einem Sicherheitsfaktor $C=1,25$ aus dem Zeitstanddiagramm ermittelt.

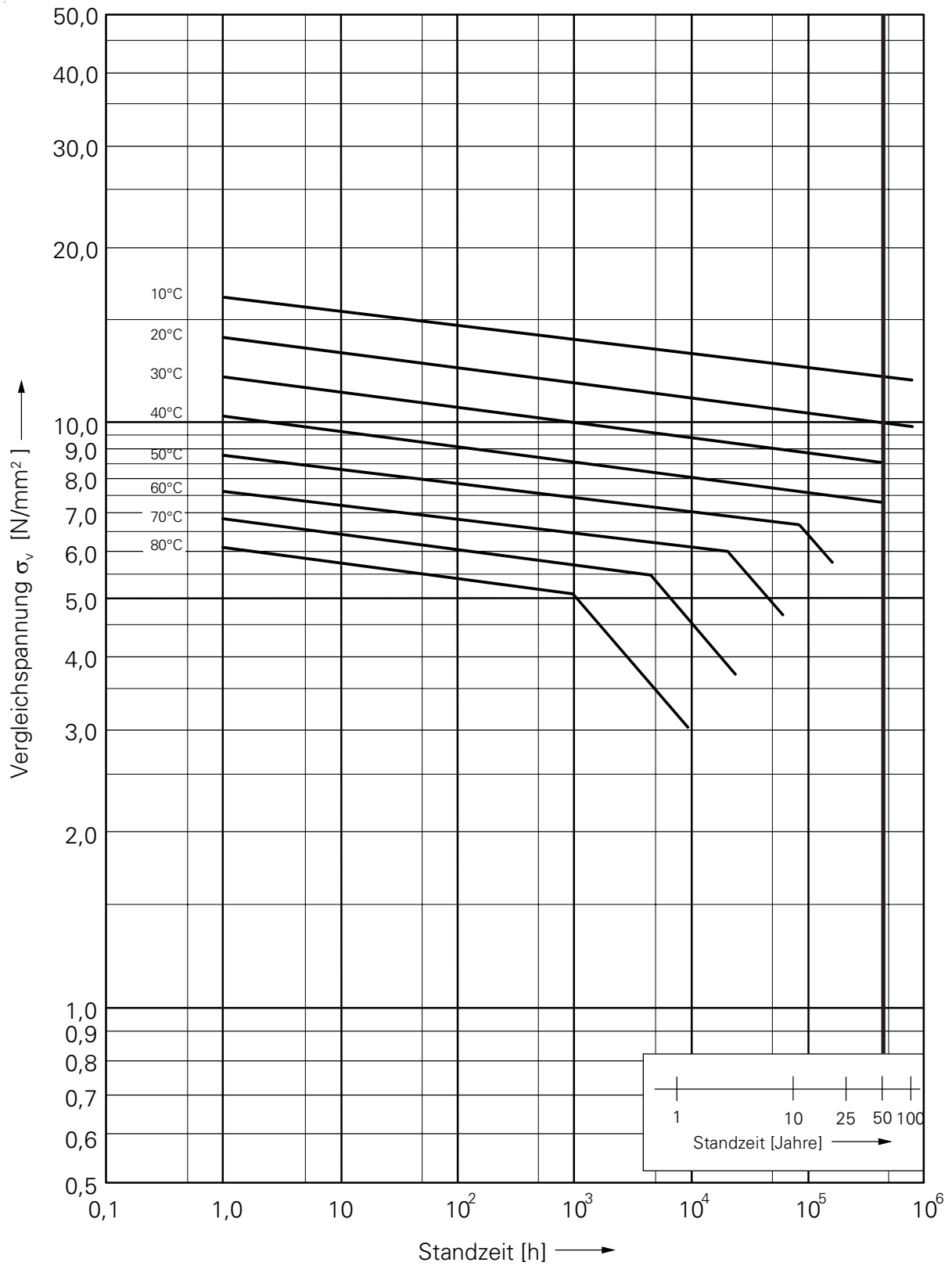
Temperatur [°C]	Betriebsdauer [Jahre]	Durchmesser - Wanddickenverhältnis SDR						
		41	33	26	17,6	11	7,4	6
		Rohrserie S						
		20	16	12,5	8,3	5	3,2	2,5
		PN						
3,2	4	5	7,5	12,5	20	25		
zulässiger Bauteil - Betriebsdruck p_B ^{1) 2)} [bar]								
10	5	4,0	5,0	6,3	9,4	15,8	25,3	31,6
	10	3,9	4,9	6,2	9,3	15,5	24,8	31,0
	25	3,8	4,8	6,0	9,0	15,1	24,2	30,3
	50	3,8	4,7	5,9	8,9	14,8	23,8	29,7
	100	3,7	4,6	5,8	8,7	14,6	23,3	29,2
20	5	3,4	4,2	5,3	7,9	13,2	21,2	26,5
	10	3,3	4,1	5,2	7,8	13,0	20,8	26,0
	25	3,2	4,0	5,0	7,6	12,7	20,3	25,4
	50	3,2	4,0	5,0	7,5	12,5	20,0	25,0
	100	3,1	3,9	4,9	7,3	12,2	19,6	24,5
30	5	2,8	3,6	4,5	6,7	11,2	18,0	22,5
	10	2,8	3,5	4,4	6,6	11,0	17,7	22,1
	25	2,7	3,4	4,3	6,4	10,8	17,3	21,6
	50	2,7	3,3	4,2	6,3	10,6	16,9	21,2
40	5	2,4	3,1	3,8	5,8	9,6	15,5	19,3
	10	2,4	3,0	3,8	5,7	9,5	15,2	19,0
	25	2,3	2,9	3,7	5,5	9,2	14,8	18,5
	50	2,3	2,9	3,6	5,4	9,1	14,5	18,2
50	5	2,1	2,6	3,3	5,0	8,4	13,4	16,8
	10	2,0	2,5	3,2	4,8	8,1	12,9	16,2
	15	1,8	2,2	2,8	4,3	7,1	11,4	14,3
60	5	1,4	1,8	2,2	3,3	5,6	9,0	11,3

¹⁾ Für die Berechnung des Betriebsdruckes in freiverlegten 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⁾ Für den jeweiligen Anwendungsfall sind diese Betriebsdrücke noch mit den entsprechenden Abminderungsfaktoren (siehe Seite 40) zu reduzieren.



Zeitstandskurve PE 100
(lt. EN ISO 15494 Anhang B)



Zulässige Bauteil-Betriebsüberdrücke p_B für PE 100 in Abhängigkeit von Temperatur und Betriebsdauer

Die in den Tabellen enthaltenen Angaben gelten für Durchflussmedium Wasser. Sie wurden mit einem Sicherheitsfaktor $C=1,25$ aus dem Zeitstanddiagramm ermittelt.

Temperatur [°C]	Betriebsdauer [Jahre]	Durchmesser - Wandickenverhältnis SDR						
		41	33	26	17	11	7,4	6
		Rohrserie S						
		20	16	12,5	8	5	3,2	2,5
		PN						
4	5	6,3	10	16	25	32		
zulässiger Bauteil - Betriebsdruck p _B 1) 2) [bar]								
10	5	5,0	6,3	7,9	12,6	20,2	31,5	40,4
	10	4,9	6,2	7,8	12,4	19,8	31,0	39,7
	25	4,8	6,0	7,6	12,1	19,3	30,2	38,7
	50	4,7	5,9	7,5	11,9	19,0	29,7	38,0
	100	4,6	5,8	7,3	11,6	18,7	29,2	37,4
20	5	4,2	5,3	6,6	10,6	16,9	26,5	33,9
	10	4,1	5,2	6,5	10,4	16,6	26,0	33,3
	25	4,0	5,0	6,4	10,1	16,2	25,4	32,5
	50	4,0	5,0	6,3	10,0	16,0	25,0	32,0
	100	3,9	4,9	6,1	9,8	15,7	24,5	31,4
30	5	3,6	4,5	5,6	9,0	14,4	22,5	28,8
	10	3,5	4,4	5,5	8,8	14,1	22,1	28,3
	25	3,4	4,3	5,4	8,6	13,8	21,6	27,6
	50	3,3	4,2	5,3	8,4	13,5	21,2	27,1
40	5	3,0	3,8	4,8	7,7	12,3	19,3	24,7
	10	3,0	3,8	4,7	7,6	12,1	19,0	24,3
	25	2,9	3,7	4,6	7,4	11,8	18,5	23,7
	50	2,9	3,6	4,5	7,2	11,6	18,2	23,3
50	5	2,6	3,3	4,2	6,7	10,7	16,7	21,3
	10	2,6	3,2	4,0	6,5	10,4	16,2	20,3
	15	2,3	2,9	3,7	5,9	9,5	14,8	19,0
60	5	1,9	2,4	3,0	4,8	7,7	12,1	15,5

¹⁾ 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).

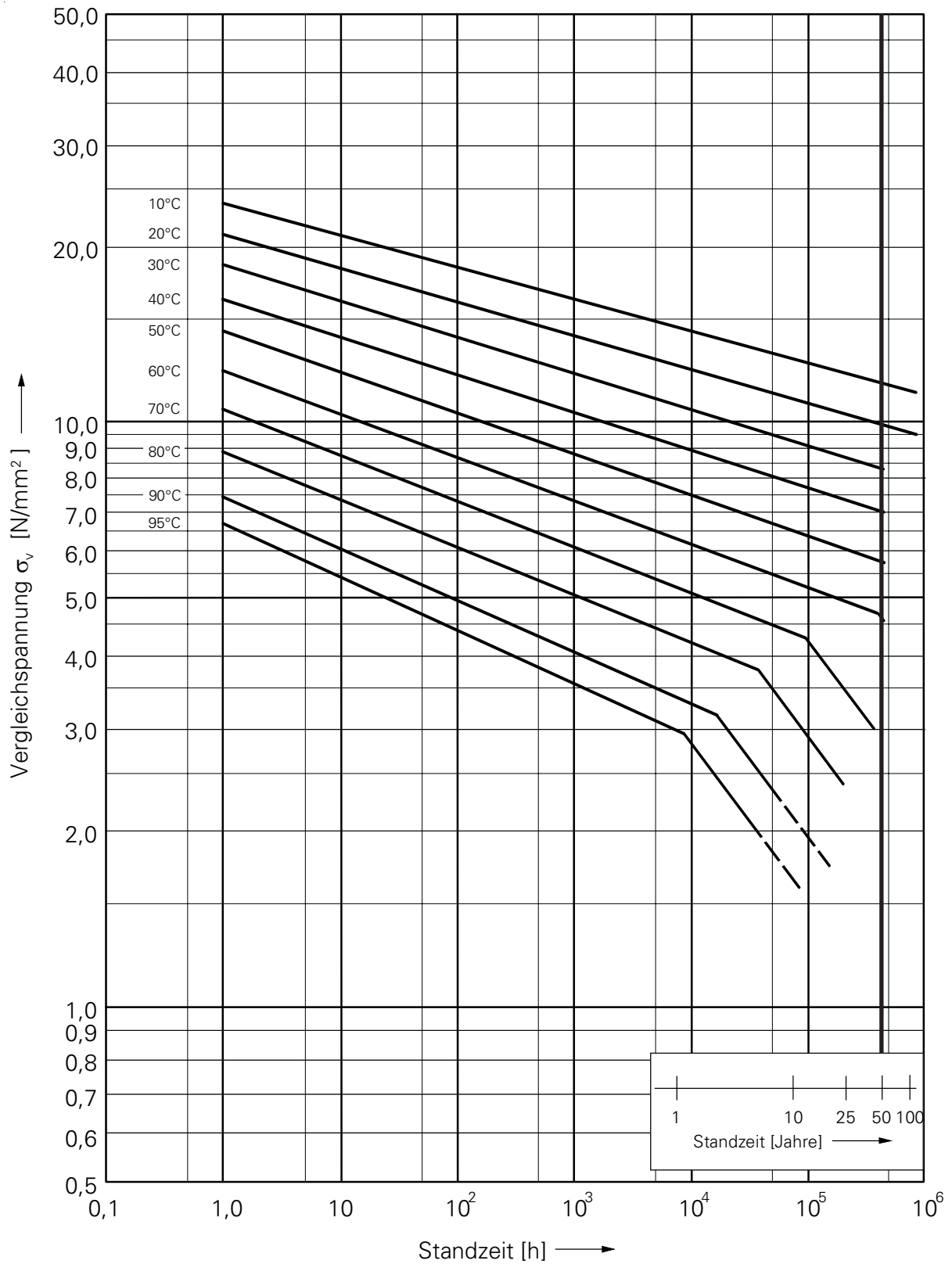
²⁾ Für den jeweiligen Anwendungsfall sind diese Betriebsdrücke noch mit den entsprechenden Abminderungsfaktoren (siehe Seite 40) zu reduzieren.

Bei Rohren und Formstücken aus PE 100 ergibt sich aufgrund der höheren Berechnungsspannung eine kleinere Rohrwanddicke als bei PE80. Sie sind somit bei gleicher Wandstärke für höhere Betriebsdrücke einsetzbar. Nachfolgender Vergleich der SDR-Reihe, S-Reihe und PN-Druckklassen soll dies verdeutlichen.

SDR	S	PN-Druckklasse [bar]	
		PE80	PE100
41	20	3,2	4
33	16	4	5
26	12,5	5	6,3
17,6	8,3	7,5	9,6
17	8	8	10
11	5	12,5	16
7,4	3,2	20	25

gültig für 20°C und 50 Jahre Lebensdauer

Zeitstandskurve PP-H
(lt. EN ISO 15494 Anhang C)



Zulässige Bauteil-Betriebsüberdrücke p_B für PP-H in Abhängigkeit von Temperatur und Betriebsdauer

Die in den Tabellen enthaltenen Angaben gelten für Durchflussmedium Wasser. Sie wurden mit einem temperaturabhängigen Sicherheitsfaktor C ($C = 1,6$ von 10 - unter 40°C, $C = 1,4$ von 40 - unter 60°C, $C = 1,25$ ab 60°C) aus dem Zeitstanddiagramm ermittelt.

Temperatur [°C]	Betriebsdauer [Jahre]	Durchmesser - Wanddickenverhältnis SDR						
		41	33	26	17,6	11	7,4	6
		Rohrserie S						
		20	16	12,5	8,3	5	3,2	2,5
		PN						
2,5	3,2	4	6	10	16	20		
zulässiger Bauteil - Betriebsdruck p _B ^{1) 2) 3)} [bar]								
10	1	4,5	5,7	7,1	10,8	18,0	28,6	36,0
	5	4,1	5,2	6,5	9,9	16,5	26,2	33,0
	10	4,0	5,0	6,3	9,6	15,9	25,3	31,8
	25	3,8	4,8	6,0	9,1	15,2	24,1	30,3
	50	3,6	4,6	5,8	8,8	14,6	23,2	29,2
	100	3,5	4,4	5,6	8,4	14,1	22,3	28,1
20	1	3,9	4,9	6,2	9,3	15,6	24,7	31,1
	5	3,5	4,5	5,6	8,5	14,2	22,5	28,4
	10	3,4	4,3	5,4	8,2	13,6	21,6	27,3
	25	3,2	4,1	5,1	7,8	12,9	20,5	25,9
	50	3,1	3,9	4,9	7,5	12,4	19,7	24,9
	100	3,0	3,7	4,7	7,2	12,0	19,0	23,9
30	1	3,3	4,2	5,3	8,0	13,3	21,1	26,6
	5	3,0	3,8	4,8	7,2	12,1	19,2	24,1
	10	2,9	3,6	4,6	6,9	11,6	18,4	23,1
	25	2,7	3,4	4,3	6,6	10,9	17,4	21,9
	50	2,6	3,3	4,1	6,3	10,5	16,6	21,0
40	1	3,2	4,0	5,1	7,7	12,9	20,5	25,8
	5	2,9	3,6	4,6	7,0	11,6	18,4	23,2
	10	2,8	3,5	4,4	6,7	11,1	17,6	22,2
	25	2,6	3,3	4,1	6,3	10,5	16,6	20,9
	50	2,5	3,1	4,0	6,0	10,0	15,9	20,0
50	1	2,7	3,4	4,3	6,5	10,8	17,2	21,6
	5	2,4	3,0	3,8	5,8	9,7	15,4	19,3
	10	2,3	2,9	3,6	5,5	9,2	14,6	18,4
	25	2,1	2,7	3,4	5,2	8,6	13,7	17,3
	50	2,0	2,6	3,3	4,9	8,2	13,1	16,5
60	1	2,5	3,1	4,0	6,0	10,0	15,9	20,1
	5	2,2	2,8	3,5	5,3	8,9	14,1	17,8
	10	2,1	2,6	3,3	5,1	8,5	13,4	16,9
	25	2,5	2,4	3,1	4,7	7,9	12,6	15,8
	50	1,8	2,3	2,9	4,4	7,4	11,7	14,8
70	1	2,6	2,5	3,2	4,9	8,2	13,0	16,4
	5	1,8	2,2	2,8	4,3	7,2	11,5	14,5
	10	1,7	2,1	2,7	4,1	6,8	10,9	13,7
	25	1,4	1,7	2,2	3,4	5,6	9,0	11,3
	50	1,2	1,5	1,9	2,8	4,8	7,6	9,5
80	1	2,1	2,0	2,6	4,0	6,6	10,5	13,2
	5	1,3	1,7	2,2	3,3	5,5	8,8	11,1
	10	1,1	1,4	1,8	2,8	4,7	7,4	9,3
	25	0,9	1,1	1,4	2,2	3,7	5,9	7,5
95	1	1,1	1,4	1,8	2,7	4,6	7,3	9,2
	5	0,7	0,9	1,2	1,8	3,1	4,9	6,2
	(10) ⁴⁾	(0,6) ⁴⁾	(0,8) ⁴⁾	(1,0) ⁴⁾	(1,5) ⁴⁾	(2,6) ⁴⁾	(4,1) ⁴⁾	(5,2) ⁴⁾

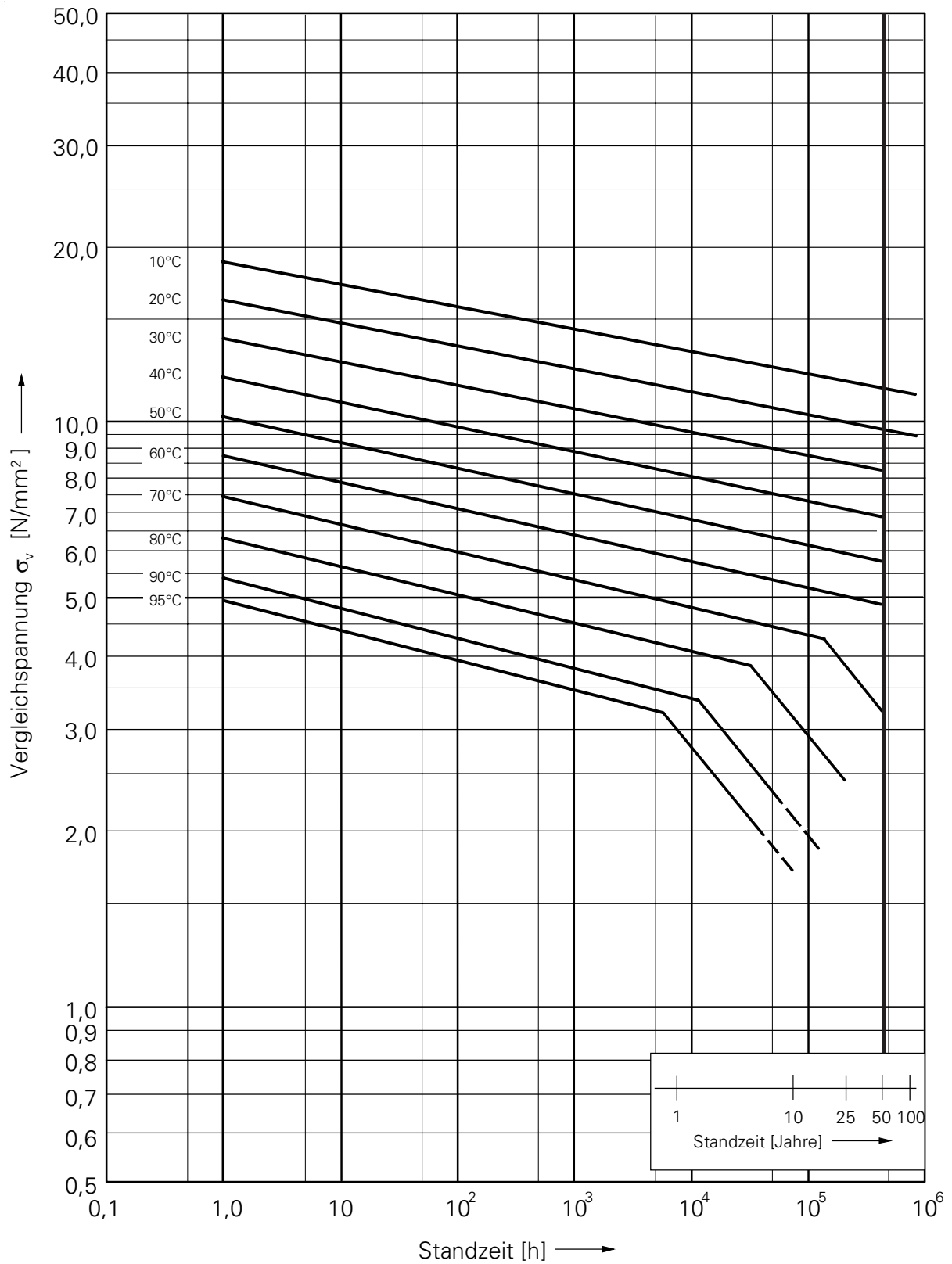
¹⁾ ... Für die Berechnung des Betriebsdruckes in freiverlegten Rohrleitungssystemen wird empfohlen, die in der Tabelle enthaltenen Betriebsdrücke mit einem Systemabminderungsfaktor $f_s = 0,8$ zu multiplizieren (Dieser Wert beinhaltet verlegetechnische Einflüsse, wie Schweißverbindung, Flanschverbindung oder auch Biegebeanspruchungen).

²⁾ ... Für den jeweiligen Anwendungsfall sind diese Betriebsdrücke noch mit den entsprechenden Abminderungsfaktoren (siehe Seite 40) zu reduzieren.

³⁾ ... Betriebsdrücke gelten nicht für Rohre, die UV-Belastung ausgesetzt sind. Bis zu 10 Jahren kann diese Beeinflussung durch entsprechende Zusätze zur Formmasse (z.B. Ruß) aufgehoben, bzw. wesentlich reduziert werden.

⁴⁾ ... Die Klammerwerte gelten bei Nachweis von längeren Prüfzeiten als 1 Jahr bei der 110°C Prüfung.

Zeitstandskurve PP-R
(lt. EN ISO 15494 Anhang C)



Zulässige Bauteil-Betriebsüberdrücke p_B für PP-R in Abhängigkeit von Temperatur und Betriebsdauer

Die in den Tabellen enthaltenen Angaben gelten für Durchflussmedium Wasser.

Sie wurden mit einem Sicherheitsfaktor $C = 1,25$ aus dem Zeitstanddiagramm ermittelt. Für den Sonderwerkstoff PP-s-el müssen aufgrund der verminderten mechanischen Eigenschaften die Standard PP-Bauteil-Betriebsdrücke um 50 % reduziert werden!

Temperatur [°C]	Betriebsdauer [Jahre]	Durchmesser - Wanddickenverhältnis SDR								
		41	33	26	17,6	17	11	7,4	6	
		Rohrserie S								
		20	16	12,5	8,3	8	5	3,2	2,5	
		PN								
2,5	3,2	4	6	6,3	10	16	20			
zulässiger Bauteil - Betriebsdruck $p_B^{1) 2) 3)}$ [bar]										
10	1	5,3	6,6	8,4	12,6	13,3	21,1	33,4	42,1	
	5	4,9	6,2	7,9	11,9	12,5	19,8	31,5	39,7	
	10	4,8	6,1	7,7	11,6	12,2	19,3	30,7	38,6	
	25	4,7	5,9	7,4	11,2	11,8	18,7	29,7	37,4	
	50	4,5	5,7	7,2	10,9	11,5	18,2	28,9	36,4	
	100	4,4	5,6	7,0	10,7	11,2	17,8	28,2	35,5	
20	1	4,5	5,6	7,1	10,8	11,3	18,0	28,5	35,9	
	5	4,2	5,3	6,7	10,1	10,6	16,9	26,8	33,7	
	10	4,1	5,2	6,5	9,9	10,4	16,4	26,1	32,8	
	25	3,9	5,0	6,3	9,5	10	15,9	25,2	31,7	
	50	3,8	4,8	6,1	9,3	9,7	15,4	24,5	30,9	
	100	3,7	4,7	6,0	9,0	9,5	15,0	23,9	30,1	
30	1	3,8	4,8	6,1	9,2	9,6	15,3	24,2	30,5	
	5	3,6	4,5	5,7	8,6	9,0	14,3	22,7	28,6	
	10	3,5	4,4	5,5	8,4	8,8	13,9	22,1	27,8	
	25	3,3	4,2	5,3	8,1	8,4	13,4	21,3	26,8	
	50	3,2	4,1	5,2	7,8	8,2	13,0	20,7	26,1	
	40	1	3,2	4,1	5,1	7,8	8,2	13,0	20,6	25,9
5		3,0	3,8	4,8	7,3	7,6	12,1	19,2	24,2	
10		2,9	3,7	4,7	7,1	7,4	11,8	18,7	23,5	
25		2,8	3,5	4,5	6,8	7,1	11,3	18,0	22,6	
50		2,7	3,4	4,3	6,6	6,9	11,0	17,4	22,0	
50		1	2,7	3,4	4,3	6,6	6,9	11,0	17,4	21,9
	5	2,5	3,2	4,0	6,1	6,4	10,2	16,2	20,4	
	10	2,5	3,1	3,9	5,9	6,2	9,9	15,7	19,8	
	25	2,4	3,0	3,8	5,7	6,0	9,5	15,1	19,0	
	50	2,3	2,9	3,6	5,5	5,8	9,2	14,7	18,5	
	60	1	2,3	2,9	3,6	5,5	5,8	9,2	14,7	18,5
5		2,1	2,7	3,4	5,1	5,4	8,6	13,6	17,2	
10		2,1	2,6	3,3	5,0	5,2	8,3	13,2	16,6	
25		2,0	2,5	3,1	4,8	5,0	8,0	12,7	16,0	
50		1,9	2,4	3,0	4,6	4,9	7,7	12,3	15,5	
70		1	1,9	2,4	3,1	4,6	4,9	7,8	12,3	15,5
	5	1,8	2,2	2,8	4,3	4,5	7,2	11,4	14,4	
	10	1,7	2,2	2,7	4,2	4,4	7,0	11,1	13,9	
	25	1,5	1,9	2,4	3,6	3,8	6,0	9,6	12,1	
	50	1,2	1,6	2,0	3,0	3,2	5,1	8,1	10,2	
	80	1	1,6	2,0	2,6	3,9	4,1	6,5	10,3	13,0
5		1,4	1,8	2,3	3,4	3,6	5,7	9,1	11,5	
10		1,2	1,5	1,9	2,9	3,0	4,8	7,7	9,7	
25		0,9	1,2	1,5	2,3	2,4	3,9	6,2	7,8	
95		1	1,1	1,4	1,8	2,7	2,9	4,6	7,3	9,2
		5	0,7	0,9	1,2	1,8	1,9	3,1	4,9	6,2
	(10 ⁴)	(0,6) ⁴)	(0,8) ⁴)	(1,0) ⁴)	(1,5) ⁴)	(1,6) ⁴)	(2,6) ⁴)	(4,1) ⁴)	(5,2) ⁴)	

¹⁾ ... Für die Berechnung des Betriebsdruckes in freiverlegten Rohrleitungssystemen wird empfohlen, die in der Tabelle enthaltenen Betriebsdrücke mit einem Systemabminderungsfaktor $f_s = 0,8$ zu multiplizieren (Dieser Wert beinhaltet verlege-technische Einflüsse, wie Schweißverbindung, Flanschverbindung oder auch Biegebeanspruchungen).

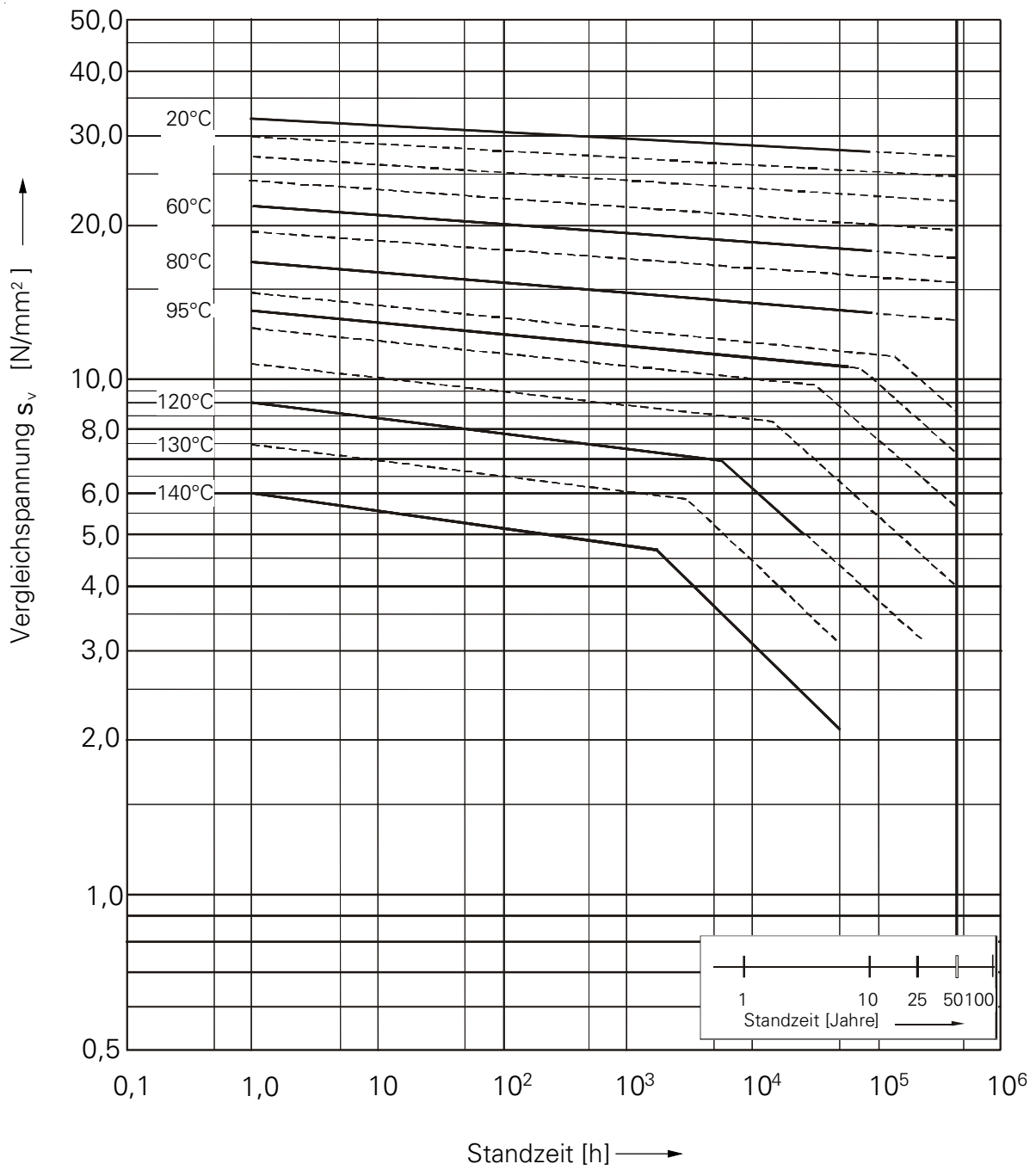
²⁾ ... Für den jeweiligen Anwendungsfall sind diese Betriebsdrücke noch mit den entsprechenden Abminderungsfaktoren (siehe Seite 40) zu reduzieren.

³⁾ ... Betriebsdrücke gelten nicht für Rohre, die UV-
Belastung ausgesetzt sind. Bis zu 10 Jahren kann diese Beeinflussung durch entsprechende Zusätze zur Formmasse (z.B. Ruß) aufgehoben, bzw. wesentlich reduziert werden.

⁴⁾ ... Die Klammerwerte gelten bei Nachweis von längeren Prüfzeiten als 1 Jahr bei der 110°C Prüfung.



Zeitstandskurve PVDF
(lt. EN ISO 10931 Anhang A)



Zulässige Bauteil-Betriebsüberdrücke p_B für PVDF in Abhängigkeit von Temperatur und Betriebsdauer

Die in den Tabellen enthaltenen Angaben gelten für Durchflussmedium Wasser. Sie wurden mit einem Sicherheitsfaktor $C = 1,6$ aus dem Zeitstanddiagramm ermittelt.

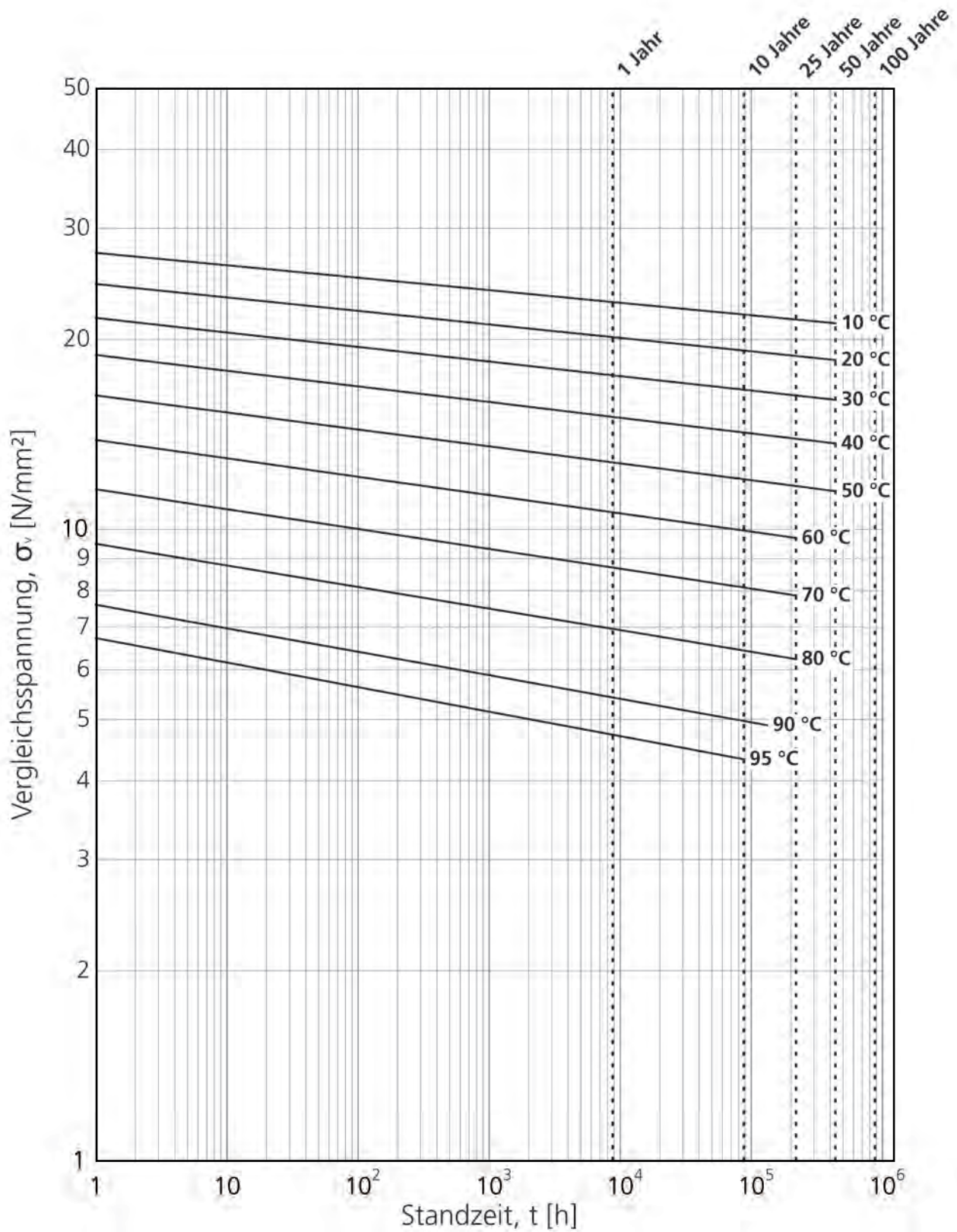
Temperatur [°C]	Betriebsdauer [Jahre]	Durchmesser - Wanddickenverhältnis SDR	
		33	21
		Rohrserie S	
		16	10
		PN	
		10	16
		zulässiger Bauteil - Betriebsdruck p _B [bar] ^{1) 2)}	
20	1	11,1	17,8
	10	10,7	10,2
	25	10,6	16,9
	50	10,5	16,8
30	1	10,0	16,0
	10	9,6	15,4
	25	9,5	15,2
	50	9,4	15,0
40	1	8,9	14,3
	10	8,6	13,8
	25	8,5	13,6
	50	8,4	13,4
50	1	8,0	12,7
	10	7,5	12,2
	25	7,5	12,0
	50	7,4	11,9
60	1	7,0	11,3
	10	6,7	10,8
	25	6,6	10,6
	50	6,5	10,4
70	1	6,1	9,8
	10	5,9	9,4
	25	5,7	9,2
	50	5,7	9,1
80	1	5,3	8,5
	10	5,1	8,1
	25	5,0	8,0
	50	4,8	7,7
95	1	4,2	6,8
	10	3,8	6,0
	25	3,1	5,0
	50	2,7	4,3
110	1	3,2	5,0
	10	2,2	3,5
	25	1,8	2,9
	50	1,6	2,5
120	1	2,5	4,0
	10	1,5	2,4
	25	1,2	1,9

¹⁾ ... Für die Berechnung des Betriebsdruckes in freiverlegten Rohrleitungssystemen wird empfohlen, die in der Tabelle enthaltenen Betriebsdrücke mit einem Systemabminderungsfaktor $f_s = 0,8$ zu multiplizieren (Dieser Wert beinhaltet verlege-technische Einflüsse, wie Schweißverbindung, Flanschverbindung oder auch Biegebeanspruchungen).

²⁾ ... Für den jeweiligen Anwendungsfall sind diese Betriebsdrücke noch mit den entsprechenden Abminderungsfaktoren (siehe Seite 40) zu reduzieren.



Zeitstandskurve ECTFE
(lt. DVS 2205-1 Beiblatt 18)



Zulässige Bauteil-Betriebsüberdrücke p_B für ECTFE in Abhängigkeit von Temperatur und Betriebsdauer

Die in den Tabellen enthaltenen Angaben gelten für Durchflussmedium Wasser. Sie wurden mit einem Sicherheitsfaktor $C = 1,6$ aus dem Zeitstanddiagramm ermittelt.

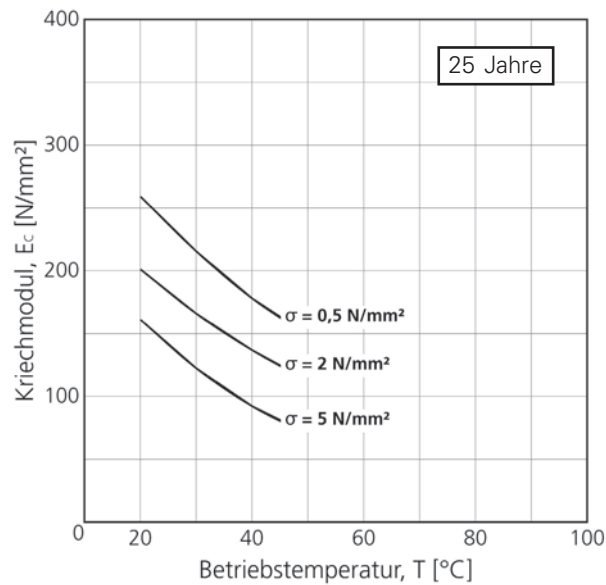
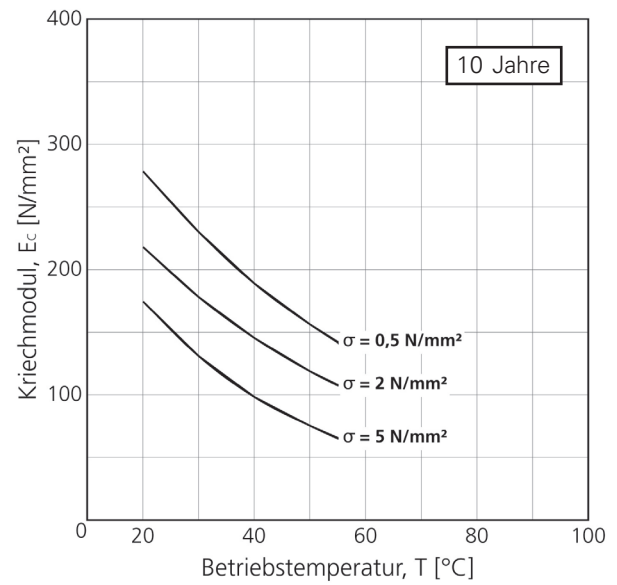
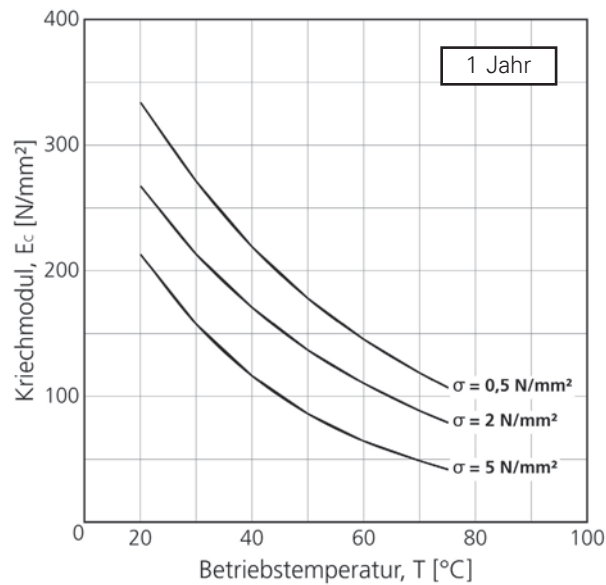
Temperatur [°C]	Betriebsdauer [Jahre]	Durchmesser - Wanddickenverhältnis SDR	
		33	21
		Rohr Serie S	
		16	10
Zulässiger Bauteil-Betriebsdruck p _B ^{1) 2)} [bar]			
10	1	8,9	14,3
	5	8,6	13,8
	10	8,5	13,6
	25	8,4	13,4
	50	8,2	13,2
20	1	7,8	12,6
	5	7,6	12,1
	10	7,4	12,0
	25	7,3	11,7
	50	7,2	11,6
30	1	6,8	10,9
	5	6,6	10,5
	10	6,5	10,4
	25	6,3	10,1
	50	6,2	10,0
40	1	5,8	9,4
	5	5,6	9,0
	10	5,5	8,9
	25	5,4	8,7
	50	5,3	8,5
50	1	4,9	7,9
	5	4,7	7,6
	10	4,6	7,5
	25	4,5	7,3
	50	4,4	7,1
60	1	4,1	6,6
	5	3,9	6,3
	10	3,8	6,2
	25	3,7	6,0
70	1	3,3	5,4
	5	3,2	5,1
	10	3,1	5,0
	25	3,0	4,9
80	1	2,7	4,3
	5	2,5	4,1
	10	2,5	4,0
	25	2,4	3,9
90	1	2,1	3,3
	5	1,9	3,1
	10	1,9	3,1
	15	1,9	3,0
95	1	1,8	2,9
	5	1,7	2,7
	10	1,6	2,7

¹⁾ ... Für die Berechnung des Betriebsdruckes in freiverlegten Rohrleitungssystemen wird empfohlen, die in der Tabelle enthaltenen Betriebsdrücke mit einem Systemabminderungsfaktor $f_s = 0,8$ zu multiplizieren (Dieser Wert beinhaltet verletechnische Einflüsse, wie Schweißverbindung, Flanschverbindung oder auch Biegebeanspruchungen).

²⁾ ... Für den jeweiligen Anwendungsfall sind diese Betriebsdrücke noch mit den entsprechenden Abminderungsfaktoren (siehe Seite 40) zu reduzieren.



**Kriechmodulkurven für PE 80
(nach DVS 2205, Teil 1)**

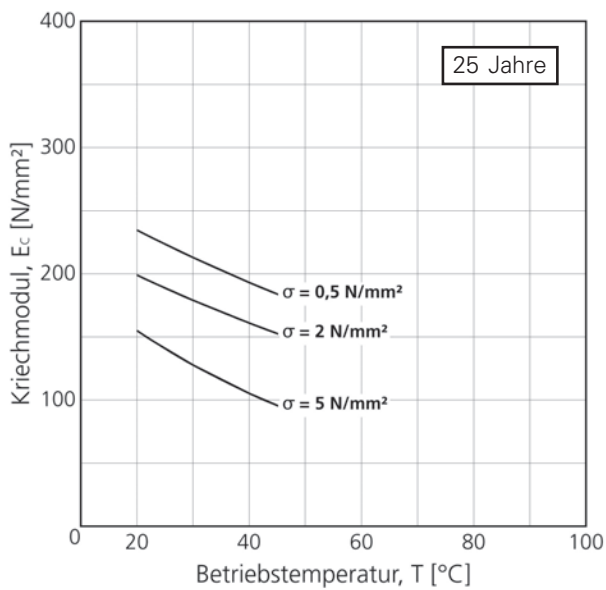
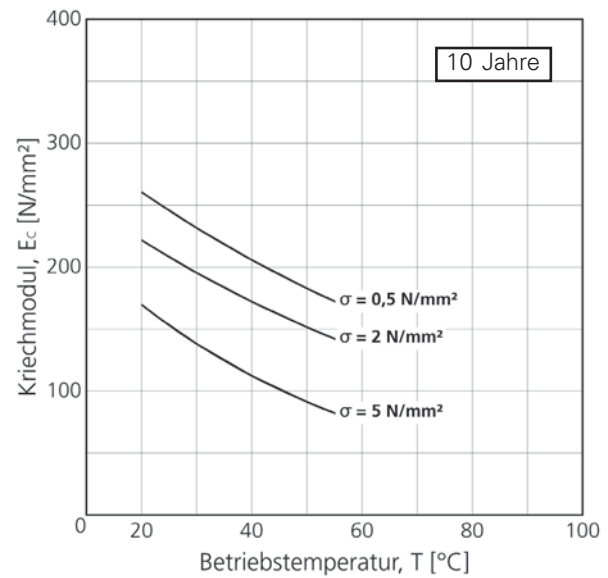
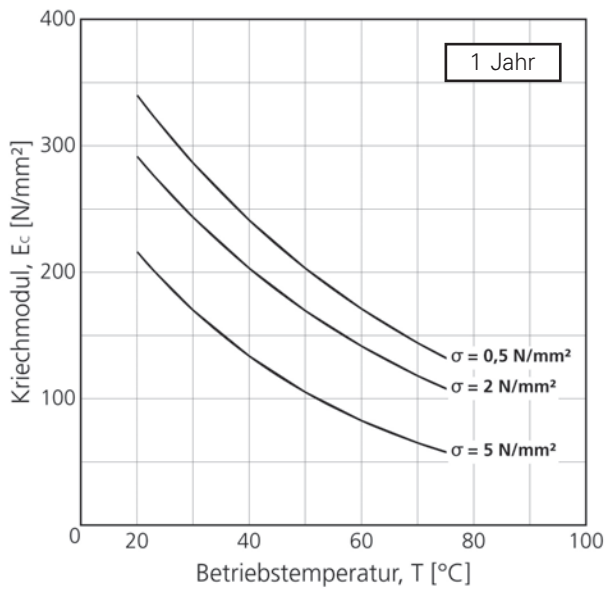


Abminderung des Kriechmodules

Der aus den hier abgebildeten Diagrammen ermittelte Kriechmodul ist für Stabilitätsberechnungen noch mit einem Sicherheitsfaktor von ≥ 2 abzumindern.

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

Kriechmodulkurven für PE 100 (nach DVS 2205, Teil 1)



Abminderung des Kriechmodules

Der aus den hier abgebildeten Diagrammen ermittelte Kriechmodul ist für Stabilitätsberechnungen noch mit einem Sicherheitsfaktor von ≥ 2 abzumindern.

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

Verlegerichtlinien

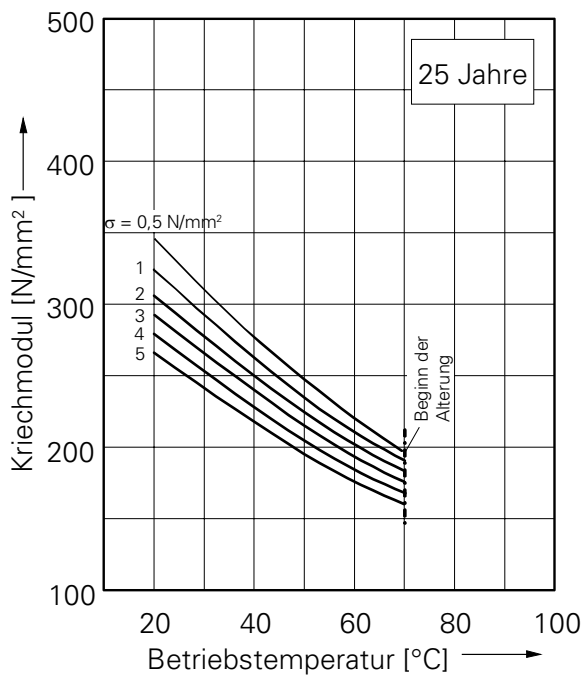
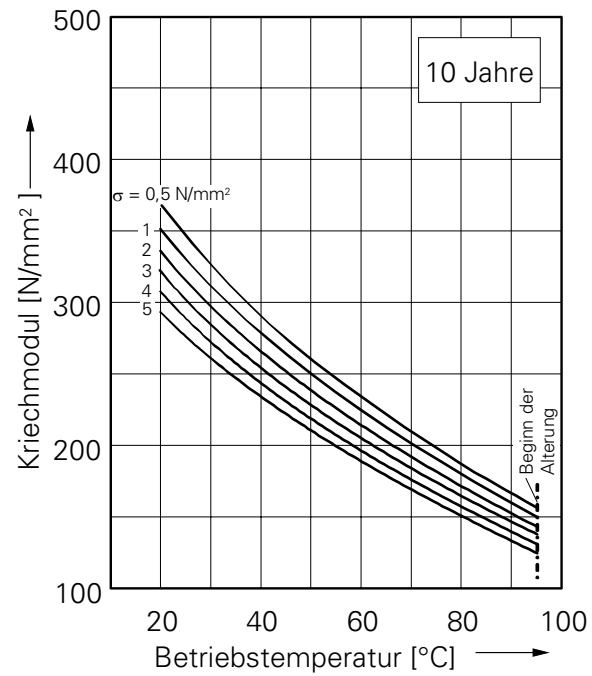
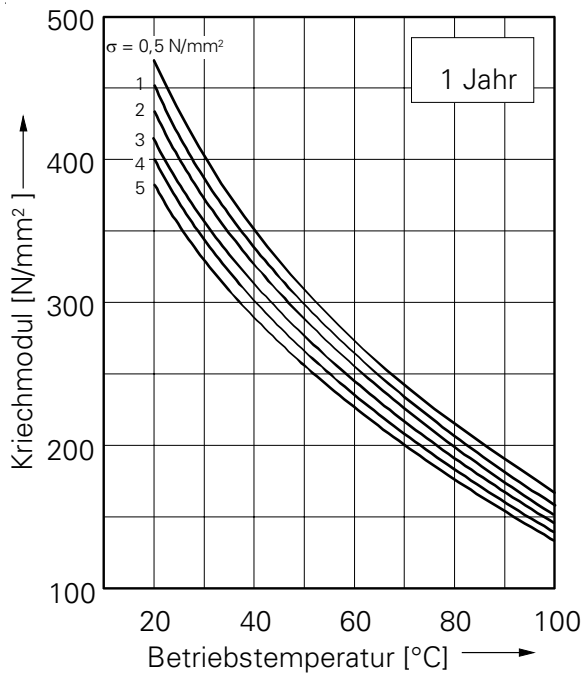
Kalkulationsrichtlinien

Verbindungstechnik

Doppelrohrsystem

Zulassungen und Normen

**Kriechmodulkurven für PP-H
(nach DVS 2205, Teil 1)**



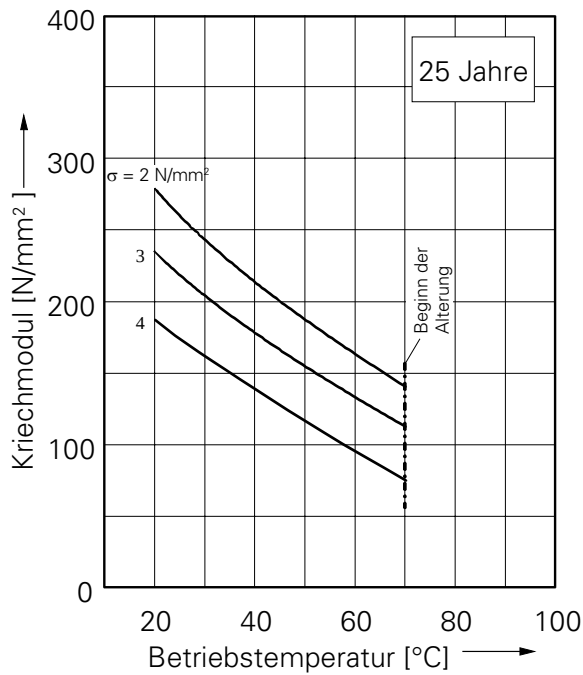
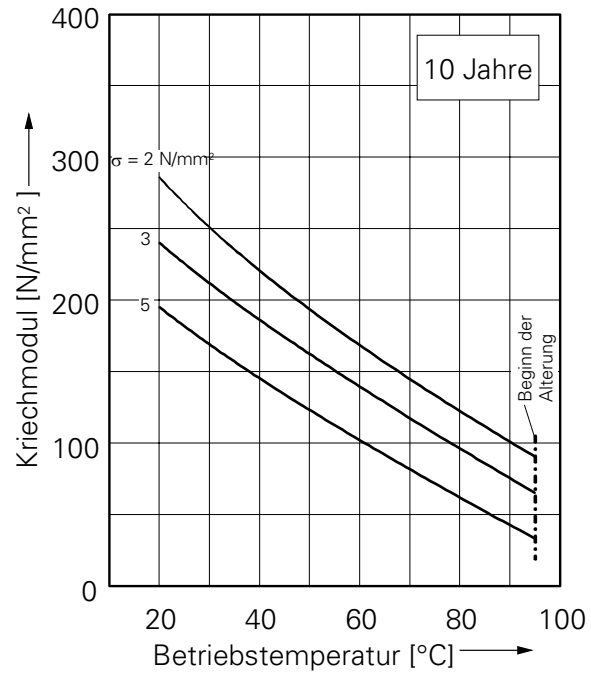
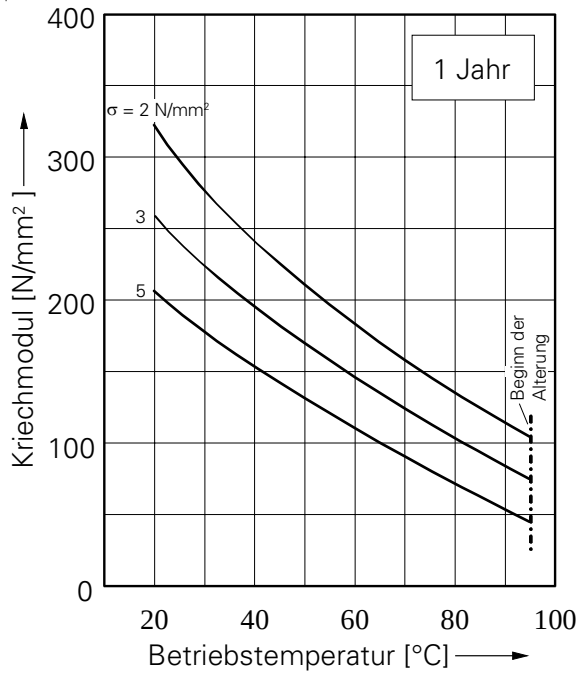
Abminderung des Kriechmodules

Der aus den hier abgebildeten Diagrammen ermittelte Kriechmodul ist für Stabilitätsberechnungen noch mit einem Sicherheitsfaktor von ≥ 2 abzumindern.

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



● **Kriechmodulkurven für PP-R/PP-B**
(nach DVS 2205, Teil 1)



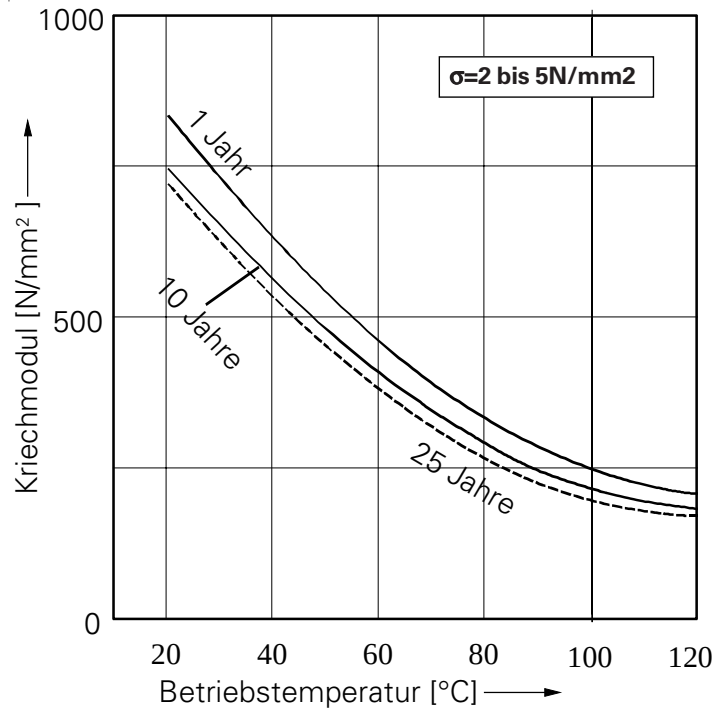
● **Abminderung des Kriechmodules**

Der aus den hier abgebildeten Diagrammen ermittelte Kriechmodul ist für Stabilitätsberechnungen noch mit einem Sicherheitsfaktor von ≥ 2 abzumindern.

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



● Kriechmodulkurve für PVDF
(nach DVS 2205-1)



● Abminderung des Kriechmodules

Der aus den hier abgebildeten Diagrammen ermittelte Kriechmodul ist für Stabilitätsberechnungen noch mit einem Sicherheitsfaktor von ≥ 2 abzumindern.
Einflüsse durch chemische Beanspruchung oder durch Exzentrizität und Unrundheit sind gesondert zu berücksichtigen.

Zulässige Betriebsunterdrücke (Beuldrücke) für PE 80 und PE 100

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

Temperatur [°C]	Betriebsdauer [Jahre]	SDR-Reihe							
		41		33		17,6		11	
		Rohrserie S							
		20		16		8,3		5	
		zulässiger Betriebsunterdruck ¹⁾ [bar]							
		PE80	PE100	PE80	PE100	PE80	PE100	PE80	PE100
20	1	0,048	0,053	0,095	0,104	0,681	0,745	3,117	3,410
	10	0,039	0,041	0,076	0,079	0,545	0,566	2,496	2,952
	25	0,035	0,036	0,069	0,071	0,498	0,508	2,278	2,326
30	1	0,038	0,044	0,075	0,087	0,542	0,622	2,482	2,845
	10	0,031	0,036	0,062	0,070	0,445	0,499	2,038	2,284
	25	0,029	0,033	0,057	0,064	0,411	0,457	1,880	2,092
40	1	0,031	0,037	0,060	0,072	0,434	0,519	1,988	2,374
	10	0,026	0,031	0,050	0,061	0,363	0,439	1,664	2,011
	25	0,024	0,029	0,047	0,057	0,339	0,411	1,551	1,882
50	1	0,024	0,031	0,048	0,060	0,348	0,433	1,593	1,981
	10	0,021	0,028	0,041	0,054	0,297	0,387	1,358	1,772
60	1	0,020	0,026	0,039	0,050	0,280	0,361	1,283	1,653
70	1	0,016	0,022	0,031	0,042	0,225	0,301	1,029	1,379
80	1	0,012	0,018	0,024	0,035	0,178	0,251	0,818	1,151

¹⁾Diese Betriebsunterdrücke wurden nach der Formel von Seite 42 berechnet.

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





Zulässige Betriebsunterdrücke (Beuldrücke) für PP-H und PP-R

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

Temperatur [°C]	Betriebsdauer [Jahre]	SDR-Reihe							
		41		33		17,6		11	
		Rohrserie S							
		20		16		8,3		5	
zulässiger Betriebsunterdruck 1) [bar]									
		PP-H	PP-R	PP-H	PP-R	PP-H	PP-R	PP-H	PP-R
20	1	0,080	0,060	0,170	0,125	1,11	0,83	5,15	3,80
	10	0,060	0,050	0,130	0,110	0,86	0,73	3,95	3,35
	25	0,055	0,050	0,120	0,110	0,78	0,70	3,65	3,25
30	1	0,070	0,050	0,150	0,110	0,96	0,71	4,45	3,30
	10	0,055	0,045	0,115	0,100	0,75	0,64	3,50	2,95
	25	0,050	0,045	0,110	0,095	0,71	0,61	3,30	2,85
40	1	0,060	0,045	0,130	0,095	0,83	0,62	3,85	2,85
	10	0,050	0,040	0,105	0,090	0,68	0,57	3,15	2,65
	25	0,045	0,040	0,100	0,085	0,64	0,55	2,95	2,55
50	1	0,050	0,040	0,110	0,080	0,73	0,53	3,40	2,45
	10	0,045	0,035	0,095	0,075	0,61	0,49	2,85	2,30
	25	0,040	0,035	0,090	0,075	0,57	0,48	2,65	2,20
60	1	0,045	0,035	0,100	0,070	0,64	0,47	2,95	2,15
	10	0,040	0,030	0,085	0,065	0,55	0,43	2,55	2,00
	25	0,035	0,030	0,080	0,065	0,52	0,42	2,40	1,95
70	1	0,040	0,030	0,085	0,060	0,57	0,41	2,65	1,90
	10	0,035	0,025	0,075	0,055	0,49	0,37	2,25	1,70
	25	0,030	0,025	0,070	0,055	0,46	0,36	2,15	1,65
80	1	0,035	0,025	0,075	0,050	0,50	0,34	2,30	1,60
	10	0,030	0,020	0,065	0,045	0,44	0,31	2,20	1,45
95	1	0,030	0,020	0,065	0,040	0,41	0,27	1,90	1,25
	10	0,025	0,015	0,055	0,035	0,35	0,23	1,65	1,05

1) Diese Betriebsunterdrücke wurden nach der Formel von Seite 42 berechnet.
Für den jeweiligen Anwendungsfall sind diese Betriebsunterdrücke noch mit den entsprechenden Abminderungsfaktoren durch chemischen Einfluss oder Unrundheit zu reduzieren.

Zulässige Betriebsunterdrücke (Beuldrücke) für PVDF

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

Temperatur [°C]	Betriebsdauer [Jahre]	SDR-Reihe	
		33	21
		Rohrserie S	
		16	8
		zulässiger Betriebsunterdruck 1) [bar]	
PVDF			
20	1	0,28	1,18
	10	0,26	1,08
	25	0,20	1,04
30	1	0,26	1,05
	10	0,23	0,95
	25	0,23	0,92
40	1	0,23	0,93
	10	0,21	0,85
	25	0,20	0,85
50	1	0,20	0,82
	10	0,19	0,74
	25	0,17	0,70
60	1	0,17	0,70
	10	0,16	0,63
	25	0,15	0,60
70	1	0,15	0,60
	10	0,13	0,53
	25	0,12	0,50
80	1	0,13	0,52
	10	0,11	0,45
	25	0,10	0,42
90	1	0,11	0,43
	10	0,09	0,37
	25	0,08	0,35
100	1	0,09	0,36
	10	0,08	0,32
	25	0,07	0,29
110	1	0,07	0,30
	10	0,06	0,26
	25	0,06	0,23
120	1	0,06	0,26
	10	0,06	0,24
	25	0,05	0,21

1) ...Diese Betriebsunterdrücke wurden nach der Formel von Seite 42 berechnet.
Für den jeweiligen Anwendungsfall sind diese Betriebsunterdrücke noch mit den entsprechenden Abminderungsfaktoren durch chemischen Einfluss oder Unrundheit zu reduzieren.

Verlegerichtlinien

Kalkulationsrichtlinien

Verbindungstechnik

Doppelrohrsystem

Zulassungen und Normen

Zulässige Betriebsunterdrücke (Beuldrücke) für Lüftungsrohre aus PP-H und PE.

100000Pa = 1bar

Die in den Tabellen enthaltenen maximal zulässigen Unterdrücke in Pascal wurden mit einem Sicherheitsfaktor von 2,0 (Mindestsicherheitsfaktor für Stabilitätsberechnungen) berechnet.

Rohrdimension da x s [mm]	Material	zulässige Betriebsunterdrücke in Pascal [Pa] für verschiedene Betriebstemperaturen und Betriebsdauer							
		20°C		30°C		40°C		50°C	
		10 Jahre	25 Jahre	10 Jahre	25 Jahre	10 Jahre	25 Jahre	10 Jahre	25 Jahre
140 x 3,0	PP-H	4200	3800	3650	3450	3350	3100	3000	2800
160 x 3,0	PP-H	2750	2500	2400	2300	2200	2050	1950	1850
180 x 3,0	PP-H	1900	1750	1700	1600	1550	1400	1350	1250
200 x 3,0	PP-H	1400	1250	1200	1150	1100	1050	1000	900
225 x 3,5	PP-H	1550	1400	1350	1300	1250	1150	1100	1050
250 x 3,5	PP-H	1100	1000	1000	900	900	850	800	750
280 x 4,0	PP-H	1200	1100	1050	1000	950	900	850	800
315 x 5,0	PP-H	1650	1500	1450	1350	1300	1250	1150	1100
355 x 5,0	PP-H	1150	1050	1000	950	900	850	800	750
400 x 6,0	PP-H	1400	1250	1200	1150	1100	1050	1000	900
400 x 8,0	PP-H	3400	3050	2950	2800	2700	2500	2400	2250
400 x 8,0	PE100	2035	1815	1705	1540	1375	1265	1100	-
450 x 6,0	PP-H	950	900	850	800	750	700	700	650
450 x 8,0	PP-H	2350	2150	2050	1950	1850	1750	1650	1550
450 x 8,0	PE100	1375	1265	1155	1045	935	880	770	-
500 x 8,0	PP-H	1700	1550	1500	1400	1350	1250	1200	1000
500 x 8,0	PE100	990	935	825	770	660	605	550	-
500 x 10,0	PP-H	3400	3050	2950	2800	2700	2500	2400	2250
500 x 10,0	PE100	2035	1815	1705	1540	1375	1265	1100	-
560 x 8,0	PP-H	1200	1100	1050	1000	950	900	850	800
560 x 10,0	PP-H	2400	2150	2100	1950	1900	1750	1700	1600
560 x 10,0	PE100	1430	1265	1210	1045	990	880	770	-
630 x 10,0	PP-H	1650	1500	1450	1350	1300	1250	1150	1100
630 x 10,0	PE100	990	880	825	715	660	605	550	-
710 x 12,0	PP-H	2000	1850	1750	1650	1600	1500	1450	1350
710 x 12,0	PE100	1210	1100	990	880	825	715	660	-
800 x 12,0	PP-H	1400	1250	1200	1150	1100	1050	1000	900
900 x 12,0	PE100	825	770	660	605	550	495	440	-
900 x 15,0	PP-H	1900	1750	1700	1600	1550	1400	1350	1250
900 x 15,0	PE100	1155	1045	935	880	770	715	605	-
1000 x 15,0	PP-H	1400	1250	1200	1150	1100	1050	1000	900
1000 x 15,0	PE100	825	770	660	605	550	495	440	-
1200 x 18,0	PP-H	1400	1250	1200	1150	1100	1050	1000	900
1200 x 18,0	PE100	825	770	660	605	550	495	440	-
1400 x 20,0	PP-H	1200	1100	1050	1000	950	900	850	800
1400 x 20,0	PE100	715	660	605	550	495	440	385	-

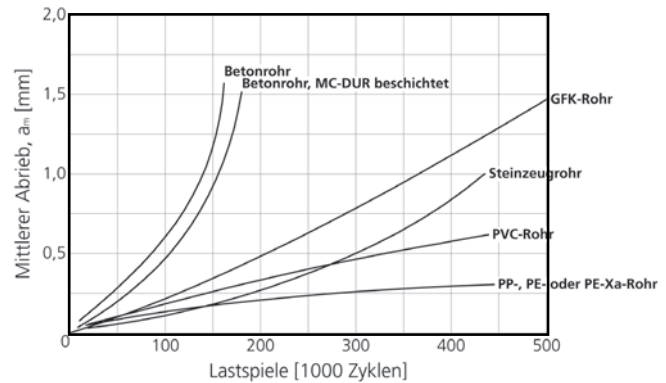
Diese Betriebsunterdrücke wurden nach der Formel von Seite 42 berechnet. Für den jeweiligen Anwendungsfall sind diese Betriebsunterdrücke noch mit den entsprechen den Abminderungsfaktoren durch chemischen Einfluss oder Unrundheit zu reduzieren.

Verhalten bei abrasiven Durchflusstoffen

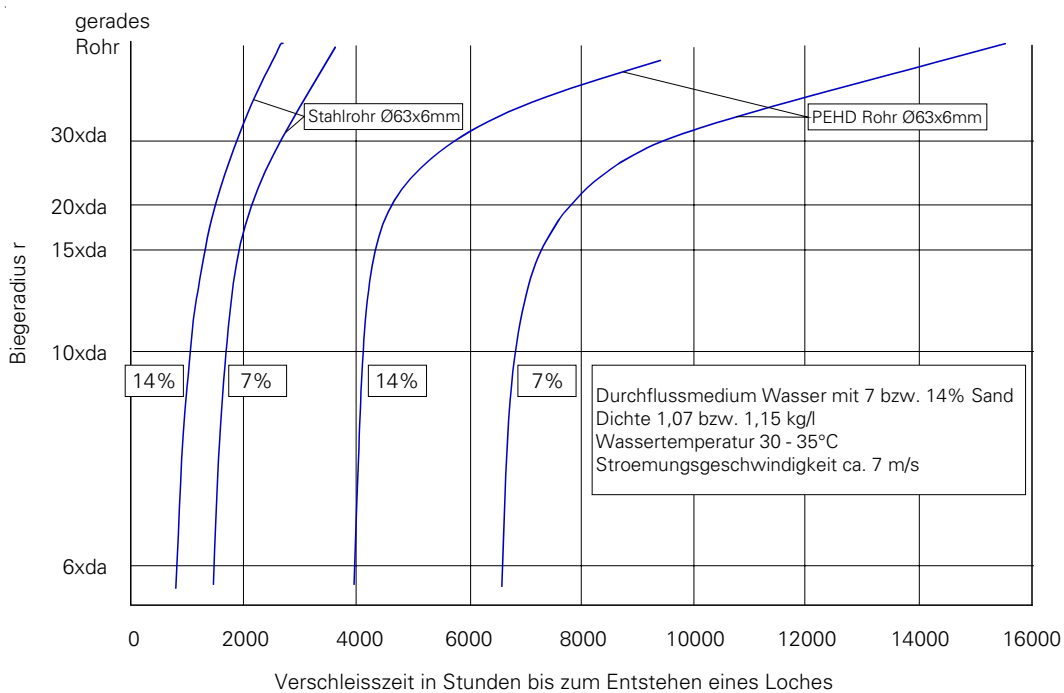
Prinzipiell eignen sich Kunststoffrohre wesentlich besser zum Transport von Flüssig-Feststoff-Gemischen als z.B. Betonrohre oder auch Stahlrohre. Hier liegen neben verschiedenen Versuchsergebnissen bereits auch positive Erfahrungen in vielen Anwendungsfällen vor. Bei dem an der Technischen Hochschule Darmstadt entwickelten Verfahren wird eine 1 Meter lange Rohr-Halbschale 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 Kunststoffrohren für den Feststofftransport in Freispigelleitungen ersehen.

Abriebverhalten nach Verfahren Darmstadt

Medium: Quarzsand-Kies-Wasser-Gemisch mit 46 Vol.-% Quarzsand/Kies, Körnung bis 30 mm



Verschleißzeit von PE-HD- und Stahlrohrkrümmern unterschiedlicher Biegeradien in Abhängigkeit vom Feststoffanteil



Noch praxisbezogener sind Versuche, bei denen das Medium durch Rohrproben gepumpt wird, die in einer Rohrleitung eingebaut sind. Eine Möglichkeit, das Verschleissverhalten in einer solchen Anlage zu untersuchen, besteht darin, die Zeit bis zum Entstehen eines Loches zu bestimmen. Wie aus dem Diagramm ersichtlich ist, haben hier ebenfalls Kunststoffrohre (im speziellen Fall wurden PE-Rohre verwendet, wobei mit PP-Rohren gleichwertige oder leicht bessere Ergebnisse erzielt werden) einen wesentlichen Vorteil gegenüber Stahlrohren.

Zur Förderung trockener, abrasiv wirkender Durchflusstoffe ist Polypropylen nur bedingt einsetzbar. Auch sollten hier wegen einer möglichen statischen Aufladung nur elektrisch leitfähige Materialien (PE-el, PP-R-s-el) verwendet werden. Die Verwendbarkeit ist im Einzelfall mit unserer anwendungstechnischen Abteilung abzustimmen.

Allgemeine chemische Beständigkeit PE & PP

Zum Unterschied von 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 und PP sind gegen wässrige Lösungen von Salzen, Säuren und Alkalien beständig, sofern es sich hier 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 Spannungsriss-Korrosion stark reduzieren.



Laugen

Alkalilaugen

Wässrige Lösungen von Alkalien (z.B. Kalilauge, Natronlauge, ...) reagieren auch bei erhöhter Temperatur und hohen Konzentrationen nicht mit PP und PE und sind daher im Gegensatz zu PVDF oder anderen Fluorthermoplasten ohne Probleme einsetzbar.

Bleichlauge

Da diese Laugen aktives Chlor enthalten, muss man bereits bei Raumtemperatur von einer bedingten Beständigkeit ausgehen.

Bei höheren Temperaturen und Konzentrationen des aktiven Chlors sind PP und PE nur noch für drucklose Rohrleitungssysteme und Behälter geeignet.

Kohlenwasserstoffe

PP ist gegen Kohlenwasserstoffe (Benzin sowie andere Treibstoffe) bereits bei Raumtemperatur nur mehr bedingt beständig (Quellung > 3 %).

PE hingegen kann bis zu Temperaturen von 40 °C für den Transport und 60°C für die Lagerung dieser Medien herangezogen werden.

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

Säuren

Schwefelsäure

Konzentrationen bis ca. 70% verändern die Eigenschaften von PP und PE nur geringfügig. Konzentrationen über 80% wirken bereits bei Raumtemperatur oxidierend. Bei höheren Temperaturen kann diese Oxidation sogar eine Verkohlung der Oberfläche bei PP-Halbzeugen bewirken.

Salzsäure, Flusssäure

Gegenüber konzentrierter Salzsäure und Flusssäure sind PP und 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.

Für derartige Anwendungsfälle haben sich Doppelrohrsysteme bewährt.

Salpetersäure

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

Phosphorsäure

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

Für nähere Informationen bezüglich der chemischen Beständigkeit unserer Produkte steht Ihnen unsere anwendungstechnische Abteilung jederzeit gerne zur Verfügung.

Aktuelle Beständigkeitslisten sind jederzeit unter www.agru.at abrufbar.

Chemische Widerstandsfähigkeit PVDF

PVDF besitzt insgesamt eine ausgezeichnete Widerstandsfähigkeit gegenüber einer breiten Palette von Chemikalien.

Besonders gut widersteht PVDF den Angriffen der meisten anorganischen und organischen Säuren, aliphatischen und aromatischen Kohlenwasserstoffen, Alkoholen und halogenierten Lösemitteln.

Mit Ausnahme von Fluor ist PVDF auch widerstandsfähig gegenüber Halogenen (Chlor, Brom, Jod).

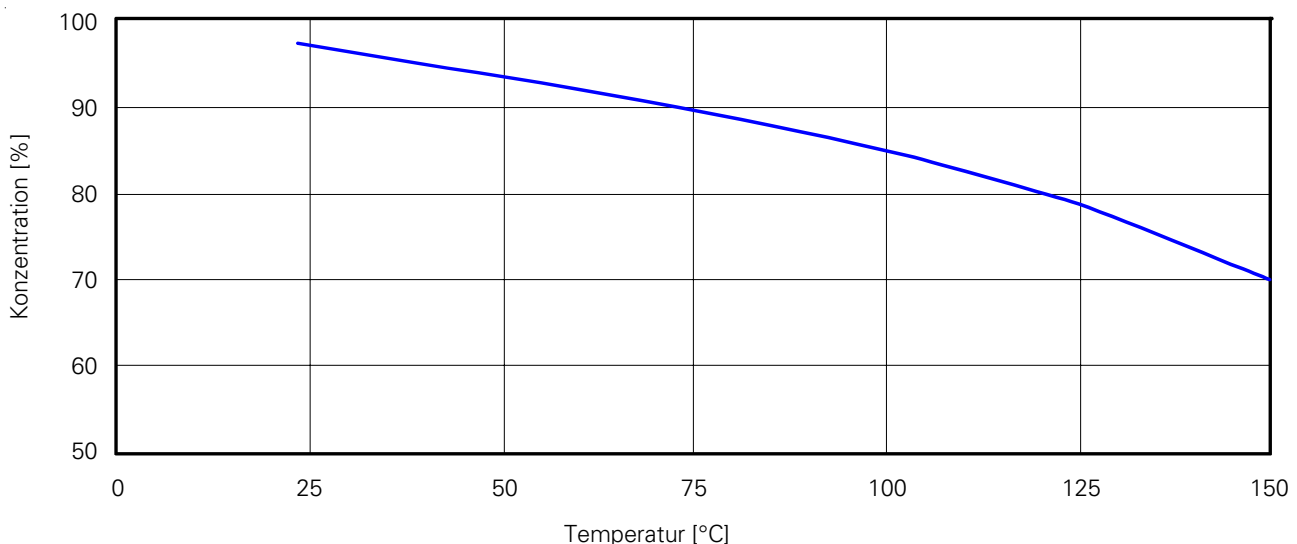
Allgemein ist PVDF nicht geeignet für die folgenden Medien, weil diese zu einer Zersetzung führen können:

- Amine, basische Medien mit einem pH-Wert ≥ 12
- Verbindungen, die unter gewissen Umständen freie Radikale erzeugen können,
- rauchende Schwefelsäure
- stark polare Lösemittel (Aceton, Ethylacetat, Dimethylformamid, Dimethylacetamid, ...); hierbei kann es zur Lösung oder zum Quellen des PVDF's kommen
- Alkalimetalle in geschmolzenem Zustand oder Amalgam.

Zu beachten ist auch die Möglichkeit der Spannungsrisssbildung (Stress Cracking). Hierzu kann es bei PVDF kommen, wenn der Kunststoff, in einem Milieu, von pH-Wert ≥ 12 oder bei Anwesenheit von freien Radikalen (beispielsweise elementares Chlor) gleichzeitig einer mechanischen Beanspruchung ausgesetzt wird.

Maximal zulässige H_2SO_4 -Konzentration für PVDF Rohre in Abhängigkeit der Temperatur auf Versuchen in der Dechema Konsole.

Maximal zulässige H_2SO_4 - Konzentration



Anwendungsbeispiel: Schwefelsäure

PVDF wird dem Angriff von konzentrierter Schwefelsäure ausgesetzt. Durch das freie SO_3 in der Schwefelsäure kann es bei mechanischer Beanspruchung zur Spannungsrisssbildung (Stress Cracking) kommen. Bei hohen Temperaturen kann der Gehalt an freiem SO_3 selbst bei stärker verdünnten Schwefelsäurelösungen ausreichen, um zur Spannungsrisssbildung bei PVDF zu führen.

Um die zulässigen Drücke in Gegenwart von Schwefelsäure und in Abhängigkeit der Temperatur zu bestimmen, wurde das Verhalten von Rohren aus PVDF bei unterschiedlichen Drücken und Temperaturen in der DECHEMA-Konsole untersucht.

In jedem Anwendungsfall sind die folgenden wesentlichen Parameter zu berücksichtigen:

Eigenschaften des fertigen Teils aus PVDF

- chemische Beschaffenheit und Aggregatzustand der Verbindung(en), die mit dem Formteil aus PVDF in Berührung kommt/kommen
- Konzentration
- Temperatur
- Zeit
- eventuelle Diffusion oder Löslichkeit

Aktuelle Beständigkeitslisten sind jederzeit unter www.agru.at abrufbar.



Chemische Widerstandsfähigkeit ECTFE

ECTFE besitzt eine herausragende chemische Beständigkeit und hervorragende Barriere-Eigenschaften. Es wird praktisch nicht angegriffen von den meisten in der Industrie verwendeten korrosiven Chemikalien, z.B. starken mineralischen und oxidierenden Säuren, Alkalien, Metall-Ätz-Produkten, flüssigem Sauerstoff, und praktisch allen organischen Lösemitteln, außer heißen Aminen (z.B. Anilin, Dimethylamin).

Die Beständigkeitsdaten für Lösemittel in untenstehender Tabelle wurden mit unverdünnten Lösemitteln geprüft. Da chemischer Angriff von der Konzentration abhängt, ist bei geringerer Konzentration der aufgeführten Medien ein geringerer Effekt als in der Tabelle gezeigt zu erwarten.

Wie andere Fluorkunststoffe wird ECTFE von Natrium und Kalium angegriffen. Der Angriff hängt von der Einwirkzeit und der Temperatur ab. ECTFE und andere Fluorpolymere können durch den Kontakt mit bestimmten halogenierten Lösemitteln quellen; dieser Effekt beeinflusst normalerweise die Gebrauchsfähigkeit nicht. Ist das Lösemittel entfernt und die Oberfläche trocken, kehren die mechanischen Eigenschaften zu ihren ursprünglichen Werten zurück, ein Hinweis, dass kein chemischer Angriff stattfand.

Aktuelle Beständigkeitslisten sind jederzeit unter www.agru.at abrufbar.

Chemikalie	Temperatur [°C]	Gewichts- zunahme [%]	Einfluss auf Zugmodul	Einfluss auf Reissdehnung
Mineralsäuren				
Schwefelsäure 78%	23	< 0,1	U	U
	121	< 0,1	U	U
Salzsäure 37%	23	< 0,1	U	U
	75-105	0,1	U	U
Salzsäure 60%	23	< 0,1	U	U
Chlorsulfonsäure 60%	23	0,1	U	U
Oxidierende Säuren				
Salpetersäure 70%	23	< 0,1	U	U
	121	0,8	A	C
Chromsäure 50%	23	< 0,1	U	U
	111	0,4	U	U
Königswasser	23	0,1	U	U
	75-105	0,5	U	U
Lösemittel				
Aliphate	23	0,1	U	U
Hexan	54	1,4	A	U
Isooktan	23	< 0,1	U	U
	116	3,3	A	U
Aromate				
Benzol	23	0,6	U	U
	74	7	C	U
Toluol	23	0,6	U	U
	110	8,5	C	U
Alkohole				
Methanol	23	0,1	U	U
	60	0,4	A	U
Butanol	23	< 0,1	U	U
	118	2,0	A	U
Klassische Kunst- stoff-Lösemittel				
Dimethylformamid	73	2,0	A	U
Dimethylsulfoxid	73	0,1	U	U

U-Unbedeutend
A-Reduzierung um 25-50%
B-Reduzierung um 50-75%
C-Reduzierung um > 75%

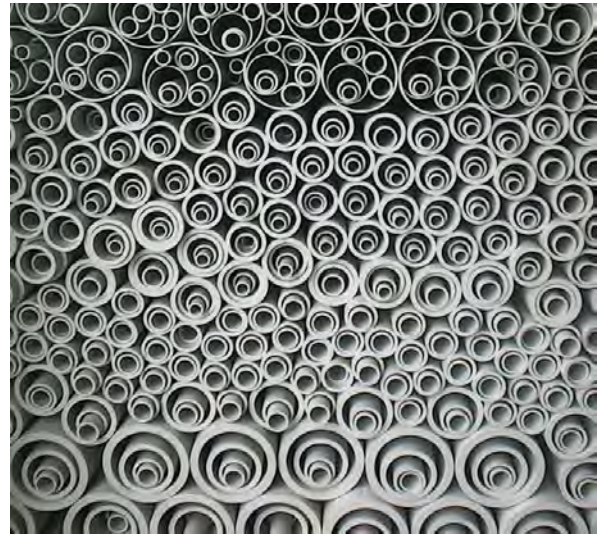
Transport und Handling

Beim Transport und Handling von Rohren und Formstücken sind folgende Richtlinien einzuhalten, damit es zu keinen Beschädigungen kommen kann:

Rohre aus PP-H, Sondermaterialien (PP-R-s-el, PP-H-s, PE-el) und vorkonfektionierte Bauteile (z.B. segmentierte Bögen) dürfen unter 0°C Rohrwandtemperatur nur mit besonderer Vorsicht verladen bzw. transportiert werden.

Schlag- und Biegebeanspruchungen bei Temperaturen < 0°C sind zu vermeiden.

Beschädigungen der Oberfläche (Kratzer, Riefen,...), wie sie z.B. durch Schleifen von Rohren entstehen, sind zu vermeiden.



Lagerung

Bei der Lagerung von Rohren und Formstücken sind die nachstehend angeführten Vorschriften einzuhalten, um eine Qualitätsminderung zu vermeiden:

Die Lagerfläche muss eben und frei von Unrat wie Steinen, Schrauben, Nägel, etc. sein.

Beim Stapeln von Rohren dürfen Lagerhöhen von 1m nicht überschritten werden. Um ein Wegrollen der Rohre zu verhindern, sind Holzkeile an den außenliegenden Rohren beizulegen. Bei Rohren > 630mm dürfen maximal zwei Reihen übereinander gelagert werden. Rohre > 1000mm müssen lose gelagert werden.

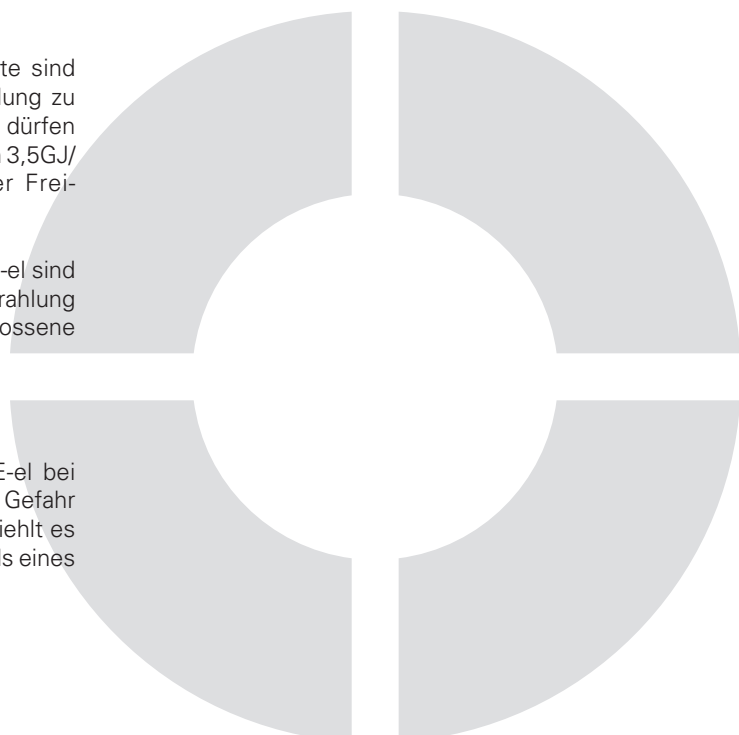
Rohre müssen flach und ohne Biegebeanspruchung, wenn möglich im Holzverschlag, gelagert werden.

Naturfarbene und grau eingefärbte Produkte sind bei einer Lagerung im Freien vor UV-Strahlung zu schützen. Eingefärbte Rohre (orange, blau) dürfen gemäß EN 12007-2 einer max. Belastung von 3,5GJ/m² ausgesetzt sein (das entspricht einer Freilagerung von 12 Monaten in Mitteleuropa).

Rohre und Formstücke aus PP-R-s-el und PE-el sind bei der Lagerung vor Feuchtigkeit und UV-Strahlung zu schützen (keine Freibewitterung, geschlossene und trockene Lagerräume verwenden).

Achtung!

Da bei den Sondertypen PP-R-s-el und PE-el bei einer Lagerungsdauer über 12 Monate die Gefahr einer Feuchtigkeitsaufnahme besteht, empfiehlt es sich, die Verwendbarkeit des Materials mittels eines Schweißversuches zu überprüfen.



Allgemeine Verlegerichtlinien

Aufgrund der geringeren Steifigkeit und Festigkeit sowie der höheren temperaturbedingten Längenänderung von thermoplastischen Kunststoffen im Vergleich zu metallischen Werkstoffen ergeben sich folgende Anforderungen für die Befestigung von Rohrleitungsteilen: 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.

Befestigungen müssen so ausgelegt sein, dass punktförmige Belastungen vermieden werden, das heißt die Auflageflächen müssen möglichst breit und dem Außendurchmesser angepasst sein (Umschlingungswinkel möglichst $> 90^\circ$ wählen).

Die Oberflächen der Befestigungen müssen so beschaffen sein, dass mechanische Beschädigungen der Rohroberfläche vermieden werden.

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

Befestigung mittels Rohrschellen

Befestigungen für Kunststoffrohrleitungssysteme sind aus Kunststoff oder Stahl lieferbar. Stahlschellen müssen unbedingt mit Bändern aus PE oder Elastomeren ausgelegt werden, da ansonsten die weichere Oberfläche des Kunststoffrohres beschädigt werden kann.

Besonders gut eignen sich für die Verlegung AGRU-Kunststoff-Rohrschellen sowie Rohrhalter. Diese sind universell einsetzbar und speziell auf die Toleranzen des Kunststoffrohres abgestimmt. Somit dienen sie auch z.B. als Gleitlager bei horizontal verlegten Rohrleitungen, um vertikal gerichtete Kräfte aufzunehmen. Ein weiterer Einsatzbereich der AGRU-Rohrschelle ist die Funktion eines Führungslagers, welches ein seitliches Ausknicken der Rohrleitung verhindern soll, da sie auch Querkräfte aufnehmen kann. Für kleinere Rohrdurchmesser ($< 63\text{mm}$) empfiehlt es sich, um die Stützweitenabstände zu vergrößern, als Unterstützung der Rohrleitung Stahlhalbschalen zu verwenden.

Verlegetemperatur

Die jeweilige Mindestinstallationstemperatur je Schweißverfahren ist einzuhalten.

Verlegerichtlinien für elektrisch leitfähige Materialien

Es gelten im wesentlichen die allgemeinen Verlegebedingungen.

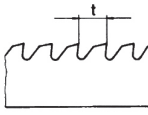
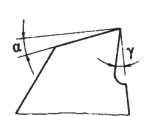
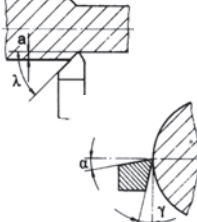
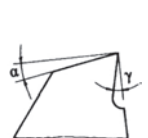
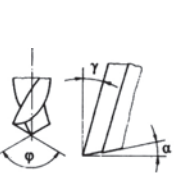
Bei der Anbringung der Erdungsschellen muss jedoch speziell darauf geachtet werden, dass die Rohroberfläche unterhalb der Schelle abgeschabt wird. Dies ist deshalb unbedingt erforderlich, damit die eventuell vorhandene Oxidschicht entfernt wird, um den notwendigen Oberflächenwiderstand von $< 10^6 \text{ Ohm}$ gewährleisten zu können.

Bei Flanschverbindungen sind elektrisch leitfähige Flansche oder Stahlflansche zu verwenden.

Das fertig verlegte und geerdete Rohrleitungssystem ist hinsichtlich der Ableitwiderstände unbedingt einer Endüberprüfung durch ein geeignetes Fachpersonal zu unterziehen.



Spanabhebende Bearbeitung von PP und PE (gültig für das Trennen, Drehen, Fräsen und Bohren)

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

Spanabhebende Bearbeitung von PVDF und ECTFE

Die spanende Bearbeitung von PVDF und ECTFE Formteilen und Rohren bereitet keine besonderen Schwierigkeiten, wenn folgende Richtlinien beachtet werden:

Wenn nötig vor der Bearbeitung von größeren Flächen die Restspannung durch Nachtempern beseitigen.

Die Schnittgeschwindigkeit, Vorschub und die Schneidgeometrie so auslegen, 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).

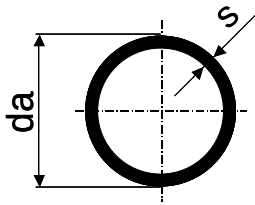
Als Bearbeitungsmaschinen können alle üblichen Metall- und Holzbearbeitungsmaschinen verwendet werden.

● Maßsysteme

Größe	Technisches Maßsystem	SI - Einheit (MKS-System) Gesetzliche Einheit	ASTM - Einheit
Länge	m	m 1m = 10dm = 100cm = 1000mm 1000m = 1km	ft 1Meile (naut.) = 1,852km 0,9144m = 1yd = 3ft 25,4mm = 1 inch
Fläche	m ²	m ² 1m ² = 100dm ² = 10000cm ²	yd ² 0,836m ² = 1yd ² 1yd ² = 9ft ²
Volumen	m ³	m ³ 1m ³ = 10 ³ dm ³ = 10 ⁶ cm ³	yd ³ 0,765m ³ = 1yd ³ 1yd ³ = 27ft ³
Kraft	kp 1N = 0,102kp 1kp = 9,81N	N 1N = 1kgm/s ² = 10 ⁵ dyn	lb 1lb = 4,447N = 32poundals
Druck	kp/m ² 1N/cm ² = 0,102kp/cm ² 0,1bar = 1mWS 1bar = 750Torr 1bar = 750 mmHg 1bar = 0,99atm	bar 1bar = 10 ⁵ Pa = 0,1N/mm ² 10 ⁶ Pa = 1MPa = 1N/mm ²	psi 1bar = 14,5psi = 14,5lb/sq in
mechanische Spannung	kp/mm ² 1N/mm ² = 0,102kp/mm ²	N/mm ²	psi 1N/mm ² = 145,04psi = 145,04lb/sq in
Geschwindigkeit	m/s	m/s	ft/sec. 1m/s = 3,2808ft/sec.
Dichte	g/cm ³	g/cm ³	psi 1g/cm ³ = 14,22x10 ⁻³ psi
Volumen	m ³	m ³	cu ft 1m ³ = 35,3147 cu ft = 1,3080 cu yd 1cm ³ = 0,061 cu in
Temperatur	°C	°C 1°C = 1[°C+273,15]°K	°F °F = 1,8 x °C + 32

SDR - Standard Dimension Ratio

(Verhältnis Außendurchmesser zu Wandstärke)



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

Beispiel:
da = 110mm
s = 10mm

$$SDR = \frac{da}{s} = \frac{110}{10} = 11$$

SDR ... Standard Dimension Ratio

da ... Außendurchmesser [mm]

s ... Wanddicke [mm]

S - Reihe

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

Beispiel:
SDR11

$$s = \frac{SDR - 1}{2} = \frac{11 - 1}{2} = 5$$

SDR ... Standard Dimension Ratio

Bauteil Betriebsdruck

$$p_B = \frac{20 \cdot \sigma_v}{(SDR - 1) \cdot C_{\min}}$$

Beispiel:
PE 100, 20°C, 50Jahre, Wasser (d.h. $\sigma_v = 10\text{N/mm}^2$)
SDR11
 $C_{\min} = 1,25$

$$p_B = \frac{20 \cdot \sigma_v}{(SDR - 1) \cdot C_{\min}} = \frac{20 \cdot 10}{(11 - 1) \cdot 1,25} = 16$$

p_B ... Bauteil Betriebsdruck [bar]

σ_v ... Vergleichsspannung [N/mm²]
(siehe Zeitstandskurve für jeweiliges Material)

SDR ... Standard Dimension Ratio

C_{min} ... minimaler Sicherheitsfaktor
(siehe Tabelle unterhalb)

Material	Temperatur		
	10 bis 40°C	40 bis 60°C	über 60°C
PE 80	1,25		
PE 100	1,25		
PP-H	1,6	1,4	1,25
PP-R	1,25		
PVDF	1,6		
ECTFE	1,6		



Betriebsdrücke für wassergefährdende Medien

Um den jeweiligen zulässigen höchsten Betriebsüberdruck beim Transport von wassergefährdenden Flüssigkeiten zu berechnen, ist als Ausgangswert der Bauteil-Betriebsdruck p_B für die entsprechenden Parameter aus der betreffenden Betriebsdrucktabelle (gültig für Wasser) zu entnehmen.

Anschließend ist dieser Betriebsdruck mit den jeweiligen Abminderungsfaktoren zu reduzieren. Der Gesamtsicherheitsfaktor beträgt dabei in allen Fällen mindestens 2,0, bei den schlagempfindlichen, modifizierten Werkstoffen ist er höher (bei PE-el 2,4, bei PP-s und PP-R-s-el 3,0).

$$p_a = \frac{p_B}{f_{AP} \cdot f_{CR} \cdot A_Z}$$

p_a Betriebsüberdruck der jeweiligen Applikation [bar]

p_B Bauteil-Betriebsüberdruck gültig für Wasser [bar] (siehe Seiten 10 bis 21)

f_{AP} Applikationsfaktor
ist ein zusätzlicher Abminderungsfaktor, der durch Multiplikation mit den C-Faktoren nach DIN einen Gesamtsicherheitsfaktor von mindestens 2,0 ergibt (siehe nachstehende Tabelle)

f_{CR} chemischer Resistenzfaktor

A_Z Abminderungsfaktor für die spezifische Zähigkeit

Beispiel:

PE 100, 20°C, 50Jahre, Wasser (d.h. $\sigma_v=10\text{N/mm}^2$)
SDR11

$C_{\min}=1,25$

Chemikalie: H_2SO_4 (Schwefelsäure), Konzentration 53%, d.h. $f_{CR} = 2,0$ (nach DVS 2205, Teil1)

$$p_B = \frac{20 \cdot \sigma_v}{(SDR-1) \cdot C_{\min}} = \frac{20 \cdot 10}{(11-1) \cdot 1,25} = 16$$

$$p_a = \frac{p_B}{f_{AP} \cdot f_{CR} \cdot A_Z} = \frac{16}{1,6 \cdot 2,0 \cdot 1} = 5$$

Abminderungsfaktoren A_Z für die spezifische Zähigkeit bei niedrigen Temperaturen

Werkstoff	Betriebstemperatur	
	-10°C	+20°C
PE 80	1,2	1,0
PE 100	1,2	1,0
PE-el	1,6	1,4
PP-H	1,8	1,3
PP-R	1,5	1,1
PP-s	*)	1,7
PP-R-s-el	*)	1,7
PVDF	1,6	1,4

*) ... nicht einsetzbar

Applikationsfaktoren f_{AP} für wassergefährdende Medien

Werkstoff	Applikationsfaktor f_{AP}	C-Faktor (nach ISO 12162)	Gesamt-Sicherheitsfaktor bei 20°C ($f_{AP} \times C$)
PE 80	1,6	1,25	2,0
PE 100	1,6	1,25	2,0
PE-el	1,9	1,25	2,4
PP-H	1,25	1,6	2,0
PP-R	1,6	1,25	2,0
PP-s	2,4	1,25	3,0
PP-R-s-el	2,4	1,25	3,0
PVDF	1,25	1,6	2,0
ECTFE	1,25	1,6	2,0

Berechnung der notwendigen Rohrwanddicke $s_{\min}$

Festigkeitsberechnungen zu thermoplastischen Kunststoffrohrleitungen sind grundsätzlich auf der Basis von Langzeitkennwerten vorzunehmen. Die Festigkeitswerte können, in Abhängigkeit von der Temperatur, aus den Zeitstandkurven (siehe Seite 10 bis 21) entnommen werden.

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

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

$$\sigma_{zul} = \frac{\sigma_v}{C_{\min}}$$

$s_{\min}$ Mindestwanddicke [mm]

p Betriebsdruck [bar]

da Rohraußendurchmesser [mm]

σ_{zul} zul. Spannung [N/mm²]

σ_v ... Vergleichsspannung [N/mm²]

$C_{\min}$... minimaler Sicherheitsfaktor
(siehe Seite 39)

Aus dieser Formel kann man auch, falls erforderlich, die Vergleichsspannung σ_v bzw. den Betriebsdruck p errechnen.

$$\sigma_{zul} = \frac{p \cdot (da - s_{\min})}{20 \cdot s_{\min}}$$

$$p = \frac{20 \cdot \sigma_{zul} \cdot s_{\min}}{da - s_{\min}}$$

Beispiel:
PE 100, 20°C, 50 Jahre, Wasser (d.h. $\sigma_v=10\text{N/mm}^2$)
Betriebsdruck 16bar
Außendurchmesser $da=110\text{mm}$

$$\sigma_{zul} = \frac{\sigma_v}{C_{\min}} = \frac{10}{1,25} = 8$$

$$s_{\min} = \frac{p \cdot da}{20 \cdot \sigma_{zul} + p} = \frac{16 \cdot 110}{20 \cdot 8 + 16} = 10$$

$$\sigma_{zul} = \frac{p \cdot (da - s_{\min})}{20 \cdot s_{\min}} = \frac{16 \cdot (110 - 10)}{20 \cdot 10} = 8$$

$$\sigma_v = \sigma_{zul} \cdot C_{\min} = 8 \cdot 1,25 = 10$$



Beanspruchung durch äußeren Überdruck (Beuldruck)

In bestimmten Einzelfällen sind Rohrleitungssysteme einem äußeren Überdruck ausgesetzt:

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

$$p_k = \frac{10 \cdot E_c}{4 \cdot (1 - \mu^2)} \cdot \left(\frac{s}{r_m} \right)^3$$

p_k kritischer Beuldruck [bar]

E_c Kriechmodul (siehe Tabellen Seite 22 - 26)
[N/mm²] fuer t=25a

μ Querkontraktionszahl
(für Thermoplaste generell 0,38)

s Wanddicke [mm]

r_m mittlerer Rohrradius [mm]

Die Beulspannung kann anschließend direkt berechnet werden:

$$\sigma_k = p_k \cdot \frac{r_m}{s}$$

Beispiel:

PP-R Rohr SDR33

40°C, 25Jahre

EC=220N/mm² (Kriechmodulkurve Seite 25)

Außendurchmesser da=110

Wandstärke=3,4mm

zusätzlicher Sicherheitsfaktor von 2,0 (Mindestsicherheitsfaktor für Stabilitätsberechnungen)

$$\begin{aligned} p_k &= \frac{10 \cdot E_c}{4 \cdot (1 - \mu^2)} \left(\frac{s}{r_m} \right)^3 = \\ &= \frac{10 \cdot 220}{4 \cdot (1 - 0,38^2)} \left(\frac{3,4}{53,3} \right)^3 = 0,17 \\ p_k &= \frac{0,17}{2,0} = 0,085 \end{aligned}$$

$$\sigma_k = p_k \cdot \frac{r_m}{s} = 0,085 \cdot \frac{53,3}{3,4} = 1,33$$

AGRUCAD - CADENAS PARTdataManager

Mit der AGRUCAD CD-ROM haben Sie die Möglichkeit, alle AGRU Produkte direkt in verschiedene am Markt verfügbare CAD-Systeme einzubinden und als 2D-Zeichnung und 3D-Modell zu exportieren.

Dieses Tool ist als CD-ROM erhältlich und steht online auf unserer Homepage www.agru.at und auf dem PARTserver unter www.PARTserver.de zum Download bereit.

Die CD-ROM unterstützt die Neutralformate DXF 2D und STEP 3D (je nach Hersteller). Weitere 66 verschiedene CAD-Formate zum Herunterladen finden Sie auf unserer online Version.



Berechnung der notwendigen Versteifung für Rohre mit Beulbeanspruchung

Bei größeren Beuldruckbeanspruchungen wird sehr oft aus wirtschaftlichen Gründen eine Versteifung mittels aufgeschweißten Rippen verwendet, um wesentlich dünnere Rohrwanddicken zu ermöglichen.

Als Basis dazu dient in leicht abgeänderter Form die Formel für Beuldruckberechnung glatter Rohre.

Bei dieser Berechnung ist es notwendig, den vorhandenen kritischen Beuldruck zu kennen und die gewünschte Rohrwanddicke zu wählen. Somit kann aus der Formel der maximale Abstand der Versteifungsrippen ermittelt werden.

$$p_k = \frac{10 \cdot E_c}{4 \cdot (1 - \mu^2)} \cdot \left(\frac{s}{r_m} \right)^3 \cdot \left[1 + 50 \cdot \left(\frac{r_m}{L} \right)^2 \right]$$

p_k kritischer Beuldruck [bar]

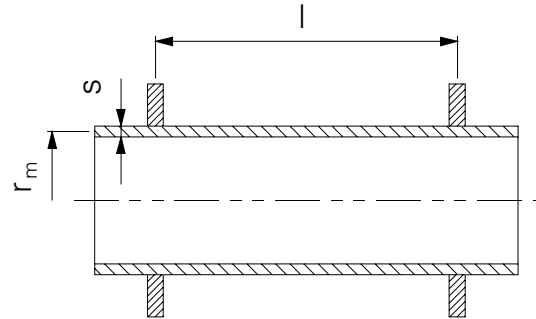
E_c Kriechmodul (siehe Tabellen Seite 22 - 26)
[N/mm²] fuer t=25a

μ Querkontraktionszahl
(für Thermoplaste generell 0,38)

s Wanddicke [mm]

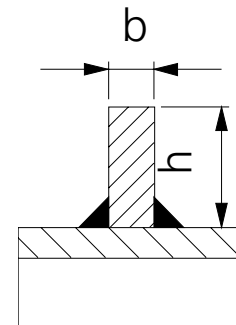
r_m mittlerer Rohrradius [mm]

L Abstand der Versteifungsrippen [mm]



Mittels des Versteifungsrippenabstandes kann das erforderliche Trägheitsmoment der aufgeschweißten Rippe ermittelt werden.

Anschließend kann wahlweise die Höhe oder Breite der Versteifungsrippen berechnet werden (einer dieser beiden Parameter ist zu wählen).



$$J = 3,35 \cdot \frac{r_m^2 \cdot s^3}{L}$$

$$J = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

J Trägheitsmoment [mm⁴]

r_m mittlerer Rohrradius [mm]

s Wanddicke [mm]

h Höhe der Versteifungsrippe [mm]

b Breite der Versteifungsrippe [mm]

Natürlich besteht auch die Möglichkeit, zuerst die gewünschten Versteifungsrippen in den Abmessungen zu fixieren und anschließend den maximal zulässigen kritischen Beuldruck für die gewünschte Rohrwanddicke und Dimension zu berechnen.

Festlegung des Rohrquerschnittes

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

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

$\dot{V}$ Volumenstrom[m³/h]

A freier Rohrquerschnitt [mm²]

v Strömungsgeschwindigkeit [m/s]

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

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

$\dot{m}$ Massenstrom[kg/h]

ρ Dichte des Mediums in Abhängigkeit von Druck und Temperatur[kg/m³]

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

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

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

d_i Rohrinnendurchmesser[mm]

Q' Fördermenge[m³/h]

Q'' Fördermenge[l/s]

v Strömungsgeschwindigkeit [m/s]

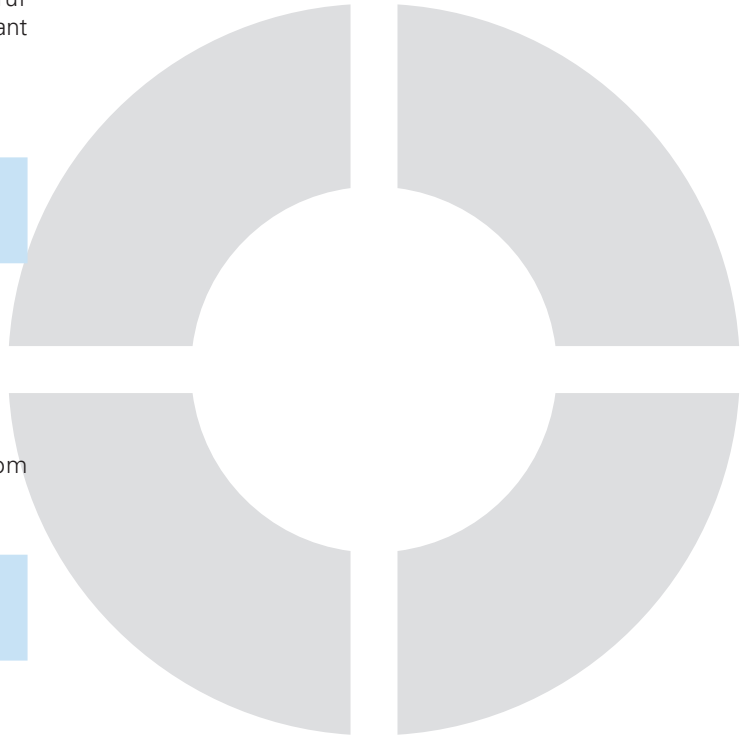
Richtwerte der Strömungsgeschwindigkeit für Flüssigkeiten:

$v \sim 0,5 \div 1,0$ m/s (Saugseite)

$v \sim 1,0 \div 3,0$ m/s (Druckseite)

Richtwerte der Strömungsgeschwindigkeit für Gase:

$v \sim 10 \div 30$ m/s



Ermittlung der hydraulischen Verluste

Strömende Medien in Rohrleitungen verursachen im Fördersystem Druck- und damit Energieverluste.

Maßgebend für die Größe der Verluste sind:

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

Berechnung der einzelnen Druckverluste

Druckverlust im geraden Rohr Δp_R

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

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

λ ...Rohrreibungszahl (0,02 in den meisten Fällen ausreichend)

L ...Rohrleitungslänge [m]

d_i ...Rohrinnendurchmesser[mm]

ρ ...Dichte des Mediums[kg/m³]

v ...Strömungsgeschwindigkeit [m/s]

Druckverlust in Formstücken Δp_{RF}

In Formstücken treten erhebliche Reibungs-, Umlenk- und Ablöseverluste auf. Die für die Berechnung notwendigen Widerstandsbeiwerte können entweder aus der DVS® 2210, Tabelle 9 (Auszug siehe Seite 46) oder aus anderer Fachliteratur entnommen werden.

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

ζ ...Widerstandsbeiwerte für Formstücke [-]

ρ ...Dichte des Mediums [kg/m³]

v ...Strömungsgeschwindigkeit [m/s]

Der gesamte Druckverlust Δp_{ges} ergibt sich aus der Summe folgender Einzel-Verluste:

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

Druckverlust in Armaturen Δp_{RA}

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

ζ ...Widerstandsbeiwert für Armaturen [-]

ρ ...Dichte des Mediums[kg/m³]

v ...Strömungsgeschwindigkeit [m/s]

Die für die Berechnung notwendigen Widerstandsbeiwerte können entweder aus der DVS® 2210, Tabelle 10 (Auszug siehe Seite 47) oder aus anderer Fachliteratur entnommen werden.

Druckverlust an Rohrverbindungen Δp_{RV}

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 Muffenschweißung sowie für Flansche einen Widerstandsbeiwert von jeweils

$$\zeta_{RV} = 0,1$$

der Druckverlustberechnung zugrunde zu legen.

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



Ermittlung der hydraulischen Verluste

Hydraulische Widerstandsbeiwerte von Formstücken (lt. DVS 2210, Tabelle 9)

Art des Formstückes	Kenngröße	Widerstandsbeiwert ζ			Formteilgeometrie ↗↘ = Durchflussrichtung
Bogen $\alpha=90^\circ$	$R = 1,0 \times d_a$ $= 1,5 \times d_a$ $= 2,0 \times d_a$ $= 4,0 \times d_a$	0,51 0,41 0,34 0,23			
Bogen $\alpha=45^\circ$	$R = 1,0 \times d_a$ $= 1,5 \times d_a$ $= 2,0 \times d_a$ $= 4,0 \times d_a$	0,34 0,27 0,20 0,15			
Winkel (Kniestücke)	$\alpha=45^\circ$ 30° 20° 15° 10°	0,30 0,14 0,05 0,05 0,04			
T-Stücke 90° (Stromvereinigung)		ζ_z	ζ_s		
	$V_z/V_s=0,0$	-1,20	0,06		
	0,2	-0,4	0,20		
	0,4	0,10	0,30		
	0,6	0,50	0,40		
	0,8	0,70	0,50		
1	0,90	0,60			
T-Stücke 90° (Stromtrennung)		ζ_a	ζ_d		
	$V_a/V_s=0,0$	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			
Reduzierstücke konzentrisch (Rohrerweiterung)	Winkel α	4 ... 8°	16°	24°	
	$d_2/d_1=1,2$	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	
Reduzierstücke konzentrisch (Rohrverengung)	Winkel α	4°	8°	20°	
	$d_2/d_1=1,2$	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	

positive ζ -Werte: Druckabfall
negative ζ -Werte: Druckanstieg
V_a: abgehender Volumenstrom
V_d: durchgehender Volumenstrom
V_s: gesamter Volumenstrom
V_z: hinzukommender Volumenstrom

Ermittlung der hydraulischen Verluste

Hydraulische Widerstandsbeiwerte von Armaturen
(lt. DVS 2210, Tabelle 10)

Nennweite DN	MV	GSV	SSV	S	KH	K	RV	RK
Widerstandsbeiwert (ζ)								
25	4,0	2,1	3,0				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	0,1 ... 0,3	0,1 ... 0,15	0,3 ... 0,6	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

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

Kriterien zur Armaturenauswahl (lt. DVS 2210, Tabelle 11)

Auswahlkriterium	MV/GSV/SSV	S	KH	K	RV	RK
Bewertung						
Strömungswiderstand	groß	gering	gering	mäßig	groß	mäßig
Öffnungs- und Schließzeit	mittel	lang	kurz	kurz	kurz	
Betätigungsmoment	gering	gering	groß	mäßig		
Verschleiß	mäßig	gering	gering	mäßig	mäßig	
Durchflussregelung	geeignet	wenig geeignet				
Baulänge nach Reihe F	mittel	groß	groß	groß	mittel	groß
Baulänge nach Reihe K			gering	gering		gering

Reihe F=Flanschausführung nach DIN 3202-1

Reihe K=Zwischenflanschausführung nach
DIN 3202-3

 kein Kriterium

Zeichenerklärung für obige Tabellen:

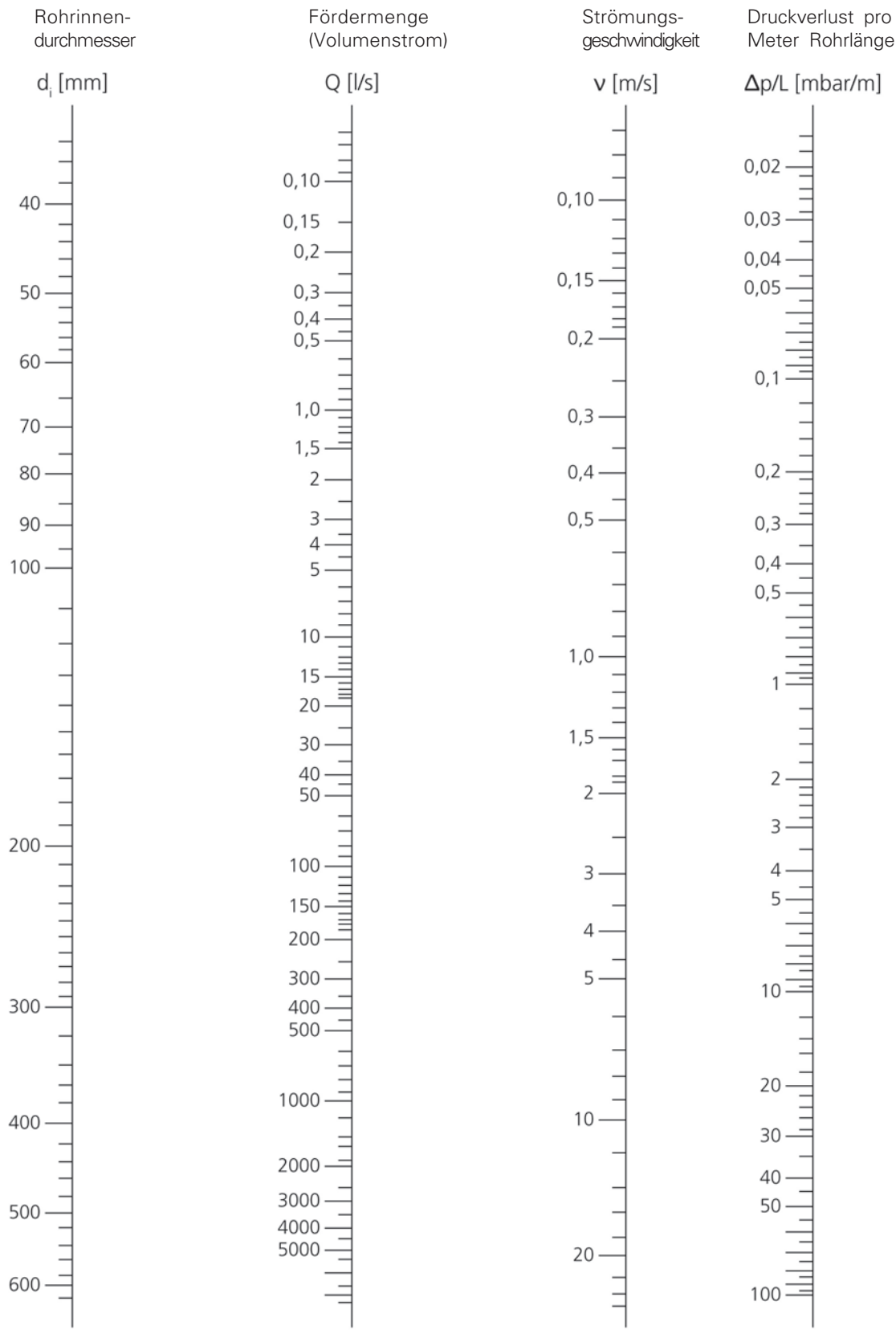
- MV Membranventil
- SSV Schrägsitzventil
- GSV Geradsitzventil
- S Schieber ohne Einschnürung
- KH Kugelhahn
- K Absperrklappe
- RV Freifluss-Rückschlagventil
- RK Rückschlagklappe



Durchfluss-Nomogramm

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

Zur überschlagsmäßigen Berechnung des Druckverlustes bei mittlerer Strömungsgeschwindigkeit pro T-Stück, Reduktion und Winkel 90° bis zu 20m, pro Bogen $r = d$ ca. 10m und pro Bogen $r = 1,5 \times d$ 5m Rohrlänge zugeschlagen.



Festpunktbelastungen

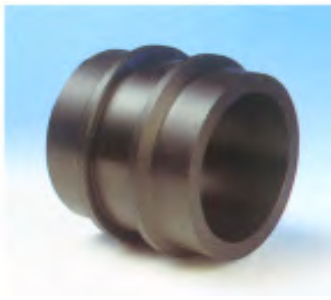
Festpunkte sollen ein Verschieben oder ein Bewegen der Rohrleitung in jeder Richtung verhindern. Sie dienen außerdem zur Aufnahme von Reaktionskräften bei Verwendung von Kompensatoren bzw. Schiebe- und Steckmuffen. Der Festpunkt ist für alle auftretenden Kräfte zu dimensionieren:

- 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 sind Muffenkanten von Formstücken oder spezielle Festpunktformstücke (siehe Bild) geeignet.

Ungeeignet sind dagegen Pendelschellen oder das Festklemmen der Rohrleitung.



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

Festpunktbelastung bei eingespannten Systemen

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

$$F_{FP} = A_R \cdot E_c \cdot \varepsilon$$

F_{FP} ...Festpunktkraft [N]

A_R ...Rohrwandringfläche [mm²]

E_c ...Kriechmodul [N/mm²] für t=100min

ε ...verhinderte Längsdehnung aus Wärmedehnung, Innendruck und Quellung [-]

Unter Berücksichtigung der möglichen Lastfälle ist ε wie folgt zu ermitteln:

Lastfall: Wärmedehnung

$$\varepsilon = \alpha \cdot \Delta T$$

α ...linearer Wärmeausdehnungskoeffizient [1/°K]

ΔT ...max. Temperaturdifferenz [°K]

Lastfall: Innendruck

$$\varepsilon = \frac{0,1 \cdot p \cdot (1 - 2\mu)}{E_c \cdot \left(\frac{da^2}{di^2} - 1 \right)}$$

p ...Betriebsdruck [bar]

μ ...Querkontraktionszahl [-]

E_c ...Kriechmodul [N/mm²] fuer t=100min

da ...Rohraußendurchmesser [mm]

di ...Rohrinnendurchmesser [mm]

Lastfall: Quellung

$$\varepsilon = 0,025 \dots 0,040$$

Ein fest eingespanntes System ist bei diesem Lastfall im allgemeinen nicht empfehlenswert, da durch die Quellung auch eine Schwächung des Materials auftritt (Dehnungsbögen verwenden!).



Ermitteln der 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 $L_A/500$ bis $L_A/750$ angenommen werden. Unter Berücksichtigung der vorgenannten Durchbiegung einer Rohrstrecke zwischen den Auflagepunkten ergibt sich ein zulässiger Unterstützungsabstand der Rohrleitung von:

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

L_A zulässiger Unterstützungsabstand [mm]

f_{LA} Faktor für die Durchbiegung
(0,80 ... 0,92) [-]

E_c Kriechmodul für $t=25a$ [N/mm²]

J_R Rohr-Trägheitsmoment [mm⁴]

q Streckenlast aus Rohr-, Füll- und Zusatzgewicht [N/mm]

Übliche Stützweiten von thermoplastischen Rohrleitungen können den folgenden Tabellen entnommen werden.

PE 80, SDR11 (angelehnt an DVS 2210, Tab.13)

da [mm]	Stützweiten L_A in [mm] bei				
	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C
16	500	450	450	400	350
20	575	550	500	450	400
25	650	600	550	550	500
32	750	750	650	650	550
40	900	850	750	750	650
50	1050	1000	900	850	750
63	1200	1150	1050	1000	900
75	1350	1300	1200	1100	1000
90	1500	1450	1350	1250	1150
110	1650	1600	1500	1450	1300
125	1750	1700	1600	1550	1400
140	1900	1850	1750	1650	1500
160	2050	1950	1850	1750	1600
180	2150	2050	1950	1850	1750
200	2300	2200	2100	2000	1900
225	2450	2350	2250	2150	2050
250	2600	2500	2400	2300	2100
280	2750	2650	2550	2400	2200
315	2900	2800	2700	2550	2350
355	3100	3000	2900	2750	2550
400	3300	3150	3050	2900	2700
450	3550	3400	3300	3100	2900
500	3900	3650	3500	3350	3100
560	4100	3950	3900	3600	3350
630	4450	4250	4100	3900	3650

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

$$\min \leftarrow da \rightarrow \max$$

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

PE 100, SDR11

DA [mm]	Stützweite [mm]				
	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C
20	633	605	550	495	440
25	715	660	605	605	550
32	825	825	715	715	605
40	990	935	825	825	715
50	1155	1100	990	935	825
63	1320	1265	1155	1100	990
75	1485	1430	1320	1210	1100
90	1650	1595	1485	1375	1265
110	1815	1760	1650	1595	1430
125	1925	1870	1760	1705	1540
140	2090	2035	1925	1815	1650
160	2255	2145	2035	1925	1760
180	2365	2255	2145	2035	1925
200	2530	2420	2310	2200	2090
225	2695	2585	2475	2365	2255
250	2860	2750	2640	2530	2310
280	3025	2915	2805	2640	2420
315	3190	3080	2970	2805	2585
355	3410	3300	3190	3025	2805
400	3630	3465	3355	3190	2970
450	3756	3586	3464	3304	3080
500	3980	3800	3670	3501	3264
560	4229	4038	3900	3720	3468
630	4526	4321	4174	3982	3712

PP-H, SDR11 (angelehnt an DVS 2210, Tab.14)

da [mm]	Stützweiten L_A in [mm] bei							
	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C	
16	650	625	600	575	550	525	500	
20	700	675	650	625	600	575	550	
25	800	775	750	725	700	675	650	
32	950	925	900	875	850	800	750	
40	1100	1075	1050	1000	950	925	875	
50	1250	1225	1200	1150	1100	1050	1000	
63	1450	1425	1400	1350	1300	1250	1200	
75	1550	1500	1450	1400	1350	1300	1250	
90	1650	1600	1550	1500	1450	1400	1350	
110	1850	1800	1750	1700	1600	1500	1400	
125	2000	1950	1900	1800	1700	1600	1500	
140	2100	2050	2000	1900	1800	1700	1600	
160	2250	2200	2100	2000	1900	1800	1700	
180	2350	2300	2200	2100	2000	1900	1800	
200	2500	2400	2300	2200	2100	2000	1900	
225	2650	2550	2450	2350	2250	2150	2000	
250	2800	2700	2600	2500	2400	2300	2150	
280	2950	2850	2750	2650	2550	2450	2300	
315	3150	3050	2950	2850	2700	2600	2450	
355	3350	3250	3150	3000	2850	2750	2600	
400	3550	3450	3350	3200	3050	2900	2750	
450	3800	3700	3600	3450	3300	3100	2950	
500	4100	4000	3850	3700	3500	3350	3150	
560	4400	4300	4150	4000	3800	3600	3400	
630	4800	4650	4500	4300	4100	3900	3700	

Ermitteln der Rohrstützweiten

PVDF Ø 16-50 SDR21, Ø 63-400 SDR33
(angelehnt an DVS 2210, Tab.17)

da [mm]	Stützweiten L_A in [mm] bei								
	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C	100°C	120°C
16	725	700	650	600	575	550	500	450	400
20	850	800	750	750	700	650	600	500	450
25	950	900	850	800	750	700	675	600	500
32	1100	1050	1000	950	900	850	800	700	600
40	1200	1150	1100	1050	1000	950	900	750	650
50	1400	1350	1300	1200	1150	1100	1000	900	750
63	1400	1350	1300	1250	1200	1150	1100	950	800
75	1500	1450	1400	1350	1300	1250	1200	1050	850
90	1600	1550	1500	1450	1400	1350	1300	1100	950
110	1800	1750	1700	1650	1550	1500	1450	1250	1100
125	1900	1850	1800	1700	1650	1600	1500	1350	1200
140	2000	1950	1900	1800	1750	1700	1600	1450	1250
160	2150	2100	2050	1950	1850	1800	1700	1550	1350
180	2300	2200	2150	2050	1950	1900	1800	1600	1400
200	2400	2350	2250	2150	2100	2000	1900	1700	1500
225	2550	2500	2400	2300	2200	2100	2000	1800	1600
250	2650	2600	2500	2400	2300	2200	2100	1900	1700
280	2850	2750	2650	2550	2450	2350	2250	2000	1800
315	3000	2950	2850	2750	2600	2500	2400	2150	1900
355	3200	3100	3000	2850	2750	2650	2500	2250	2000
400	3400	3300	3200	3050	2950	2800	2650	2400	2100

ECTFE Ø 20-160
(angelehnt an DVS 2210)

da [mm]	S [mm]	SDR	Stützweiten L_A in [mm] bei								
			20°C	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C	100°C	120°C
20	1,9	21	530	510	490	470	450	430	410	380	340
25	1,9	21	580	560	540	520	500	470	450	420	380
32	2,4	21	680	660	640	610	580	560	530	490	440
50	3,0	21	870	840	810	780	740	710	680	620	560
63	3,0	21	950	910	880	850	810	770	740	680	610
90	4,3	21	1200	1160	1120	1080	1030	980	940	870	780
90	2,8	33	1060	1020	990	950	910	860	830	760	690
110	5,3	21	1380	1330	1290	1240	1180	1120	1080	990	890
110	3,0	Liner	1170	1120	1090	1040	1000	950	910	840	750
160	3,0	Liner	1330	1290	1240	1190	1140	1080	1040	960	860

- Umrechnungsfaktoren für Stützweiten
(lt. DVS 2210, Tab. 18)

Für andere SDR-Reihen, Materialien und Durchflusstoffe können die in der Tabelle angegebenen Umrechnungsfaktoren herangezogen werden (neue Stützweite $L = L_A \times f_1 \times f_2$).

L_A = zulässiger Unterstützungsabstand laut Tabellen Seite 50-51

Werkstoff	SDR-Reihe	Wanddicke	Durchflusstoff			
			Gase	Wasser	andere	
			Dichte [g/cm³]			
			< 0,01	1,00	1,25	1,50
Umrechnungsfaktor		f ₂	f ₁			
PE-80	33	0,75	1,65	1,0	0,96	0,92
	17,6/17	0,91	1,47			
	11	1,00	1,30			
	7,4	1,07	1,21			
PP-H	33	0,75	1,65	1,0	0,96	0,92
	17,6/17	0,91	1,47			
	11	1,00	1,30			
	7,4	1,07	1,21			
PP-R	33	0,55	1,65	1,0	0,96	0,92
	17,6/17	0,70	1,47			
	11	0,75	1,30			
	7,4	0,80	1,21			
PVDF	33	1,00	1,48	1,0	0,96	0,92
	21	1,08	1,36			
ECTFE	Liner		1,75	1,0	0,93	0,82
	SDR 21		1,26			

Ermitteln der Führungsabstände bei axial eingespannten Rohrstrecken

Werden Rohrleitungen so verlegt, dass eine axiale Bewegung nicht möglich ist, muss für die Betriebssicherheit die kritische Knicklänge beachtet werden. Die zu bestimmenden Abstände der Rohrführungen müssen eine Knicksicherheit von min. $S_K=2,0$ aufweisen.

Ist der erforderliche Führungsabstand L_F kleiner als der errechnete Unterstützungsabstand L_A , so ist L_A auf L_F zu reduzieren.

Werden axial eingespannte Rohrleitungen mit erhöhter Temperatur betrieben, so ist der ermittelte Führungsabstand L_A um 20% zu verringern. Die als erhöht anzusehenden Betriebstemperaturen sind in folgender Tabelle zusammengefasst.

Werkstoff	PE	PP	PVDF
Temperatur	>45°C	>60°C	>100°C

Für eine Mindestsicherheit von $S_K=2,0$ beträgt der Rohrführungsabstand:

$$erfL_F = 3,17 \cdot \sqrt{\frac{J_R}{\varepsilon \cdot A_R}} \geq L_A$$

L_F erforderlicher Abstand der Rohrführungslager [mm]

J_R Rohr-Trägheitsmoment [mm⁴]

A_R Rohrwandringfläche [mm²]

ε verhinderte Dehnung laut Gleichung S.49

Eine vereinfachte Ermittlung der Rohrführungsabstände ist unter Zuhilfenahme folgender Tabelle möglich:

da [mm]	Vereinfachter Führungsabstand L_F [mm] in Abhängigkeit zur verhinderten Längsdehnung ε [-]								
	0,001	0,002	0,004	0,006	0,008	0,01	0,012	0,015	0,02
16	505	355	250	205	175	160	145	130	110
20	645	455	320	260	225	200	185	165	140
25	805	570	400	330	285	255	230	205	180
32	1030	730	515	420	365	325	295	265	230
40	1290	910	645	525	455	405	370	330	285
50	1615	1140	805	660	570	510	465	415	360
63	2035	1440	1015	830	720	640	585	525	455
75	2425	1715	1210	990	855	765	700	625	540
90	2910	2060	1455	1185	1030	920	840	750	650
110	3560	2515	1780	1450	1255	1125	1025	915	795
125	4045	2860	2020	1650	1430	1275	1165	1040	900
140	4530	3200	2265	1845	1600	1430	1305	1165	1010
160	5175	3660	2585	2110	1830	1635	1495	1335	1155
180	5825	4120	2910	2375	2060	1840	1680	1500	1300
200	6475	4575	3235	2640	2285	2045	1865	1670	1445
225	7280	5150	3640	2970	2575	2300	2100	1880	1625
250	8090	5720	4045	3300	2860	2555	2335	2085	1805
280	9065	6405	4530	3700	3200	2865	2615	2340	2025
315	10195	7210	5095	4160	3605	3220	2940	2630	2280
355	11495	8125	5745	4690	4060	3635	3315	2965	2570
400	12950	9155	6475	5285	4575	4095	3735	3340	2895



Ermitteln von 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

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:

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

ΔL_T	....	Längenänderung infolge Temperaturänderung [mm]
α	....	linearer Ausdehnungskoeffizient [mm/m·°K]
L	....	Rohrlänge [m]
ΔT	....	Temperaturdifferenz [°K]

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

α -Mittelwerte	mm/(m.K)	1/K
PE	0,18	$1,8 \times 10^{-4}$
PP	0,16	$1,6 \times 10^{-4}$
PVDF	0,13	$1,3 \times 10^{-4}$
ECTFE	0,08	$0,8 \times 10^{-4}$

Längenänderungen durch Innendruckbelastung

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

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

ΔL_p	...	Längenänderung durch inneren Überdruck [mm]
L	...	Rohrleitungslänge [mm]
p	...	Betriebsdruck [bar]
μ	...	Querkontraktionszahl [-]
E_c	...	Kriechmodul [N/mm²] für $t=100\text{min}$
da	...	Rohraußendurchmesser [mm]
di	...	Rohrinnendurchmesser [mm]

Längenänderungen durch chemische Einwirkung

Unter Einwirkung bestimmter Durchflusstoffe (z.B. Lösemittel) kann es bei thermoplastischen Rohrleitungen zu einer Längenzunahme sowie Vergrößerung des Rohrdurchmessers kommen (Quellung). Gleichzeitig wird eine Minderung der Festigkeitskennwerte registriert. Zur Sicherstellung eines störungsfreien Betriebs von lösemittelbeaufschlagten Rohrleitungen aus Thermoplasten wird empfohlen, die Dimensionierung für den Belastungsfall Quellung mit einem Faktor von

$$f_{ch}=0,025 \dots 0,040 \text{ [mm/mm]}$$

vorzunehmen.

Die erwartete Längenänderung einer Rohrstrecke unter Lösemiteleinwirkung kann demnach wie folgt ermittelt werden:

$$\Delta L_{Ch} = f_{Ch} \cdot L$$

ΔL_{Ch}	...	Längenänderung aus Quellung [mm]
L	...	Rohrleitungslänge [mm]
f_{Ch}	...	Quellungsfaktor [-]

Hinweis: Für anwendungsbezogene Berechnungen von lösemittelbeaufschlagten Rohrleitungen aus thermoplastischen Kunststoffen muss der f_{ch} -Faktor durch gezielte Untersuchungen ermittelt werden.

Berechnung der Biegeschenkellängen

Längenänderungen entstehen durch Änderungen der Betriebs- oder Umgebungstemperatur. Bei freiverlegten 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:

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

L_s	...	Biegeschenkellänge [mm]
ΔL	...	Längenänderung [mm]
da	...	Rohraußendurchmesser [mm]
k	...	Materialspezifischer Proportionalitätsfaktor Mittelwerte: PP 30, PE 26, PVDF 20 (exakte Werte siehe Tabelle)

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

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

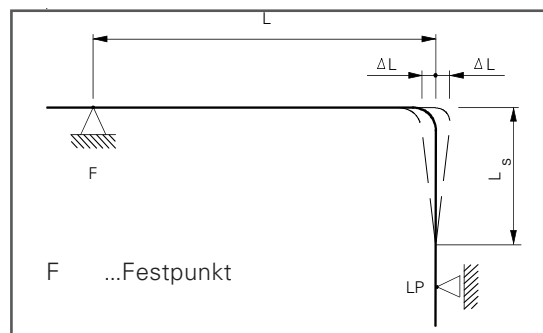
Materialspezifische Proportionalitätsfaktoren k

	0°C	10°C	30°C	40°C	60°C
bei Temperaturwechsel					
PE	16	17	23	28	-
PP	23	25	29	31	40
einmalige Temperaturänderung					
PE	12	12	16	17	-
PP	18	18	20	20	24

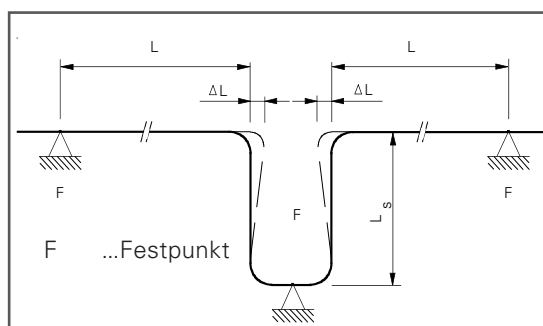
Anmerkung: Bei der Berechnung der k-Werte wurde eine Montagetemperatur von 20°C zugrunde gelegt. Bei niedrigeren Temperaturen ist die Schlagzähigkeit des Materials zu beachten.

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

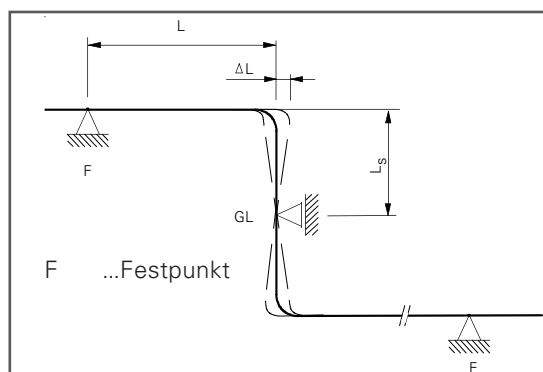
Prinzipzeichnung L-Dehnungsbogen



Prinzipzeichnung U-Dehnungsbogen



Prinzipzeichnung Z-Dehnungsbogen



Berechnung der Biegeschenkel­längen

Biegeschenkel­längen in [mm] für Rohre aus Polypropylen und Polyethylen¹⁾ in Abhängigkeit von der Längenänderung ΔL :

da [mm]	Längenänderung L [mm]								
	50	100	150	200	250	300	350	400	500
16	849	1200	1470	1697	1897	2078	2245	2400	2683
20	949	1342	1643	1897	2121	2324	2510	2683	3000
25	1061	1500	1837	2121	2372	2598	2806	3000	3354
32	1200	1697	2078	2400	2683	2939	3175	3394	3795
40	1342	1897	2324	2683	3000	3286	3550	3795	4243
50	1500	2121	2598	3000	3354	3674	3969	4243	4743
63	1684	2381	2916	3367	3765	4124	4455	4762	5324
75	1837	2598	3182	3674	4108	4500	4861	5196	5809
90	2012	2846	3486	4025	4500	4930	5324	5692	6364
110	2225	3146	3854	4450	4975	5450	5886	6293	7036
125	2372	3354	4108	4743	5303	5809	6275	6708	7500
140	2510	3550	4347	5020	5612	6148	6641	7099	7937
160	2683	3795	4648	5367	6000	6573	7099	7589	8485
180	2846	4025	4930	5692	6364	6971	7530	8050	9000
200	3000	4243	5196	6000	6708	7348	7937	8485	9487
225	3182	4500	5511	6364	7115	7794	8419	9000	10062
250	3354	4743	5809	6708	7500	8216	8874	9487	10607
280	3550	5020	6148	7099	7937	8695	9391	10040	11225
315	3765	5324	6521	7530	8419	9222	9961	10649	11906
355	3997	5652	6923	7994	8937	9790	10575	11305	12639
400	4243	6000	7348	8485	9487	10392	11225	12000	13416
450	4500	6364	7794	9000	10062	11023	11906	12728	14230
500	4743	6708	8216	9487	10607	11619	12550	13416	15000
560	5020	7099	8695	10040	11225	12296	13282	14199	15875
630	5324	7530	9222	10649	11906	13042	14087	15060	16837

Aufgrund des niedrigeren materialspezifischen Proportionalitätsfaktors k von PE-HD ($k=26$) im Vergleich zu PP ($k=30$) können die in der Tabelle enthaltenen Biegeschenkel­längen um 13% verringert werden.

Die Biegeschenkel­länge für PE errechnet sich somit folgendermaßen:

$$L_{s(PEHD)} = 0,87 \cdot L_{s(PP)}$$

Berechnung von erdverlegten Rohrleitungen

Für erdverlegte Rohrleitungen (z. B. Entwässerungskanäle) ist ein Spannungs- und Verformungsnachweis nach ATV, Merkblatt A 127, zu führen. Es können im Bedarfsfall aber auch andere Grundlagen, wie ÖVGW (Richtlinie G 52) oder Ergebnisse von Forschungsprojekten herangezogen werden.

Es steht für die Auflastberechnung nach ATV 127 in unserer Anwendungstechnik ein EDV-Programm zur Verfügung, um den geforderten Nachweis zu führen.

Füllen Sie bitte den nachfolgenden Fragebogen soweit als möglich vollständig aus. Wir werden Ihnen nach Erhalt des Fragebogens sofort eine entsprechende Statik erstellen.

1. Allgemeines	Bauvorhaben: Bauort: Bauherr:																																	
2. Angaben zum Rohr	Rohrwerkstoff: Rohraussendurchmesser: [mm] Nennweite: [mm]	Rohrinnendurchmesser: [mm] Wandstärke: [mm]																																
3. Boden	Zone Gruppe G (1,2,3,4) Bodenart (Kies, Sand, Ton Lehm,...) Wichte [kN/m³] Proctordichte [%] E-Modul des Bodens EB [N/mm²]	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		1	2	3	4																											
	1	2	3	4																														
4. Einbau	Damm ☐ Graben ☐ Kiesüberschüttung über dem Rohrscheitel (min.2x d_a) $h =$ [m] Grabenbreite $b =$ [m] Böschungswinkel $\beta =$ [°]																																	
5. Auflast	Erde ☐ Muell ☐ Verkehrslast ohne ☐ Überschüttungshöhe $h =$ [m] LKW12 ☐ Wichte $\gamma_B =$ [kN/m³] SLW30 ☐ Flächenlast $F =$ [kN/m²] SLW60 ☐																																	
6. Betriebsbedingungen des Rohres	drucklose Abflussleitung druckbeanspruchte Rohrleitung Betriebstemperatur $T =$ [°C] Betriebstemperatur $T =$ [°C] Eintrittsquerschnitt bei Drainageleitungen $A_E =$ [%] Betriebsdruck $p =$ [bar]																																	

Berechnung von erdverlegten Rohrleitungen

Erläuterungen zu den einzelnen Punkten des Fragebogens

1. Allgemeines:

Diese allgemeinen Angaben sind nur notwendig, damit eine leichte Zuordnung der verschiedenen Projekte möglich ist.

2. Angaben zum Rohr:

Die wichtigste Angabe ist die Festlegung des Rohrwerkstoffes (Polyethylen oder Polypropylen), da normalerweise die Rohrabmessungen vorgegeben sind.

3. Boden / 4. Einbau:

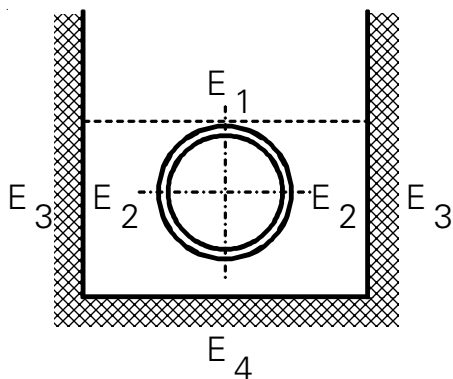
Bei den verschiedenen Bodenarten unterscheidet man vier Gruppen.

Gruppe	Wichte γ_B [kN/m ³]	Innerer Reibungs- winkel φ'	Verformungsmodul E_B in [N/mm ²] bei Verdichtungsgrad D_{Pr} in %					
			D_{Pr}					
			85	90	92	95	97	100
G1	20	35	2,0	6	9	16	23	40
G2	20	30	1,2	3	4	8	11	20
G3	20	25	0,8	2	3	5	8	13
G4	20	20	0,6	1,5	2	4	6	10

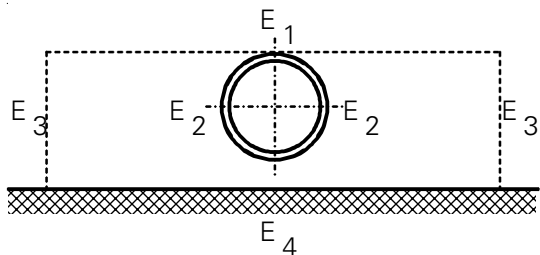
Die bei der Berechnung verwendeten Verformungsmodule des Bodens werden nach folgenden Zonen unterschieden:

- E_1 Überschüttung über dem Rohrscheitel
- E_2 Leitungszone seitlich des Rohres
- E_3 anstehender Boden neben dem Graben bzw. eingebauter Boden neben der Leitungszone
- E_4 Boden unter dem Rohr (Baugrund)

Grabenbedingung



Dammbedingung



5. Auflast:

Unter Überschüttungshöhe versteht man bei der Grabenbedingung die Verlegetiefe des Rohres (bezogen auf den Rohrscheitel) und bei der Dammbedingung die Müllüberdeckung.

6. Betriebsbedingungen des Rohres:

In diesem Punkt sind nur die entsprechenden Betriebsparameter für den jeweiligen Anwendungsfall einzusetzen.

Allgemeine Anforderungen

Die Qualität von Schweißverbindungen ist abhängig von der Qualifikation der Schweißer, der Eignung der verwendeten Maschinen und Vorrichtungen sowie der Einhaltung der Schweißrichtlinien. 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. Für das Heizelementstumpfschweißen von Tafeln sowie im industriellen Rohrleitungsbau gilt DVS 2212 Teil 1. Für Rohre >225mm Außendurchmesser ist ein ergänzender Befähigungsnachweis zu erbringen.

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

Maßnahmen vor dem Schweißen

Der Schweißbereich ist vor ungünstigen Witterungseinflüssen (z.B. Feuchtigkeitseinwirkung und Temperaturen unter +5°C) zu schützen. Wenn durch geeignete Maßnahmen (z.B.: Vorwärmen, Einzelten, Beheizen) sichergestellt wird, dass eine zum Schweißen ausreichende Halbzeugtemperatur eingehalten werden kann, darf - soweit der Schweißer nicht in der Handfertigkeit behindert wird - bei beliebiger Außentemperatur gearbeitet werden. Gegebenenfalls ist durch Herstellen von Probenähten unter den genannten Bedingungen ein zusätzlichen Nachweis zu führen.

Falls das Rohr 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 sind zusätzlich die Rohrenden zu verschließen.

PE- und PP-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 Runddruckvorrichtung.

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

Bei allen Verfahren ist der Schweißbereich von Biegespannungen freizuhalten (z.B. sorgfältige Lagerung, Rollenböcke).

Die hier beschriebenen AGRU-Schweißrichtlinien sind gültig für die Verschweißung von Halbzeugen, Rohren und Formstücken aus den in der Tabelle enthaltenen Thermoplasten.

Bei AGRU-Halbzeugen, deren MFR-Wert außerhalb der hier angegebenen Bereiche liegt, ist die Schweißseignung durch Versuche nachzuweisen.

Materialbezeichnung	Schweißseignung
Polyethylen PE 80, PE 100	MFR (190/5) = 0,3 - 1,7 [g/10min]
Polypropylen PP-H, PP-R	
PP-H mit PP-R	MFR (190/5) = 0,4 - 1,5 [g/10min]
Sondertypen PE 80-el	mit PE 80
PP-R-el	mit PP-H und PP-R
PP-R-s-el	mit PP-H und PP-R

Hinweis:

Eine Verschweißung von PE80 mit PE100 und PE100-RC sowie PP-H mit PP-R ist zulässig.

Anwendungsgrenzen der Verbindungsarten

Sämtliche Verbindungen sind soweit wie möglich spannungsfrei auszuführen. Spannungen, welche sich aus Temperaturdifferenzen ergeben können, sind durch geeignete Maßnahmen möglichst gering zu halten.

Die in der Tabelle enthaltenen längskraftschlüssigen Verbindungen sind zulässig.

Verbindungsart	Ø20 ... 63		Ø63 ... 110		Ø110 ... 225		Ø225 ... 1400	
	< PN6	>= PN6	< PN6	>= PN6	< PN6	>= PN6	< PN6	>= PN6
Heizelement-Stumpfschweißung (HS)	A B C	A - E	A B C	A - E	A B C	A - E ³⁾	A B C	A B C D
Berührungslose Stumpfschweißung (Infrarot - IR)	A D	A D E	A	A D E	A	A D E		
Innenwulstarme Stumpfschweißung (IS)	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C ¹⁾	A B C ¹⁾		
Heizelement-Muffenschweißung (Polyfusion)		A B C D	A B C	A B C D				
Elektro-Muffenschweißung (Heizwendelschweißung)		A B C D	A B C	A B C	B	A B	B ²⁾	B ²⁾
Warmgasschweißung	A - E	A - E	A - E	A - E	A - E			
Extrusionsschweißung					A - D	A - D	A - D	A - D
Flanschverbindung	A - E	A - E	A - E	A - E	A - E ³⁾	A - D	A - D ⁴⁾	A - D ⁴⁾
Verschraubung	A - E	A - E						

A ... PP-H100, PP-R80

B ... PE

C ... Sondertypen (PE80-el, PP-H-s, PP-R-s-el)

D ... PVDF

E ... ECTFE

1) bis Ø160

2) <PN6 bis Ø600

3) bis Ø160

4) bis Ø315

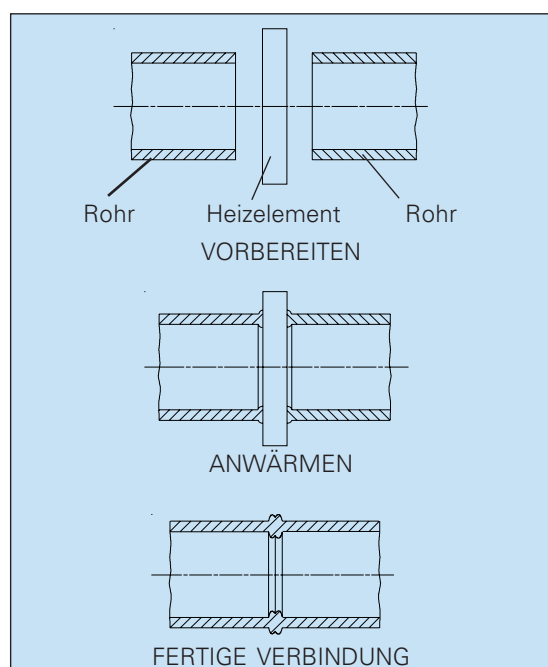


Heizelementstumpfschweißen

(in Anlehnung an DVS 2207 Teil 1 für PEHD, Teil 11 für PP und Teil 15 für PVDF)

Verfahrensbeschreibung

Beim Heizelementstumpfschweißen werden die Verbindungsflächen der zu schweißenden Teile am Heizelement unter Druck angeglichen (Angleichen), anschließend mit reduziertem Druck auf Schweißtemperatur erwärmt (Anwärmen) und nach Entfernung des Heizelementes (Umstellen) unter Druck zusammengefügt (Fügen).



Prinzip des Heizelementstumpfschweißens am Beispiel eines Rohres

Alle Schweißungen müssen mit Maschinen und Geräten durchgeführt werden, die den Anforderungen nach DVS 2208 Teil 1 entsprechen.

Vorbereiten zum Schweißen

Vor Beginn der Schweißarbeiten ist die zum Schweißen notwendige Heizelementtemperatur zu kontrollieren. Dies erfolgt z.B. mit einem schnellanzeigenden Temperaturmessgerät für Oberflächenmessungen. Die Kontrollmessung muss innerhalb der dem Rohr entsprechenden Fläche des Heizelementes erfolgen. Damit sich ein thermisches Gleichgewicht einstellen kann darf das Heizelement frühestens 10 Minuten nach Erreichen der Solltemperatur eingesetzt werden.

Für optimale Schweißungen ist das Heizelement vor jeder Schweißung mit nicht faserndem Papier zu reinigen. Die antiadhäsive Beschichtung oder Bespannung des Heizelementes muss im Arbeitsbereich unbeschädigt sein.

Für die einzusetzenden Maschinen müssen die jeweiligen Fügekräfte bzw. Fügedrücke vorgegeben sein. Diese können sich z.B. auf Herstellerangaben, errechnete oder gemessene Werte beziehen. Zusätzlich ist beim Rohrschweißen die bei langsamer Bewegung des Werkstückes auftretende Bewegungskraft bzw. der Bewegungsdruck am Anzeigeinstrument der Schweißmaschine abzulesen und zu der vorher ermittelten Fugekraft bzw. zu dem Fügedruck zu addieren.

Die Nennwanddicken der zu schweißenden Teile müssen im Fügebereich übereinstimmen.

Rohre und Formstücke sind vor dem Einspannen in die Schweißmaschine axial auszurichten. Die leichte Längsbeweglichkeit des anzuschweißenden Teiles ist zum Beispiel durch verstellbare Rollenböcke oder pendelnde Aufhängung sicherzustellen.

Die zu verbindenden Flächen sind unmittelbar vor dem Schweißen mit einem sauberen und fettfreien Planhobel spanend zu bearbeiten, sodass sie im eingespannten Zustand planparallel sind. Zulässige Spaltbreite unter Angleichdruck siehe folgende Tabelle.

Rohraußendurchmesser [mm]	Spaltbreite [mm]
≤ 355	0,5
400 ... < 630	1,0
630 ... < 800	1,3
800 ... ≤ 1000	1,5
>1000	2,0

Zugleich mit der Kontrolle der Spaltbreite ist der Versatz zu prüfen. Der Versatz der Fügeflächen zueinander darf an der Rohraußenseite bzw. Tafel das zulässige Maß von $0,1 \times$ Wanddicke nicht überschreiten.

Bearbeitete Schweißflächen dürfen weder beschmutzt noch mit den Händen berührt werden, da sonst eine erneute Bearbeitung notwendig wird. In das Rohr gefallene Späne sind zu entfernen.

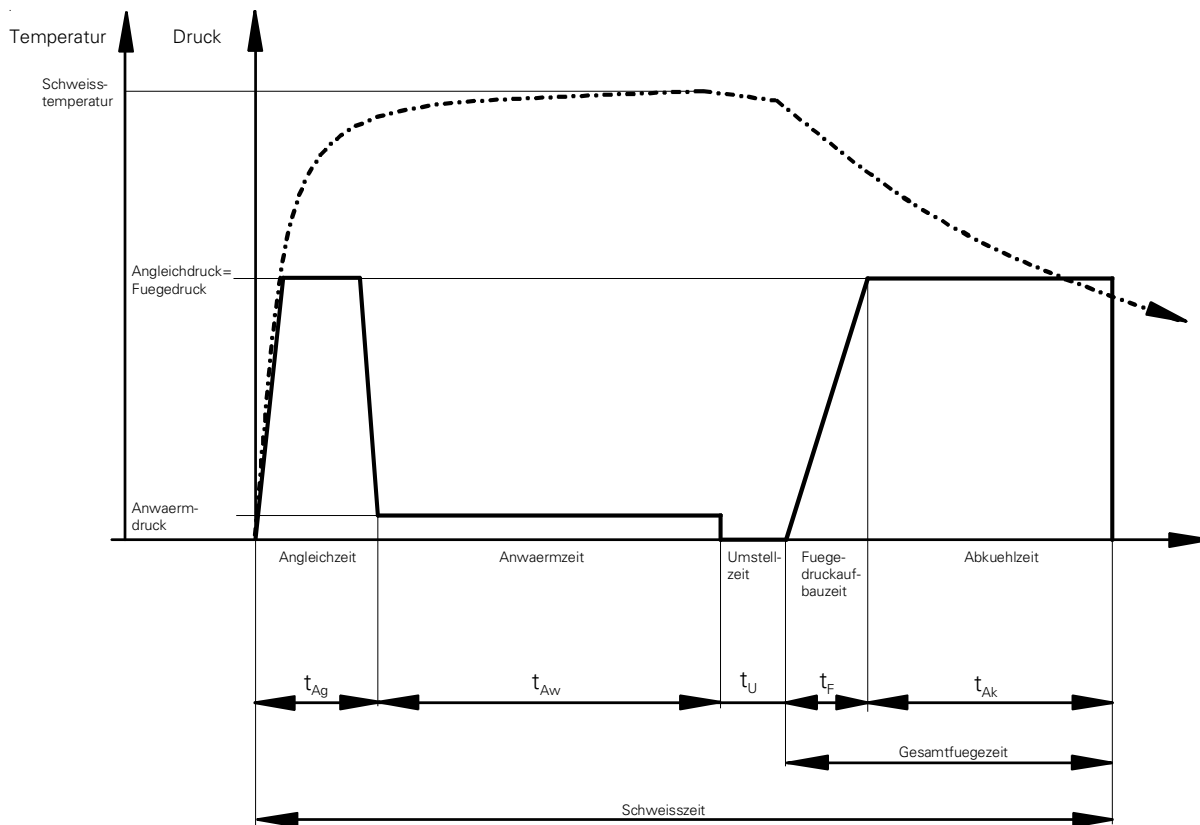
Heizelementstumpfschweißen

Ausführen der Schweißung

Beim Heizelementstumpfschweißen werden die zu verbindenden Flächen mittels Heizelement auf Schweißtemperatur gebracht und nach Entfernen des Heizelementes unter Druck zusammengefügt. Die Heizelementtemperaturen sind in folgender Tabelle aufgeführt. Grundsätzlich gilt, dass bei kleineren Wanddicken die obere und bei großen Wanddicken die untere Temperatur anzustreben ist.

	PE	PP	PVDF	ECTFE
Heizelementtemperatur [°C]	210 bis 230	200 bis 220	232 bis 248	275 bis 285

Der schrittweise Ablauf des Schweißvorganges



Heizelementstumpfschweißen

Schweißparameter

Richtwerte für die Heizelementstumpfschweißung von PP, PE, PVDF und ECTFE Rohren und Formstücken bei einer Außentemperatur von ca. 20°C und mäßiger Luftbewegung.

Materialtype	Wanddicke [mm]	Wulsthöhe [mm]	Anwärmzeit t_{AW} [s]	Umstellzeit t_U [s]	Fügedruckaufbauzeit t_F [s]	Abkühlzeit t_{Ak} [min]
PP-H, PP-R PP-H-s, PP-R-el, PP-R-s-el		P=0,10 N/mm ²	P≤0,01 N/mm ²		P=0,10 N/mm ²	
	 4,5	0,5	 135	5	6	6
	4,5 7,0	0,5	135 175	5 6	6 7	6 12
	7,0 12,0	1,0	175 245	6 7	7 11	12 20
	12,0 19,0	1,0	245 330	7 9	11 17	20 30
	19,0 26,0	1,5	330 400	9 11	17 22	30 40
	26,0 37,0	2,0	400 485	11 14	22 32	40 55
PE 80 PE 100, PE 100-RC PE-el	37,0 50,0	2,5	485 560	14 17	32 43	55 70
		P=0,15 N/mm ²	P≤0,02 N/mm ²		P=0,15 N/mm ²	
	 4,5	0,5	 45	5	5	6,5
	4,5 7,0	1,0	45 70	5 6	5 6	6,5 9,5
	7,0 12,0	1,5	70 120	6 8	6 8	9,5 15,5
	12,0 19,0	2,0	120 190	8 10	8 11	15,5 24
	19,0 26,0	2,5	190 260	10 12	11 14	24 32
	26,0 37,0	3,0	260 370	12 16	14 19	32 45
	37,0 50,0	3,5	370 500	16 20	19 25	45 61
	50,0 70,0	4,0	500 700	20 25	25 35	61 85
	70,0 90,0	4,5	700 900	25 30	35	85 109
PVDF	90,0 110,0	5,0	900 1100	30 35	35	109 133
	110,0 130,0	5,5	1100 1300	max. 35	35	133 157
		P=0,10 N/mm ²	P≤0,01 N/mm ²		P=0,10 N/mm ²	
	1,9 3,5	 0,5	59 75	3	3 4	5,0 6,0
	3,5 5,5	 0,5	75 95	3	4 5	6,0 8,5
	5,5 10,0	0,5 1,0	95 140	4	5 7	8,5 14,0
	10,0 15,0	1,0 1,3	140 190	4	7 9	14,0 19,0
ECTFE	15,0 20,0	1,3 1,7	190 240	5	9 11	19,0 25,0
	20,0 25,0	1,7 2,0	240 290	5	11 13	25,0 32,0
		P=0,085 N/mm ²	P≤0,01 N/mm ²		P=0,085 N/mm ²	
	1,9 3,0	0,5	12 25	4	5	3 5
	3,0 5,3	0,5	25 40	4	5	5 7
	5,3 7,7	1,0	40 50	4	5	7 10

Spezifischer Anpressdruck

In den meisten Fällen ist der einzustellende Anpressdruck [bar] oder die Anpresskraft [N] den Tabellen auf den Schweißmaschinen zu entnehmen. Zur Überprüfung bzw. bei nicht vorhandenen Drucktabellen ist der erforderliche Anpressdruck (oder Kraft) wie folgt zu berechnen:

Bei hydraulischen Maschinen ist die errechnete Schweißkraft [N] in den einzustellenden Hydraulikdruck umzurechnen.

Berechnung der Schweißfläche:

$$A_{Rohr} = \frac{(da^2 - di^2) \cdot \pi}{4}$$

oder

$$\approx d_m \cdot \pi \cdot s$$

Berechnung der Schweißkraft:

$$F = p_{spez} \cdot A_{Rohr}$$

Heizelementstumpfschweißen

Angleichen

Hierbei werden die zu schweißenden Fügeflächen solange an das Heizelement gedrückt, bis die gesamten Flächen planparallel am Heizelement anliegen. Dies ist an der Ausbildung der Wülste zu erkennen. Das Angleichen ist abgeschlossen, wenn die Wulsthöhe am gesamten Rohrumfang bzw. der gesamten Plattenoberseite die geforderten Werte erreicht hat. Die Wulsthöhen gelten als Indiz dafür, dass die Fügeflächen ganzflächig am Heizelement anliegen. Bei größeren Rohrdurchmessern (>630mm) ist bei Beginn der Schweißarbeiten mit Hilfe einer Probenast die ausreichende Wulstbildung auch auf der Rohrinneenseite zu kontrollieren. Der Angleichdruck wirkt während des gesamten Angleichvorganges.

	PE	PP	PVDF	ECTFE
Angleich- und Fügedruck [N/mm ²]	0,15	0,10	0,10	0,08 bis 0,09

Anwärmen

Zum Anwärmen müssen die Flächen mit geringem Druck am Heizelement anliegen. Dazu wird der Druck auf nahe null (<0,01 N/mm²) abgesenkt. Beim Anwärmen dringt die Wärme in die zu schweißenden Flächen ein und bringt diese auf Schweißtemperatur.

Umstellen

Nach dem Anwärmen sind die Fügeflächen vom Heizelement zu lösen. Das Heizelement ist ohne Beschädigung und Verschmutzung der erwärmten Fügeflächen herauszunehmen. Die Fügeflächen sind danach schnell bis unmittelbar vor der Berührung zusammenzufahren. Die Umstellzeit soll so klein wie möglich gehalten werden, da sonst die plastifizierten Flächen erkalten. Die Schweißnahtqualität würde dadurch nachteilig beeinflusst.

Durchführung der Druckprüfung

Bis zur Durchführung der Druckprobe müssen alle Schweißverbindungen völlig abgekühlt sein (in der Regel 1 Stunde nach der letzten Schweißung). Die Druckprobe ist gemäß den einschlägigen Normvorschriften durchzuführen (z.B. DVS® 2210 Teil 1 - siehe Tabelle S. 66).

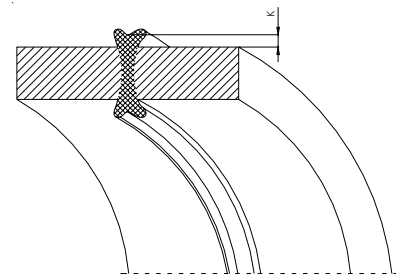
Während der Druckprobe ist die Rohrleitung gegen Veränderungen der Umgebungstemperatur (Sonneneinstrahlung) zu schützen.

Fügen

Die zu schweißenden Flächen sollen bei Berührung mit einer Geschwindigkeit nahe null zusammentreffen. Der erforderliche Fügedruck wird möglichst linear ansteigend aufgebracht.

Der Fügedruck muss während der Abkühlzeit aufrecht erhalten werden. Erhöhte mechanische Beanspruchungen sind nur nach verlängerter Abkühlung zulässig. Unter Werkstattbedingungen und geringfügiger mechanischer Beanspruchung beim Ausspannen und Lagern dürfen insbesondere bei dickwandigen Teilen die Kühlzeiten unterschritten werden. Die Montage oder Weiterverarbeitung darf erst nach vollständigem Auskühlen erfolgen.

Nach dem Fügen muss über den gesamten Umfang ein Doppelwulst vorhanden sein. Die Wulstausbildung gibt eine Orientierung über die Gleichmäßigkeit der Schweißungen untereinander. Unterschiedliche Wulstausbildungen können durch verschiedenartiges Fließverhalten der verbundenen Materialien begründet sein. Aus Erfahrung mit den handelsüblichen Halbzeugen im angegebenen MFR-Bereich kann von der Schweißbeignung ausgegangen werden, auch wenn dies zu unsymmetrischen Schweißwülsten führen kann. K muss immer größer als 0 sein.



Druckprüfung nach DVS® 2210-1 Beiblatt 2

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.



Prüfungsarten

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.

Vorprüfung

Die Vorprüfung dient dazu, das Rohrleitungssystem auf die eigentliche Prüfung (Hauptprüfung) vorzubereiten. Im Verlauf der Vorprüfung stellt sich, ausgelöst durch die Innendruckbelastung ein Spannungs-Dehnungs-Gleichgewicht ein. Dabei kommt es zu einem werkstoffabhängigen Druckabfall, der ein wiederholtes Nachpumpen zur Wiederherstellung des Prüfdruckes sowie häufig ein Nachziehen der Flanschverbindungsschrauben erforderlich macht.

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.

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 mit Erläuterungen		Vorprüfung	Hauptprüfung	Kurzzeitprüfung
Prüfdruck pP	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	Rohrleitungen ohne oder mit Verzweigungen und einer Gesamtlänge ges L ≤ 100 m 1)	≥ 3 h	≥ 3 h	≥ 1 h
	Rohrleitungen ohne oder mit Verzweigungen und einem Gesamtlänge 100 m < ges L ≤ 500 m	≥ 6 h	≥ 6 h	≥ 3 h
	Rohrleitungen ohne oder mit Verzweigungen und einem Gesamtlänge ges L > 500 m	Das Rohrsystem ist abschnittsweise zu prüfen, wobei die jeweilige Prüflänge L _{Prüf} ≤ 500 m einzuhalten ist ¹⁾		
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: $\leq 1,0$ bar/h	PE: $\leq 0,5$ bar/h	für kurzzeitige Belastungen
		PP ²⁾	PP ²⁾	liegen keine Werte zum
		PVDF,ECTFE ²⁾	PVDF,ECTFE ²⁾	Druckabfall vor
		Normalfall (in Bezug auf die genannte Dauer der Vor- und Hauptprüfung)		Sonderfall (Zustimmung des Auftraggebers bzw. Betreibers erforderlich)

Hinweise

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

Weitere Hinweise:

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 $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ können auch Prüflängen > 500 m verwertbare Ergebnisse liefern. Die Entscheidung hierüber hat die verantwortliche Prüfaufsicht zu treffen.

- 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.

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.

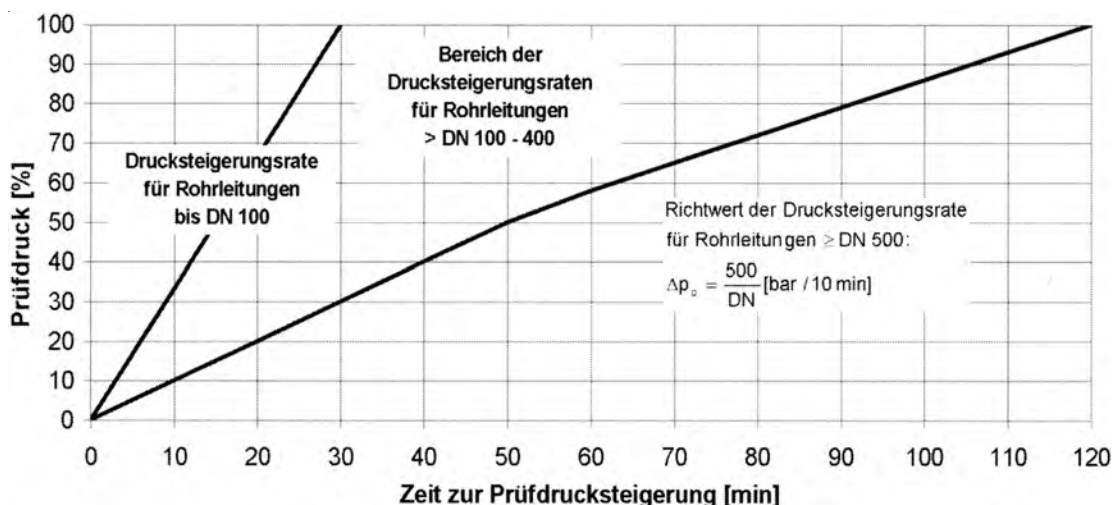
Zwischen dem Füllen und Prüfen der Rohrleitung ist ausreichend Zeit zu lassen, in der die im Rohrsystem befindliche Luft über die Entlüftungen entweichen kann (Richtzeit $\geq 6 \dots 12$ h, abhängig von der Rohrnennweite).

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

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

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 dem nachstehenden Bild zu entnehmen.



Hinweis

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.



- Prüfdruck und Prüftemperatur
- Ermittlung des Prüfdrucks
Der zulässige Prüfdruck $p_{P(zul)}$ errechnet sich nach folgender Formel:

$$p_{P(zul)} = \frac{1}{\frac{d_a}{s}} \cdot \frac{20 \cdot \sigma_{v(T, 100h)}}{S_P \cdot A_G} [bar]$$

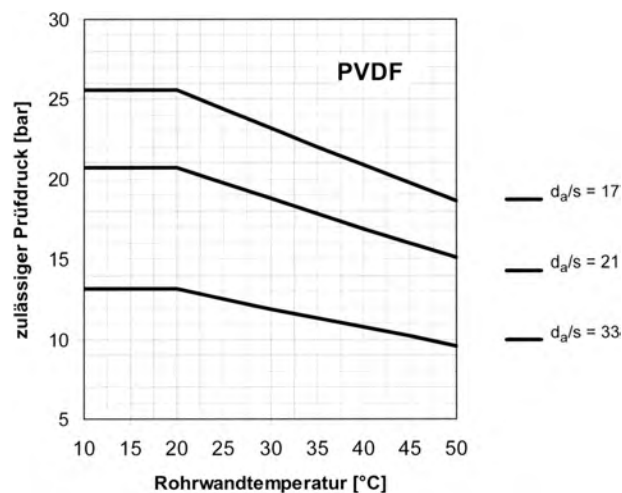
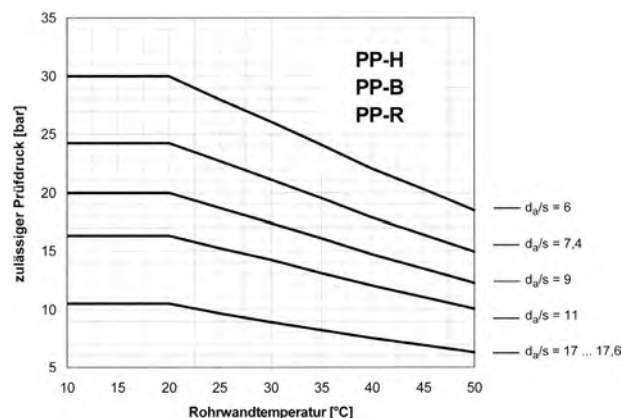
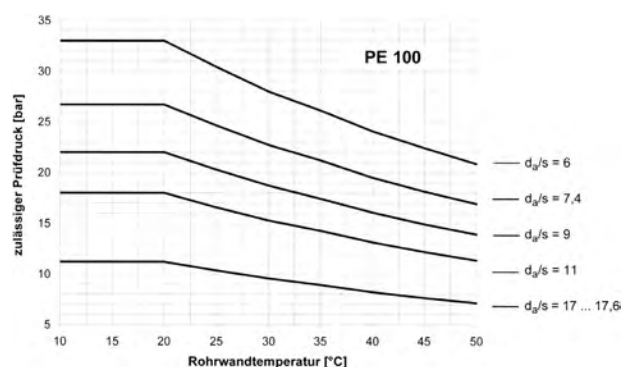
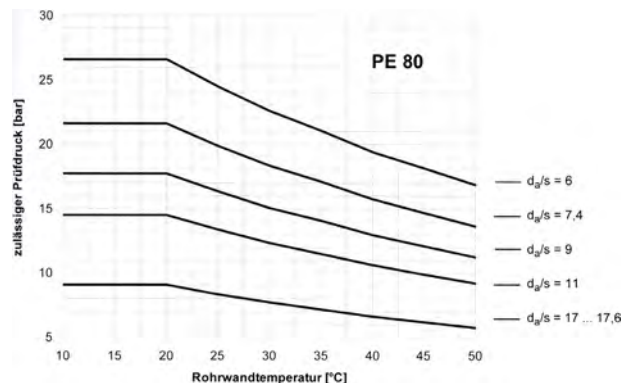
d_a	[mm]	Rohraußendurchmesser
s	[mm]	Rohrwanddicke
$\sigma_v(T, 100h)$	[N/mm ²]	Zeitstandfestigkeit für die Rohrwandtemperatur T_R bei $t = 100h$
S_P	[-]	Mindestsicherheitsabstand zur Zeitstandfestigkeit
A_G	[-]	verarbeitungs- oder geometrie-spezifischer Faktor, der den zulässigen Prüfdruck mindert ($A_G \geq 1,0$)
d_a / s		~ SDR
p_B	[bar]	Betriebsüberdruck

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

Werkstoff	PE	PP-H	PP-(B,R)	PVDF
S_p	1,25	1,8	1,4	1,4

- 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.



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 Rohrinnen [°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 Messstutzens 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), wird von einer Innendruckprüfung bei Rohrwandtemperaturen < 10°C abgeraten.

Durchführung einer Innendruckprüfung nach DIN EN 805¹

Hierbei handelt es sich um ein Prüfverfahren, bei dem die Dichtheit durch Erzeugung einer Kontraktion der Rohrleitung nachgewiesen werden soll.

Die Prüfung ist wiederum in eine Vor- und Hauptprüfung unterteilt. Im Verlauf der Vorprüfung soll der Prüfdruck innerhalb von 10 Minuten aufgebracht und für weitere 30 Minuten durch Nachpumpen gehalten werden. Es sind die nach ermittelten Prüfdrücke zu berücksichtigen. Danach folgt eine 1-stündige Ruhephase, bei der sich die Rohrleitung unter dem inneren Überdruck viskoelastisch verformen (dehnen) kann.

Während der Verformungsdauer (Ruhephase) darf sich der Prüfdruck aufgrund der Volumenzunahme um maximal 30 % verringern, wobei Rohrleitungen aus weniger elastischen Thermoplasten (z.B.: PVDF) am Ende der Vorprüfung einen geringeren Druckabfall aufweisen werden (Richtwert: $\Delta p_p \leq 0,20 \cdot p_p$).

Ist der Druckabfall höher als die werkstoffabhängigen Richtwerte, so muss eine Undichtheit vermutet werden. Soweit wie möglich ist die Rohrleitung auf Anzeichen von Leckagen zu inspizieren, und diese sind gegebenenfalls zu beheben. Nach einer Entspannungsphase mit $p_p = 0$ und mindestens 60 Minuten Dauer ist die Vorprüfung zu wiederholen.

Sind die Voraussetzungen hinsichtlich zulässigen Druckabfalls erfüllt, so folgt unmittelbar nach der Vorprüfung die Hauptprüfung. Dabei sind folgende Prüfschritte durchzuführen:

- Rasche Druckabsenkung um $\Delta p_{ab} = 10$ bis 15 % des am Ende der Vorprüfung vorhandenen Druckes
- Messen des abgelassenen Wasservolumens mit Vergleich zu einem rechnerischen Volumen
- Einhalten einer halbstündigen Kontraktionsdauer nach der Druckabsenkung
- Überwachen bzw. Aufzeichnen des Druckverlaufs während der Kontraktionsdauer

Die Rohrleitung gilt als dicht, wenn sich während der Kontraktionsdauer keine fallende Tendenz einstellt, das heißt der Druckabfall gegen $\Delta p = 0$ geht.



Heizelementstumpfschweißen

Anforderungen an das Schweißgerät für Heizelement-Stumpfschweißung (in Anlehnung an DVS® 2208, Teil 1)

Spanneinrichtung

Die Spanneinrichtungen sollen den Rohrmantel zumindest parallel zur Schweißebene umschließen, um hohe örtliche Spannungen im Rohr und Verformungen zu vermeiden. Sie müssen so stabil sein, dass mit ihnen die geometrische Kreisform der Rohre gehalten werden kann. Sie dürfen auch unter großen Arbeitskräften ihre Lage zu den Führungen nicht verändern.

Für Formstücke wie Vorschweißbunde und -flansche sind spezielle Spannvorrichtungen vorzusehen, die keine Verformung des Werkstückes zulassen.

Das auf der beweglichen Maschinenseite eingespannte Rohr muss gegebenenfalls durch leichtgängige Rollenböcke so unterstützt und exakt ausgerichtet werden, dass die zum Schweißen erforderlichen Arbeitsdrücke und -bedingungen eingehalten werden können.

Zwecks besserer Zentrierung der Werkstücke ist eine Höhenverstellbarkeit der Spannelemente zu empfehlen.

Führungselemente

Führungselemente und Spanneinrichtungen müssen gemeinsam gewährleisten, dass im jeweiligen Arbeitsbereich der Maschinen bei maximalem Arbeitsdruck und bei größtem Rohrdurchmesser an der ungünstigsten Stelle keine größeren Spaltbreiten (gemessen an kalten Fügeflächen) durch Biegung und Aufbäumen entstehen (siehe Tab. Seite 61).

Gemessen wird bei eingespannten und maschinell plan gearbeiteten Rohren durch Einlegen eines Distanzstückes an der Führung gegenüberliegender Stelle. Führungselemente müssen an den Gleitflächen gegen Korrosion geschützt sein, z.B. durch Hartverchromen.

Heizelemente

Das verwendete Heizelement muss innerhalb seiner Nutzfläche planparallel sein. Zulässige Abweichungen von der Planparallelität (gemessen bei Raumtemperatur nach mindestens einmaligen Aufheizen des Heizelementes auf maximale Betriebstemperatur):

Rohraussen Ø bzw. Kantenlänge	zulässige Abweichung
÷ 250 mm	≤ 0,2 mm
÷ 500 mm	≤ 0,4 mm
> 500 mm	≤ 0,8 mm

Für Werkstattbetrieb ist das Heizelement im allgemeinen fest an der Maschine montiert. Bei nicht fest angegliederten Heizelementen müssen zum Einbringen entsprechende Vorrichtungen vorhanden sein (z.B. Griffe, Haken, Ösen).

Falls Größe und Beschaffenheit des Heizelementes maschinelles Ablösen von den Verbindungsflächen erfordern, sind auch dazu entsprechende Vorrichtungen vorzusehen.

Die Stromzuführung ist im Bereich des Heizelementes gegen thermische Beschädigungen zu schützen. Ebenso ist die Nutzfläche des Heizelementes gegen Beschädigungen zu schützen.

Zur Aufnahme des Heizelementes zwischen den Schweißvorgängen sind Schutzvorrichtungen zu verwenden.



Heizelementstumpfschweißen

Anforderungen an das Schweißgerät für Heizelement-Stumpfschweißung (in Anlehnung an DVS® 2208, Teil 1)

Einrichtungen zur Schweißnahtvorbereitung

Um die Verbindungsflächen im eingespannten Zustand der Rohre planparallel bearbeiten zu können, ist ein entsprechendes spanabhebendes Werkzeug vorzusehen. Maximal zulässige Abweichungen von der Planparallelität der Füge stoßflächen:

Rohraussen Ø da [mm]	Abweichung [mm]
≥ 355	≤ 0,5
400 ... < 630	≤ 1,0
630 ... < 800	≤ 1,3
800 ... < 1000	≤ 1,5
> 1000	≤ 2,0

Die Bearbeitung kann mit angebauten oder leicht einzubringenden Vorrichtungen (wie Sägen, Hobel, Fräser) erfolgen.

Steuer- und Regeleinrichtungen für Druck, Zeit und Temperatur

Der Druckbereich der Maschine ist so auszulegen, dass eine Druckreserve von 20% des Druckes vorhanden ist, der für den maximalen Schweißquerschnitt und zur Überwindung der Reibungskräfte erforderlich ist.

Druck und Temperatur müssen einstell- und reproduzierbar sein. Die Zeitsteuerung erfolgt in der Regel manuell.

Um ein reproduzierbares Arbeiten zu gewährleisten, ist ein Heizelement mit elektronischer Temperaturregelung vorzuziehen. Die geforderten Leistungs- und Toleranzkennwerte sind zu gewährleisten.

Aufbau der Maschine und Sicherheit im Einsatz

Baustellenmaschinen sollen bei der Erfüllung der genannten Anforderungen möglichst leicht gebaut sein.

Zum Transportieren und Einbringen in den Rohrgraben müssen entsprechende Vorrichtungen vorhanden sein (z.B. Griffe, Ösen).

Beim Bau und Betrieb der Maschinen sind die entsprechenden Sicherheitsbestimmungen nach VDE und UUV zu beachten, insbesondere wenn mit elektrischer Spannung über 42 V gearbeitet wird.

Werkstattmaschinen müssen folgende Anforderungen erfüllen:

- Stabile Ausführung
- Universeller Grundaufbau (Hilfswerkzeuge und Spannbacken einschwenk- oder einfahrbar)
- Schnellspannvorrichtung
- Möglichst hoher Mechanisierungsgrad
- Angabe der Druckübersetzung (Hydraulik-/Schweißdruck) auf dem Typenschild
- Anbringungsmöglichkeit von Arbeitsdiagrammen im Bedienungsbereich
- Bei größeren Maschinen ist ein Fahrwerk mit Feststellvorrichtung (standfest, höhenverstellbar, mit eingebauter Wasserwaage) empfehlenswert



Berührungslose Heizelementstumpfschweißung für PE, PP, PVDF, ECTFE und PFA (Infrarot-Schweißung)

Schweißverfahren

Dabei handelt es sich um eine normale Stumpfschweißung, bei der jedoch die zu verbindenden Teile das Heizelement nicht berühren.

Die Erwärmung erfolgt durch Strahlungswärme. Der wesentliche Vorteil dieser Technik besteht darin, dass während der Anwärmphase fast keine Wulstbildung auftritt und dadurch nach dem Fügevorgang wesentlich kleinere Wülste als bei der Heizelement-Stumpfschweißung entstehen. Auch tritt keine Verschmutzung der Stirnflächen auf, da das Heizelement die zu verbindenden Teile nicht berührt (nähere Informationen entnehmen Sie bitte unserer technischen Broschüre "SP Serie").

Schweißparameter

Richtwerte der Schweißparameter für die berührungslose Stumpfschweißung von PE- PP- PFA- und ECTFE-Rohren und Formstücken brauchen nicht gesondert erwähnt werden, da diese Daten für das jeweilige Material und der zu verschweißenden Dimension in der Maschine gespeichert sind.

Mit der AGRU IR-Schweißmaschine können im Vergleich zur Stumpfschweißung bis zu 70% kürzere Schweißzeiten erreicht werden.

Neue Generation von Schweißmaschinen für Infrarot-Schweißung

SP-Schweißmaschinen

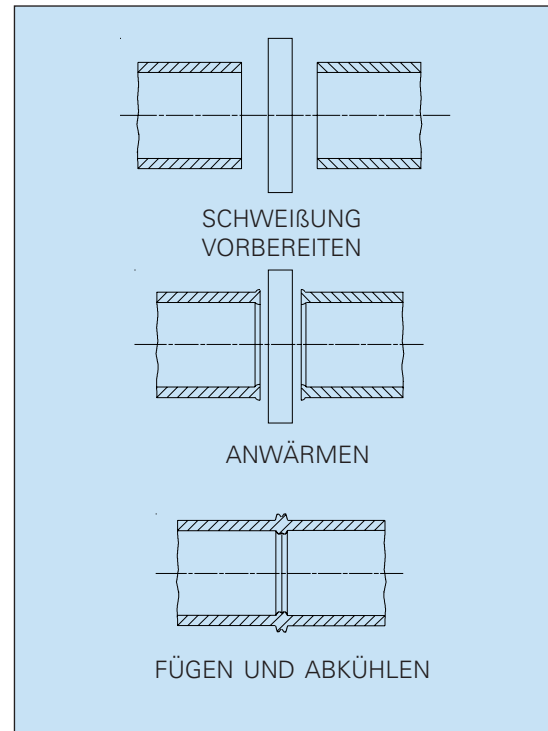
Diese neue entwickelte Schweißmaschinen-generation arbeitet vollautomatisch und ist für verschiedene Materialien einsetzbar (PE, PP, PVDF, ECTFE und PFA).

Folgende Maschinengrößen sind vorhanden:

- SP63 mobile (da 20mm bis da 63mm)
- SP110-S (da 20mm bis da 110mm)
- SP250-S (da 110mm bis da 250mm)
- SP315-S (da 110mm bis da 315mm)

Druckprüfung siehe Seite 65-69

Schematische Darstellung des Schweißvorganges



Heizelementmuffenschweißen

Heizelement Muffenschweißung (in Anlehnung an DVS 2207, Teil 1 für PE-HD, Teil 11 für PP und Teil 15 für PVDF)

Schweißverfahren

Beim Heizelement-Muffenschweißen werden Rohr und Formstück überlappend geschweißt. Rohrende und Formstückmuffe werden mit Hilfe eines muffen- bzw. stützenförmigen Heizelementes auf Schweißtemperatur erwärmt und anschließend verbunden.

Rohrende, Heizelement und Formstückmuffe sind maßlich so aufeinander abgestimmt, dass sich beim Fügen ein Fügedruck aufbaut (siehe schematische Darstellung).

Heizelement-Muffenschweißungen können bis einschließlich Rohraußendurchmesser 40 mm von Hand hergestellt werden. Darüber hinaus ist wegen der zunehmenden Fügekräfte eine Schweißvorrichtung zu verwenden.

Die Richtlinien der DVS® sind während der gesamten Schweißung zu beachten!

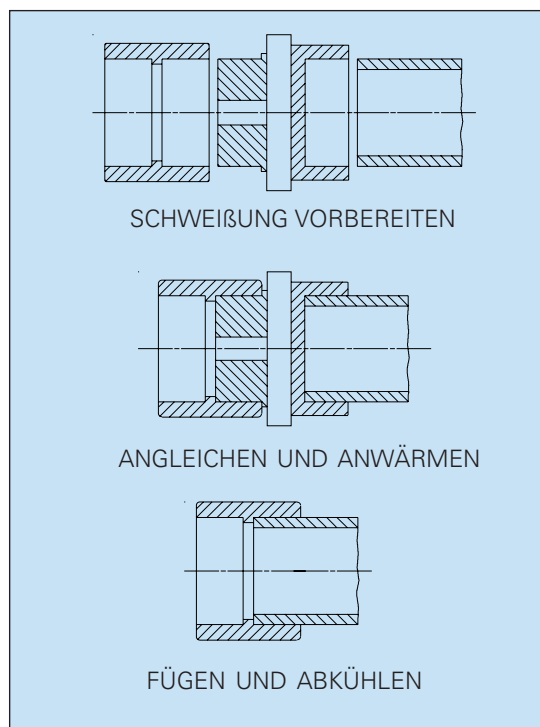
Schweißtemperatur (T)

PP-H, PP-R	250 ÷ 270 °C
PE-HD	250 ÷ 270 °C
PVDF	250 ÷ 270 °C

Schweißparameter

Richtwerte für die Heizelement-Muffenschweißung von PVDF, PP- und PE-HD-Rohren und Formstücken bei einer Außentemperatur von ca. 20 °C und mäßiger Luftbewegung.

Schematische Darstellung des Schweißvorganges



Material-type	Rohraussendurchmesser da [mm]	Anwärmzeit t _{Aw} [sec]		Umstellzeit t _U [sec]	Abkühlzeit t _{Ak}	
		SDR 17,6; 17	SDR 11; 7,4; 6		fixiert [sec]	gesamt [min]
PE 80, PE 100 PPH, PPR	16	-	5	4	6	2
	20	-	5	4	6	2
	25	¹⁾	7	4	10	2
	32	¹⁾	8	6	10	4
	40	¹⁾	12	6	20	4
	50	¹⁾	18	6	20	4
	63	¹⁾ (PE) ; 10 (PP)	24	8	30	6
	75	18 (PE) ; 15 (PP)	30	8	30	6
	90	26 (PE) ; 22 (PP)	40	8	40	6
	110	36 (PE) ; 30 (PP)	50	10	50	8
	125	46 (PE) ; 35 (PP)	60	10	60	8
PVDF		min. Rohrwanddicke [mm]	Anwärmzeit [sec]			
	16	1,5	4	4	6	2
	20	1,9	6	4	6	2
	25	1,9	8	4	6	2
	32	2,4	10	4	12	4
	40	2,4	12	4	12	4
	50	3,0	18	4	12	4
	63	3,0	20	6	18	6
	75	3,0	22	6	18	6
	90	3,0	25	6	18	6
	110	3,0	30	6	24	8

¹⁾ infolge zu geringer Wanddicke nicht empfehlenswert

Verarbeitungsrichtlinien Heizelement Muffenschweißung

Schweißplatzvorbereitung
Schweißgerät aufstellen, (Zubehör vorbereiten),
Kontrolle der Schweißeinrichtung.
Schweißzelt oder Ähnliches aufstellen.

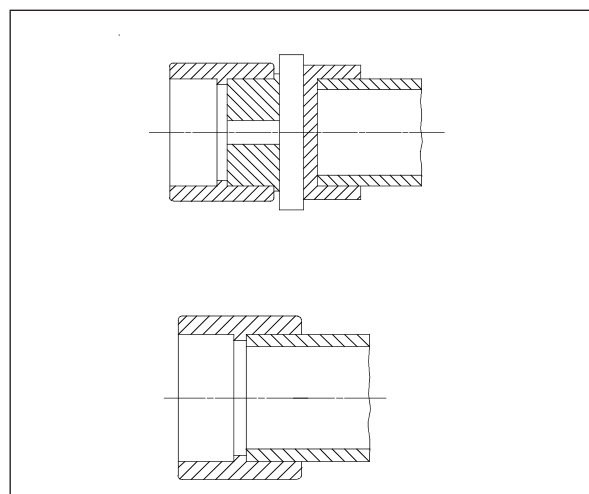
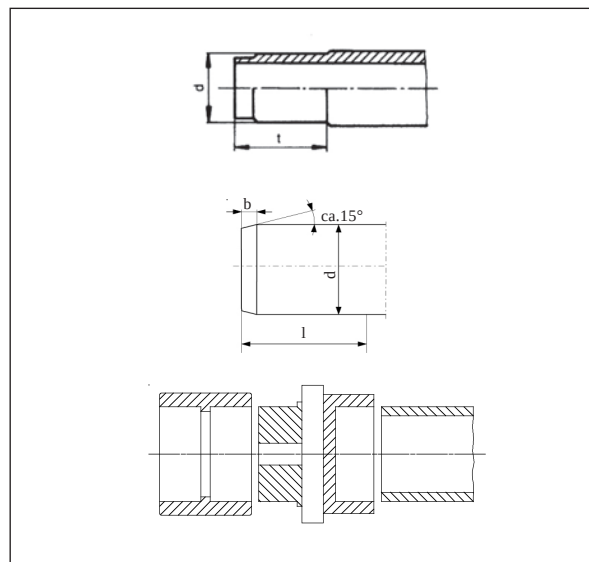
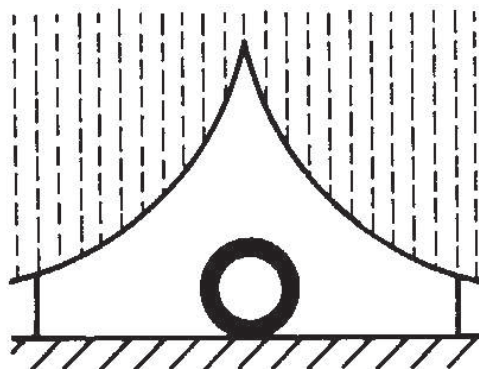
Schweißnahtvorbereitung
(sollte unmittelbar vor der Schweißung erfolgen)

Rohrenden rechtwinkelig abschneiden und Innenkante mit einem Messer entgraten.
Gemäß DVS® 2207; Teil 1 das Rohrende entsprechend nebenstehender Tabelle anschrägen und mittels Schälwerkzeug so weit bearbeiten, bis die Messer des Schälwerkzeuges mit der Stirnseite des Rohres bündig abschließen.
Schweißbereich von Rohr und Formstück mit nicht faserndem Papier und Reinigungsmittel (z.B. Ethanol oder Ähnlichem) gründlich reinigen.
Sollte der Schälvorgang nicht erforderlich sein, ist die Rohroberfläche mittels Ziehklänge zu bearbeiten und die Einstecktiefe (t) am Rohr zu markieren.

Rohrdurchmesser d [mm]	Rohrfase b [mm]	Einstecktiefe für		
		PP l [mm]	PVDF l [mm]	PE l [mm]
16	2	13	13	13
20	2	14	14	14
25	2	16	16	16
32	2	18	18	18
40	2	20	20	20
50	2	23	22	23
63	3	27	26	27
75	3	31	31	31
90	3	35	35	35
110	3	41	41	41
125	3	46	46	46

Vorbereitung zum Schweißen
Heizelementtemperatur kontrollieren (zu prüfen am Heizdorn bzw. an der Heizmuffe).
Heizmuffe und Heizdorn sind gründlich vor jedem Schweißvorgang zu reinigen (mit nicht faserndem Papier). Dabei ist unbedingt darauf zu achten, dass eventuell anhaftende Schmelzrückstände entfernt werden.

Ausführung des Schweißvorganges
Formstück und Rohr zügig und axial auf den Heizdorn bzw. in die Heizmuffe bis zum Anschlag (bzw. Markierung) aufschieben. Anwärmzeit gemäß Tabelle abwarten.
Nach Ablauf der Anwärmzeit Formstück und Rohr ruckartig von den Heizelementen abziehen und sofort ohne verdrehen bis zum Zusammentreffen beider Schweißwülste ineinanderschieben.
Verbindung abkühlen lassen und anschließend ausspannen.
Die Verbindung darf erst nach Ablauf der Kühlzeit durch weitere Verlegearbeiten beansprucht werden.
Schweißen von Hand:
Teile ausrichten und mindestens 1 Minute unter Druck festhalten (siehe Tab. S 72: Kühlzeit fixiert).



Verarbeitungsrichtlinien Heizelement Muffenschweißung

Visuelle Schweißnahtkontrolle

Der äußere Wulst der Schweißnaht ist zu prüfen. Dabei muss dieser am gesamten Rohrumfang sichtbar sein.

Durchführung der Druckprüfung

Bis zur Durchführung der Druckprobe müssen alle Schweißverbindungen völlig abgekühlt sein (in der Regel 1 Stunde nach der letzten Schweißung). Die Druckprobe ist gemäß den einschlägigen Normvorschriften durchzuführen (zB DVS® 2210 Teil 1 - siehe Tabelle).

Während der Druckprobe ist die gesamte Rohrleitung gegen Veränderungen der Umgebungstemperatur (Sonneneinstrahlung) zu schützen.

Anforderungen an das Schweißgerät für Heizelement-Muffenschweißung (in Anlehnung an DVS® 2208, Teil 1)

Heizelement-Muffenschweißungen werden im stationären Werkstattbetrieb sowie im Baustelleneinsatz betrieben. Als Einzweckmaschinen sollten diese für einen weitgehend mechanisierten Ablauf der Schweißung ausgelegt sein.

Spanneinrichtungen

Eindrücke auf den Werkstückoberflächen, verursacht durch die spezielle Spanneinrichtung für Rohrleitungsteile, dürfen die mechanischen Eigenschaften der fertigen Verbindung nicht nachteilig beeinflussen.

Führungselemente

Führungselement, Spanneinrichtungen und Heizelement müssen gemeinsam gewährleisten, dass im jeweiligen Arbeitsbereich der Maschine die Fügeteile zentrisch zum Heizelement und zueinander geführt werden. Erforderlichenfalls ist eine Einstellmöglichkeit zur Zentrierung vorzusehen.

Aufbau der Maschine und Sicherheit im Einsatz

Im Aufbau der Maschine sollen bei der Erfüllung der genannten Anforderungen in Konstruktion und Ausführung folgende Punkte berücksichtigt sein:

- stabile Ausführung
- universeller Grundaufbau (Hilfswerkzeuge und Spannbacken einschwenk- oder einfahrbar)
- Schnellspannvorrichtung
- Möglichst hoher Mechanisierungsgrad (reproduzierbarer Schweißablauf)

Druckprüfung nach DVS® 2210 Teil 1

siehe Seite 65 - 69



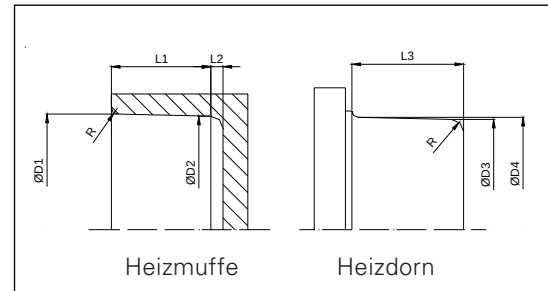


Anforderungen an das Schweißgerät für Heizelement-Muffenschweißung (in Anlehnung an DVS® 2208, Teil 1)

Heizelemente

Für die Abmessungen der Heizwerkzeuge gelten die in der Tabelle enthaltenen Werte (entsprechen dem Entwurf der ISO TC 138 GAH 2/4, Dokument 172 E).

Abmessungen¹⁾ der Heizelemente für Heizelement-Muffenschweißung Typ B (mit mechanischer Rohrbearbeitung)

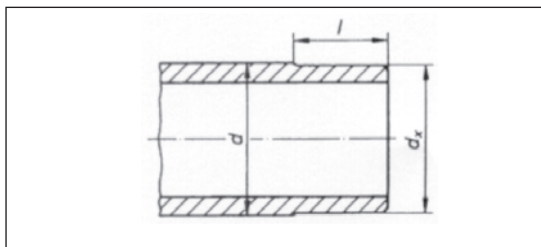


Rohrdurchmesser [mm]	ØD1 [mm]	ØD2 [mm]	ØD3 [mm]	ØD4 [mm]	L1 [mm]	L2 [mm]	L3 [mm]	R [mm]
16	15,9	15,76	15,37	15,5	14	4	13	2,5
20	19,85	19,7	19,31	19,45	15	4	14	2,5
25	24,85	24,68	24,24	24,4	17	4	16	2,5
32	31,85	31,65	31,17	31,35	19,5	5	18	3,0
40	39,8	39,58	39,1	39,3	21,5	5	20	3,0
50	49,8	49,55	49,07	49,3	24,5	5	23	3,0
63	62,75	62,46	61,93	62,2	29	6	27	4,0
75	74,75	74,42	73,84	74,15	33	6	31	4,0
90	89,75	89,38	88,75	89,1	37	6	35	4,0
110	109,7	109,27	108,59	109	43	6	41	4,0
125	124,7	124,22	123,49	123,95	48	6	46	4,0

¹⁾Maßangaben gelten bei 260 ± 270°C

Maßtoleranzen:
 ≤ 40 mm ± 0,04 mm
 ≤ 50 mm ± 0,06 mm

Werkzeuge zur Schweißnahtvorbereitung
 Beim Heizelement-Muffenschweißen mit mechanischer Bearbeitung (Verfahren B) ist zum Kalibrieren und Anfasen der Verbindungsflächen des Rohres ein Schälwerkzeug erforderlich. Dieses muss auf das verwendete Heizelement und die Formstückmuffe abgestimmt sein. Das Schälwerkzeug wird mit einem Lehdorn eingestellt.



für die Muffenschweißung vorbereitetes Rohrende (Maßangaben siehe Tabelle)

Kalibrierdurchmesser und -länge für die spanende Bearbeitung der Rohrenden bei Verfahren B

Rohraussendurchmesser [mm]	Kalibrierdurchmesser d _k [mm]	Kalibrierlänge l [mm]
20	19,9 ± 0,05	14
25	24,9 ± 0,05	16
32	31,9 ± 0,05	18
40	39,85 ± 0,10	20
50	49,85 ± 0,10	23
63	62,8 ± 0,15	27
75	74,8 ± 0,15	31
90	89,8 ± 0,15	35
110	109,75 ± 0,20	41
125	124,75 ± 0,20	44

Heizwendelschweißung

(in Anlehnung an DVS® 2207 Teil 11 für PP)

Schweißverfahren

Beim Heizwendelschweißen werden Rohr und Formteil mit Hilfe von Widerstandsdrähten (Heizwendel) erwärmt und verschweißt. Die Widerstandsdrähte sind im Formteil komplett eingebettet, dies bewirkt eine glatte Innenoberfläche. Die Energiezufuhr erfolgt mit Hilfe eines Schweißtransformators.

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.

Schweißsysteme

Für die Verschweißung von AGRU-E-Formteile sollte ein Universalschweißgerät herangezogen werden.

Dieser Schweißautomat ist ein Gerät mit Barcodeerkennung, es überwacht vollautomatisch alle Funktionen während des Schweißvorganges und zeichnet diese auf.

Bei Universalgeräten mit Magnetcodeerkennung wird nach dem Einlesen der Code auf der Karte gelöscht, d. h. die Karte ist nur einmal verwendbar.

Geeignete Schweißmaschinen

Für die Verschweißung von elektroschweißbaren AGRU-Formteilen sind unter anderem folgendende Universalschweißgeräte mit Barcodeerkennung geeignet:

- Polycontrol plus
- HST 300 junior plus
- HST 300 print plus

Allgemeine Schweißseignung

Es können nur gleichartige Werkstoffe miteinander verschweißt werden. Der MFR-Wert der E-Formteile aus PE liegt im Bereich von 0,3 - 1,3 g/10min. Sie können mit Rohren und Formteilen aus PE 80 und PE 100 verschweißt werden, deren MFR-Wert zwischen 0,3 und 1,7 g/10min liegt.

Die verschweißbaren SDR-Serien und die maximale Ovalität sind in der untenstehenden Tabelle zu ersehen.

Der Schweißbereich ist vor ungünstigen Witterungseinflüssen, wie Regen, Schnee, intensiver Sonneneinstrahlung oder Wind zu schützen.

Zulässiger Temperaturbereich für PE liegt bei -10°C bis +50°C. Die nationalen Richtlinien sind ausserdem zu berücksichtigen.

Schweißparameter

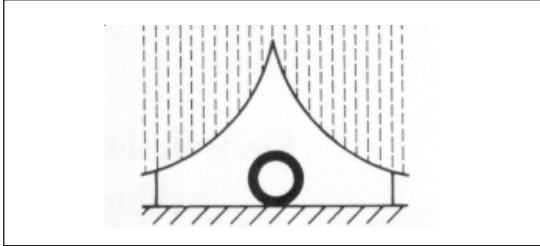
Die Schweißparameter werden durch den Barcode bestimmt. Der Barcode ist direkt am Formteil angebracht.

Für AGRU Heizwendelformteile gilt:

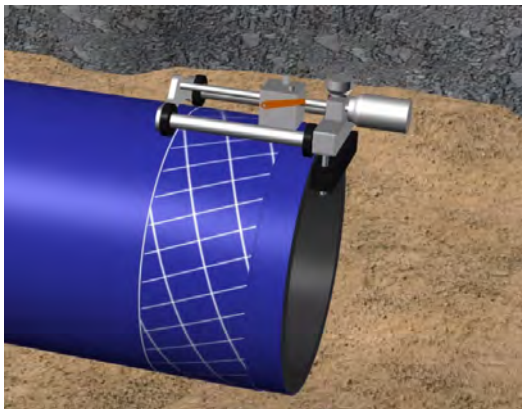
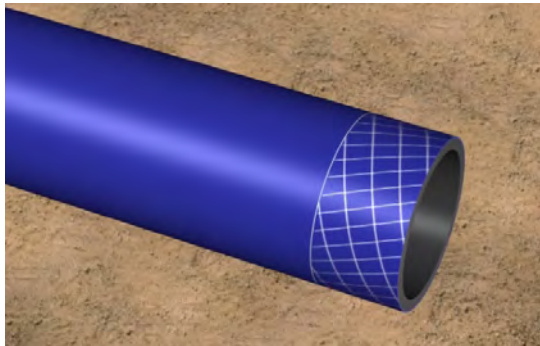
E-Muffe	DA	schweissbare Rohre / Fittings							
		SDR 33	SDR 26	SDR 17,6	SDR 17	SDR 13,6	SDR 11	SDR 9	SDR 7,4
SDR 11	20	nein	nein	nein	nein	nein	ja	ja	ja
	25	nein	nein	nein	nein	nein	ja	ja	ja
	32	nein	nein	nein	nein	nein	ja	ja	ja
	40	nein	nein	ja	ja	ja	ja	ja	ja
	50	nein	nein	ja	ja	ja	ja	ja	ja
	63	nein	nein	ja	ja	ja	ja	ja	ja
	75	nein	nein	ja	ja	ja	ja	ja	ja
	90	nein	nein	ja	ja	ja	ja	ja	ja
	110	nein	nein	ja	ja	ja	ja	ja	ja
	125	nein	nein	ja	ja	ja	ja	ja	ja
	140	nein	nein	ja	ja	ja	ja	ja	ja
	160	nein	nein	ja	ja	ja	ja	ja	ja
	180	nein	nein	ja	ja	ja	ja	ja	ja
	200	nein	nein	ja	ja	ja	ja	ja	ja
	225	nein	nein	ja	ja	ja	ja	ja	ja
	250	nein	nein	ja	ja	ja	ja	ja	ja
	280	nein	nein	ja	ja	ja	ja	ja	ja
	315	nein	nein	ja	ja	ja	ja	ja	ja
SDR 17	355	nein	nein	ja	ja	ja	ja	nein	nein
	400	nein	nein	ja	ja	ja	ja	nein	nein
	450	nein	nein	ja	ja	ja	ja	nein	nein
	500	nein	nein	ja	ja	ja	ja	nein	nein
	160	ja	ja	ja	ja	nein	nein	nein	nein
	450	ja	ja	ja	ja	nein	nein	nein	nein
	500	ja	ja	ja	ja	nein	nein	nein	nein
	560	ja	ja	ja	ja	nein	nein	nein	nein
	630	ja	ja	ja	ja	nein	nein	nein	nein
	710	ja	ja	ja	ja	nein	nein	nein	nein

Heizwendelschweißung

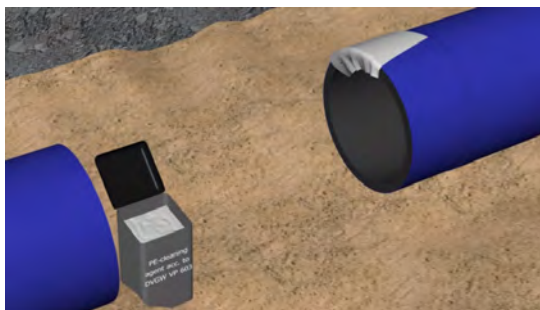
Schweißplatzvorbereitung



Schweißnahtvorbereitung (sollte unmittelbar vor der Schweißung erfolgen)



Vorbereitung zum Schweißen



Verarbeitungsrichtlinien

Schweißgerät aufstellen, Zubehör vorbereiten, Kontrolle der Schweißeinrichtung.

Schweißzelt oder ähnliches aufstellen.

siehe Umgebungstemperatur bzw. Umgebungseinflüsse Seite 59.

Rohr mit geeignetem Schneidwerkzeug rechtwinkelig abtrennen und Einstecklänge markieren.

Einstecklänge = Muffenlänge/2

Rohr im Bereich der Einstecklänge mit trockenem Lappen von grobem Schmutz reinigen, und anschließend mit einem geeignetem Schälgerät bearbeiten oder mit einer Ziehklinge sorgfältig in axialer Richtung abziehen (Spandicke min. 0,2mm). Rohrende innen und außen entgraten.

Wird anstelle des Rohres ein Formteil verschweißt, so ist am Formteil der Reinigungs- und Schälvorgang im Schweißbereich wie beim Rohr durchzuführen.

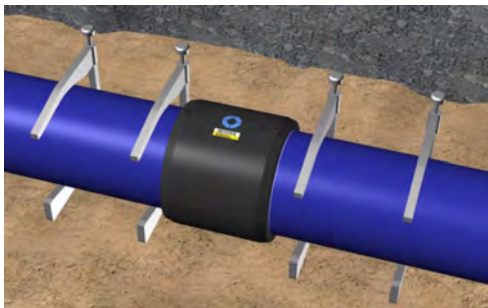
Der E-Formteil soll unmittelbar vor der Verschweißung aus der Verpackung genommen werden.

Die Muffeninnenseite und das geschälte Rohrende sollten keinesfalls mit den Fingern berührt werden.

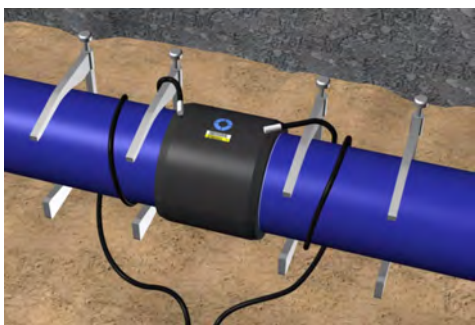
Die Schweißflächen sind mit einem geeigneten PE-Reiniger und faserfreiem Papier zu reinigen. Bevor weitere Schritte folgen, ist darauf zu achten, dass die zu verschweißenden Flächen trocken sind und Reinigungsreste unbedingt mit faserfreiem, saugfähigem Papier entfernt werden. Nun wird die Muffe bis zum Mittenanschlag bzw. zur markierten Einstecklänge auf das vorbereitete Ende des Rohres geschoben.

Heizwendelschweißung

Vorbereitung zum Schweißen



Ausführung des Schweißvorganges



Verarbeitungsrichtlinien

Der zweite mit der Muffe zu verschweißende Teil (Rohr oder Formteil) ist ebenfalls vorzubereiten.

Zweites Rohrende (bzw. Formteil) in die Muffe einschieben und beide Rohre so in die Haltevorrichtung einspannen, dass zwischen Schweißzone und Rohr (bzw. Formteil) keine Kräfte auftreten und die Muffe noch leichtgängig drehbar ist.

Kontrolle:

Sollte eine Markierung vom Muffenende entfernt sein, ist das Rohr nicht bis zum Anschlag eingeschoben.

Die Einspannung muss gelockert werden, und die Rohrenden müssen soweit eingeschoben werden, dass die Markierungen direkt an den Muffenenden sichtbar sind.

Die Bedienungsanleitung des verwendeten Schweißgerätes ist zu beachten. Die folgenden Ausführungen beschreiben nur den wesentlichen Inhalt des Schweißablaufes.

Die beiden Steckanschlüsse der Muffe werden nach oben gedreht (dabei axiale Lage der Muffe nicht verändern) und mit dem Anschlussstecker des Schweißkabels verbunden. Schweißkabel so anordnen, dass dessen Gewicht die Schweißmuffe nicht verdreht.

Nach dem Verbinden des Anschlusssteckers meldet der Schweißautomat am Display den richtigen Anschluss.

Die Eingabe der Schweißparameter erfolgt mit einem Lesestift oder Scanner. Die Eingabe wird durch einen Signalton bestätigt.

Nach Eingabe der Schweißparameter wird im Display der Schweißmaschine Fabrikat, Dimension und Außentemperatur angezeigt. Diese Werte sind zu bestätigen. Anschließend erfolgt aus Kontrollgründen die Abfrage, ob das Rohr bearbeitet wurde.

Schweißen ohne Halteklammern:

AGRU Heizwendelformteile können auch ohne den Einsatz von Halteklammern verarbeitet werden. Es gelten die Verarbeitungsgrundsätze der DVS® 2207 Teil 1 und die AGRU Verarbeitungsrichtlinien.

Auf eine spannungsfreie Einbausituation ist zu achten. Sollte dies nicht der Fall sein, sind geeignete Haltevorrichtungen zu verwenden.



Heizwendelschweißung

Ausführung des Schweißvorganges



Visuelle Kontrolle und Protokollierung



Verarbeitungsrichtlinien

Optional wird auf AGRU-Formteilen ein Rückverfolgbarkeitsbarcode angebracht. Durch diesen Barcode ist eine automatisierte, elektronisch erstellte Dokumentation der Bauteilrückverfolgung gewährleistet.

Die Verwendung des Traceabilitycodes ist nicht zwingend, d.h. wenn Sie diesen nicht verwenden, ändert sich für Sie an Ihrem gewohnten Arbeitsablauf nichts. Sie können weiterhin Ihr gewohntes Schweißgerät einsetzen.

Der Schweißvorgang wird durch Drücken der grünen Starttaste begonnen. Auf dem Display ist nun zusätzlich die Soll- und Ist-Schweißzeit sowie die Schweißspannung sichtbar.

Während des gesamten Schweißvorganges (inklusive Abkühlzeit) muss die Spannvorrichtung montiert bleiben. Das Ende der Verschweißung wird durch einen Signalton angezeigt.

Die Spannvorrichtung wird nach Ablauf der Abkühlzeit entfernt. Diese Abkühlzeit ist unbedingt einzuhalten!

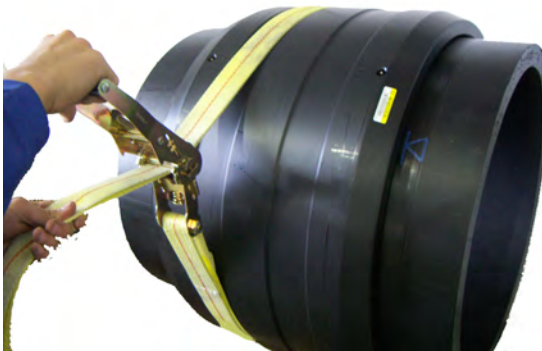
Bei Unterbrechung der Schweißung (z.B. durch Stromausfall) ist ein Nachschweißen der Muffe zulässig, sofern der Heizwendelformteil auf Umgebungstemperatur (<35°C) abgekühlt ist.

Die korrekte Verschweißung kann durch den Schweißindikator an der Muffe visuell kontrolliert werden. Darüber hinaus werden sämtliche Parameter der Schweißung geräteintern gespeichert. Diese Daten können als Schweißprotokoll ausgedruckt werden.

● Heizwendelschweißung - Großmuffen

● Schweißen von Heizwendelmuffen >500mm

● Anlegen der Spanngurte



● Ausführung des Schweißvorganges

● Verarbeitungsrichtlinien

● Für die Verarbeitung von Heizwendelmuffen >500mm gelten die selben Vorbereitungsschritte wie auf Seite 77 und 78 beschrieben.

Jedoch sind nach dem Einschieben der Rohre folgende Punkte zu beachten.

Nach dem Einschieben der Rohre müssen anschließend beide von AGRU mitgelieferten Spanngurte (50mm breit) angelegt werden.

Anlegen des Spanngurtsystems siehe Seite 82.

Die Gurte müssen in die Nut eingelegt und von Hand stramm festgezogen werden, bis sich die Gurte nicht mehr verschieben lassen. Ein zusätzliches Werkzeug ist nicht erlaubt.

● Nach dem korrekten Anlegen der Spanngurte ist die Schweißung wie auf Seite 79 beschrieben auszuführen.

● Die Spanngurte sollen nach beendeter Kühlzeit wieder abgenommen werden.

Materialeigenschaften

Verlegerichtlinien

Kalkulationsrichtlinien

Verbindungstechnik

Doppelrohrsystem

Zulassungen und Normen



- Beide Spanngurte müssen wie folgt in die Nuten eingelegt und befestigt werden.



Ratschenhebel öffnen



Loses Ende in die Schlitzwelle einfädeln und durchziehen.

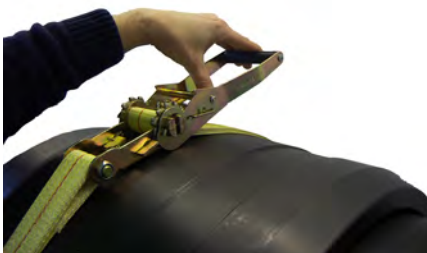
Gurt spannen.



Gurt so lange mittels Ratschenhebel spannen bis dieser stramm an der Muffe anliegt und von Hand nicht mehr verrutscht werden kann.



Nach dem Spannen des Gurtes den Ratschenhebel in Schließstellung bringen.



Zum Lösen den Funktionsschieber ziehen und den Ratschenhebel um ca. 180° bis zum Endanschlag öffnen.

Warmgas-Ziehschweißung

(in Anlehnung an DVS® 2207, Teil 3 für PP, PE-HD, PVDF und analog für ECTFE)

Schweißverfahren

Beim Warmgasschweißen werden die Fügeflächen und die Außenzonen des Schweißzusatzes mit Warmgas - in der Regel mit heißer Luft - in einen plastischen Zustand gebracht und unter geringem Druck miteinander verbunden. Das verwendete Warmgas muss wasser-, staub- und ölfrei sein. Diese Richtlinie gilt für das Warmgasschweißen von Rohren und Platten aus thermoplastischen Kunststoffen wie PP und PE-HD. Warmgasgeschweißt werden vorwiegend Materialdicken von 2 bis 10 mm. Anwendungsgebiete dieses Schweißverfahrens finden sich im Apparate-, Behälter- und Rohrleitungsbau.

Rohrleitungen für die Gas- und Wasserversorgung dürfen nicht warmgasgeschweißt werden!

Schweißeignung von Grundmaterial und Schweißzusatz

Von dem Grundmaterial und dem Schweißzusatz muss gemäß Richtlinie DVS® 2201, Teil 1 die Schweißeignung gegeben sein.

Voraussetzung für eine hochwertige Schweißung ist die Verwendung eines art- und möglichst typengleichen Schweißzusatzes. Diese müssen in der Beschaffenheit und Anforderung dem Merkblatt DVS® 2211 entsprechen. Die gebräuchlichsten Schweißzusätze sind Runddrähte von 3 und 4 mm Durchmesser. Es kommen aber auch Sonderprofile wie Oval-, Dreikant- und Drillingstäbe sowie auch Bänder zum Einsatz. Nachfolgend wird vereinfacht von Schweißdraht gesprochen.

Schweißparameter

Richtwerte für ca. 20 °C Außentemperatur (gemäß DVS 2207)

Werkstoff	Schweißkraft [N]		Warmluft- temperatur ¹⁾ [°C]	Luftmenge [l/min]
	Draht Ø3mm	Draht Ø4mm		
PEHD, PEHD-el	15 ÷ 20	25 ÷ 35	300 ÷ 340	45 ÷ 55
PP-H, PP-B, PP-R PP-H-s PP-R-s-el	15 ÷ 20	25 ÷ 35	300 ÷ 340	45 ÷ 55
PVDF, PVDFflex	20 ÷ 25	30 ÷ 35	365 ÷ 385	45 ÷ 55
ECTFE	10 ÷ 15		350 ÷ 380	50 ÷ 60

¹⁾ gemessen im Warmluftstrom etwa 5 mm in der Düse

Anforderung an den Schweißer und Schweißgeräte

Der Kunststoffschweißer muss die notwendigen Kenntnisse und Fertigkeiten zur Durchführung der Schweißung besitzen.

In der Regel bedeutet dies eine abgeschlossene Ausbildung zum Kunststoffschweißer mit ständiger Übung oder eine langjährige Praxis.

Warmgas-Schweißgeräte müssen den Anforderungen nach Merkblatt DVS® 2208, Teil 2 entsprechen.

Schweißen von ECTFE

Die Wahl des Gases ist ein sehr wichtiger Faktor beim ECTFE Schweißen. Es ist nicht notwendig, ECTFE mit Stickstoff zu schweißen; gute Qualitäten von ECTFE-Schweißnähte können ebenso mit Heißluft erreicht werden, wenn eine saubere und trockene Luft verwendet wird. Schweißen mit Stickstoff ist nur empfehlenswert, wenn diese Voraussetzungen nicht gegeben sind.

Sicherheitsvorkehrungen

Bei ECTFE - Schmelztemperaturen von > 300°C werden Chlorwasserstoff und Fluorwasserstoff freigesetzt. Diese können bei höheren Konzentrationen giftig sein und sollten daher nicht eingeatmet werden.

Die empfohlene Belastungsgrenze nach TWA fuer HCl ist 5ppm, für HF 3ppm.

Bei Atemkontakt mit ECTFE-Dämpfen sollte die Person sofort an die frische Luft gebracht und ein Arzt hinzugezogen werden (Gefahr von Polymer - Fieber!)

Folgende Sicherheitsvorkehrungen sollten daher beachtet werden:

- Für gute Belüftung im Arbeitsbereich muss gesorgt werden (ansonsten Atemschutz verwenden)
- Augenschutz verwenden
- Handschutz verwenden

Die Ziehduse muss dem Querschnitt des jeweiligen Schweißdrahtes entsprechen. Um den erforderlichen Anpressdruck beim Schweißen großer Querschnitte aufbringen zu können, kann bei diesen Düsen ein zusätzlicher Druckgriff erforderlich sein. Spezielle Schlitzdüsen gestatten das Schweißen von Bändern.

Verarbeitungsrichtlinien Warmgas-Ziehschweißung

Schweißplatzvorbereitung

Schweißgerät aufstellen, (Zubehör vorbereiten), Kontrolle der Schweißeinrichtung.

Schweißzelt oder Ähnliches aufstellen.

Schweißnahtvorbereitung (sollte unmittelbar vor der Schweißung erfolgen)

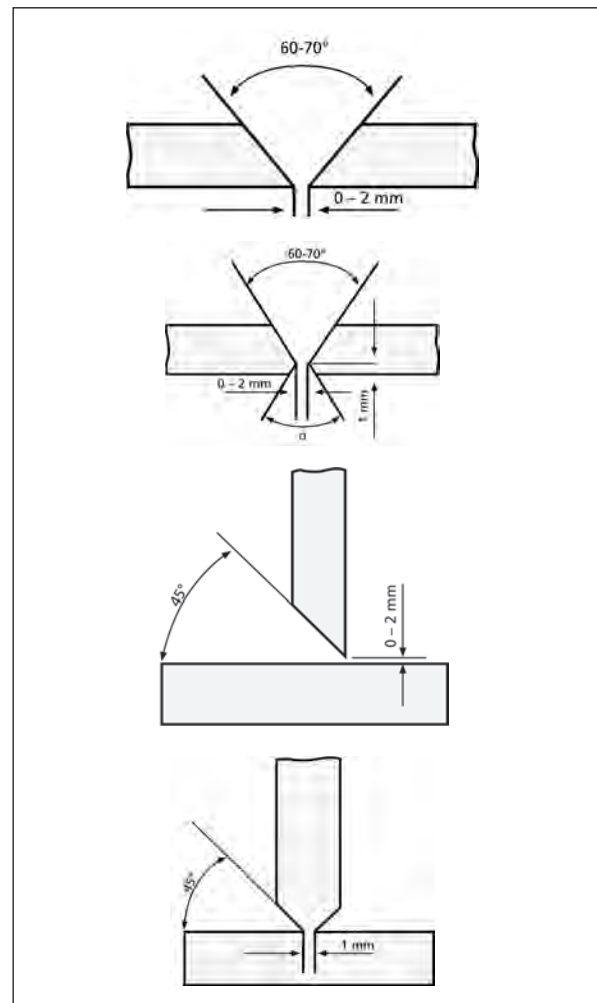
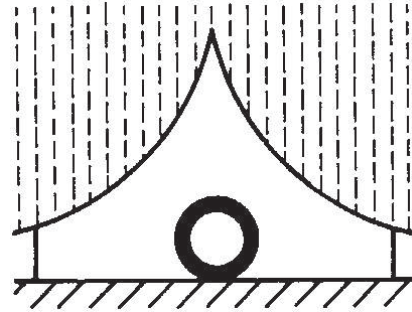
Die Fügeflächen und angrenzende Randzonen müssen vor dem Schweißen abgearbeitet werden (z.B: mittels Ziehklinge). Das Abziehen der Schweißdrähte ist ebenfalls empfehlenswert, bei PP jedoch unbedingt notwendig. Durch Witterungs- oder Chemiekalieneinfluss oberflächlich geschädigte Teile müssen bis auf die ungeschädigte Zone abgearbeitet werden.

Die Formen der Schweißnähte an den Kunststoffbauteilen entsprechen im wesentlichen denen bei Metallen. Für die Auswahl der Nahtform an Behältern und Apparaten sind die Merkblätter der DVS® 2205, Teil 3 und 5 heranzuziehen. Insbesondere sind die allgemeinen schweißtechnischen Gestaltungsgrundsätze zu berücksichtigen. Die wichtigsten Nahtformen sind: V-,Doppel-V-, HB-und K-Naht

Bei beidseitiger Zugänglichkeit ist ab 4 mm Tafeldicke die Doppel-V-Naht zu empfehlen und ab 6 mm grundsätzlich auszuführen. Durch wechselseitiges Schweißen kann der Verzug der Tafel gering gehalten werden.

Vorbereitung zum Schweißen

Vor Schweißbeginn wird die eingestellte Warmlufttemperatur überprüft. Die Messung erfolgt mit einem Thermoelement etwa 5 mm in der Düse, bei Runddüsen in der Düsenmitte, bei Ziehdüsen in der Hauptdüsenöffnung. Der Durchmesser des Thermoelementes darf maximal 1 mm betragen. Die Messung der Luftmenge erfolgt vor Eintritt in das Schweißgerät mit einem Durchflussmessgerät.



Verarbeitungsrichtlinien Warmgas-Ziehschweißung

Ausführung des Schweißvorganges

Das Gefühl für Schweißgeschwindigkeit und Schweißkraft muss sich der Schweißer durch Übung aneignen. Die Schweißkraft kann durch Probeschweißen auf einer Tafelwaage ermittelt werden.

Der Schweißdraht wird in der Zieh Düse erwärmt und mit einem schnabelförmigen Ansatz am unteren Düsenteil in die Schweißfuge gedrückt. Durch die Vorwärtsbewegung der Düse wird der Schweißdraht in der Regel selbsttätig nachgezogen.

Gegebenenfalls muss der Schweißdraht von Hand nachgeschoben werden, um eine Reckung infolge Reibung in der Düse zu vermeiden.

Schweißnahtaufbau

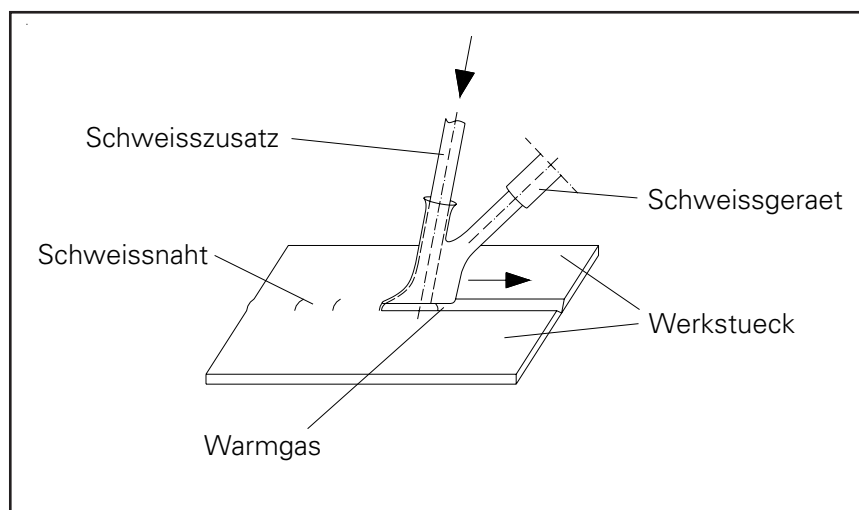
Die erste Lage der Schweißnaht wird mit Zusatzdraht Ø 3 mm geschweißt (Ausnahme bei 2 mm Wanddicke). Der nachfolgende Aufbau bis zur vollständigen Füllung kann mit Schweißdrähten größeren Durchmessers erfolgen. Vor dem Schweißen des jeweils folgenden Schweißdrahtes ist der Schweißsaum des vorherigen mit einem geeignetem Schaber abziehen.

Schweißnahtnachbearbeitung

Die Schweißnähte werden normalerweise nicht überarbeitet. Ist eine Bearbeitung erforderlich, so darf die Grundmaterialdicke nicht unterschritten werden.

Visuelle Kontrolle der Schweißverbindung

Schweißverbindungen werden visuell auf Nahtfüllung, Oberflächenbeschaffenheit, Durchschweißen der Nahtwurzel und Füge teilversatz geprüft.





Anforderungen an das Schweißgerät für Warmgas-Ziehschweißung (in Anlehnung an DVS 2207-3)

Handschweißgeräte (mit externer Luftzufuhr)

Die Geräte bestehen im wesentlichen aus Handgriff, Heizung, Düse, Luftzuführungsschlauch und elektrischer Anschlussleitung. Aufgrund ihrer Konstruktionsmerkmale sind sie besonders geeignet für länger dauernde Schweißarbeiten.

Allgemeine Anforderungen

- Sichere Funktionsfähigkeit zwischen -5 bis +60°C
- Lager in einem Temperaturbereich von -5 bis +60°C
- Ausreichender Schutz gegenüber von außen einwirkender Feuchtigkeit
- Möglichst geringes Gewicht
- Günstige Schwerpunktage
- Es muss gewährleistet sein, dass der Handgriff in Verbindung mit der Anschlussleitungen keine Vorzugsrichtung besitzt, bzw. die Düse in jeder Position fixiert werden kann
- Leichte Zugänglichkeit aller Funktionselemente
- Flexible Zuführungsschläuche und Kabel für kraftsparendes Schweißen, die bei sachgemäßer Verwendung weder knicken noch verdrehen
- Funktionell geformter Handgriff
- Gerät muss bei Schweißunterbrechungen oder nach dem Schweißen sicher abgelegt werden können
- Die verwendeten Düsen müssen auch im heißen Zustand leicht auszuwechseln und sicher befestigbar sein
- Leistungsaufnahme stufenlos einstellbar
- Steuerung in Handgriff eingebaut
- Bedienelemente so anordnen, dass unbeabsichtigtes Verstellen verhindert wird
- Werkstoff des Handgriffes bruchstabil, wärmeisolierend, elektrisch nicht leitend, temperaturbeständig
- Eine konstante Schweißgastemperatur soll nach max. 15min erreicht sein.

Sicherheitsanforderungen

Die Geräte müssen dem Benutzer Sicherheit gegen Verletzungen aller Art bieten. Insbesondere werden folgende Anforderungen gestellt:

- Geräteoberflächen, die eine Verbrennungsgefahr darstellen, sind so klein wie möglich zu halten oder gegebenenfalls zu isolieren und zu kennzeichnen.
- Handnahe Teile sollen auch bei längerem Gebrauch nicht Temperaturen über 40 °C erreichen

- Sicherung gegen Überhitzung (zB durch Luftmangel) des Gerätes muss vorhanden sein
- Scharfe Kanten an Gerät und Zubehör sind zu vermeiden

Luftzufuhr

Zum Warmgasschweißen wird üblicherweise Luft verwendet, die von einem Druckluftnetz, einem Kompressor, einer Druckgasflasche oder einem Gebläse geliefert wird.

Die zugeführte Luft muss sauber, wasser- und ölfrei sein, da andernfalls neben der Schweißnahtgüte auch die Lebensdauer der Schweißgeräte verringert wird. Daher sind entsprechende Öl- und Wasserabscheider vorzusehen.

Das dem Gerät zugeführte Luftvolumen muss einstellbar sein und konstant gehalten werden (wichtig für die Temperaturregelung des Gerätes).

Schweißgeräte (mit eingebautem Gebläse)

Die Geräte bestehen im wesentlichen aus Handgriff, eingebauten Gebläse, Heizung, Düse und elektrischer Anschlussleitung.

Aufgrund ihrer Konstruktionsmerkmale sind sie dort einsetzbar, wo keine externe Luftzufuhr vorhanden ist. Wegen ihrer Abmessungen und ihres Gewichtes sind sie jedoch für länger dauernde Schweißarbeiten weniger geeignet.

Anforderungen an den Aufbau

Gebläse muss für alle vorgesehenen Düsen die zum Schweißen verschiedener Kunststoffe erforderliche Luftmenge liefern (siehe DIN 16 960, Teil 1).

Die elektrische Schaltung muss gewährleisten, dass die Heizung nur bei gleichzeitigem Betrieb des Gebläses eingeschaltet sein kann. Der Geräuschpegel des Gebläses muss den betreffenden Vorlagen entsprechen.

Sicherheitsanforderungen

Die für die einzelnen Geräte verwendeten Düsen müssen auch im beheizten Zustand leicht auswechselbar und sicher befestigt sein.

Der Werkstoff muss verzunderungsarm und korrosionsbeständig sein.

Zur Verminderung der Wärmeabstrahlung muss die Oberfläche der Düse möglichst glatt, z.B. poliert, sein.

Zur Verringerung der Reibung müssen die Innenflächen der Gleitkufen von Zieh Düsen poliert sein. Gleiches gilt für die Gleitflächen von Heftdüsen. Zur Vermeidung von starken Luftwirbeln am Düsenaustritt müssen Runddüsen vor der Mündung eine gerade Länge von mindestens 5 x d aufweisen (d ist der Austrittsdurchmesser der Düse).

● **Extrusionsschweißung** (in Anlehnung DVS® 2207, Teil 4)

● Schweißverfahren

Das Extrusionsschweißen wird zum Verbinden dickwandiger Teile (Behälter-, Apparate- und Rohrleitungsbau), zum Schweißen von Bahnen (Bauwerksabdichtungen, Auskleidung von Erdbauwerken) und für Sonderaufgaben verwendet.

● Dieses Schweißverfahren zeichnet sich durch folgende Merkmale aus:

- Es wird mit Schweißzusatz gearbeitet, der als Strang aus einer Plastifiziereinheit heraus gedrückt wird
- Der Schweißzusatz ist homogen und vollständig plastifiziert
- Die Fügeflächen sind auf Schweißtemperatur erwärmt
- Gefügt wird unter Druck

● Schweißeignung von Grundmaterial und Schweißzusatz

Das Halbzeug und der Schweißzusatz müssen zum Extrusionsschweißen geeignet sein. Grundwerkstoff und Schweißzusatz müssen in einwandfreiem Zustand vorliegen, um die Schweißbarkeit nach DVS® 2207, Teil 4 sicherzustellen.

Der Schweißzusatz muss auf die Verarbeitung im jeweiligen Extrusionsschweißgerät und auf den verwendeten Werkstofftyp des Halbzeuges abgestimmt sein. Der Schweißzusatz liegt in Form von Granulat oder Draht vor. Schweißzusätze unbekannter Zusammensetzung oder Herkunft dürfen nicht verarbeitet werden. Eine Verarbeitung von Regenerat oder Regranulat ist nicht zulässig. Der Schweißzusatz muss sauber und trocken sein (darf auch keinem Feuchtigkeitsniederschlag ausgesetzt werden).

● Anforderung an den Schweißer und an die Schweißgeräte

Der Kunststoffschweißer muss die notwendigen Kenntnisse und Fertigkeiten zur Durchführung der Schweißung besitzen. In der Regel bedeutet dies eine abgeschlossene Ausbildung zum Kunststoffschweißer mit ständiger Übung oder eine langjährige Praxis.

Zum Extrusionsschweißen stehen mehrere Varianten von Geräten zur Verfügung (siehe DVS® 2209, Teil 1). Die gebräuchlichste Art ist das tragbare Schweißgerät, welches aus einem Kleinextruder und einem Warmluftgerät besteht.

Der Schweißdruck wird über die direkt am Extruder befestigten, der Nahtform entsprechenden Teflondüse aufgebracht.

Je nach Geräteausführung und Schweißdrahtdurchmesser beträgt die maximale Durchsatzleistung des Schweißzusatzes bis zu 4,5 kg/h.

Werkstoffe	Kurzzeichen	Masse-temperatur	Warmgas-temperatur	Warmgas-menge
Polyethylen hoher Dichte	PE-HD	210 ... 230	250 ... 300	300
Polypropylen Typ 1,2,3	PP-H; PP-B; PP-R	210 ... 240	250 ... 300	300
Polyvinylidenfluorid	PVDF	240 ... 260	280 ... 350	300





Verarbeitungsrichtlinien-Extrusionsschweißung

Schweißplatzvorbereitung

Schweißgerät aufstellen, (Zubehör vorbereiten), Kontrolle der Schweißeinrichtung.

Schweißnahtvorbereitung (sollte unmittelbar vor der Schweißung erfolgen)

Die Fügeflächen und angrenzende Randzonen müssen vor dem Schweißen spanend bearbeitet werden (z.B. mittels Ziehklinge). Durch Witterungs- oder Chemikalieneinfluss oberflächlich geschädigte Teile müssen bis auf die ungeschädigte Zone abgearbeitet werden. Dies ist insbesondere bei Reparaturarbeiten zu beachten.

Beim Reinigen der Verbindungsflächen dürfen keine auf Kunststoffe quellend wirkende Mittel verwendet werden.

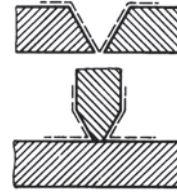
Um größere Temperaturunterschiede zwischen den verschiedenen Werkstücken auszugleichen, sind diese ausreichend lange vor den Schweißarbeiten unter gleichen Bedingungen am Arbeitsplatz zu lagern.

Nahtformen

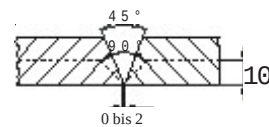
Für die Auswahl der Nahtform an Behältern und Apparaten sind die Merkblätter der DVS® 2205, Teil 3 und 5 heranzuziehen. Insbesondere sind die allgemeinen schweißtechnischen Gestaltungsgrundsätze zu berücksichtigen.

Beim Extrusionsschweißen werden im allgemeinen einlagige Nähte geschweißt. Falls bei dickerem Halbzeug die Anwendung der DV-Naht nicht möglich ist, können auch mehrlagige Nähte geschweißt werden.

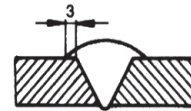
Die Schweißnaht soll seitlich etwa 3 mm über die vorbereitete Schweißfuge hinausreichen.



Nahtformen für das Extrusionsschweißen



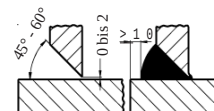
vorbereitete Schweißfuge



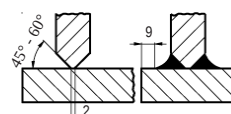
V-Naht ohne Kapplage



Stumpfstoß mit DV-Naht



T-Stoß, HV-Naht mit Kehlnaht



T-Stoß mit Doppel-HV-Naht

Verarbeitungsrichtlinien-Extrusionsschweißung

Schweißnahtvorbereitung
(sollte unmittelbar vor der Schweißung erfolgen)

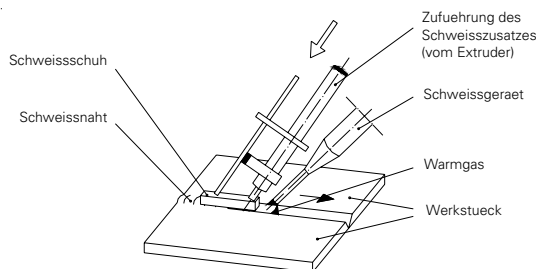
Überlappstoß

Um bei der Ausführung ausreichend Erwärmen und Durchschweißen zu können, ist ein Luftspalt vorzusehen, der von der Wanddicke abhängig ist und mindestens 1 mm betragen soll.

Ausführung des Schweißvorganges

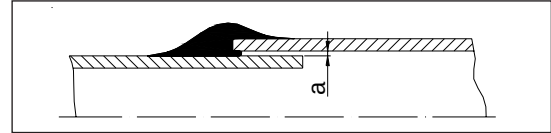
Durch das an der Düse des Schweißgerätes austretende Warmgas werden die Fügeflächen der zu schweißenden Teile auf Schweißtemperatur erwärmt. Der kontinuierlich aus dem von Hand geführten Gerät austretende Schweißzusatz wird in die Schweißfuge gedrückt. Der austretende Massstrom schiebt das Gerät vorwärts und bestimmt die Schweißgeschwindigkeit. Die Fügeflächenerwärmung muss auf die Schweißgeschwindigkeit abgestimmt sein.

Die Schweißnähte sollen grundsätzlich so hergestellt werden, dass ein nachträgliches Bearbeiten nicht erforderlich ist. Wird die Bearbeitung vorgenommen, hat diese erst nach der Abnahme zu erfolgen, um eventuelle Schweißfehler bei der Sichtprüfung erkennen zu können. Bei der Ausführung der Nacharbeit müssen Kerben vermieden werden.

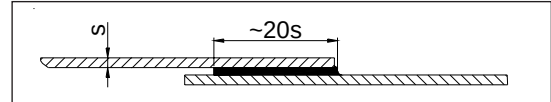


Visuelle Kontrolle der Schweißverbindung

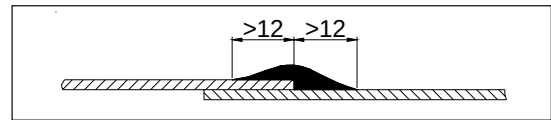
Bei der Sichtkontrolle werden Oberflächenbeschaffenheit der Schweißnaht, die zeichnungsgerechte Ausführung sowie die Gleichmäßigkeit beurteilt.



Überlappstoß mit Kehlnaht



Überlappstoß mit Überlappnaht (für Bahnen bis 3,5 mm Dicke)



Überlappstoß mit Auftragsschweißung (für Bahnen/Platten bis 3,5 mm Dicke)



Schweißschuhe



Handschweißextruder Typ K1

Lösbare Verbindungen

Flanschverbindung von Rohrleitungen

Wenn Rohrleitungsteile mittels Flansche verbunden werden, sind folgende Richtlinien zu beachten:

Teile ausrichten

Vor dem Aufbringen der Schraubenvorspannung müssen die Dichtflächen planparallel zueinander ausgerichtet sein und eng an der Dichtung anliegen. Das Beiziehen der Flanschverbindung mit der dadurch entstehenden Zugspannung ist unter allen Umständen zu vermeiden.

Anziehen der Schrauben

Die Länge der Schrauben ist so zu wählen, dass das Schraubengewinde möglichst mit der Mutter abschließt. Am Schraubenkopf und auch bei der Mutter sind Scheiben unterzulegen. Die Verbindungsschrauben müssen gleichmäßig, kreuzweise mittels Drehmomentschlüssel angezogen werden (Drehmoment siehe www.agru.at).

Allgemeines

Damit das Gewinde auch bei längerer Betriebszeit leichtgängig bleibt, 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.

Schraubverbindung von Rohrleitungen

Wenn Rohrleitungsteile aus thermoplastischen Kunststoffen mittels Verschraubung miteinander verbunden werden, sind folgende Regeln zu beachten:

Zur Vermeidung unzulässiger Belastungen bei der Montage sollen Verschraubungen mit Runddichtringen verwendet werden.

Die Überwurfmutter soll von Hand oder mittels Rohrgurtzange angezogen werden (übliche Rohrzangen sollten nicht verwendet werden)

Bei biegebeanspruchten Stellen in der Rohrleitung ist die Verwendung von Verschraubungen zu vermeiden

HINWEIS: Gewindeabdichtungen nur mit Teflon durchführen, nicht mit Hanf.

Klebeverbindungen

Klebeverbindungen bei Polyolefinen sind nicht zu empfehlen.

Die dabei erreichten Festigkeitswerte liegen weit unter den Mindestanforderungen, die in der Praxis an Klebeverbindungen gestellt werden.



Allgemein

Vorteile des Doppelrohrsystems

- Einsatz hoch korrosionsbeständiger Formmassen wie PE, PP oder PVDF (ECTFE)
- Verschiedene Kombinationsmöglichkeiten von Mediumrohr und Schutzrohr
- Genaue Lokalisierung der Leckstelle durch ein elektronisches Meldesystem - dadurch geringe Reparaturkosten
- Keine Folgeschäden
- Einteilung des Systems in mehrere Schutz-zonen - dadurch höhere Betriebsflexibilität



Anwendungsgebiete des Doppelrohrsystems

Erdverlegt:

- Erdverlegte Transportleitungen von grundwassergefährdenden Medien durch Wasserschutzgebiete
- Abwasserentsorgungssysteme in der Industrie
- Sickerwassertransportleitungen im Deponiebau zu Sammelbecken oder Kläranlagen

Freiverlegt:

- Prozessleitungen von gefährlichen Chemikalien:
 - in Industrieanlagen
 - in chemischen Betrieben
 - in der Halbleitererzeugung

- Doppelrohrsysteme sind aus den folgenden Einzelkomponenten aufgebaut:

Innenrohr:

Durch das Innen- oder Medienrohr wird das Medium transportiert.

Außenrohr:

Das Außen- oder Hüllrohr dient als Schutz vor dem Austreten des Mediums bei einer Leckage.

Ringraum:

Der Spalt zwischen dem Innen- und dem Außenrohr. Im Ringraum erfolgt die Leckageüberwachung.

Leckortungssystem:

Das Leckortungssystem besteht aus Überwachungsraum (Ringraum), Kontrolleinheit (z.B. Sensoren) und Anzeigeeinheit.





Verfügbare Dimensionen

In der Praxis werden aufgrund verschiedener Betriebsbedingungen differente Rohrwerkstoffe eingesetzt.

Folgende Standard-Kombinationsmöglichkeiten bestehen beim Doppelrohrsystem:

	Außenrohr (Schutzrohr)	Innenrohr (Medienrohr)	Schweißung
Standard	PP	PP	S
	PE	PE	S
	PE	PP	K
	PE	PVDF	K
	PP	PVDF	K
auf Anfrage	PVDF	PVDF	S
	PE	ECTFE	K
	PP	ECTFE	K
	PVDF	ECTFE	K
	ECTFE	ECTFE	S

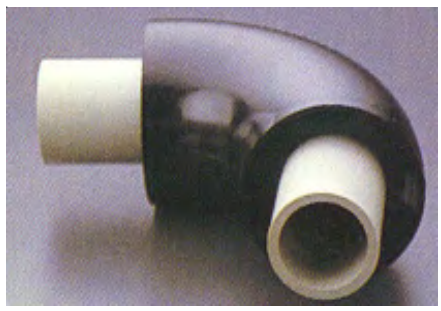
S = Simultanschweißung
K = Kaskadenschweißung



PP - PP

Standard Dimensionskombinationen für
Simultanschweißung
PP/PP - PE/PE

Außenrohr		Innenrohr	
d ₁	SDR ₁	d ₂	SDR ₂
90	17	32	11
110	33	63	11
160	33	90	17
160	33	90	11
200	33	110	17
200	33	110	11
280	33	160	11
315	33	200	11
355	33	250	11



PE - PP

Standard Dimensionskombinationen für
Kaskadenschweißung
PE/PP - PE/PVDF - PP-/PVDF - PE/ECTFE - PP/ECTFE

Aussenrohr		Innenrohr	
d ₁	SDR ₁	d ₂	SDR ₂
90	17	32	11 (21)
125	17	63	11 (21)
160	17	90	11 (33)
200	17	110	11 (33)
280	17	160	11 (33)



PE - PE

PE - PVDF



Verbindungstechnik

Das Schweißen des Doppelrohres kann mit unterschiedlichen Schweißmethoden erfolgen. Dabei wird zwischen Simultanschweißung und Kaskadenschweißung unterschieden. Die Art der Schweißung muss bei der Bestellung angegeben werden, da sich der Überstand des Innenrohres nach der Art der Schweißung richtet.

Simultanschweißung

Bei der Simultanschweißung werden das Innen- und Außenrohr zeitgleich geschweißt. Hierbei kann das Doppelrohr verlegt und geschweißt werden wie ein Einzelrohr, jedoch bei veränderten Schweißparametern.

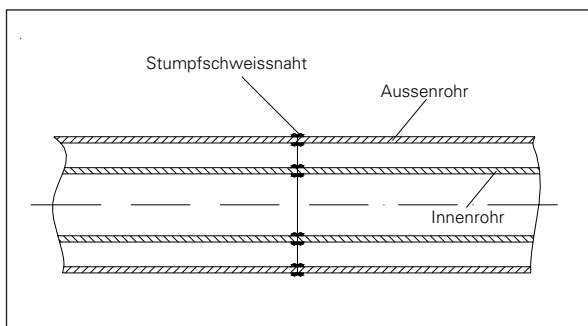
Vorteile der Simultanschweißung:

- Weniger Zeitaufwand für eine Schweißstelle
- Einfache, schnelle Verlegung
- Verwendung der Standard - Heizelemente (nicht jedoch bei der Verwendung von Leckwarnkabeln)

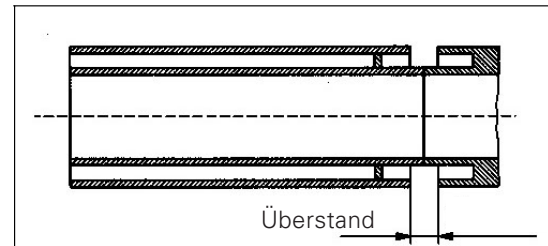
Nachteile der Simultanschweißung:

- Keine visuelle Kontrolle der Schweißnaht am Innenrohr möglich
- Innen- und Außenrohr müssen aus demselben Material sein

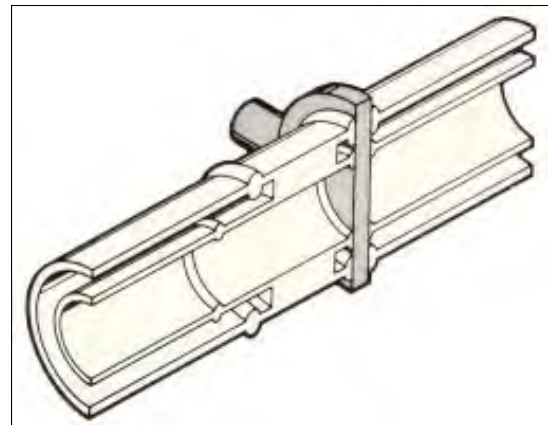
Simultanverbindung mittels Stumpfschweißung:



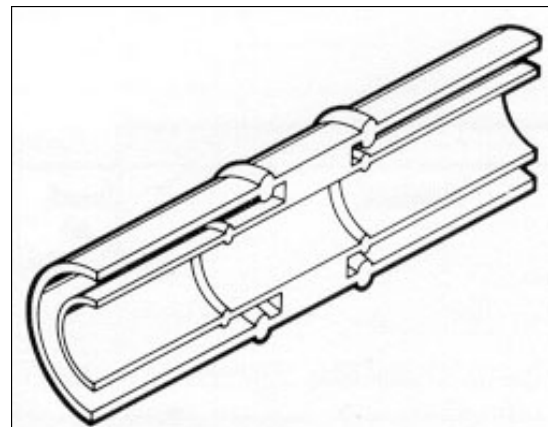
1.Schritt: Kontrolle des Versatzes am Innenrohr und anschliessendes Planhobeln



2.Schritt: Aufwärmen der Fugestelle



3. Schritt: Verschweißung von Innen- und Außenrohr



Simultanschweißung eines PE - PE Systems



Verbindungstechnik

Kaskadenschweißung

Zur Stumpfschweißung des Innenrohres wird das Außenrohr soweit zurückgeschoben, dass das Innenrohr in den Spannklemmen der Schweißmaschine eingespannt werden kann.

Das Innenrohr wird mittels Heizelementstumpfschweißung gemäß DVS Richtlinie 2207 verschweißt.

Das Außenrohr kann mit einem geteilten Heizelement stumpfgeschweißt, mit einer Schiebemuffe oder durch eine Heizwendelschweißung verbunden werden. Wenn ein geteiltes Heizelement verwendet wird, ist darauf zu achten, dass ein Mindeststringraum von 10mm zwischen Innenrohr und Heizelement gegeben ist, sowie das Innenrohr bei der Positionierung des Heizelementes nicht beschädigt wird. Bei der Schweißung des Außenrohres mit einer Heizwendelmuffe wird der innere Anschlag in der Mitte der Muffe vor dem Aufschieben auf das Außenrohr entfernt, um die Muffe ausreichend weit für die Schweißung des Innenrohres verschieben zu können.

Nach der erfolgten Schweißung des Innenrohres wird das noch lose Außenrohr an das zu schweißende Rohr geschoben und mittels der Heizwendelmuffe am Umfang geschweißt. Diese Schweißung ist nur bei einem Außenrohr aus PEHD oder PP möglich. Eine weitere Möglichkeit für das Verbinden der Außenrohre ist das Schweißen mit einer Schiebemuffe. Die Vorgehensweise ist vergleichbar mit der bei einer Schweißung mit einer Heizwendelmuffe. Jedoch erfolgt hierbei die Verbindung an den Enden der Schiebemuffe mit einer Extrusionsschweißnaht.

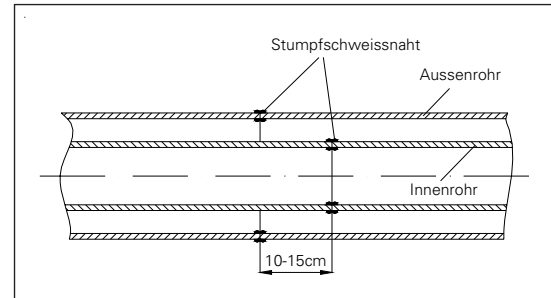
Vorteile der Kaskadenschweißung:

- Einfachere Installation des Leckwarnkabels
- Schweißnaht des Innenrohres kann visuell überprüft werden
- Kann für alle Werkstoffkombinationen eingesetzt werden

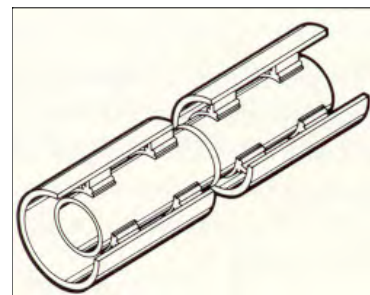
Nachteile der Kaskadenschweißung:

- Höherer Zeitaufwand bei der Schweißung
- Aufwendige Verlegung und somit höhere Verlegekosten

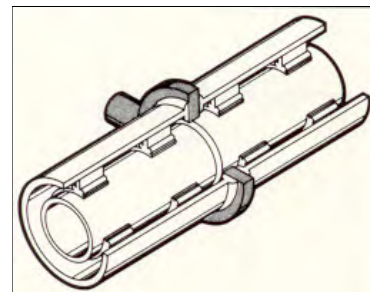
Kaskadenverbindung mittels Stumpfschweißung:



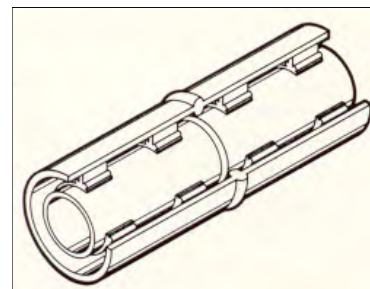
1.Schritt: Anwärmung und Verschweißung des Innenrohres



2.Schritt: Anwärmung des Außenrohres mittels geteiltem Heizelement



3.Schritt: Verschweißung des Außenrohres



Schweißparameter

Schweißparameter für PE/PE Doppelrohr Simultanschweißung

Außenrohr			Innenrohr			Anpreßkraft	Anwärmzeit	Kühlzeit	Wulsthöhe Außenrohr
d1	SDR	s1	d2	SDR	s2	F	tAw	tAk	
[mm]		[mm]	[mm]		[mm]	[kp]	[sec.]	[min]	[mm]
90	17	5,4	32	11	2,9	25	50	8	1
110	33	3,4	63	11	5,8	34	55	8	1
160	33	4,9	90	17	5,4	58	50	7	1,5
160	33	4,9	90	11	8,2	69	80	12	2
200	33	6,2	110	17	6,6	89	65	9	2
200	33	6,2	110	11	10	106	100	14	2,5
280	33	8,6	160	11	14,6	214	145	18	2,5
315	33	9,7	200	11	18,2	303	180	22	2,5
355	33	10,9	250	11	22,7	432	220	27	3

Schweißparameter für PP/PP Doppelrohr Simultanschweißung

Außenrohr			Innenrohr			Anpreßkraft	Anwärmzeit	Kühlzeit	Wulsthöhe Außenrohr
d1	SDR	s1	d2	SDR	s2	F	tAw	tAk	
[mm]		[mm]	[mm]		[mm]	[kp]	[sec.]	[min]	[mm]
90	17	5,4	32	11	2,9	17	80	8	1
110	33	3,4	63	11	5,8	22	100	10	1
160	33	4,9	90	17	5,4	38	70	8	1,5
160	33	4,9	90	11	8,2	45	120	15	1,5
200	33	6,2	110	17	6,6	60	110	10	1,5
200	33	6,2	110	11	10	70	160	18	2
280	33	8,6	160	11	14,6	142	200	22	2,5
315	33	9,7	200	11	18,2	200	290	30	2,5
355	33	10,9	250	11	22,7	285	300	33	3

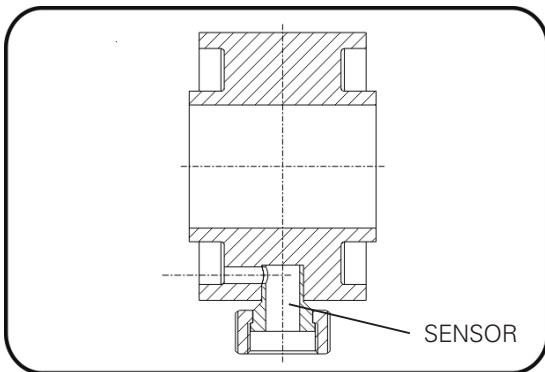
Leckageüberwachung

Um den Transport von Medien in Doppelrohrleitungen zu überwachen, benötigt man ein **Leckortungssystem**. Dieses wird in oder durch den Ringraum zwischen Innen- und Außenrohr installiert. Beim Leckagefall erhält der Betreiber somit eine Leckagemeldung, bei permanenter Leckortung. Das Außenrohr schützt die Umgebung bis eine Reparatur erfolgen kann.

Die heute in Rohrleitungssystemen eingesetzten Lecküberwachungssysteme sind:

Messfühler

Bei der Lecküberwachung mittels Messfühler werden die Sensoren an den Tiefpunkten des Rohrleitungssystems angebracht. Bei einer Leckage fließt das ausgetretene Medium im Ringraum zum Tiefpunkt, wo sich ein solcher **Sensor** befindet. Die Sensoren, die aus unterschiedlichen Untersuchungsarten beruhen können, orten somit die Position des Lecks. Diese Messung sichert eine permanente Überwachung des Systems, denn die Sensoren sind zu einem Terminal verbunden, welches eine einfache Überwachung ermöglicht. Durch den Einsatz von Festpunkten kann das Rohrleitungssystem in einzelne Sicherheitsabschnitte unterteilt werden. Ein weiterer Vorteil ist, das im Falle einer Leckage das Leckortungssystem erneut verwendbar ist. Durch die einfache Verlegung und Installation dieses Leckortungssystems ist es das in der Praxis am häufigsten verwendete System.



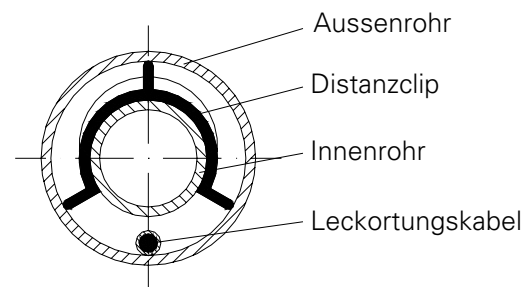
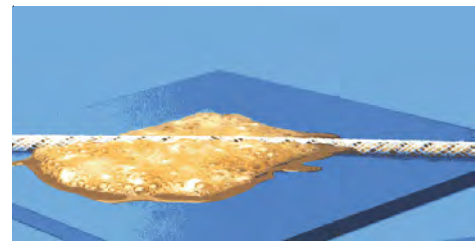
Visuelle Überwachung

Das durch einen Leckagefall ausgetretene Medium wird hierbei durch Schaugläser sichtbar. Diese müssen an allen Tiefpunkten des Rohrleitungssystems angebracht sein. Im Leckagefall fließt das ausgetretene Medium an die Tiefpunkte und wird sichtbar. Die Schaugläser sollten mit einer Entleerung versehen sein, um im Falle einer Leckage das Medium untersuchen zu können. Eine permanente Überwachung des Systems ist bei der visuellen Methode nicht möglich, da diese vom Kontrollzyklus des Bedieners abhängt.

Am tiefsten Punkt der Doppelrohrleitung kann eine Absperrarmatur zur Kontrolle von Undichtheiten angebracht werden.

Leckortungskabel

Diese spezielle Art von Lecküberwachung wurde entwickelt, um die Stelle des Lecks exakt zu orten und anzuzeigen. Die Kabel werden über die gesamte Länge des Rohrleitungssystems im Ringraum verlegt. Bei einem Leckagefall kann die Position der Leckstelle mit Hilfe eines zuvor angefertigten Systemplanes genau aufgefunden werden.



Differenzdrucküberwachung (Vergleich Innendruck zu Ringraumdruck)

Bei der Differenzdrucküberwachung wird der Ringraum mit einem Unter- oder Überdruck versehen. Beim Überdruckverfahren strömt im Leckagefall das Gas aus dem Ringraum in das Innen- oder Medienrohr, bei gleichzeitigem Druckabfall im Ringraum, der einen Alarm über einen Druckaufnehmer auslöst. Bei der Unterdruck- oder Vakuumüberwachung kommt es durch eine Leckage zu einem Druckabfall im Medienrohr, folglich zu einer Druckerhöhung im Ringraum, der dann wiederum einen Alarm auslöst. Zur Dimensionierung müssen die Belastungen aus dem Differenzdruck im Ringraum beachtet werden.

Auslegung des Doppelrohrsystems

Verlegesysteme

Bei der Verlegung einer Doppelrohrleitung sind im Vergleich zur Verlegung eines Einzelrohres die möglichen Längenänderungen verstärkt zu beachten. Durch den Abstand zwischen den Rohren können die Temperaturänderungen von Innen- und Außenrohr unterschiedlich oder sogar entgegengesetzt sein. Hierbei kann es zu erheblichen Längenausdehnungen der Rohre zueinander kommen. Können diese nicht konstruktiv aufgenommen werden, entstehen Spannungen, die eine zusätzliche Beanspruchung für die Rohrleitung bedeuten. Insgesamt wird zwischen drei Verlegesystemen unterschieden:

Unbehinderte Wärmeausdehnung (flexibles System)

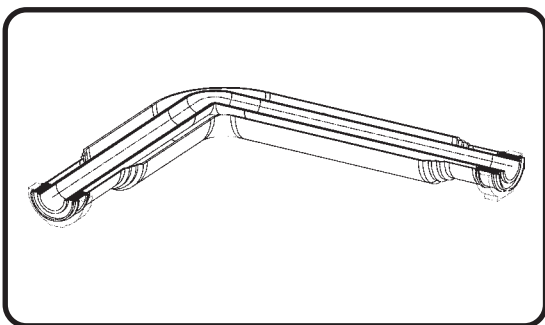
Das Innen- und Außenrohr werden so verlegt, dass eine Längenausdehnung von beiden Rohren auch untereinander stattfinden kann. Hierbei ist bei der Planung zu berücksichtigen, dass die Längenänderung des Innenrohres im Außenrohr stattfinden kann.

Vorteile:

- Anwendbar für hohe Betriebstemperaturen
- Geringe Spannungen der Doppelrohrleitung, da das System sich frei ausdehnen kann

Nachteile:

- Höhere Verlegekosten
- Häufig großer Platzbedarf durch Dehnungsbögen



System mit behinderter Wärmeausdehnung

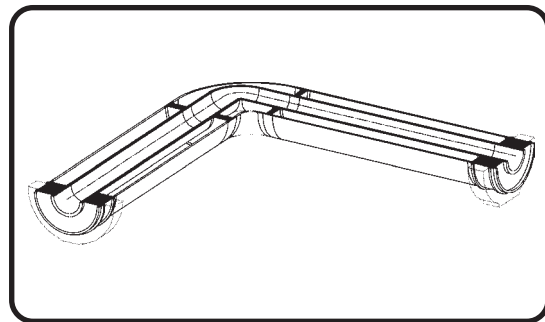
Das Innen- und das Außenrohr sind durch Festpunkte fest miteinander verbunden. Die Längenänderung der gesamten Doppelrohrleitung wird durch ausreichende Maßnahmen (Kompensator, Biegeschenkel) aufgenommen. Diese Verlegungsmethode ist nur sinnvoll, wenn Innen- und Außenrohr aus einem Werkstoff bestehen und nur geringe Temperaturunterschiede zwischen Innen- und Außenrohr auftreten.

Vorteile:

- Geringe Verlegekosten
- In der Regel geringer Befestigungsaufwand

Nachteile:

- Erhöhte Spannungen in der Doppelrohrleitung
- Teilweise erhöhter Platzbedarf durch Dehnungsbögen



Fest eingespanntes System

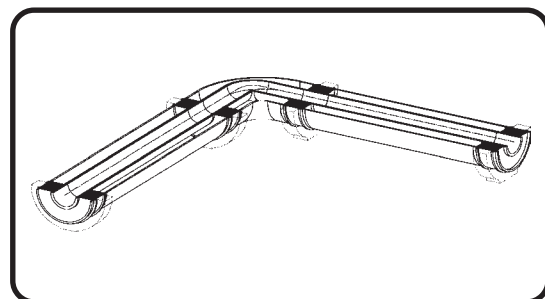
Innen- und Außenrohr sind mittels Festpunkten an jeder Richtungsänderung fest miteinander verbunden und zur Umgebung fixiert. Eine Längenausdehnung des Innen- und des Außenrohres kann nicht stattfinden.

Vorteile:

- Geringe Verlegekosten
- Geringer Platzbedarf

Nachteile:

- Hohe Festpunktkräfte (Befestigungsaufwand)





Auslegung des Doppelrohrsystems

Berechnung

Um eine vollständige, exakte Berechnung und Auslegung des Rohrleitungssystems durchführen zu können, ist es für uns notwendig, die genauen Einsatz- und Verlegebedingungen des jeweiligen Projektes zu kennen.

Es wurden daher zwei Fragebögen erstellt, welche vom Anwender ausgefüllt und an uns zurückgesandt werden können. Die Fragebögen erhalten Sie auf Anfrage. Nach der Bearbeitung der Fragebögen durch unsere anwendungstechnische Abteilung erhalten Sie eine Empfehlung für die Dimensionierung der Doppelrohrleitung.

Fragebogen I

(„Einsatz- und Verlegebedingungen“) beinhaltet Dimensionen, Materialien, Druckstufen, allgemeine Einsatzparameter und Angaben zum Leckwarnsystem.

Den Fragebogen finden Sie auf der nächsten Seite.

Fragebogen II

(„Einsatzbedingungen für erdverlegte Rohrleitungen“) kann ausgefüllt werden, wenn die Rohrleitung unterirdisch verlegt wird und dadurch ein statischer Nachweis des Systems notwendig ist.

Den Fragebogen finden Sie auf Seite 57.

zulässige Spannungen (N/mm²)		
	Innenrohr	Außenrohr
Minimaltemperatur	12.408	5.874
Maximaltemperatur	8.335	5.274

fest eingespanntes System (Sp. in N/mm²)		
	Innenrohr	Außenrohr
Minimaltemperatur	5.481	0.743
Maximaltemperatur	6.009	0.000

Knicklänge (mm): 745

unbehinderte Wärmeausdehnung (Sp. in N/mm²)		
	Innenrohr	Außenrohr
Minimaltemperatur		
Maximaltemperatur	5.472	

Innentemp./Außentemp.: Max/Min Min/Max
rel. Längendiff. (mm/m): 7.60 1.19

behinderte Wärmeausdehnung (Sp. in N/mm²)		
	Innenrohr	Außenrohr
Minimaltemperatur	5.456	1.173
Maximaltemperatur	6.325	1.360

Innentemp./Außentemp.: Max/Min Min/Max
Knicklänge (mm): 702 1032

Auszug aus unserem Programm zur Berechnung von Doppelrohrleitungen

Verwaltung

Kunde: Mustermann GmbH Sachbearbeiter: Herr Muster

Objekt: Teststrecke

Durchflußmedium

Art des Mediums: Salzsäure

spezifisches Gewicht (g/cm³): 1.0 Abminderungsfaktor: 1.0

Rohrdaten

	Innenrohr	Außenrohr
Werkstoff:	PVDF	PEHD
Außendurchmesser (mm):	63	125
Wanddicke (mm):	3	7.1

Beanspruchung

	Innenrohr	Außenrohr
Minimaltemperatur (°C):	10	5
Maximaltemperatur (°C):	60	20
Verlegetemperatur (°C):	20	
max. Betriebsüberdruck (bar):	6	
Lebensdauer (Jahre):	25	

Auszug aus unserem Programm zur Berechnung von Doppelrohrleitungen

Doppelrohrsystem

Fragebogen zur Berechnung von Doppelrohrleitungen

Bitte den Fragebogen bei Bedarf ausgefüllt an die angegebene Anschrift zurücksenden.

Firma: _____ Telefon: _____
Sachbearbeiter: _____ Telefax: _____
Bauort: _____
Bauvorhaben: _____

Betriebsbedingungen

Durchflussmedium¹: _____
Betriebstemperatur: innen min. _____ °C innen max. _____ °C
Betriebstemperatur: außen min. _____ °C außen max. _____ °C
Verlegetemperatur: _____ °C Mediumdichte: _____ kg / m³
max. Betriebsüberdruck: _____ bar erforderliche Standzeit: _____ Jahre

Gewünschte Materialkombination:

Innenrohr ☐ PEHD ☐ PP ☐ PVDF ☐ ECTFE Außenrohr ☐ PEHD ☐ PP ☐ PVDF ☐ ECTFE

Gewünschte Wanddickenkombination und Dimension Außenrohr/Innenrohr:

Simultanschweissung					
Außenrohr		Innenrohr		PE	PP
d1	SDR	d2	SDR	PE	PP
90	17	32	11	☐	☐
110	33	63	11	☐	☐
160	33	90	17	☐	☐
160	33	90	11	☐	☐
200	33	110	17	☐	☐
200	33	110	11	☐	☐
280	33	160	11	☐	☐
315	33	200	11	☐	☐
355	33	250	11	☐	☐

Kaskadenschweissung						
Außenrohr		Innenrohr		PE	PE	PP
d ₁	SDR ₁	d ₂	SDR ₂	PP	PVDF	PVDF
90	17	32	11 (21)	☐	☐	☐
125	17	63	11 (21)	☐	☐	☐
160	17	90	11 (33)	☐	☐	☐
200	17	110	11 (33)	☐	☐	☐
280	17	160	11 (33)	☐	☐	☐

☐ andere: Aussenrohr: d1 _____ SDR _____ Innenrohr: d2 _____ SDR _____

Verlegung

- ☐ Oberirdisches System, Gebäude
☐ Oberirdisches System, Freiluft im Schatten
☐ Mit direkter Sonneneinstrahlung
☐ Erdverlegtes System²

Leckortung

- ☐ Punktuell mittels Flüssigkeitswächter
☐ Kontinuierliche Ortung mittels Leckwarnkabel
☐ Optische Kontrolle
☐ Sonstige Leckortung

Rücksendeadresse:

AGRU Kunststofftechnik
Anwendungstechnik
Ing. Pesendorfer-Strasse 31
A - 4540 Bad Hall

Telefon: ++43 7258 790-0
Internet: <http://www.agru.at>
E-Mail: anwt@agru.at

¹ Für die Werkstoffauswahl der Rohrleitung bitte die genaue Zusammensetzung des Mediums zwecks Überprüfung der chemischen Beständigkeit mitteilen.

² Bei erdverlegten Systemen fordern Sie bitte unseren Fragebogen „Einsatzbedingungen für erdverlegte Rohrleitungen“ an.



● Zulassungen

Der hohe Qualitätsstandard unserer Produkte ist durch eine Reihe von Zulassungen dokumentiert.

Die Programme aus den Werkstoffen PE, PP und PVDF sind gemäss den Zulassungsgrundsätzen des DIBt Berlin unter folgenden Registriernummern zugelassen:

PE
Z-40.23.232
Z-40.23.231

PP
Z-40.23.234
Z-40.23.233

PVDF
Z-40.23.201
Z-40.23.202

Die Rohre und Formteile aus PE, PP und PVDF sind gemäß der europäischen Druckgeräte-richtlinie 97/23/EG zur Fertigung von Druckgeräten zugelassen.

PP-H und PVDF - Armaturen und Ventile
DGR-0036-QS-785-15

Formteile PE 100 und PE 80
DGR-0036-QS-7222964--15-001

Formteile PP-H und PP-R
DGR-0036-QS-7222964--15-001

Formteile PVDF
DGR-0036-QS-7222964--15-001

Rohre PP-H, PP-R, PE 80, PE 100
DGR-0036-QS-7222964--15-001

Weitere Zulassungen:

PP-R-Rohre nach ON B 5174
ON87272

PP-H-Rohre nach ON B 5174
ON83054

PE Rohre und Formteile nach OENORM EN 12201

PE Rohre und Formteile nach OENORM EN 13244

● 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:

TÜV-Süd-Industrieservice
MPA-Darmstadt
SKZ-Würzburg
LKT-TGM-Wien
OFI-Wien

Normen

AGRU-Rohre, Formstücke und Halbzeuge werden aus genormten Formmassen hergestellt und nach einschlägigen internationalen Normen produziert.

Nachstehend ein Auszug der wichtigsten Normen für PE, PP, PVDF und ECTFE

ÖNORM B 3800

Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen

ÖNORM B 5014, Teil 1

Prüfung von Werkstoffen hinsichtlich der Eignung im Trinkwasserbereich.

ÖNORM B 5174

Rohre aus Polypropylen

ÖNORM EN 12201

Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Wasserversorgung - Polyethylen (PE)

ÖNORM EN 13244

Kunststoff-Rohrleitungssysteme für erd- und oberirdisch verlegte Druckrohrleitungen für Brauchwasser, Entwässerung und Abwasser - Polyethylen (PE)

ÖNORM EN ISO 1872

Kunststoffe - Polyethylen (PE) - Formmassen

ÖNORM EN ISO 1873

Kunststoffe - Polypropylen (PP) - Formmassen

ÖNORM EN ISO 15494

Kunststoff-Rohrleitungssysteme für industrielle Anwendungen - Polybuten (PB), Polyethylen (PE) und Polypropylen (PP) - Anforderungen an Rohrleitungsteile und das Rohrleitungssystem - Metrische Reihen (ISO 15494:2003)

DIN 4102

Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen

DIN 8074/8075

Rohre aus Polyethylen (PE)

DIN 8077/8078

Rohre aus Polypropylen (PP)

DIN 16962 Teil 1 - Teil 13

Rohrverbindungen und Rohrleitungsteile für Druckrohrleitungen aus Polypropylen (PP)

DIN 16963 Teil 1 - Teil 15

Rohrverbindungen und Rohrleitungsteile für Druckrohrleitungen aus Polyethylen hoher Dichte (HDPE)

ISO 4065

Rohre aus Thermoplasten

ISO 10931 Teil 1 - Teil 5

Kunststoff-Rohrleitungssysteme für industrielle Anwendung - Polyvinylidenfluorid (PVDF)

Materialeigenschaften

Verlegerichtlinien

Kalkulationsrichtlinien

Verbindungstechnik

Doppelrohrsystem

Zulassungen und Normen

Zulassungen und Normen	Doppelrohrsystem	Verbindungstechnik	Kalkulationsrichtlinien	Verlegerichtlinien	Materialeigenschaften
------------------------	------------------	--------------------	-------------------------	--------------------	-----------------------



●	Material Properties	
	General properties	page 103 - 107
	Specific properties	page 108 - 110
	Applications	page 111
	Pressure curves and component operating pressures	page 112 - 123
	Creep modulus curves	page 124 - 128
	Permissible buckling pressures	page 129 - 132
	Behaviour at abrasive fluids	page 133
	Chemical resistancy	page 134 - 136
●	Installation Guidelines	
	Transport, Handling, Storage	page 137
	General installation guidelines	page 138
	Machining	page 139
●	Calculation Guidelines	
	System of units	page 140
	SDR, Component operating pressure	page 141
	Operating pressure for water dangerous media	page 142
	Wall thickness, External pressure, necessary stiffening for pipes with buckling strain	page 143 - 145
	Pipe cross section, Determination of the hydraulic pressure loss	page 146 - 149
	Flow Nomogramm	page 150
	Dog bone load	page 151
	Support distances, Support distance at fixed piping systems, Change in length, Minimum straight length	page 152 - 158
	Buried piping systems	page 159 - 160
●	Connection Methods	
	General standard, Application limits	page 161 - 162
	Heating element butt welding, pressure test	page 163 - 173
	Non-contact butt welding (IR-welding)	page 174
	Heating element socket welding	page 175 - 178
	Electrofusion welding	page 179 - 184
	Hot gas welding	page 185 - 188
	Extrusion welding	page 189 - 191
	Detachable joints	page 192
●	Double Containment Piping System	
	General Information	page 193 - 194
	Connection System	page 195 - 197
	Leakage Detection System	page 198
	Installation	page 199 - 201
●	Approvals and Standards	
	3 rd party control and standards	page 202 - 203



General properties of PE (Polyethylene)

As a result of continuous development of PE molding materials, the efficiency of PE pipes and fittings have been improved considerably. This fact has been taken into account by the introduction of new international standards (ISO 9080, EN1555, EN12201), which lead to higher permissible operating pressures.

Polyethylene (PE) for pressure pipe applications is no longer classified by its density (for example PE-LD, PE-MD, PE-HD) as it is now divided into MRS-strength classes.

In comparison to other thermoplastics PE shows an excellent diffusion resistance and has therefore been applied for the safe transport of gases for many years.

The new classification is based on the minimum required strength (MRS), which has to be applied for designing long-term loaded PE pipes operating at a temperature of +20°C for at least 50 years. Thus the first-generation pipes are named PE32, PE40 and PE63 and the second-generation pipes PE80, the third-generation are named PE100. The figures stand for the MRS values in bar. Expressed in megapascal the design stresses for PE80 and PE100 pipes will consequently be 8,0 and 10,0 MPa.

Other essential advantages of this material are the UV-stability (if its black coloured), and the flexibility of the molding material ("flexible piping system").

Physiological non-toxic

With respect to its composition polyethylene complies with the relevant food stuff regulations (according to ÖNORM B 5014, Part 1, BGA, KTW guidelines).

PE pipes and fittings are verified and registered regarding potable water suitability according to DVGW guideline W270.

Behaviour at radiation strain

Pipes out of polyethylene may be applied across the range of high energy radiation. Pipes out of PE are well established for drainage of radioactive sewage water from laboratories and as cooling water piping systems for the nuclear energy industry. The usual radioactive sewage waters contain beta and gamma rays. PE piping systems do not become radioactive, even after many years of use.

Also in environment of higher radio activity, pipes out of PE are not damaged if they are not exposed during their complete operation time to a larger, regularly spread radiation dose of $< 10^4$ Gray.

Advantages of PE

- UV-resistance (black PE)
- Flexibility
- Low specific weight of app. 0,96g/cm³
- Favourable transportation (e. g. coils)
- Very good chemical resistance
- Weathering resistance
- Radiation resistance
- Good weldability
- Very good abrasion resistance
- No deposits and no overgrowth possible
Due to less frictional resistance less pressure
- Losses in comparison with e. g. metals
- Freeze resistance
- Resistant to rodents
- Resistant to all kinds of microbic corrosion

Polyethylene type PE 100

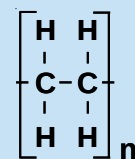
These materials can also be described as polyethylene types of the third generation (PE-3) resp. also as MRS 10 materials.

This is a further development of the PE materials which shows by a modified polymerisation process an amended mol mass distribution. Therefore PE 100 types have a higher density and by this improved mechanical properties comes a raised stiffness and hardness. Also the creep pressure and the resistance against rapid crack propagation are also increased.

Consequently, this material is suitable for the production of pressure pipes with larger diameters. In comparison to usual pressure pipes out of PE with less wall thicknesses the corresponding pressure rating will be achieved.

Modified polyethylene PE 80-el (Polyethylene, electro-conductable)

Due to the electro-conductibility, PE 80-el is often used for the transport of easy combustible media or for the conveying of dust as for these piping systems, a connection to earth can be performed.



Chemical structure of polyethylene



General properties of PP

According to DIN 8078, three, different types of polypropylene are recognised:

Type 1: PP-H
(homopolymere)
Type 2: PP-B
(block-copolymere)
Type 3: PP-R
(random-polymere)

By copolymerising with ethylene special properties are achieved as in PP types 2 and 3, which result in an improved processability (e.g. lower danger of shrinkage cavitation at the injection molding process) and higher impact strength of the products in comparison to PP-H.

PP and copper

In direct contact with copper and PP deteriorates, especially at higher temperatures, the physical properties of PP. Due to the accelerated thermal oxidation, heat ageing is faster.

Physiological non-toxicity

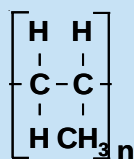
With respect to its composition, polypropylene complies with the relevant food stuff regulations (according OENORM B 5014 Part 1, FDA, BGA, KTW guidelines).

AGRU pressure pipes are made of nucleoid PP-H (Beta (β)-PP) since the middle of the seventies. Fittings are also produced out of PP-R (polypropylene-random-copolymere) since the end of the seventies.

Both types have been stabilized against high temperatures and are the best suited materials for the production of pressure piping systems.

In comparison to other thermoplastics such as PE-HD and PVC, PP shows a thermal stability up to 100°C (short-time up to 120°C for pressureless systems).

PP shows good impact strength in comparison to PVC. The impact strength depends on temperature, increases with rising temperatures decreases with falling temperatures.



Chemical structure of PP

Advantages of Polypropylene

- low specific weight of 0,91g/cm³ (PVC 1,40g/cm³)
- high creep resistance
- excellent chemical resistance
- TiO₂ pigmentation
- high resistance to ageing by thermal stabilizing
- good weldability
- excellent abrasion resistance
- smooth inside surface of the pipes, therefore
- no deposits and no growth over possible due to less frictional resistance
- less pressure losses in comparison with e. g. metals
- non-conductive, therefore the structure is not affected by tracking currents
- very good processable thermoplastic (e. g. by deep drawing)
- PP is a bad conductor of heat - therefore in most cases, no thermal insulation is required for hot water piping systems

General properties of Polypropylene (Standard types)

Behaviour at radiation strain

At an absorbed dose of < 10⁴ Gray polypropylene piping systems can be applied without essential resistance decrease.

At a higher energy rays than 10⁴ Gray it may come to a temporary resistance increase due to cross-linking of the molecular structure. But at durable radiation strain, it comes to a rupture of the molecular chains and therefore by the damage of the material to a serious resistance decrease.

Behaviour at UV-radiation

Grey polypropylene pipe lines are not UV-stable so they must be adequately protected. As effective protection against direct solar radiation, a protection layer (AGRU-Coating) or an insulation is possible. It is furthermore possible to compensate the arising damage of the surface by a corresponding wall thickness addition as the damage only occurs on the surface (according to the DVS standard 2210-1). The wall thickness addition may not be less than 2 mm, a maximum expected operating period of 10 years has to be taken into account.

As polypropylene is not equipped with light-stable colour pigments normally, it may come to a change of colour (fading) by long-time weathering.

As an alternative a high-temperature-resistant, black PP material can be used. The black PP material is stabilized against UV radiation for 10 years. The application conditions should be clarified with the technical engineering department.

General properties of PP

General properties of modified PP

On account of the most specific requirements arising in the construction of piping systems for the chemical industry and in apparatus engineering flame retardant and electro-conductive special types have been developed.

For example static charging due to the flow of fluids or dust can arise at the operation of thermoplastic piping systems. Electro-conductable polypropylene types have therefore been developed in order to enable a connection to earth can be performed.

By supplement of additives, these modified properties are achieved. But there result alterations of the mechanical, thermal and also chemical properties in comparison to the standard type.

It is therefore necessary to clarify all projects with our technical engineering department.

Physiological properties

Modified PP types (flame-retardant resp. electro-conductable PP) correspond in their composition due to the supplement of additives not to the relevant food stuff regulations and may therefore not be used for potable water pipes and in contact with food stuff.

Differences to standard types of PP

PP-R, black:

(Polypropylene-random-copolymere, black coloured)

The essential advantage of this black coloured material type is the UV resistance for an operating period of 10 yaers, which is not available with grey PP.

However there is an insignificant decrease of the impact strength.

PP-B 2222, grey:

PPB 2222 is a polypropylene block copolymer grey coloured similar to RAL 7032 (pebble grey). The product is characterized by its excellent impact properties, as well as a high heat stability and extremely high extraction stability.

PP-R, natural:

(Polypropylene-random-copolymere, natural)
As PP-R natural contains no colour additives, it is applied mainly for high purity water piping systems. However this material is not UV resistant.

PP-s:

(Polypropylene-homopolymere, flame-retardant)
Due to the higher stiffness of PP-s, it is well suited for ventilation and degassing pipes as well as for flue lining systems. It may not be used for outdoors applications due to the missing UV stabilization.

PP-R-s-el:

(Polypropylene-random-copolymere, flame retardant, electro-conductive)

This material reconciles the positive properties of the flame retardant and electro-conductable PP types. It is therefore due to safety reasons mostly applied for the transport of easy ignitable media and replaces often expensive stainless steel ductings.

There is however a reduced impact strength of PP-s-el as well as a slightly amended chemical resistance (see page 119).



General properties of PVDF (Polyvinylidene fluoride)

PVDF is an extremely pure polymer and contains in comparison with a lot of other plastics no stabilizers UV-, Thermostabilizers, softener, lubricants or flame-retardant additives. Its particular suitable for ultra-pure water constructions and for the transport of clear chemical liquids in the semi-conductor industry. Due to its chemical inertness, reaction against most media is nearly impossible.

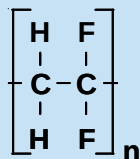
Pipes and components out of suitable standard types fulfil the high demands of the semi-conductor industry; e. g. they are in the position to maintain the specific resistance of deionized ultra-pure water over 18 MΩcm.

PVDF offers with its properties an ideal compromise, in connection with a very easy processing and an advantageous price-performance ratio.

Polyvinylidene fluoride (PVDF) is a thermoplastic and has the following typical properties:

- easy processing
- good weldability
- good heat formability

PVDF is distinguished by its high mechanical strength and the very good chemical resistance, even for applications in the presence of critical chemical media in the high temperature range.



Chemical structure of PVDF

Advantages of PVDF

- wide temperature range, high heat deflection temperature
- very good chemical resistance, even in connection with high temperatures
- good resistance against UV- and γ-radiations therefore high ageing resistance
- excellent abrasion resistance (low friction coefficient)
- very good anti-friction properties
- good mechanical properties
- excellent insulating characteristics in connection with very good electrical values
- flame retarding
- physiologically non-toxic
- good and easy processing

PVDF is a halogen and also offers an excellent fire protection without flame-retardant additives.

During combustion of PVDF only a slight amount of smoke development arises. But like every other organic substance also PVDF is inflammable and in adequate ambient temperature PVDF is inflammable.

Solubility

The PVDF-homopolymere swells in high polar solvents e.g. acetone and ethylacetat and is soluble in polar solvents, e.g. dimethylformamide and dimethylacetamide.

General properties of ECTFE (Ethylenechlorotrifluorethylene)

ECTFE has a unique combination of properties, which results due to its chemical structure - a copolymere with a changing constitution of ethylene and chlorotrifluorethylene.

Physiological properties

ECTFE is suitable for the safe application of products in continuous contact with food stuff according to "BGA Deutschland". For avoiding every influence of smell and taste it is recommended to clean the food with water which has direct contact with ECTFE parts.

Thermal properties

ECTFE has a remarkable resistance against decomposition throught heat, intensive radiation and weathering. For a long time it is resistant against temperatures up to 150°C and it is one of the best plastics with a good resistance against radiation.

Resistance against the weathering

ECTFE shows only a slight change of the properties or appearance weathering in the sunlight. Reaped weathering tests showed a remarkable stability of the polymers particularly the elongation at break, which is a good indicator for the polymer-decomposition. Even after 1000 hours in a "Weather - Ometer" with xenon-light the important properties are hardly influenced.

Radiation resistance

ECTFE shows an excellent resistance against different radiations. It has even good values after irradiation with 200 megarad cobalt 60.

Mechanical properties

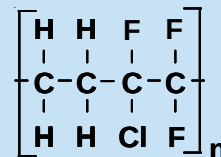
ECTFE is a solid, very impact resistant plastic, which hardly changes its properties over a wide range of temperatures. Besides the good impact strength ECTFE has a good breaking strain and a good abrasion behaviour. To emphasize is also the good behaviour by low temperatures, especially the high impact strength.

Advantages of ECTFE

- wide temperature application range (thermal resistance up to short-term 150°C).
- good resistance against UV- and γ -radiation, therefore favourable ageing resistance.
- flame retardent (UL 94-V0-material) - oxygen index 60
- excellent abrasion resistance
- extreme good chemical resistance against most technical acids, alkalies and solvents as well as in contact with chlorine.
- excellent insulating properties in connection with very good electrical values
- physiological non-toxic
- very good surface slip characteristics

Reproduction of microorganisms on ECTFE

The surface of a product out of ECTFE is unfavourable to the proliferation of microorganisms - as with glass. This conclusion is the result of an examination which has been executed within the framework of a test of the HP-suitability of ECTFE. Due to these properties, ECTFE is applied in the food and drug industry and for ultra-pure water ranges.



Chemical structure of ECTFE

● Specific material properties PE

	Property	Standard	Unit	PE80	PE100	HDPE-el
	Density at 23°C	ISO 1183	g/cm ³	0,94	0,96	0,99
	Melt flow index	ISO 1133	g/10min	0,9	0,3	
	MFR 190/5				<0,1	
	MFR 190/2,16					
	MFR 230/5					
	MFI range	ISO1872/1873		T012	T003	T001
Mechanical Properties	Tensile stress at yield	ISO 527	MPa	20	≥ 23	≥ 20
	Elongation at yield	ISO 527	%	10	≥ 9	7
	Elongation at break	ISO 527	%	>350	>350	
	Impact strength unnotched at +23°C	ISO 179	kJ/m ²	no break	no break	
	Impact strength unnotched at -30°C			no break	no break	
	Impact strength notched at +23°C	ISO 179	kJ/m ²	12	≥ 13	5,0
	Impact strength notched at 0°C			4,5	10	3,0
	Impact strength notched at -30°C					
	Ball indentation hardness acc. Rockwell	ISO 2039-1	MPa	36	46	
Thermal Properties	Flexural strength (3,5% flexural stress)	ISO 178	MPa	18	≥ 21	
	Modulus of elasticity	ISO 527	MPa	750	≥ 1000	≥ 1000
	Vicat-Softening point VST/B/50	ISO 306	°C	63	77	83
	Heat deflection temperature HDT/B	ISO 75	°C	60	75	
	Linear coefficient of thermal expansion	DIN 53752	K ⁻¹ x 10 ⁻⁴	1,8	1,8	1,8
Electrical Properties	Thermal conductivity at 20 °C	DIN 52612	W/(mxK)	0,4	0,4	0,43
	Flammability	UL94 DIN 4102	--	94-HB B2	94-HB B2	B2
	Specific volume resistance	VDE 0303	OHM cm	>10 ¹⁶	>10 ¹⁶	≤10 ⁸
	Specific surface resistance	VDE 0303	OHM	>10 ¹³	>10 ¹³	≤10 ⁶
Physiological Properties	relative dielectric constant at 1 MHz	DIN 53483	--	2,3	2,3	
	Dielectric strength	VDE 0303	kV/mm	70	70	
	Physiologically non-toxic	EEC 90/128	--	Yes	Yes	No
	FDA	--	--	No	No	No
UV Stabilization	UV stabilized	--	--	carbon black	carbon black	carbon black
	Colour	--	--	black	black	black

Note: The mentioned values are recommended values for the particular material.

● Specific material properties PP

	Property	Standard	Unit	PP-H	PP-R	PP-B	PP-s	PP-s-el
	Density at 23°C	ISO 1183	g/cm ³	0,91	0,91	0,91	0,93	1,13
	Melt flow index	ISO 1133	g/10min	0,5	0,5	0,5	0,8	0,6
	MFR 190/5							
	MFR 190/2,16							
	MFR 230/5							
	MFI range	ISO1872/1873		1,25 M003	1,25	1,3	2,0	
Mechanical Properties	Tensile stress at yield	ISO 527	MPa	30	25	26	30	30
	Elongation at yield	ISO 527	%	10	12	10	10	
	Elongation at break	ISO 527	%	>300	>300	>50	>50	43
	Impact strength unnotched at +23°C	ISO 179	kJ/m ²	no break	no break	no break	no break	
	Impact strength unnotched at -30°C					80	28	
	Impact strength notched at +23°C	ISO 179	kJ/m ²	8	20	40	9	9,5
	Impact strength notched at 0°C			2,8	3,5	8	2,8	-
	Impact strength notched at -30°C			2,2	2,0	3,2	2,2	2,3
	Ball indentation hardness acc. Rockwell	ISO 2039-1	MPa	60	45	50	72	
	Flexural strength (3,5% flexural stress)	ISO 178	MPa	28	20	20	37	
	Modulus of elasticity	ISO 527	MPa	1300	900	1100	1300	
Thermal Properties	Vicat-Softening point VST/B/50	ISO 306	°C	91	65	68	85	133
	Heat deflection temperature HDT/B	ISO 75	°C	96	70	75	85	88
	Linear coefficient of thermal expansion	DIN 53752	K ⁻¹ x 10 ⁻⁴	1,6	1,6	1,6	1,6	
	Thermal conductivity at 20 °C	DIN 52612	W/(mxK)	0,22	0,24	0,2	0,2	
	Flammability	UL94 EN 13501 DIN 4102	–	94-HB B2	94-HB B2	94-HB B2	V-2 E(d2) B1*	V-0
Electrical Properties	Specific volume resistance	VDE 0303	OHM cm	>10 ¹⁶	>10 ¹⁶	>10 ¹⁵	>10 ¹⁵	≤10 ⁸
	Specific surface resistance	VDE 0303	OHM	>10 ¹³	>10 ¹³	>10 ¹⁵	>10 ¹⁵	≤10 ⁶
	relative dielectric constant at 1 MHz	DIN 53483	–	2,3	2,3			
	Dielectric strength	VDE 0303	kV/mm	75	70	30 up to 40	30 up to 45	
	Physiologically non-toxic	EEC 90/128	–	Yes	Yes	Yes	Yes	No
	FDA	–	–	Yes	Yes	No	No	No
	UV stabilized	–	–	No	No	No	No	Yes
	Colour	–	–	Ral 7032 grey	RAL 7032 grey	RAL 7032 grey	RAL 7037 dark grey	black

*) Fire classification B1 only valid for wall thickness of 2-10mm

Note: The mentioned values are recommended values for the particular material.

● Specific material properties PVDF and ECTFE

	Property	Standard	Unit	PVDF	PVDF flex	ECTFE
	Specific density at 23°C	ISO 1183	g/cm ³	1,78	1,78	1,68
	Melt flow index MFR 275/2.16 MFR 230/5 MFI range	ISO 1133	g/10min	6	6	1
	Tensile stress at yield	ISO 527	MPa	50	20-35	30
	Elongation at yield	ISO 527	%	9	10-12	5
Mechanical Properties	Elongation at break	ISO 527	%	80	200-600	250
	Impact strength unnotched at +23°C	ISO 179	kJ/m ²	124	-	no break
	Impact strength unnotched at -30°C				-	
	Impact strength notched at +23°C	ISO 179	kJ/m ²	11	17	no break
	Impact strength notched at 0°C				-	
	Impact strength notched at -30°C				-	
	Ball indentation hardness acc. Rockwell	ISO 2039-1	MPa	80	-	90
	Flexural strength	ISO 178	MPa	80	-	47
	Modulus of elasticity	ISO 527	MPa	2000	1000-1100	1690
Thermal Properties	Vicat-Softening point VST/B/50	ISO 306	°C	140	150	
	Heat deflection temperature HDT/B	ISO 75	°C	145	-	90
	Linear coefficient of thermal expansion	DIN 53752	K ⁻¹ × 10 ⁻⁴	1,2	1,4-1,6	0,8
	Thermal conductivity at 20 °C	DIN 52612	W/(m×K)	0,20	0,2	0,15
	Flammability	UL94 EN 13501 FM 4910	–	V-0 B yes	V-0	V-0 – –
Electrical Properties	Specific volume resistance	VDE 0303	OHM cm	>10 ¹³	≥10 ¹⁴	>10 ¹⁶
	Specific surface resistance	VDE 0303	OHM	>10 ¹²	≥10 ¹⁴	>10 ¹⁴
	relative dielectric constant at 1 MHz	DIN 53483	–	7,25	7	2,6
	Dielectric strength	VDE 0303	kV/mm	22	20	30 bis 35
Physiological Properties	Physiologically non-toxic	EEC 90/128	–	Yes		Yes
	FDA	–	–	Yes		in preperation
	UV stabilized	–	–	Yes		Yes
	Colour	–	–	natural	natural	natural

Note: The mentioned values are recommended values for the particular material.

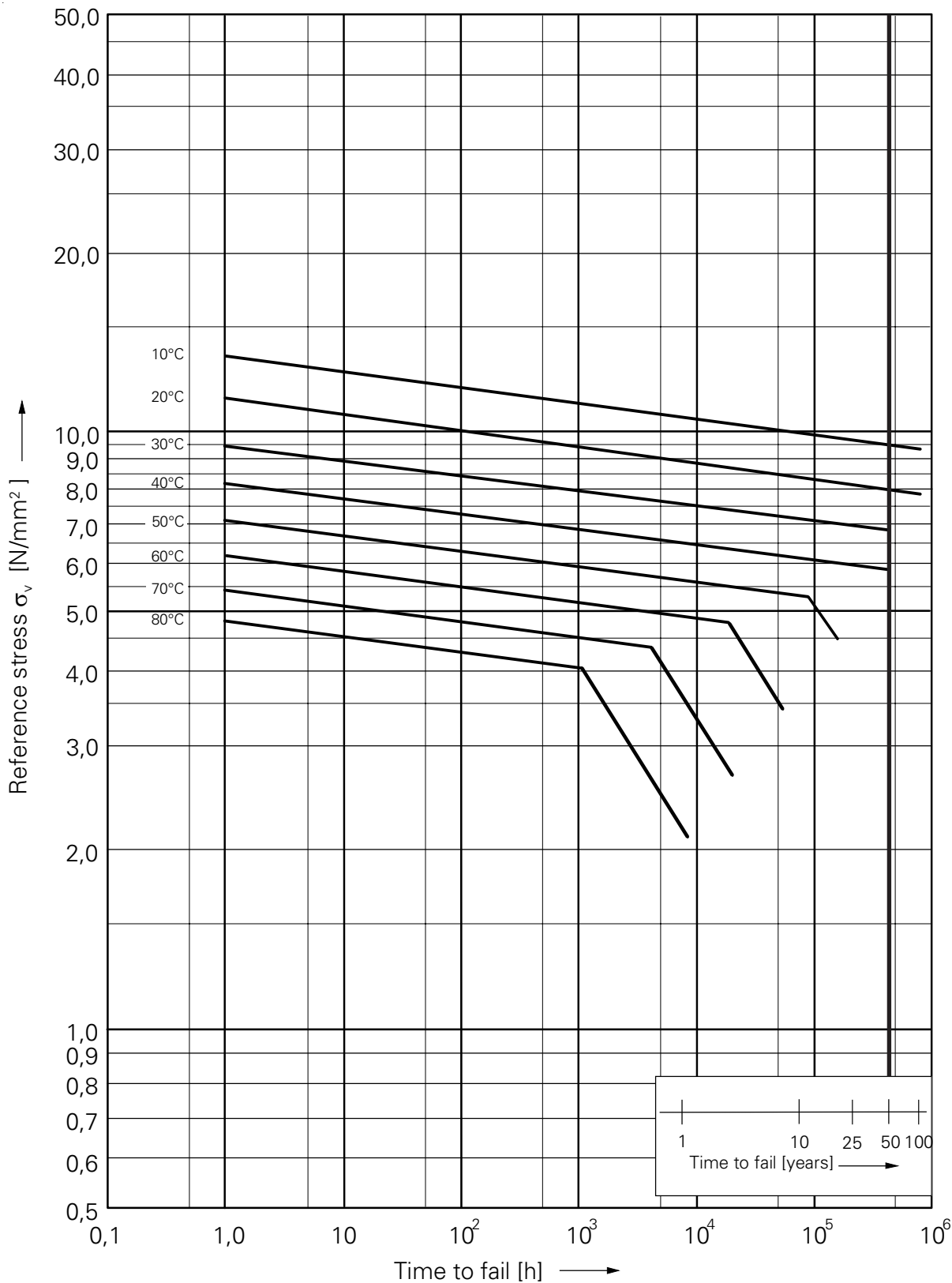
Applications

The below mentioned table gives you a survey about the different application possibilities of our molding materials.

Range of applications	PP-H	PP-R	PP-s	PP-s-el	PE80	PE100	PEHD-el	PVDF	ECTFE
Industrial applications									
Piping systems for conveying of chemicals	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Pipes for cooling water systems	■	■	■		■	■	■		
Pipes for the transport of solids	■	■			■	■	■	■	■
Piping systems in explosion-proof rooms				■					
High purity water piping systems		■			■			■	■
Water extraction and water preparation					■	■			
Pipes for swimming pools	■	■			■	■			
Protective pipes for district heating systems					■				
Protective pipes for cables					■				
Apparatus engineering and vessel construction	■	■	■		■	■	■	■	■
Ventilation and degassing piping systems	■	■	■	■	■		■		
Lining of containers and tanks	■	■	■	■	■		■	■	■
Construction of facilities	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Distribution of compressed air						■			
Applications for environmental protection									
Pipes for drainage systems	■	■			■	■			
Lining of channels, channel relining		■			■	■			
Dual pipes	■	■			■	■		■	■
Piping systems for sewage treatment plants and lining	■	■			■	■			
Degassing pipes for waste disposal facilities					■	■	■		
Drainage pipes for landfill sites					■	■			
Discharge piping systems					■	■			
Applications for supply systems									
Pipes for irrigation systems					■	■			
Pipes for potable water systems	■	■			■	■			
Gas pipes					■	■			



● **Pressure curve for pipes out of PE 80**
(acc. to EN ISO 15494 supplement B)



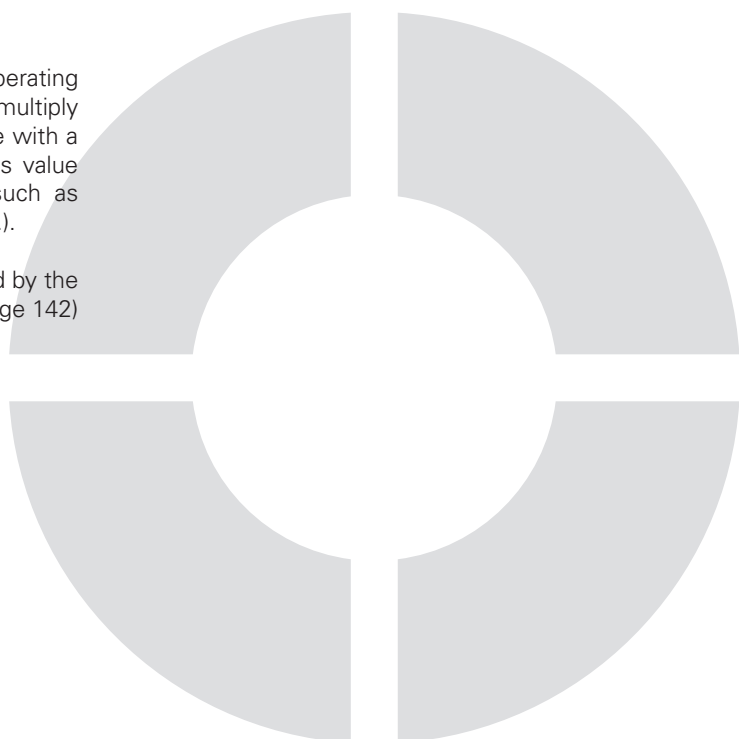
● **Permissible component operating pressures p_B for PE 80 depending on temperature and operation period.**

In the table stated the data apply to water. They were determined from the creep curve taking into account a safety coefficient of $C=1,25$.

Temperature [°C]	Operating period [years]	Diameter-wall thickness relation SDR						
		41	33	26	17,6	11	7,4	6
		Pipe series S						
		20	16	12,5	8,3	5	3,2	2,5
		PN						
		3,2	4	5	7,5	12,5	20	25
10	5	4,0	5,0	6,3	9,4	15,8	25,3	31,6
	10	3,9	4,9	6,2	9,3	15,5	24,8	31,0
	25	3,8	4,8	6,0	9,0	15,1	24,2	30,3
	50	3,8	4,7	5,9	8,9	14,8	23,8	29,7
	100	3,7	4,6	5,8	8,7	14,6	23,3	29,2
20	5	3,4	4,2	5,3	7,9	13,2	21,2	26,5
	10	3,3	4,1	5,2	7,8	13,0	20,8	26,0
	25	3,2	4,0	5,0	7,6	12,7	20,3	25,4
	50	3,2	4,0	5,0	7,5	12,5	20,0	25,0
	100	3,1	3,9	4,9	7,3	12,2	19,6	24,5
30	5	2,8	3,6	4,5	6,7	11,2	18,0	22,5
	10	2,8	3,5	4,4	6,6	11,0	17,7	22,1
	25	2,7	3,4	4,3	6,4	10,8	17,3	21,6
	50	2,7	3,3	4,2	6,3	10,6	16,9	21,2
40	5	2,4	3,1	3,8	5,8	9,6	15,5	19,3
	10	2,4	3,0	3,8	5,7	9,5	15,2	19,0
	25	2,3	2,9	3,7	5,5	9,2	14,8	18,5
	50	2,3	2,9	3,6	5,4	9,1	14,5	18,2
50	5	2,1	2,6	3,3	5,0	8,4	13,4	16,8
	10	2,0	2,5	3,2	4,8	8,1	12,9	16,2
	15	1,8	2,2	2,8	4,3	7,1	11,4	14,3
60	5	1,4	1,8	2,2	3,3	5,6	9,0	11,3

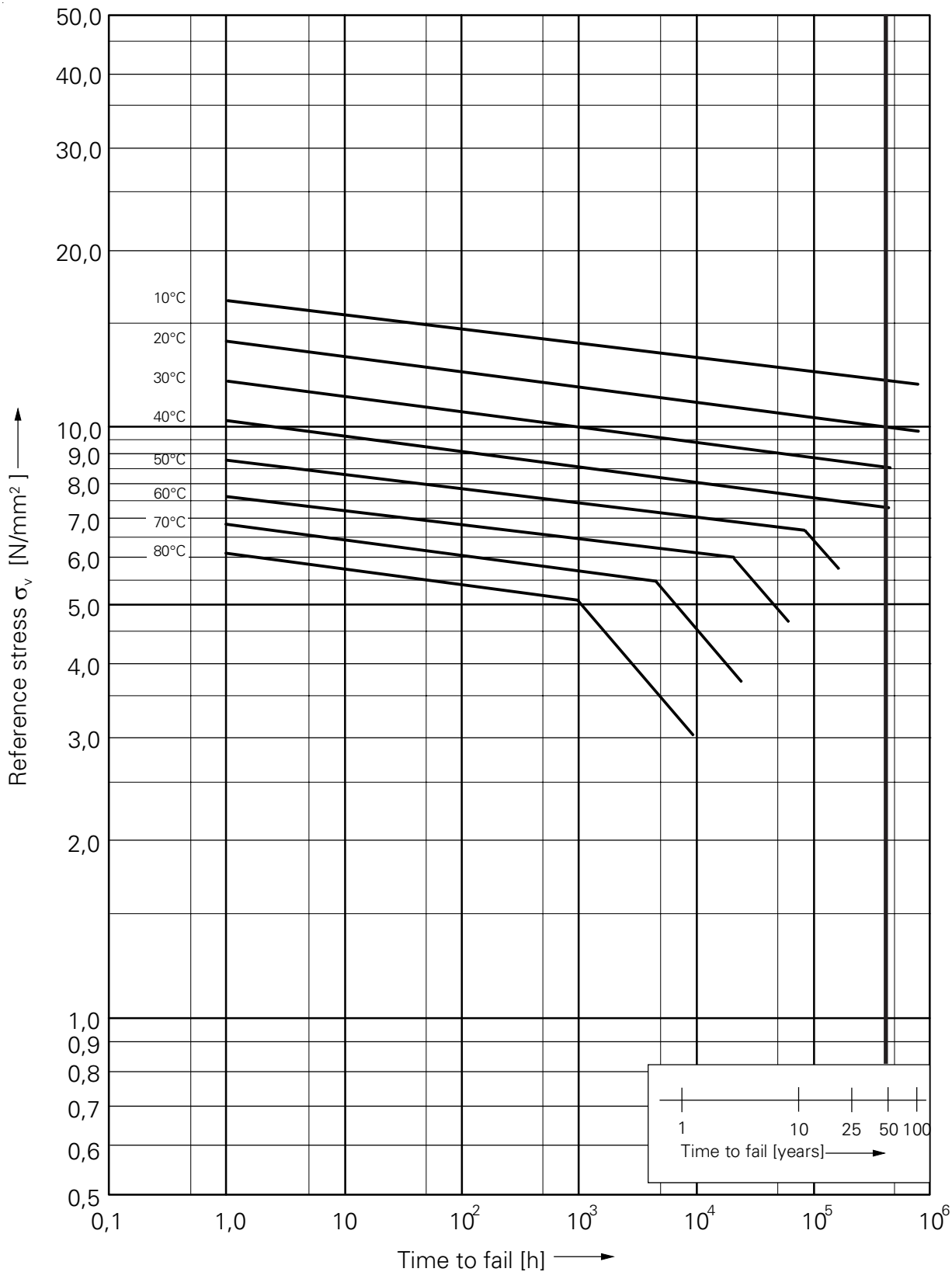
¹⁾ We recommend for the calculation of the operating pressure in free installed piping systems to multiply the in the table contained operating pressure with a system reduction coefficient $f_s = 0,8$ (This value contains installation-technical influences such as welding joint, flange or also bending loads.).

²⁾ The operating pressure has to be reduced by the corresponding reducing coefficients (see page 142) for every application.





● **Pressure curve for pipes out of PE 100**
(acc. to EN ISO 15494 supplement B)



● **Permissible component operating pressures p_B for PE 100 depending on temperature and operation period.**

In the tables stated the data apply to water. They were determined from the creep curve taking into account a safety coefficient of $C = 1,25$.

Temperature [°C]	Operating period [years]	Diameter-wall thickness relation SDR						
		41	33	26	17	11	7,4	6
		Pipe series S						
		20	16	12,5	8	5	3,2	2,5
		PN						
4	5	6,3	10	16	25	32		
Permissible component operating pressure p _B ^{1) 2)} [bar]								
10	5	5,0	6,3	7,9	12,6	20,2	31,5	40,4
	10	4,9	6,2	7,8	12,4	19,8	31,0	39,7
	25	4,8	6,0	7,6	12,1	19,3	30,2	38,7
	50	4,7	5,9	7,5	11,9	19,0	29,7	38,0
	100	4,6	5,8	7,3	11,6	18,7	29,2	37,4
20	5	4,2	5,3	6,6	10,6	16,9	26,5	33,9
	10	4,1	5,2	6,5	10,4	16,6	26,0	33,3
	25	4,0	5,0	6,4	10,1	16,2	25,4	32,5
	50	4,0	5,0	6,3	10,0	16,0	25,0	32,0
	100	3,9	4,9	6,1	9,8	15,7	24,5	31,4
30	5	3,6	4,5	5,6	9,0	14,4	22,5	28,8
	10	3,5	4,4	5,5	8,8	14,1	22,1	28,3
	25	3,4	4,3	5,4	8,6	13,8	21,6	27,6
	50	3,3	4,2	5,3	8,4	13,5	21,2	27,1
40	5	3,0	3,8	4,8	7,7	12,3	19,3	24,7
	10	3,0	3,8	4,7	7,6	12,1	19,0	24,3
	25	2,9	3,7	4,6	7,4	11,8	18,5	23,7
	50	2,9	3,6	4,5	7,2	11,6	18,2	23,3
50	5	2,6	3,3	4,2	6,7	10,7	16,7	21,3
	10	2,6	3,2	4,0	6,5	10,4	16,2	20,3
	15	2,3	2,9	3,7	5,9	9,5	14,8	19,0
60	5	1,9	2,4	3,0	4,8	7,7	12,1	15,5

¹⁾ We recommend for the calculation of the operating pressure in free installed piping systems to multiply the in the table contained operating pressure with a system reduction coefficient $f_s = 0,8$ (This value contains installation-technical influences such as welding joint, flange or also bending loads.).

²⁾ These operating pressure have to be reduced by the corresponding reducing coefficients (see page 142) for every application.

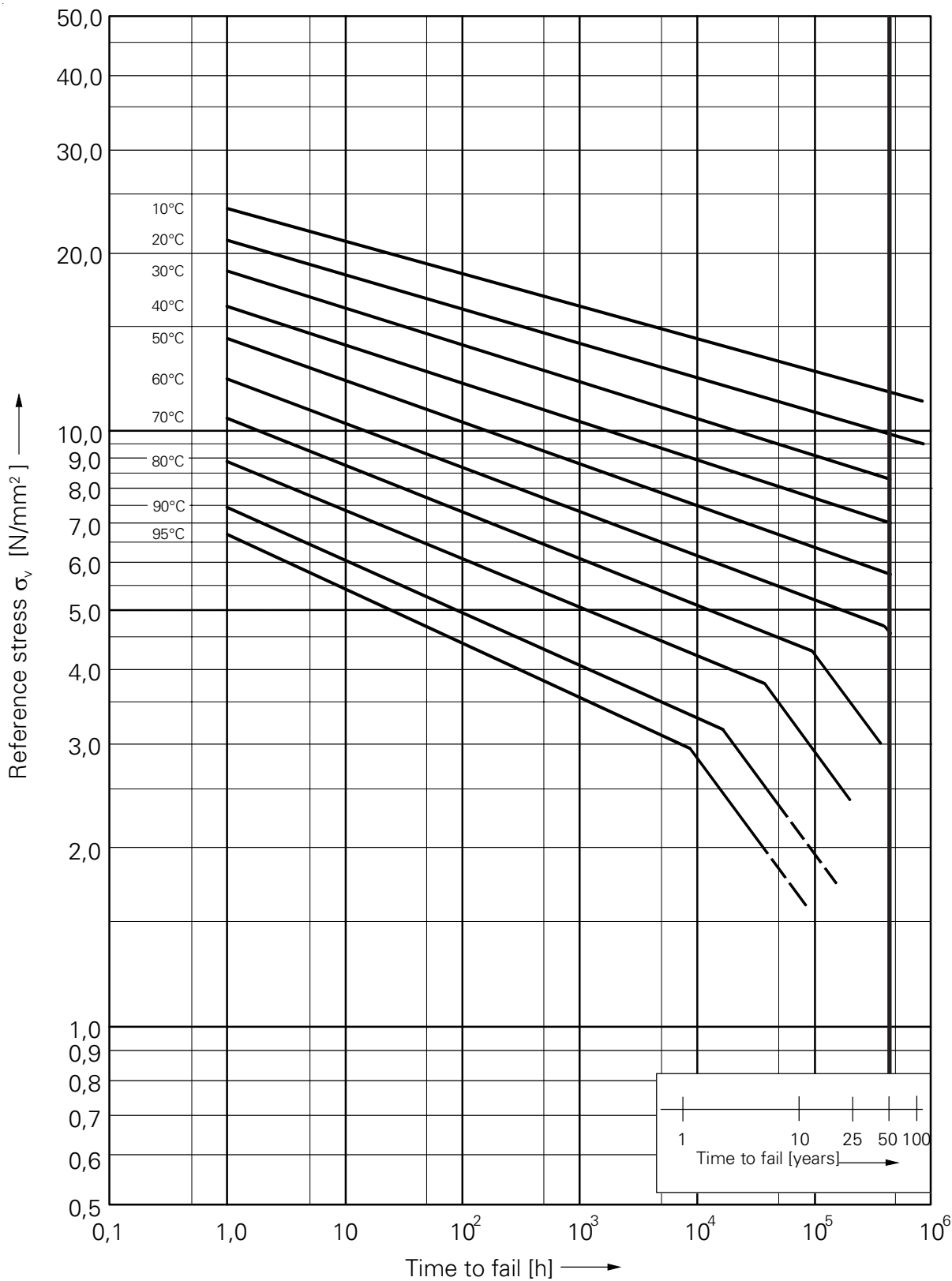
For pipes and fittings out of PE 100, a smaller wall thickness than for PE80 results due to the higher calculation stress. They can therefore be applied for higher operating pressures at the same wall thickness. Please find the comparison of the SDR-series, S-series and PN-pressure ratings in the below table.

SDR	S	PN-pressure rate [bar]	
		PE80	PE100
41	20	3,2	4
33	16	4	5
26	12,5	5	6,3
17,6	8,3	7,5	9,6
17	8	8	10
11	5	12,5	16
7,4	3,2	20	25

valid for 20°C and 50 years life time



● **Pressure curve for pipes out of PP-H**
(acc. to EN ISO 15494 supplement C)



● **Permissible component operating pressures p_B for PP-H depending on temperature and operation period.**

In the tables stated the data apply to water. They were determined from the creep curve taking into account a safety coefficient of C (C = 1,6 from 10 - under 40°C, C = 1,4 from 40 - under 60°C, C = 1,25 from 60°C).

Temperature [°C]	Operating period [years]	Diameter-wall thickness relation SDR						
		41	33	26	17,6	11	7,4	6
		Pipe series S						
		20	16	12,5	8,3	5	3,2	2,5
		PN						
		2,5	3,2	4	6	10	16	20
		Permissible component operating pressure p_B ^{1) 2) 3)} [bar]						
10	1	4,5	5,7	7,1	10,8	18,0	28,6	36,0
	5	4,1	5,2	6,5	9,9	16,5	26,2	33,0
	10	4,0	5,0	6,3	9,6	15,9	25,3	31,8
	25	3,8	4,8	6,0	9,1	15,2	24,1	30,3
	50	3,6	4,6	5,8	8,8	14,6	23,2	29,2
	100	3,5	4,4	5,6	8,4	14,1	22,3	28,1
20	1	3,9	4,9	6,2	9,3	15,6	24,7	31,1
	5	3,5	4,5	5,6	8,5	14,2	22,5	28,4
	10	3,4	4,3	5,4	8,2	13,6	21,6	27,3
	25	3,2	4,1	5,1	7,8	12,9	20,5	25,9
	50	3,1	3,9	4,9	7,5	12,4	19,7	24,9
	100	3,0	3,7	4,7	7,2	12,0	19,0	23,9
30	1	3,3	4,2	5,3	8,0	13,3	21,1	26,6
	5	3,0	3,8	4,8	7,2	12,1	19,2	24,1
	10	2,9	3,6	4,6	6,9	11,6	18,4	23,1
	25	2,7	3,4	4,3	6,6	10,9	17,4	21,9
	50	2,6	3,3	4,1	6,3	10,5	16,6	21,0
40	1	3,2	4,0	5,1	7,7	12,9	20,5	25,8
	5	2,9	3,6	4,6	7,0	11,6	18,4	23,2
	10	2,8	3,5	4,4	6,7	11,1	17,6	22,2
	25	2,6	3,3	4,1	6,3	10,5	16,6	20,9
	50	2,5	3,1	4,0	6,0	10,0	15,9	20,0
50	1	2,7	3,4	4,3	6,5	10,8	17,2	21,6
	5	2,4	3,0	3,8	5,8	9,7	15,4	19,3
	10	2,3	2,9	3,6	5,5	9,2	14,6	18,4
	25	2,1	2,7	3,4	5,2	8,6	13,7	17,3
	50	2,0	2,6	3,3	4,9	8,2	13,1	16,5
60	1	2,5	3,1	4,0	6,0	10,0	15,9	20,1
	5	2,2	2,8	3,5	5,3	8,9	14,1	17,8
	10	2,1	2,6	3,3	5,1	8,5	13,4	16,9
	25	2,5	2,4	3,1	4,7	7,9	12,6	15,8
	50	1,8	2,3	2,9	4,4	7,4	11,7	14,8
70	1	2,6	2,5	3,2	4,9	8,2	13,0	16,4
	5	1,8	2,2	2,8	4,3	7,2	11,5	14,5
	10	1,7	2,1	2,7	4,1	6,8	10,9	13,7
	25	1,4	1,7	2,2	3,4	5,6	9,0	11,3
	50	1,2	1,5	1,9	2,8	4,8	7,6	9,5
80	1	2,1	2,0	2,6	4,0	6,6	10,5	13,2
	5	1,3	1,7	2,2	3,3	5,5	8,8	11,1
	10	1,1	1,4	1,8	2,8	4,7	7,4	9,3
	25	0,9	1,1	1,4	2,2	3,7	5,9	7,5
95	1	1,1	1,4	1,8	2,7	4,6	7,3	9,2
	5	0,7	0,9	1,2	1,8	3,1	4,9	6,2
	(10) ⁴⁾	(0,6) ⁴⁾	(0,8) ⁴⁾	(1,0) ⁴⁾	(1,5) ⁴⁾	(2,6) ⁴⁾	(4,1) ⁴⁾	(5,2) ⁴⁾

¹⁾ We recommend for the calculation of the operating pressure in free installed piping systems to multiply the in the table contained operating pressure with a system reduction coefficient $f_s=0,8$ (This value contains installation-technical influences such as welding joint, flange or also bending loads.).

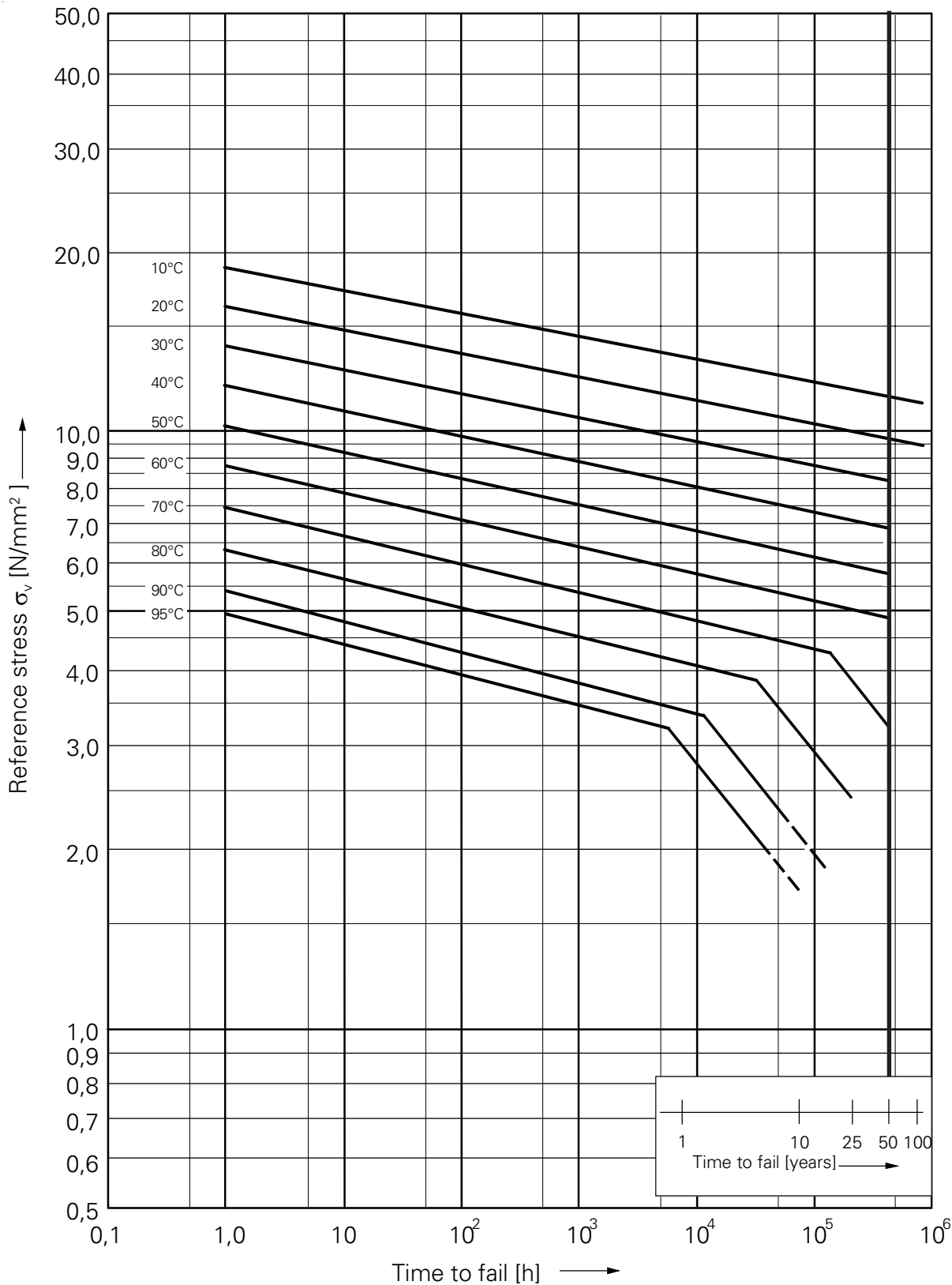
²⁾ These operating pressure have to be reduced by the corresponding reducing coefficients (see page 142) for every application.

³⁾ ... Operating pressures do not apply to pipes exposed to UV radiation. Within 10 years of operation, this influence may be compensated res. essentially reduced corresponding additives (e.g. carbon black) to the molding material.

⁴⁾ ... The values in brackets are valid at proof of longer testing periods than 1 year at the 110°C test.



● **Pressure curve for pipes out of PP-R**
(acc. to EN ISO 15494 supplement C)



● **Permissible component operating pressures p_B for PP-R depending on temperature and operation period.**

The in the tables stated data apply to water. They were determined from the creep curve taking into account a safety coefficient of $C = 1,25$. Due to the different mechanical properties of the specific material PP-s-el, the maximum operating pressure has to be reduced to 50%!

Temperature [°C]	Operating period [years]	Diameter-wall thickness relation SDR							
		41	33	26	17,6	17	11	7,4	6
		Pipe series S							
		20	16	12,5	8,3	8	5	3,2	2,5
		PN							
		2,5	3,2	4	6	6,3	10	16	20
		Permissible component operating pressure $p_B^{1) 2) 3)}$ [bar]							
10	1	5,3	6,6	8,4	12,6	13,3	21,1	33,4	42,1
	5	4,9	6,2	7,9	11,9	12,5	19,8	31,5	39,7
	10	4,8	6,1	7,7	11,6	12,2	19,3	30,7	38,6
	25	4,7	5,9	7,4	11,2	11,8	18,7	29,7	37,4
	50	4,5	5,7	7,2	10,9	11,5	18,2	28,9	36,4
	100	4,4	5,6	7,0	10,7	11,2	17,8	28,2	35,5
20	1	4,5	5,6	7,1	10,8	11,3	18,0	28,5	35,9
	5	4,2	5,3	6,7	10,1	10,6	16,9	26,8	33,7
	10	4,1	5,2	6,5	9,9	10,4	16,4	26,1	32,8
	25	3,9	5,0	6,3	9,5	10	15,9	25,2	31,7
	50	3,8	4,8	6,1	9,3	9,7	15,4	24,5	30,9
	100	3,7	4,7	6,0	9,0	9,5	15,0	23,9	30,1
30	1	3,8	4,8	6,1	9,2	9,6	15,3	24,2	30,5
	5	3,6	4,5	5,7	8,6	9,0	14,3	22,7	28,6
	10	3,5	4,4	5,5	8,4	8,8	13,9	22,1	27,8
	25	3,3	4,2	5,3	8,1	8,4	13,4	21,3	26,8
	50	3,2	4,1	5,2	7,8	8,2	13,0	20,7	26,1
40	1	3,2	4,1	5,1	7,8	8,2	13,0	20,6	25,9
	5	3,0	3,8	4,8	7,3	7,6	12,1	19,2	24,2
	10	2,9	3,7	4,7	7,1	7,4	11,8	18,7	23,5
	25	2,8	3,5	4,5	6,8	7,1	11,3	18,0	22,6
	50	2,7	3,4	4,3	6,6	6,9	11,0	17,4	22,0
50	1	2,7	3,4	4,3	6,6	6,9	11,0	17,4	21,9
	5	2,5	3,2	4,0	6,1	6,4	10,2	16,2	20,4
	10	2,5	3,1	3,9	5,9	6,2	9,9	15,7	19,8
	25	2,4	3,0	3,8	5,7	6,0	9,5	15,1	19,0
	50	2,3	2,9	3,6	5,5	5,8	9,2	14,7	18,5
60	1	2,3	2,9	3,6	5,5	5,8	9,2	14,7	18,5
	5	2,1	2,7	3,4	5,1	5,4	8,6	13,6	17,2
	10	2,1	2,6	3,3	5,0	5,2	8,3	13,2	16,6
	25	2,0	2,5	3,1	4,8	5,0	8,0	12,7	16,0
	50	1,9	2,4	3,0	4,6	4,9	7,7	12,3	15,5
70	1	1,9	2,4	3,1	4,6	4,9	7,8	12,3	15,5
	5	1,8	2,2	2,8	4,3	4,5	7,2	11,4	14,4
	10	1,7	2,2	2,7	4,2	4,4	7,0	11,1	13,9
	25	1,5	1,9	2,4	3,6	3,8	6,0	9,6	12,1
	50	1,2	1,6	2,0	3,0	3,2	5,1	8,1	10,2
80	1	1,6	2,0	2,6	3,9	4,1	6,5	10,3	13,0
	5	1,4	1,8	2,3	3,4	3,6	5,7	9,1	11,5
	10	1,2	1,5	1,9	2,9	3,0	4,8	7,7	9,7
	25	0,9	1,2	1,5	2,3	2,4	3,9	6,2	7,8
95	1	1,1	1,4	1,8	2,7	2,9	4,6	7,3	9,2
	5	0,7	0,9	1,2	1,8	1,9	3,1	4,9	6,2
	(10) ⁴⁾	(0,6) ⁴⁾	(0,8) ⁴⁾	(1,0) ⁴⁾	(1,5) ⁴⁾	(1,6) ⁴⁾	(2,6) ⁴⁾	(4,1) ⁴⁾	(5,2) ⁴⁾

¹⁾ We recommend for the calculation of the operating pressure in free installed piping systems to multiply the in the table contained operating pressure with a system reduction coefficient $f_s = 0,8$ (This value contains installation-technical influences such as welding joint, flange or also bending loads.).

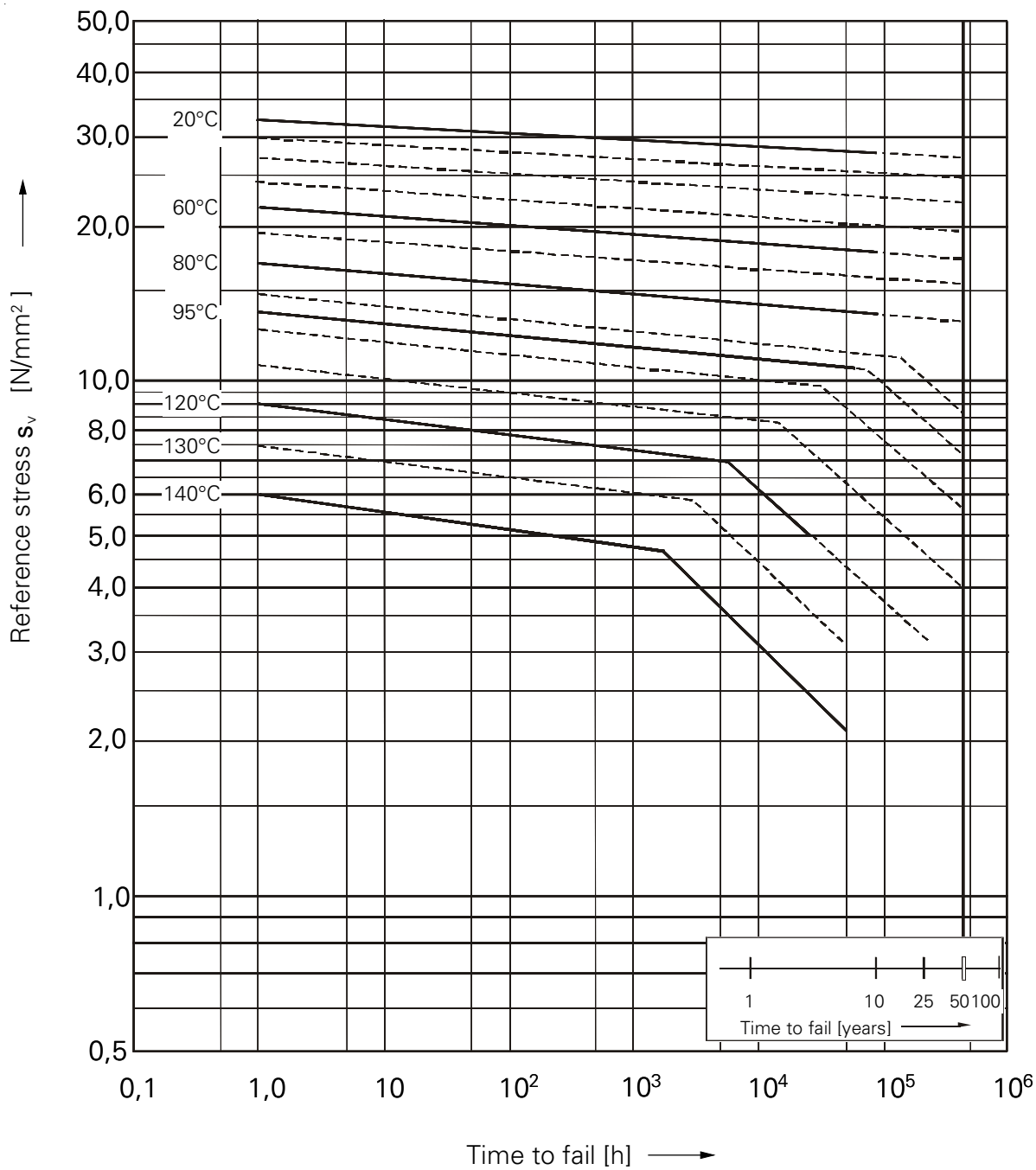
²⁾ These operating pressure have to be reduced by the corresponding reducing coefficients (see page 142) for every application.

³⁾ ... Operating pressures do not apply to pipes exposed to UV radiation. Within 10 years of operation, this influence may be compensated res. essentially reduced corresponding additives (e.g. carbon black) to the molding material.

⁴⁾ ... The values in brackets are valid at proof of longer testing periods than 1 year at the 110°C test.



● **Pressure curve for pipes out of PVDF**
(acc. to EN ISO 10931 supplement A)



● **Permissible component operating pressures p_B for PVDF depending on temperature and operation period.**

In the tables stated the data apply to water. They were determined from the creep curve taking into account a safety coefficient of $C = 1,6$.

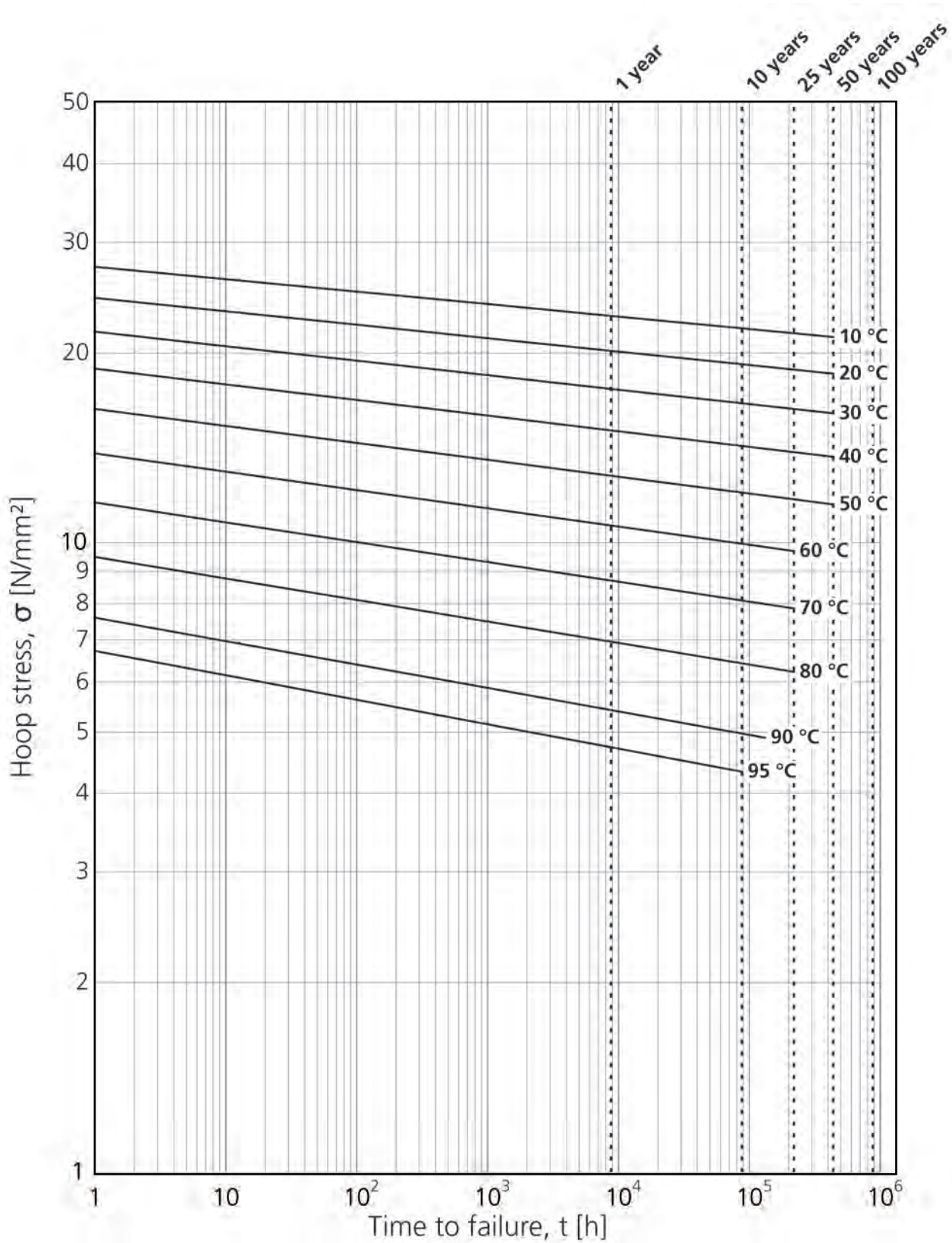
Temperature [°C]	Operating period [years]	Diameter-wall thickness relation SDR	
		33	21
		Pipe series S	
		16	10
		PN	
		10	16
		Permissible component operating pressure p_B [bar] ^{1) 2)}	
20	1	11,1	17,8
	10	10,7	10,2
	25	10,6	16,9
	50	10,5	16,8
30	1	10,0	16,0
	10	9,6	15,4
	25	9,5	15,2
	50	9,4	15,0
40	1	8,9	14,3
	10	8,6	13,8
	25	8,5	13,6
	50	8,4	13,4
50	1	8,0	12,7
	10	7,5	12,2
	25	7,5	12,0
	50	7,4	11,9
60	1	7,0	11,3
	10	6,7	10,8
	25	6,6	10,6
	50	6,5	10,4
70	1	6,1	9,8
	10	5,9	9,4
	25	5,7	9,2
	50	5,7	9,1
80	1	5,3	8,5
	10	5,1	8,1
	25	5,0	8,0
	50	4,8	7,7
95	1	4,2	6,8
	10	3,8	6,0
	25	3,1	5,0
	50	2,7	4,3
110	1	3,2	5,0
	10	2,2	3,5
	25	1,8	2,9
	50	1,6	2,5
120	1	2,5	4,0
	10	1,5	2,4
	25	1,2	1,9

¹⁾ ... We recommend for the calculation of the operating pressure in free installed piping systems to multiply the in the table contained operating pressure with a system reduction coefficient $f_s=0,8$ (This value contains installation-technical influences such as welding joint, flange or also bending loads.).

²⁾ ... These operating pressure have to be reduced by the corresponding reducing coefficients (see page 142) for every application.



● **Pressure curve for pipes of ECTFE**
(acc. to DVS 2205-1 supplement 18)



● **Permissible component operating pressures p_B for ECTFE depending on temperature and operation period**

The in the tables stated data apply to water. They were determined from the creep curve taking into account a safety coefficient of $C = 1,6$

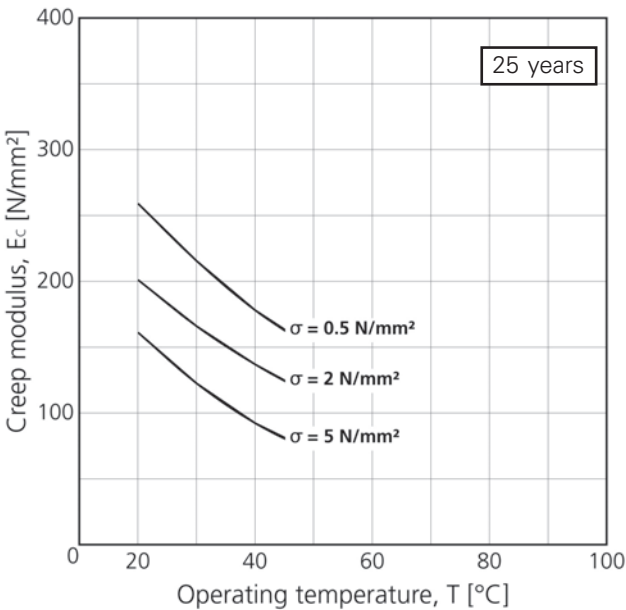
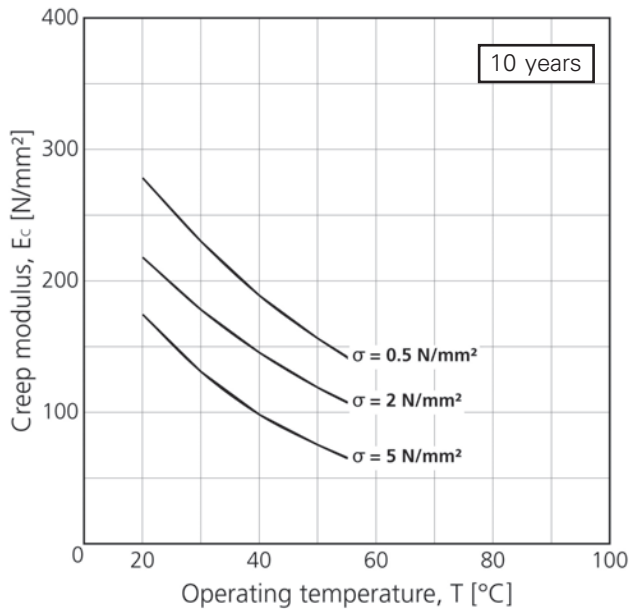
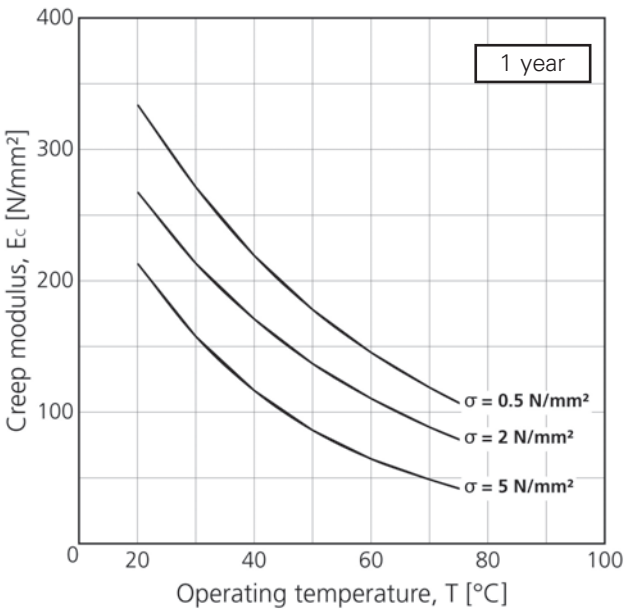
Temperature [°C]	Operating period [years]	Diameter-wall thickness relation SDR	
		33	21
		Pipe series S	
		16	10
Permissible component operating pressure p_B [bar] ^{1) 2)}			
10	1	8,9	14,3
	5	8,6	13,8
	10	8,5	13,6
	25	8,4	13,4
	50	8,2	13,2
20	1	7,8	12,6
	5	7,6	12,1
	10	7,4	12,0
	25	7,3	11,7
	50	7,2	11,6
30	1	6,8	10,9
	5	6,6	10,5
	10	6,5	10,4
	25	6,3	10,1
	50	6,2	10,0
40	1	5,8	9,4
	5	5,6	9,0
	10	5,5	8,9
	25	5,4	8,7
	50	5,3	8,5
50	1	4,9	7,9
	5	4,7	7,6
	10	4,6	7,5
	25	4,5	7,3
	50	4,4	7,1
60	1	4,1	6,6
	5	3,9	6,3
	10	3,8	6,2
	25	3,7	6,0
70	1	3,3	5,4
	5	3,2	5,1
	10	3,1	5,0
	25	3,0	4,9
80	1	2,7	4,3
	5	2,5	4,1
	10	2,5	4,0
	25	2,4	3,9
90	1	2,1	3,3
	5	1,9	3,1
	10	1,9	3,1
	15	1,9	3,0
95	1	1,8	2,9
	5	1,7	2,7
	10	1,6	2,7

¹⁾ We recommend for the calculation of the operating pressure in free installed piping systems to multiply the in the table contained operating pressure with a system reduction coefficient $f_s=0,8$ (This value contains installation-technical influences such as welding joint, flange or also bending loads).

²⁾ These operating pressures have to be reduced by the corresponding reducing coefficients (see page 142) for every application.



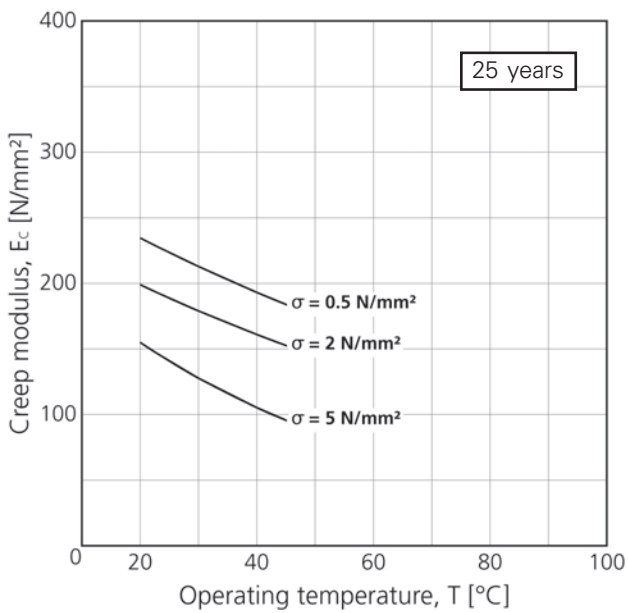
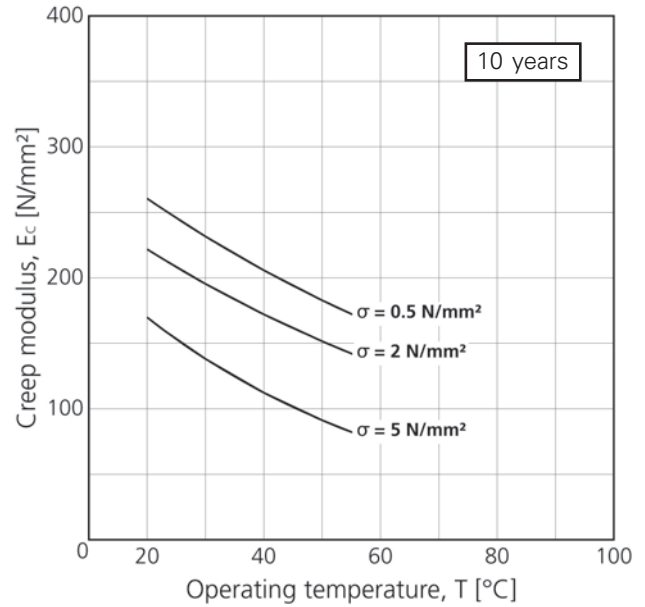
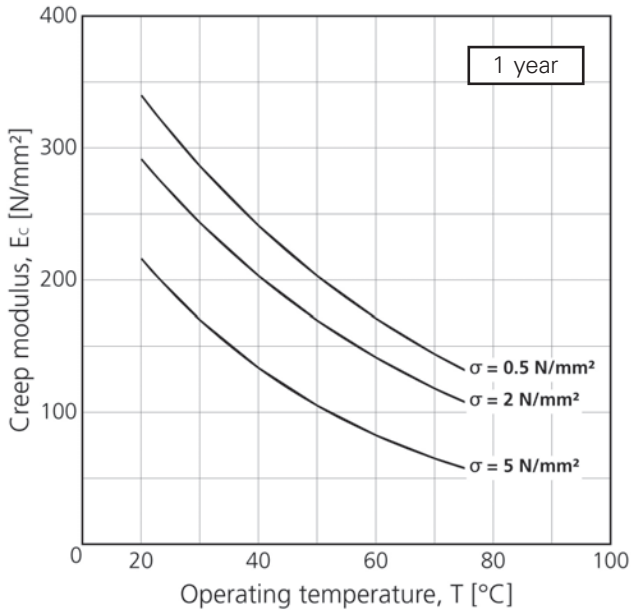
Creep modulus curves for PE 80
(acc.to DVS 2205, part 1)



Reducing of the creep modulus

In the stated diagrams the calculated creep modulus still has to be reduced by a safety coefficient of ≥ 2 for stability calculations. Influences by chemical attack or by eccentricity and unroundness have to be taken into account separately.

● Creep modulus curves for PE 100
(acc.to DVS 2205, part 1)

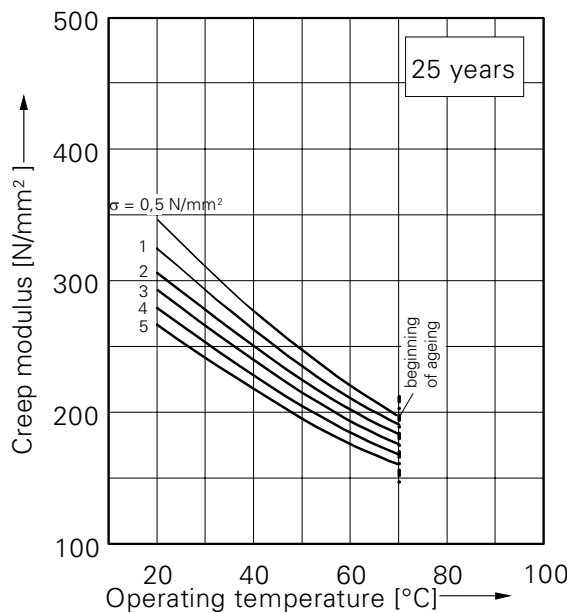
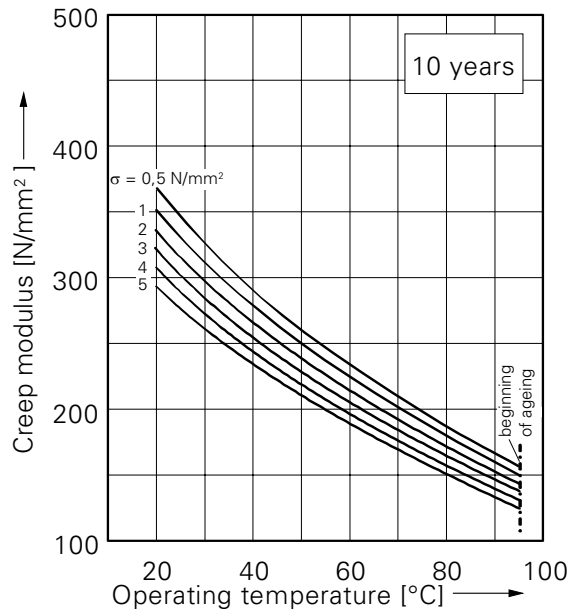
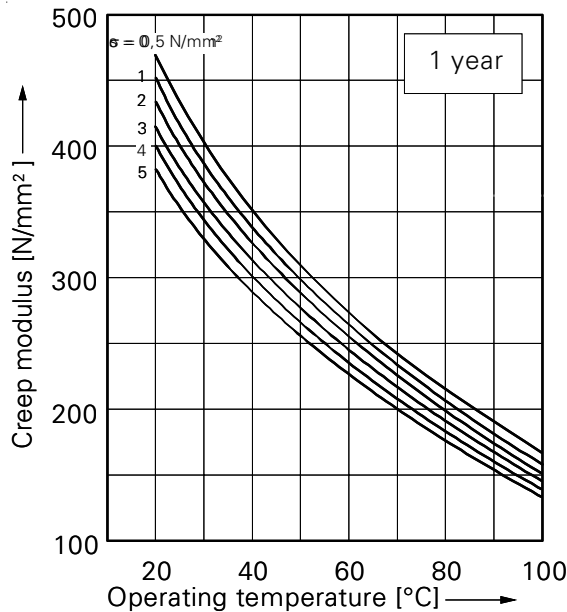


● Reducing of the creep modulus

In the stated diagrams the calculated creep modulus still has to be reduced by a safety coefficient of ≥ 2 for stability calculations. Influences by chemical attack or by eccentricity and unroundness have to be taken into account separately.

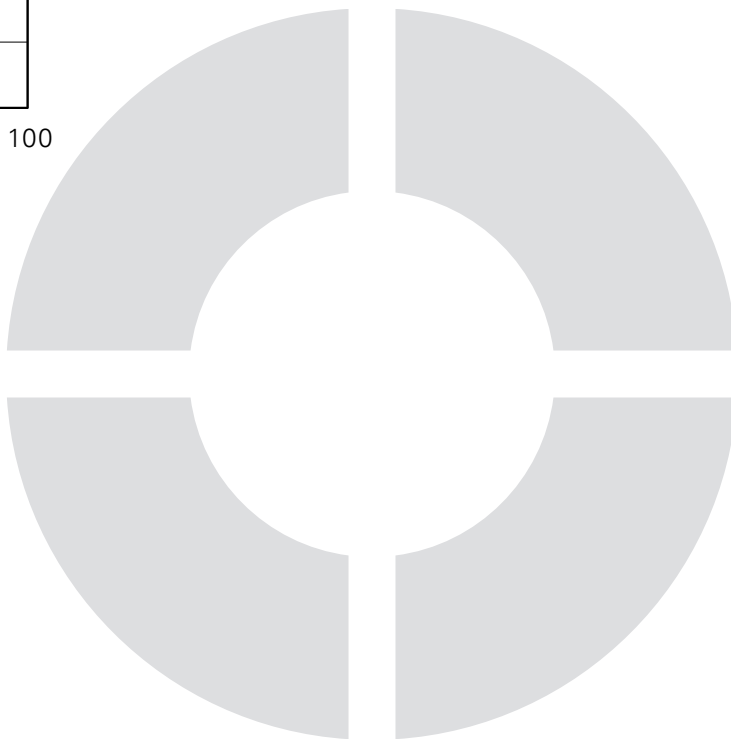


Creed modulus curves for PP-H
(acc. to DVS 2205, part 1)

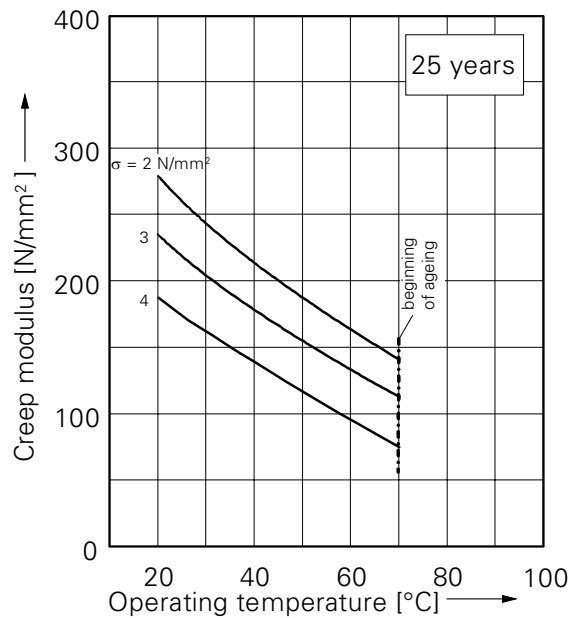
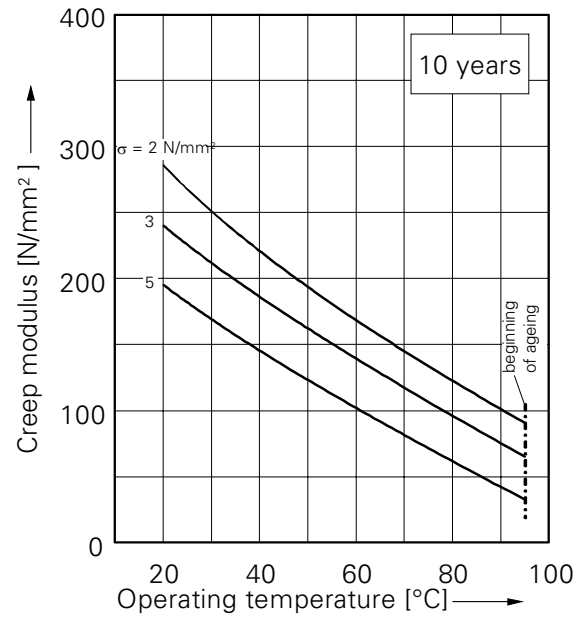
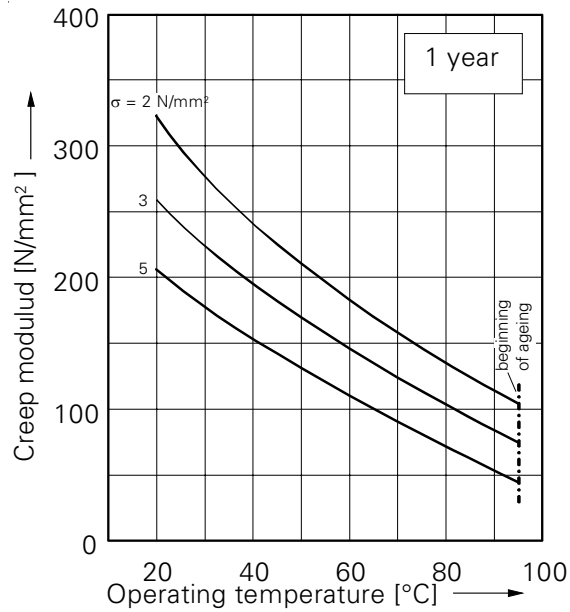


Reducing of the creep modulus

In the stated diagrams the calculated creep modulus still has to be reduced by a safety coefficient of ≥ 2 for stability calculations. Influences by chemical attack or by eccentricity and unroundness have to be taken into account separately.



● Creep modulus curves for PP-R/PP-B
(acc. to DVS 2205, part 1)



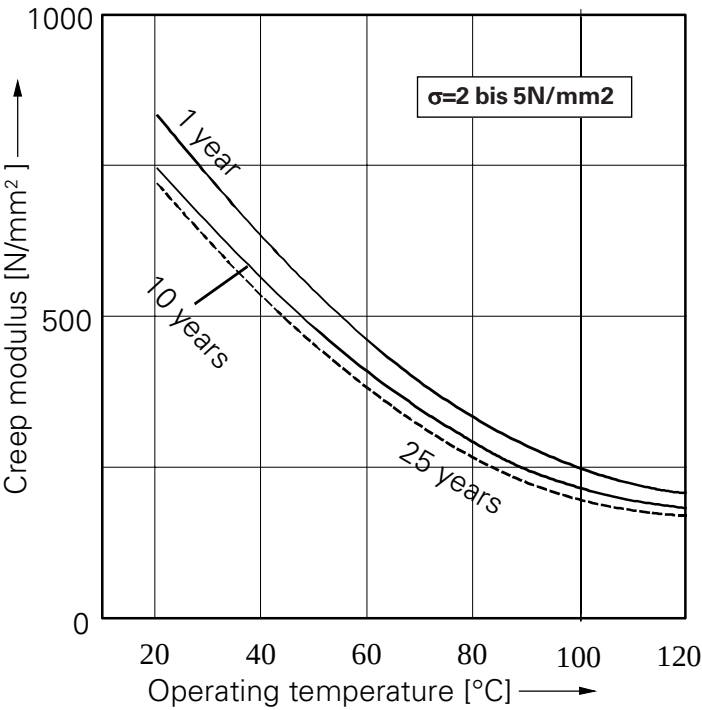
● Reducing of the creep modulus

In the stated diagrams the calculated creep modulus still has to be reduced by a safety coefficient of ≥ 2 for stability calculations.

Influences by chemical attack or by eccentricity and unroundness have to be taken into account separately.

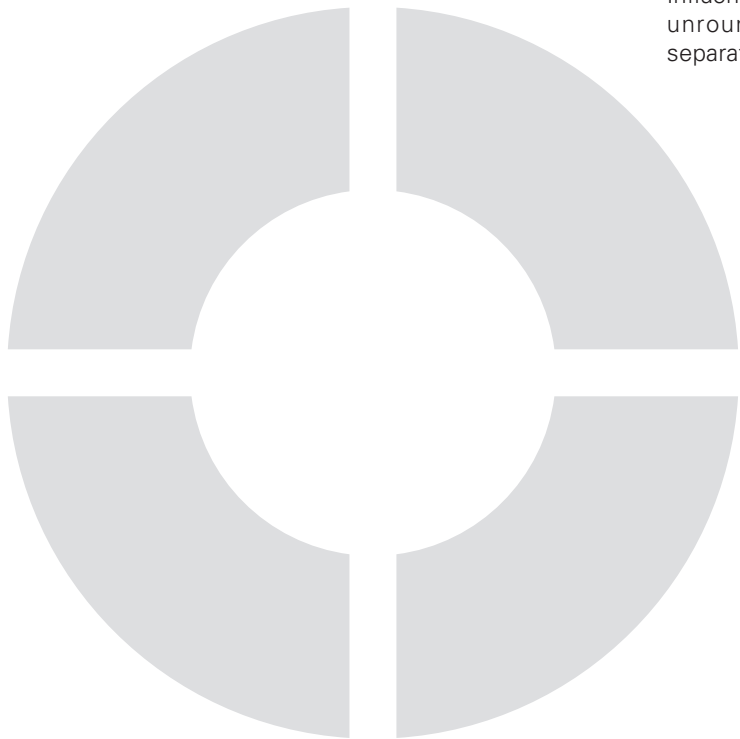


● Creep modulus curves for PVDF
(acc. to DVS 2205-1)



● Reducing of the creep modulus

In the stated diagrams the calculated creep modulus still has to be reduced by a safety coefficient of ≥ 2 for stability calculations. Influences by chemical attack or by eccentricity and unroundness have to be taken into account separately.



● Permissible buckling pressures for PE 80 and PE 100

In the table stated the data apply to water. They were determined taken into account a safety coefficient of 2,0 (minimum safety coefficient for stability calculations).

Temperature [°C]	Operation periods [years]	SDR-series							
		41		33		17,6		11	
		S-series							
		20		16		8,3		5	
Permissible buckling pressure ¹⁾ [bar]									
		PE80	PE100	PE80	PE100	PE80	PE100	PE80	PE100
20	1	0,048	0,053	0,095	0,104	0,681	0,745	3,117	3,410
	10	0,039	0,041	0,076	0,079	0,545	0,566	2,496	2,952
	25	0,035	0,036	0,069	0,071	0,498	0,508	2,278	2,326
30	1	0,038	0,044	0,075	0,087	0,542	0,622	2,482	2,845
	10	0,031	0,036	0,062	0,070	0,445	0,499	2,038	2,284
	25	0,029	0,033	0,057	0,064	0,411	0,457	1,880	2,092
40	1	0,031	0,037	0,060	0,072	0,434	0,519	1,988	2,374
	10	0,026	0,031	0,050	0,061	0,363	0,439	1,664	2,011
	25	0,024	0,029	0,047	0,057	0,339	0,411	1,551	1,882
50	1	0,024	0,031	0,048	0,060	0,348	0,433	1,593	1,981
	10	0,021	0,028	0,041	0,054	0,297	0,387	1,358	1,772
60	1	0,020	0,026	0,039	0,050	0,280	0,361	1,283	1,653
70	1	0,016	0,022	0,031	0,042	0,225	0,301	1,029	1,379
80	1	0,012	0,018	0,024	0,035	0,178	0,251	0,818	1,151

1) ...This buckling pressures have been calculated according to formula on page 144. These buckling pressures have to be decreased by the corresponding reducing factors due to chemical influence or unroundness for any application.



● Permissible buckling pressures for PP-H and PP-R

In the tables stated values apply to water. Contained in the tables the maximum permissible buckling pressures in [bar] were determined taken into account a safety coefficient of 2,0 (minimum safety coefficient for stability calculations).

Temperature [°C]	Operation periods [years]	SDR-series							
		41		33		17,6		11	
		S-series							
		20		16		8,3		5	
Permissible buckling pressure 1) [bar]									
		PP-H	PP-R	PP-H	PP-R	PP-H	PP-R	PP-H	PP-R
20	1	0,080	0,060	0,170	0,125	1,11	0,83	5,15	3,80
	10	0,060	0,050	0,130	0,110	0,86	0,73	3,95	3,35
	25	0,055	0,050	0,120	0,110	0,78	0,70	3,65	3,25
30	1	0,070	0,050	0,150	0,110	0,96	0,71	4,45	3,30
	10	0,055	0,045	0,115	0,100	0,75	0,64	3,50	2,95
	25	0,050	0,045	0,110	0,095	0,71	0,61	3,30	2,85
40	1	0,060	0,045	0,130	0,095	0,83	0,62	3,85	2,85
	10	0,050	0,040	0,105	0,090	0,68	0,57	3,15	2,65
	25	0,045	0,040	0,100	0,085	0,64	0,55	2,95	2,55
50	1	0,050	0,040	0,110	0,080	0,73	0,53	3,40	2,45
	10	0,045	0,035	0,095	0,075	0,61	0,49	2,85	2,30
	25	0,040	0,035	0,090	0,075	0,57	0,48	2,65	2,20
60	1	0,045	0,035	0,100	0,070	0,64	0,47	2,95	2,15
	10	0,040	0,030	0,085	0,065	0,55	0,43	2,55	2,00
	25	0,035	0,030	0,080	0,065	0,52	0,42	2,40	1,95
70	1	0,040	0,030	0,085	0,060	0,57	0,41	2,65	1,90
	10	0,035	0,025	0,075	0,055	0,49	0,37	2,25	1,70
	25	0,030	0,025	0,070	0,055	0,46	0,36	2,15	1,65
80	1	0,035	0,025	0,075	0,050	0,50	0,34	2,30	1,60
	10	0,030	0,020	0,065	0,045	0,44	0,31	2,20	1,45
95	1	0,030	0,020	0,065	0,040	0,41	0,27	1,90	1,25
	10	0,025	0,015	0,055	0,035	0,35	0,23	1,65	1,05

1) ...This buckling pressures have been calculated according to formula on page 144. These buckling pressures have to be decreased by the corresponding reducing factors due to chemical influence or unroundness for any application.

Admissible buckling pressures for PVDF

In the tables stated values apply to water. Contained in the tables the maximum permissible buckling pressures in [bar] were determined taken into account a safety coefficient of 2,0 (minimum safety coefficient for stability calculations).

Temperature [°C]	Operation periods [years]	SDR-series	
		33	21
		S-series	
		16	8
Permissible buckling pressure ¹⁾ [bar]			
PVDF			
20	1	0,28	1,18
	10	0,26	1,08
	25	0,25	1,04
30	1	0,26	1,05
	10	0,23	0,95
	25	0,23	0,92
40	1	0,23	0,93
	10	0,21	0,85
	25	0,20	0,82
50	1	0,20	0,82
	10	0,18	0,70
	25	0,17	0,70
60	1	0,17	0,63
	10	0,16	0,60
	25	0,15	0,60
70	1	0,15	0,60
	10	0,13	0,53
	25	0,12	0,50
80	1	0,13	0,52
	10	0,11	0,45
	25	0,10	0,42
90	1	0,11	0,43
	10	0,09	0,37
	25	0,08	0,35
100	1	0,09	0,36
	10	0,08	0,32
	25	0,07	0,29
110	1	0,07	0,30
	10	0,06	0,26
	25	0,06	0,23
120	1	0,06	0,26
	10	0,06	0,24
	25	0,05	0,21

1) ...This buckling pressures have been calculated according to formula on page 144. These buckling pressures have to be decreased by the corresponding reducing factors due to chemical influence or unroundness for any application.



Permissible buckling pressures for ventilation pipes out of PP-H and PE.

100000 Pa = 1bar

Contained in the tables the maximum permissible buckling pressures in Pascal were determined taken into account a safety coefficient of 2,0 (minimum safety coefficient for stability calculations).

Pipe dimension Ø x s [mm]	Material	Permissible buckling pressures in Pascal [Pa] for different operation temperatures and periods							
		20°C		30°C		40°C		50°C	
		10 years	25 years	10 years	25 years	10 years	25 years	10 years	25 years
140 x 3,0	PP-H	4200	3800	3650	3450	3350	3100	3000	2800
160 x 3,0	PP-H	2750	2500	2400	2300	2200	2050	1950	1850
180 x 3,0	PP-H	1900	1750	1700	1600	1550	1400	1350	1250
200 x 3,0	PP-H	1400	1250	1200	1150	1100	1050	1000	900
225 x 3,5	PP-H	1550	1400	1350	1300	1250	1150	1100	1050
250 x 3,5	PP-H	1100	1000	1000	900	900	850	800	750
280 x 4,0	PP-H	1200	1100	1050	1000	950	900	850	800
315 x 5,0	PP-H	1650	1500	1450	1350	1300	1250	1150	1100
355 x 5,0	PP-H	1150	1050	1000	950	900	850	800	750
400 x 6,0	PP-H	1400	1250	1200	1150	1100	1050	1000	900
400 x 8,0	PP-H	3400	3050	2950	2800	2700	2500	2400	2250
400 x 8,0	PE100	2035	1815	1705	1540	1375	1265	1100	-
450 x 6,0	PP-H	950	900	850	800	750	700	700	650
450 x 8,0	PP-H	2350	2150	2050	1950	1850	1750	1650	1550
450 x 8,0	PE100	1375	1265	1155	1045	935	880	770	-
500 x 8,0	PP-H	1700	1550	1500	1400	1350	1250	1200	1000
500 x 8,0	PE100	990	935	825	770	660	605	550	-
500 x 10,0	PP-H	3400	3050	2950	2800	2700	2500	2400	2250
500 x 10,0	PE100	2035	1815	1705	1540	1375	1265	1100	-
560 x 8,0	PP-H	1200	1100	1050	1000	950	900	850	800
560 x 10,0	PP-H	2400	2150	2100	1950	1900	1750	1700	1600
560 x 10,0	PE100	1430	1265	1210	1045	990	880	770	-
630 x 10,0	PP-H	1650	1500	1450	1350	1300	1250	1150	1100
630 x 10,0	PE100	990	880	825	715	660	605	550	-
710 x 12,0	PP-H	2000	1850	1750	1650	1600	1500	1450	1350
710 x 12,0	PE100	1210	1100	990	880	825	715	660	-
800 x 12,0	PP-H	1400	1250	1200	1150	1100	1050	1000	900
900 x 12,0	PE100	825	770	660	605	550	495	440	-
900 x 15,0	PP-H	1900	1750	1700	1600	1550	1400	1350	1250
900 x 15,0	PE100	1155	1045	935	880	770	715	605	-
1000 x 15,0	PP-H	1400	1250	1200	1150	1100	1050	1000	900
1000 x 15,0	PE100	825	770	660	605	550	495	440	-
1200 x 18,0	PP-H	1400	1250	1200	1150	1100	1050	1000	900
1200 x 18,0	PE100	825	770	660	605	550	495	440	-
1400 x 20,0	PP-H	1200	1100	1050	1000	950	900	850	800
1400 x 20,0	PE100	715	660	605	550	495	440	385	-

This buckling pressures were calculated with the formula from page 144. These operating pressure have to be reduced by the corresponding reducing coefficients through chemical influences or unroundness .

Behaviour at abrasive fluids

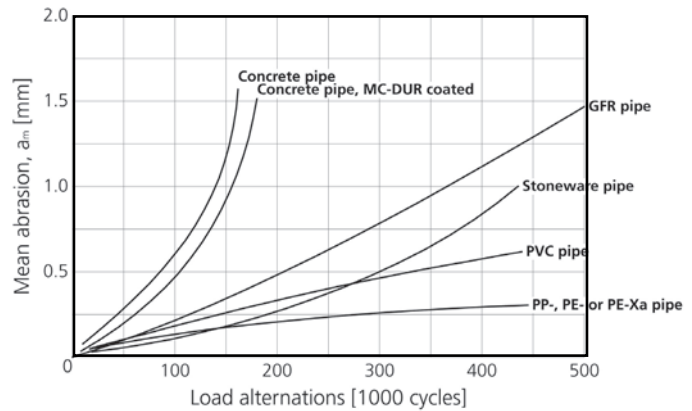
In principle, thermoplastic pipes are better suited for the conveying of fluid-solid-mixtures than e. g. concrete pipes or also steel pipes. We have already resulted positive experiences of different applications.

At the of the Technische Hochschule Darmstadt developed method, a 1 m long half-pipe is tilted with a frequency of 0,18 Hz. The local deduction of the wall thickness after a certain loading time is regarded as measure for the abrasion.

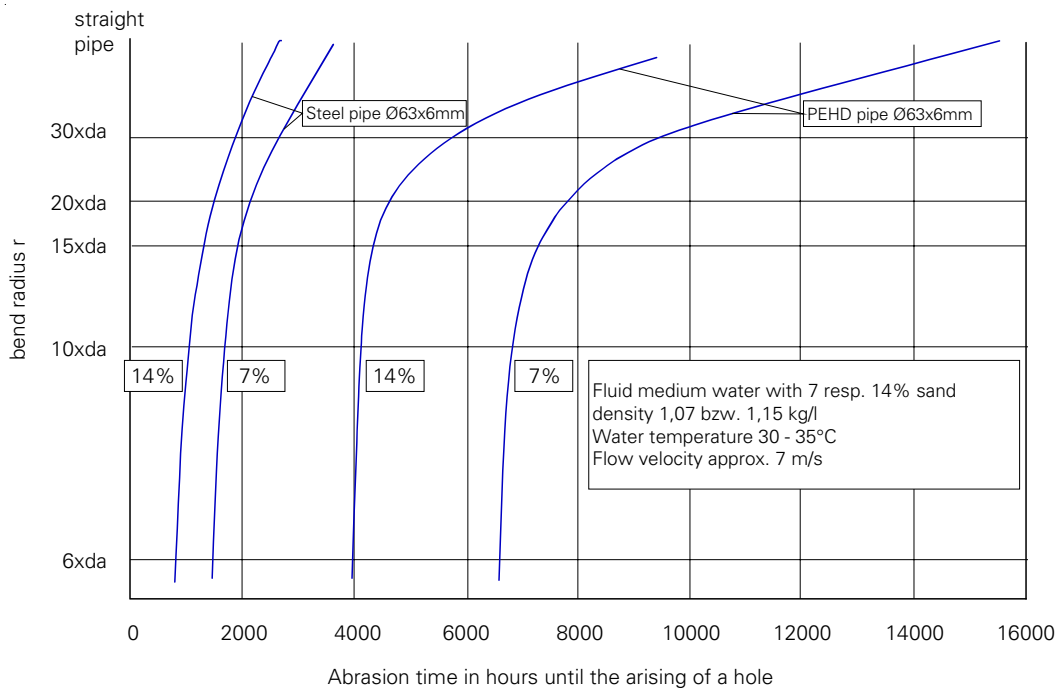
The advantage of thermoplastic pipes for the transportation of solids in open channels can clearly be seen from the test result.

Abrasion behavior according to method Darmstadt

Medium: silica sand-gravel-water mixture
46 Vol.-% silica/gravel, grain size up to 30mm



Abrasion time of HDPE- and Steel elbows of different bending radii in dependance on solid portion



In a more practical tests the medium is pumped through pipe samples which are built-in in a piping system. A possibility to check the abrasion behaviour of such a system is to determine the time until the arising of a hole. As it can be seen from the opposite diagram, thermoplastic pipes (in this special case, PE pipes have been applied whereby with PP pipes the same or slightly better results will be achieved) have an essential advantage compared with steel pipes.

For conveying of dry abrasive acting fluids polypropylene can only be applied conditionally. There should only be used electro-conductable materials (PE-el, PP-R-s-el, PP-R-el) because of a possible static load.

The use for each single application has to be clarified with our technical engineering department.

General chemical properties of PE & PP

In comparison to metals where an attack of chemicals leads to an irreversible chemical change of the material, it's mostly physical processes at plastics which reduce the utility value. Such physical changes are e.g. swelling and solution processes at which the composition of the plastics can be changed in this way that the mechanical properties are affected. There have to be taken reducing factors into consideration at the design of facilities and parts of those in such cases.

PE und PP are resistant against diluted solutions of salts, acids and alkalis if these are not strong oxidizing agents. Good resistance is also given against many solvents, such as alcohols, esters and ketones.

At contact with solvents, as aliphatic and aromatic compound, chlorinated hydroxycarbon, you have to reckon upon a strong swelling, especially at raised temperatures. But a destruction commences only rarely.

The resistance can be strongly reduced by stress cracking corrosion due to ampholytiocs (chromic acid, concentrated sulphuric acid).



Lyes

Alkalis

Diluted alkali solutions (e. g. caustic lye), even at higher temperature and with higher concentrations do not react with PP and PE and can therefore be applied without problems, unlike to PVDF or other fluoroplastics.

Bleaching lye

As these lyes contain active chlorine, only a conditional resistance is given at room temperature.

At higher temperatures and concentrations of the active chlorine, PP and PE are rather only suitable for pressureless piping systems and tanks.

Hydrocarbons

PP is only conditionally resistant against hydrocarbons (benzine as well as other fuels) already at ambient temperature (swelling > 3 %).

PE however can be used for the conveying up to temperatures of 40°C and for the storage of these media up to temperatures of 60°C.

Only at temperatures > 60°C is PE conditionally resistant as the swelling is > 3 %.

Acids

Sulphuric Acid

Concentrations up to approximately 70% change the properties of PP and PE only slightly. Concentrations higher than 80 % cause already at room temperature oxidation. At higher temperatures, this oxidation can even go to a carbonization of the surface of the PP semi-finished products.

Hydrochloric acid, hydrofluoric acid

Against concentrated hydrochloric acid and hydrofluoric acid, PP and PE are chemically resistant. But there appears a diffusion of HCl (concentrations > 20 %) and of HF (concentrations > 40 %) at PP, which does not damage the material, but causes secondary damages on the surrounding steel constructions. Double containment piping systems have proven for such applications.

Nitric acid

Higher concentrated nitric acid has an oxidizing effect on the materials. The mechanical strength properties are reduced at higher concentrations.

Phosphoric acid

Against this medium, PP and PE is also resistant at higher concentrations and at raised temperatures.

For more detailed information regarding the chemical resistance of our products, our application engineering department will be at your disposal at any time.

Actual lists of chemical properties are available on www.agru.at

Chemical resistance PVDF

PVDF is resistant to a wide range of chemicals.

It has an outstanding resistance to most anorganic and organic acids, oxidising media, aliphatic and aromatic hydrocarbons, alcohols and halogenated solvents.

PVDF is also resistant to halogens (chlorine, bromine, iodine), but not fluorine.

Generally PVDF is unsuitable for the following media, because they can lead to decomposition:

- amine, basic media with a index of $\text{pH} \geq 12$
- joints, which can produce free radicals under certain circumstances
- smoking sulfuric acid
- high polar solvents (acetone, ethyl acetate, dimethyl-formamide, dimethylsulphoxide, ...); here PVDF can solve or swell.
- melted alkaline metals or amalgam.

Please note that there is the possibility of tension crack development (stress cracking). This can happen when PVDF is situated in a milieu with a pH-factor ≥ 12 or in the presence of free radicals (for example elemental chlorine) and it is exposed to a mechanical use in the same time.

Maximum permissible H_2SO_4 -concentration for PVDF pipes depending on temperature (based on tests with the Dechema Console).

Maximum permissible H_2SO_4 - concentration

Example: sulfuric acid

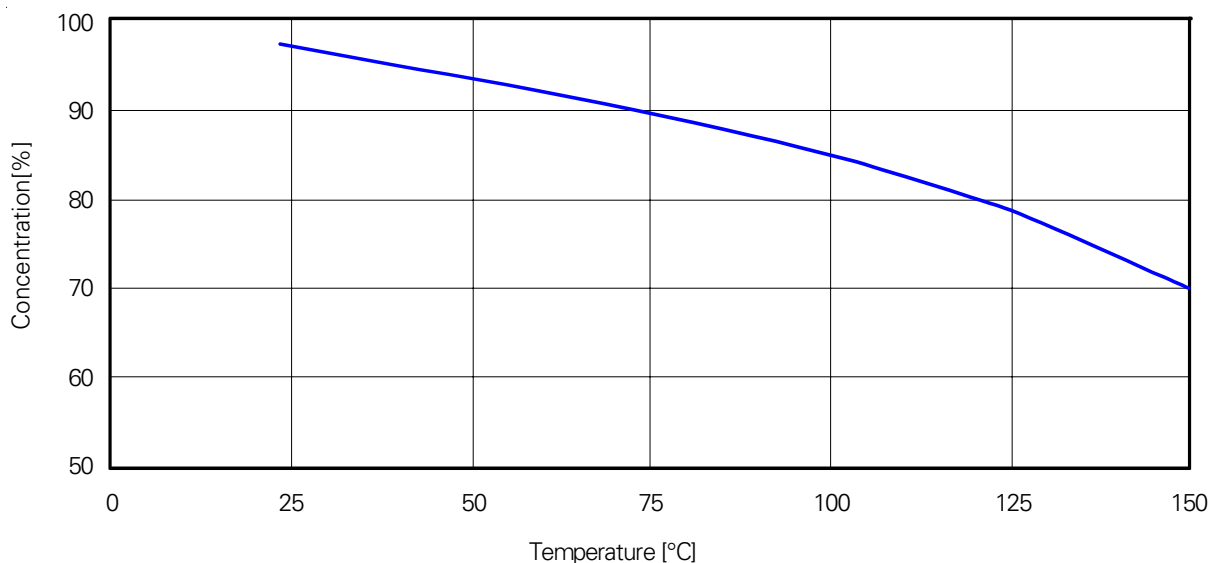
PVDF is exposed to the attack of concentrated sulfuric acid. Through free SO_3 in the sulfuric acid tension crack development (stress cracking) can happen if it is also exposed to a mechanical use. Among high temperatures the concentration of free SO_3 even by strong diluted sulfuric acid solution can lead to tension crack development.

To determine the permissible pressure in presence of sulfuric acid and depending on the temperature we have analysed the behaviour of pipes out of PVDF by different pressures and temperatures in the DECHEMA-bracket.

The following essential parameters should be considered for every case:

- Properties of the finished piece out of PVDF
- Chemical structure and physical state of the joint(s), which come in contact with the fitting out of PVDF.
- Concentration
- Temperature
- Time
- Possible diffusion or solubility

Actual lists of chemical properties are available on www.agru.at



Chemical resistance ECTFE

ECTFE has an outstandingly good chemical resistance and a remarkable barrier-property. It practically won't be attacked from most of the industrial used corrodible chemicals, e.g. strong mineral and oxidized acids, alkaline, metal-etching-products, liquid oxygen and all organic solvents, except hot amines (z.B. aniline, dimethylamine).

The constancy datas for solvents in the following table were tested with undiluted solvents. A chemical attack depends on the concentration, by lower concentration of the listed media is expected a smaller effect as shown in the table.

Like other fluorine plastics ECTFE will be attacked by sodium and potassium. The attack depends on the induction period and the temperature. ECTFE and other fluorinepolymers can swim in contact with special halogenated solvents; this effect has normally no influences on the usability. If the solvent is taken away and the surface is dry, the mechanical properties come back to their origin values, which shows that no chemical attack take place.

Actual lists of chemical properties are available on www.agru.at

Chemical	Temperature [°C]	Weight gain [%]	Influence on tensile modulus	Influence on elongation at break
Mineral acid				
Sulfuric acid 78%	23	< 0,1	U	U
	121	< 0,1	U	U
Hydrochloric acid 37%	23	< 0,1	U	U
	75-105	0,1	U	U
Hydrochloric acid 60%	23	< 0,1	U	U
Chlorosulfonic acid 60%	23	0,1	U	U
Oxidizing acid				
Nitric acid 70%	23	< 0,1	U	U
	121	0,8	A	C
Chromic acid 50%	23	< 0,1	U	U
	111	0,4	U	U
Aqua regia	23	0,1	U	U
	75-105	0,5	U	U
Solvents				
Aliphates	23	0,1	U	U
Hexane	54	1,4	A	U
Isooctane	23	< 0,1	U	U
	116	3,3	A	U
Aromates				
Benzene	23	0,6	U	U
	74	7	C	U
Toluene	23	0,6	U	U
	110	8,5	C	U
Alcoholes				
Methanol	23	0,1	U	U
	60	0,4	A	U
Butanol	23	< 0,1	U	U
	118	2,0	A	U
Classical plastic solvents				
Dimethyl formamide	73	2,0	A	U
	250	7,5	C	U
Dimethyl sulphoxide	73	0,1	U	U
	250	3,0	U	U

U-Insignificant

A-Reduction by 25-50%

B-Reduction by 50-75%

C-Reduction by > 75%

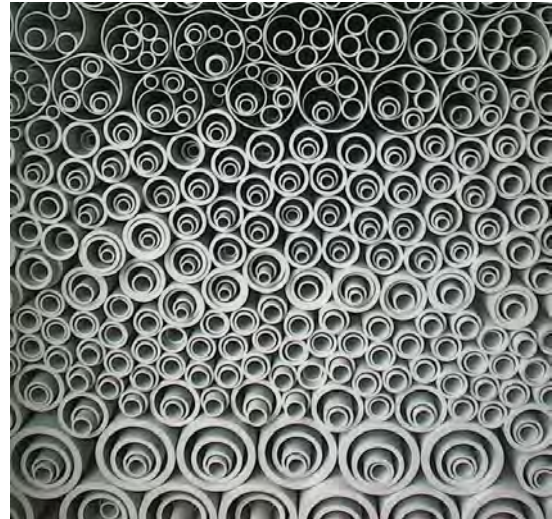
Transport and handling

At the transport and handling of pipes and fittings, the following guidelines have to be observed in order to avoid damages:

Pipes out of PP-H, special materials (PP-R-s-el, PP-H-s, PE-el) and prefabricated components (for example segmented bends) may only be loaded resp. transported with special care at pipe wall temperatures below 0°C.

Impact- and bending stresses at temperatures < 0°C have to be avoided.

Damages of the surface (scratches, marks, ...), as they occur at dragging of pipes, have to be avoided.



Storage

At the storage of pipes and fittings, the below stated regulations have to be observed in order to avoid a quality decrease:

The storage area has to be even and free from waste, such as stones, screws, nails, etc.

At piling of pipes, storage heights of 1 m may not be exceeded. In order to avoid a rolling away of the pipes, wooden wedges have to be situated at the outside pipes. At pipes > OD 630mm, maximum two rows may be stored on top of one another. Pipes > OD 1000mm have to be stored loosely.

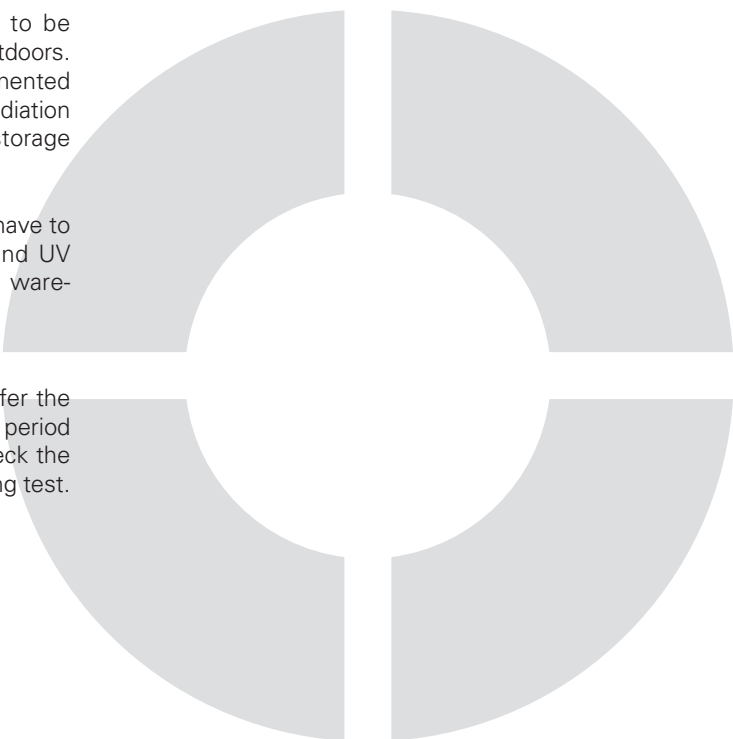
Pipes have to be stored flat and without bending stress, if possible in a wooden frame.

Natural and grey coloured products have to be protected against UV radiation at a storage outdoors. According to the standard EN 12007-2 pigmented (orange, blue) pipes can take a maximum radiation of 3.5 GJ/m² (this equates to an outside storage period of 12 months in central europe).

Pipes and fittings out of PP-R-s-el and PE-el have to be protected at storage against humidity and UV radiation (no outdoor exposure, use of dry warehouses).

Attention!

As the special types PP-R-s-el and PE-el suffer the danger of absorption of humidity at a storage period above 12 months, it is recommended to check the usability of the material by means of a welding test.





General Installation guidelines

Due to the lower stiffness and rigidity as well as the potential length expansions (caused by changes in temperature) of thermoplastics in comparison with metallic materials, the requirements for the fixing of piping elements should be met.

On laying of pipes above ground expansion and contractions of pipes in both radial and axial directions must not be hindered - that means, installation with radial clearance, position of compensation facilities, control of changes in length by reasonable arrangement of fixed points.

Attachments have to be calculated so as to avoid pin-point stresses, that means the bearing areas have to be as wide as possible and adapted to the outside diameter (if possible, the enclosing angle has to be chosen $> 90^\circ$).

The surface qualities of the attachments should help to avoid mechanical damage to the pipe surface.

Valves (in certain cases also tees) should basically be installed on a piping system as fixed points. Valve constructions with the attachment devices being integrated within the valve body are most advantageous.

Fixing by means of pipe clips

Attachments made of steel or of thermoplastics are available for plastics pipes. Steel clips have at any rate to be lined with tapes made of PE or elastomers, as otherwise the surface of the plastics pipe may be damaged. AGRU plastics pipe clips as well as pipe holders are very good suitable for installation. These may be commonly applied and have especially been adjusted to the tolerances of the plastics pipes.

Therefore they serve e. g. as sliding bearing at horizontal installed piping systems in order to take up vertical stresses. A further application range of the AGRU pipe clip is the function as guiding bearing which should hinder a lateral buckling of the piping system as it can also absorb transversal stresses.

It is recommended for smaller pipe diameters ($< \text{da } 63\text{mm}$), to use steel half-round pipes as support of the piping system in order to enlarge the support distances.

Installation temperature

The minimum installation temperature for each welding method has to be considered.

Installation guidelines for electro-conductable materials

The general installation guidelines are valid fundamentally.

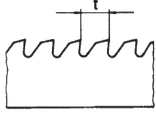
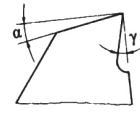
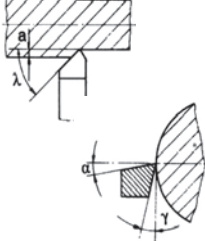
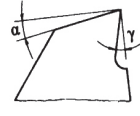
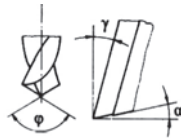
At the installation of earthing clips it has to be taken care that the pipe surface below the clip is abraded. It is therefore absolutely necessary to remove the eventually present oxide film in order to be able to guarantee the necessary surface resistance of $< 10^6 \text{ Ohm}$.

At flange joints, electro-conductable flanges or steel flanges have to be applied.

The end-installed and connected to earth piping system has to be subjected to a final evaluation by competent professional employees regarding the bleeder resistors in any case.



Machining of PP and PE (valid for cutting, turning, milling and drilling)

	Cutting Clearance angle α Rake angle γ Pitch t Cutting speed	[°] [°] [mm] [m/min]	20 - 30 2 - 5 3 - 8 500	Band saws are appropriate for the cutting of pipes, blocks, thick sheets and for round bars
	Cutting Clearance angle α Rake angle γ Pitch t Cutting speed	[°] [°] [mm] [m/min]	20 - 30 6 - 10 3 - 8 2000	Circular saws can be used for the cutting of pipes, blocks and sheets. HM saws have a considerably longer working life
	Turning Clearance angle α Rake angle γ Tool angle λ Cutting speed Feed Cutting depth a	[°] [°] [°] [m/min] [mm/Umdreh.] [mm]	6 - 10 0 - 5 45 - 60 250 - 500 0,1 - 0,5 > 0,5	The peak radius (r) should be at least 0,5mm. High surface quality is obtained by means of a cutting tool with a wide finishing blade. Cut-off: Sharpen turning tool like a knife.
	Milling Clearance angle α Rake angle γ Cutting speed Feed	[°] [°] [m/min] [mm/Umdreh.]	10 - 20 5 - 15 250 - 500 0,5	High surface quality is obtained by means of a milling machine with fewer blade - this increases cutting capacity.
	Drilling Clearance angle α Rake angle γ Centre angle φ Cutting speed Feed	[°] [°] [°] [m/min] [mm/Umdreh.]	5 - 15 10 - 20 60 - 90 50 - 150 0,1 - 0,3	Spiral angles 12 - 15°. For holes with diameters of 40 - 150mm, hollow drills should be used; for holes < 40mm diameter, use a normal SS-twist drill.

Machining of PVDF and ECTFE

The machining of PVDF and ECTFE fittings and pipes can be carried out without any particular problems if the following guidelines are observed:

If necessary, remove remaining stresses of larger surfaces by annealing before processing.

The cutting speed, conveying and cutting geometry should be designed in a way that any subsequent heat can mainly be removed through the shavings (too much pre-heating can lead to melting resp. discolouration of the processed surface).

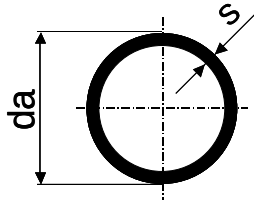
All usual metal and wood processing machines may be applied.

● System of units

Size	Technical system of units	SI - unit (MKS-system) Legal unit	ASTM - unit
Length	m	m 1m = 10dm = 100cm = 1000mm 1000m = 1km	ft 1Meile (naut.) = 1,852km 0,9144m = 1yd = 3ft 25,4mm = 1 inch
Area	m ²	m ² 1m ² = 100dm ² = 10000cm ²	yd ² 0,836m ² = 1yd ² 1yd ² = 9ft ²
Volume	m ³	m ³ 1m ³ = 10 ³ dm ³ = 10 ⁶ cm ³	yd ³ 0,765m ³ = 1yd ³ 1yd ³ = 27ft ³
Force	kp 1N = 0,102kp 1kp = 9,81N	N 1N = 1kgm/s ² = 10 ⁵ dyn	lb 1lb = 4,447N = 32poundals
Pressure	kp/m ² 1N/cm ² = 0,102kp/cm ² 0,1bar = 1mWS 1bar = 750Torr 1bar = 750 mmHg 1bar = 0,99atm	bar 1bar = 10 ⁵ Pa = 0,1N/mm ² 10 ⁶ Pa = 1MPa = 1N/mm ²	psi 1bar = 14,5psi = 14,5lb/sq in
Mechanical stress	kp/mm ² 1N/mm ² = 0,102kp/mm ²	N/mm ²	psi 1N/mm ² = 145,04psi = 145,04lb/sq in
Velocity	m/s	m/s	ft/sec. 1m/s = 3,2808ft/sec.
Density	g/cm ³	g/cm ³	psi 1g/cm ³ = 14,22x10 ⁻³ psi
Volume	m ³	m ³	cu ft 1m ³ = 35,3147 cu ft = 1,3080 cu yd 1cm ³ = 0,061 cu in
Temperature	°C	°C 1°C = 1[°C+273,15]°K	°F °F = 1,8 x °C + 32

SDR - Standard Dimension Ratio

(Diameter - wall thickness relation)



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

Example:
da = 110 mm
s = 10 mm

$$SDR = \frac{da}{s} = \frac{110}{10} = 11$$

SDR ... Standard Dimension Ratio

da ... outside diameter [mm]

s ... wall thickness

S - series

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

Example:
SDR11

$$S = \frac{SDR - 1}{2} = \frac{11 - 1}{2} = 5$$

SDR ... Standard Dimension Ratio

Component operating pressure

$$p_B = \frac{20 \cdot \sigma_v}{(SDR - 1) \cdot C_{\min}}$$

Example:
PE 100, 20°C, 50 years, water (d.h. $\sigma_v=10$)
SDR11
 $C_{\min}=1,25$

$$p_B = \frac{20 \cdot \sigma_v}{(SDR - 1) \cdot C_{\min}} = \frac{20 \cdot 10}{(11 - 1) \cdot 1,25} = 16$$

p_B ... Component operating pressure [bar]

σ_v ... Reference strength [N/mm²]
(see the pressure curve for each material)

SDR ... Standard Dimension Ratio

C_{min} ... Minimum safety factor
(see following table)

Material	Temperature		
	10 to 40°C	40 to 60°C	over 60°C
PE 80	1,25		
PE 100	1,25		
PP-H	1,6	1,4	1,25
PP-R	1,25		
PVDF	1,6		
ECTFE	1,6		

Operating pressure for water-dangerous media

In order to calculate the respective permissible highest operating pressure at the conveying of water-dangerous fluids, the operating pressure as initial value can be looked up for the corresponding parameter in the relevant table for permissible system operating pressures (valid for water). Then, this operating pressure has to be reduced by the relevant reducing coefficients. The total safety coefficient is thereby in all cases 2,0 at a minimum, at impact sensitive modified materials higher (at PE-el 2,4, at PP-s and PP-R-s-el 3,0).

$$p_a = \frac{p_B}{f_{AP} \cdot f_{CR} \cdot A_Z}$$

p_a ...Operating pressure of the relevant application [bar]

p_B ...Component operating pressure, valid for water [bar] (see page 112 to 123)

f_{AP} application factor
is an additional reducing factor which results a total safety coefficient of 2,0 at a minimum by multiplication with the C-factors according to DIN (see following table).

f_{CR} Chemical resistance factor according to DVS

A_Z ...Reducing factor for the specific tenacity

Example:

PE 100, 20°C, 50 years, water (d.h. $\sigma_v=10$)

SDR11

$C_{min}=1,25$

Chemicals: H_2SO_4 (sulfuric acid), Concentration 53%, $f_{CR} = 2,0$ (acc. DVS 2205, part 1)

$$p_B = \frac{20 \cdot \sigma_v}{(SDR - 1) \cdot C_{min}} = \frac{20 \cdot 10}{(11 - 1) \cdot 1,25} = 16$$

$$p_a = \frac{p_B}{f_{AP} \cdot f_{CR} \cdot A_Z} = \frac{16}{1,6 \cdot 2,0 \cdot 1} = 5$$

Reducing factor A_Z for the specific tenacity by low temperatures

Material	Reducing factor	
	-10°C	+20°C
PE 80	1,2	1,0
PE 100	1,2	1,0
PE-el	1,6	1,4
PP-H	1,8	1,3
PP-R	1,5	1,1
PP-s	*)	1,7
PP-R-s-el	*)	1,7
PVDF	1,6	1,4

*) ... Not applicable

Application factors f_{AP} for water-dangerous media

Material	Application factor f_{AP}	C - factor (acc. ISO 12162)	Total safety factor by 20°C ($f_{AP} \times C$)
PE 80	1,6	1,25	2,0
PE 100	1,6	1,25	2,0
PE-el	1,9	1,25	2,4
PP-H	1,25	1,6	2,0
PP-R	1,6	1,25	2,0
PP-R-el	2,4	1,25	3,0
PP-R-s-el	2,4	1,25	3,0
PVDF	1,25	1,6	2,0
ECTFE	1,25	1,6	2,0

● Calculation of the permissible wall thickness $s_{\min}$

In general strength calculations of thermoplastic piping systems are based on long term values. The strength values depending on temperature are given in the pressure curves (see page 112 - 123). After calculation of the theoretical wall thickness the construction wall thickness has to be determined under consideration of the nominal pressure resp. SDR-class. Additional wall thickness have to be considered (e.g. application of PP piping systems outdoor without UV - protection or transport abrasive media).

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

$$\sigma_{zul} = \frac{\sigma_v}{C_{\min}}$$

$s_{\min}$ Minimum wall thickness[mm]

p Operating pressure [bar]

da Pipe outside diameter [mm]

σ_{zul} Reference stress [N/mm²]

σ_v ... Reference stress [N/mm²]

$C_{\min}$...Minimum safety factor (see page 141)

If necessary, the reference stress σ_v and the operating pressure p can also be calculated from this formula.

$$\sigma_{zul} = \frac{p \cdot (da - s_{\min})}{20 \cdot s_{\min}}$$

$$p = \frac{20 \cdot \sigma_{zul} \cdot s_{\min}}{da - s_{\min}}$$

Example:

PE 100, 20°C, 50 years, water (i.e. $s_v=10$)

Operating pressure 16bar

Outside diameter $da=110$ mm

$$\sigma_{zul} = \frac{\sigma_v}{C_{\min}} = \frac{10}{1,25} = 8$$

$$s_{\min} = \frac{p \cdot da}{20 \cdot \sigma_{zul} + p} = \frac{16 \cdot 110}{20 \cdot 8 + 16} = 10$$

$$\sigma_{zul} = \frac{p \cdot (da - s_{\min})}{20 \cdot s_{\min}} = \frac{16 \cdot (110 - 10)}{20 \cdot 10} = 8$$

$$\sigma_v = \sigma_{zul} \cdot c_{\min} = 8 \cdot 1,25 = 10$$



● Load by external pressure (buckling pressure)

In certain cases, piping systems are exposed to external pressure:

- Installation in water or buried below groundwater table
- Systems for vacuum. e.g. suction pipes

$$p_k = \frac{10 \cdot E_c}{4 \cdot (1 - \mu^2)} \cdot \left(\frac{s}{r_m} \right)^3$$

p_k Critical buckling pressure [bar]

E_c Creep modulus (see tables page 124 - 128)
[N/mm²] for t=25a

μ Transversal contraction factor
(for thermoplastics generally 0,38)

s Wall thickness [mm]

r_m Medium pipe radius [mm]

The buckling tension can then be calculated directly:

$$\sigma_k = p_k \cdot \frac{r_m}{s}$$

Example

PP-R pipe SDR33

40°C, 25 years

EC=220N/mm² (creep modulus curve - page 127)

outside diameter da=110

Wall thickness =3,4mm

Additional safety factor 2,0 (Minimum security factor for stability calculation).

$$\begin{aligned} p_k &= \frac{10 \cdot E_c}{4 \cdot (1 - \mu^2)} \left(\frac{s}{r_m} \right)^3 = \\ &= \frac{10 \cdot 220}{4 \cdot (1 - 0,38^2)} \left(\frac{3,4}{53,3} \right)^3 = 0,17 \\ p_k &= \frac{0,17}{2,0} = 0,085 \end{aligned}$$

$$\sigma_k = p_k \cdot \frac{r_m}{s} = 0,085 \cdot \frac{53,3}{3,4} = 1,33$$

AGRUCAD–CADENAS PARTdataManager

The AGRUCAD CD-ROM offers a library of all AGRU products which can be used for many CAD-systems available on the market. 2D- and 3D-models are available in this edition.

This tool can be requested as CD-ROM and downloaded from our homepage www.agru.at and from www.PARTserver.de.

This CD-ROM supports the neutral formats DXF 2D and STEP 3D (depending from the manufacturer). Furthermore 66 different CAD-formats can be downloaded from our online version.



● Calculation of the necessary stiffening for pipes with buckling strain

At higher buckling strains, there is very often applied a stiffening by means of welded-on ribs due to economic reasons in order to enable essentially thinner pipe wall thicknesses.

Basis for this is in slightly amended form the formulas for the buckling pressure calculation of smooth pipes.

It is necessary to know the present critical buckling pressure at this calculation and to choose the desired pipe wall thickness. Consequently, the maximum distance of the stiffening ribs can be calculated by help of the formula.

$$p_k = \frac{10 \cdot E_c}{4 \cdot (1 - \mu^2)} \cdot \left(\frac{s}{r_m} \right)^3 \cdot \left[1 + 50 \cdot \left(\frac{r_m}{L} \right)^2 \right]$$

p_k ...Critical buckling pressure [bar]

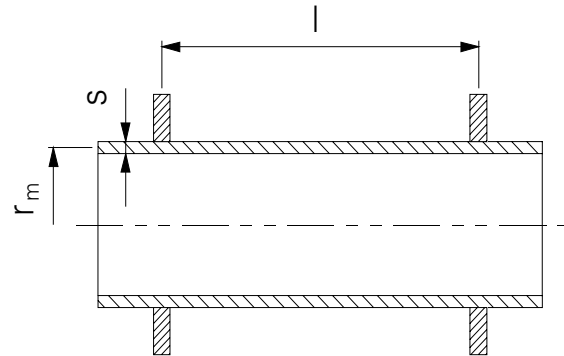
E_c Creep modulus (see tables page 124 - 128)
[N/mm²] for t=25a

μ Transversal contraction factor
(for thermoplastics generally 0,38)

s Wall thickness [mm]

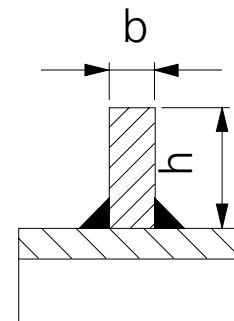
r_m Medium pipe radius [mm]

L Distance of stiffening ribs [mm]



By means of the stiffening rib distance, the required moment of inertia of the welded-on ribs can be determined.

Afterwards the height or width of the stiffening ribs can be calculated (one of these two parameter has to be chosen).



$$J = 3,35 \cdot \frac{r_m^2 \cdot s^3}{L}$$

$$J = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

J Moment of inertia [mm⁴]

r_m Medium pipe radius [mm]

s Wall thickness [mm]

h Height of stiffening rib [mm]

b Width of stiffening rib [mm]

There is naturally the possibility to fix the desired stiffening ribs in their measurements at first and then to calculate the maximum permissible critical buckling pressure for the desired pipe wall thickness and dimension.

Determination of the pipe cross section

Flowing processes are calculated by means of the continuity equation. For fluids with constant volume flow, the equation is:

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

$\dot{V}$ Volume flow [m³/h]

A ...Free pipe cross section [mm²]

v Flow velocity [m/s]

For gases and vapours, the material flow remains constant. There, the following equation results:

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

$\dot{m}$ Material flow [kg/h]

ρ Density of the medium depending on pressure and temperature [kg/m³]

If in these equations the constant values are summarized, the formulas used in practice for the calculation of the required pipe cross section result there of:

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

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

d_i Inside diameter of pipe [mm]

Q' Conveyed quantity [m³/h]

Q'' Conveyed quantity [l/s]

v Flow velocity [m/s]

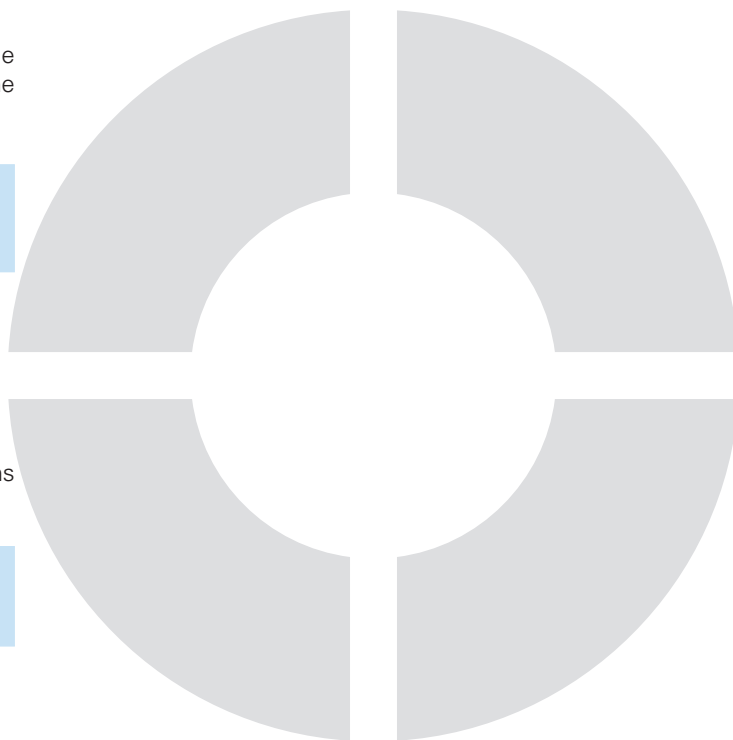
Reference values for the calculation of flow velocities for fluids:

$v \sim 0,5 \div 1,0$ m/s (suction side)

$v \sim 1,0 \div 3,0$ m/s (pressure side)

Reference values for the calculation of flow velocities may be for gases

$v \sim 10 \div 30$ m/s



Determination of the hydraulic pressure losses

Flowing media in pipes cause pressure losses and consequently energy losses within the conveying system.

Important factors for the extent of the losses:

- Length of the piping system
- Pipe cross section
- Roughness of the pipe surface
- Geometry of fittings, mountings and finished joints or couplings
- Viscosity and density of the flowing medium

Calculation of the several pressure losses

Pressure loss in straight pipes Δp_R

The pressure loss in an straight pipe length is reversed proportional to the pipe cross section.

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

- λ ...Pipe frictional index
(in most cases 0,02 is sufficient)
- L ...Length of piping system[m]
- d_i ...Inside diameter of pipe [mm]
- ρ ...Medium density [kg/m³]
- v ...Flow velocity [m/s]

Pressure loss in fittings Δp_{RF}

There appear considerable losses regarding friction, reversion and detachment.

The for the calculation necessary resistance coefficients can be seen in the DVS 2210, table 9 (extract see page 148) or special technical literature.

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

- ζ ...Resistance coefficient for fittings [-]
- ρ ...Density of medium [kg/m³]
- v ...Flow velocity[m/s]

The whole pressure loss Δp_{ges} results from the sum of the following individual losses:

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

Pressure loss in mountings Δp_{RA}

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

- ζ ...Resistance coefficient for mountings [-]
- ρ ...Density of medium [kg/m³]
- v ...Flow velocity [m/s]

The for the calculation necessary resistance coefficients can be seen in DVS 2210, table 10 (extract see page 149) or special technical literature.

Pressure loss of finished joints or couplings Δp_{RV}

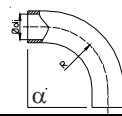
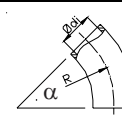
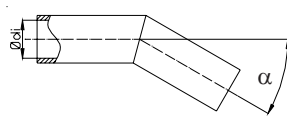
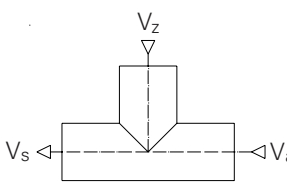
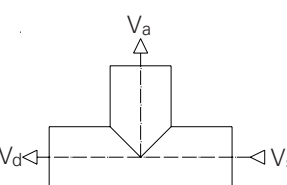
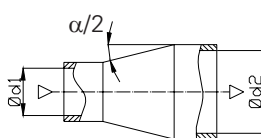
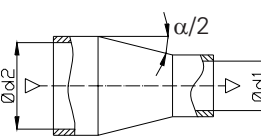
It is impossible to give exact information, because types and qualities of joints (welding joints, unions, flange joints) vary.

It is recommended to calculate a resistance coefficient $\zeta_{RV} = 0,1$ for each joints in a thermoplastic piping system, such as butt and socket welding as well as flanges.

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

Determination of the hydraulic pressure losses

Hydraulic resistance coefficients of fittings
(acc. DVS 2210, table 9)

Kind of Fitting	Parameter	Resistance coefficient ζ		Fitting geometry $\Delta \nabla$ = Flow direction	
bend $\alpha=90^\circ$	$R = 1,0 \times d_a$ $= 1,5 \times d_a$ $= 2,0 \times d_a$ $= 4,0 \times d_a$	0,51 0,41 0,34 0,23			
bend $\alpha=45^\circ$	$R = 1,0 \times d_a$ $= 1,5 \times d_a$ $= 2,0 \times d_a$ $= 4,0 \times d_a$	0,34 0,27 0,20 0,15			
elbow	$\alpha=45^\circ$ 30° 20° 15° 10°	0,30 0,14 0,05 0,05 0,04			
tee 90° (flow collection)		ζ_z	ζ_s		
	$V_z/V_s=0,0$	-1,20	0,06		
	0,2	-0,4	0,20		
	0,4	0,10	0,30		
	0,6	0,50	0,40		
	0,8	0,70	0,50		
	1	0,90	0,60		
tee 90° (flow separation)		ζ_a	ζ_d		
	$V_a/V_s=0,0$	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		
reducers concentric (pipe extension)	Angle α	4 ... 8°	16°	24°	
	$d_2/d_1=1,2$	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	
reducers concentric (pipe throat)	Angle α	4°	8°	20°	
	$d_2/d_1=1,2$	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	

positive ζ -values: pressure drop
negative ζ -values: pressure increase

V_a : outgoing volume flow

V_d : continuous volume flow

V_s : total volume flow

V_z : additional volume flow

Determination of the hydraulic pressure losses

Hydraulic resistance coefficients of mountings
(acc. DVS 2210, table 10)

Nominal width Ø	MV	GSV	SSV	S	KH	K	RV	RK
Resistance coefficient (ζ)								
25	4,0	2,1	3,0				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	0,1 ... 0,3	0,1 ... 0,15	0,3 ... 0,6	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

Annotation: The hydraulic resistance coefficients mentioned are reference values and are suitable for rough calculation of pressure loss. For material-related calculations use the values of the particular manufacturer.

Criteria for choice of gate valves
(acc. DVS 2210, table 11)

Selection criteria	MV/GSV/SSV	S	KH	K	RV	RK
Assessment						
Flow resistance	big	low	low	moderate	big	moderate
Aperture- and Closing time	medium	long	short	short	short	
Operation moment	low	low	big	moderate		
Wear	moderate	low	low	moderate	moderate	
Flow regulation	suitable	less suitable				
Face-to-face length acc. row F	medium	big	big	big	mittel	big
Face-to-face length acc. row K			low	low		low

Row F=Flange construction acc. DIN 3202-1

Row K=Connection flange construction acc.
DIN 3202-3

no criteria

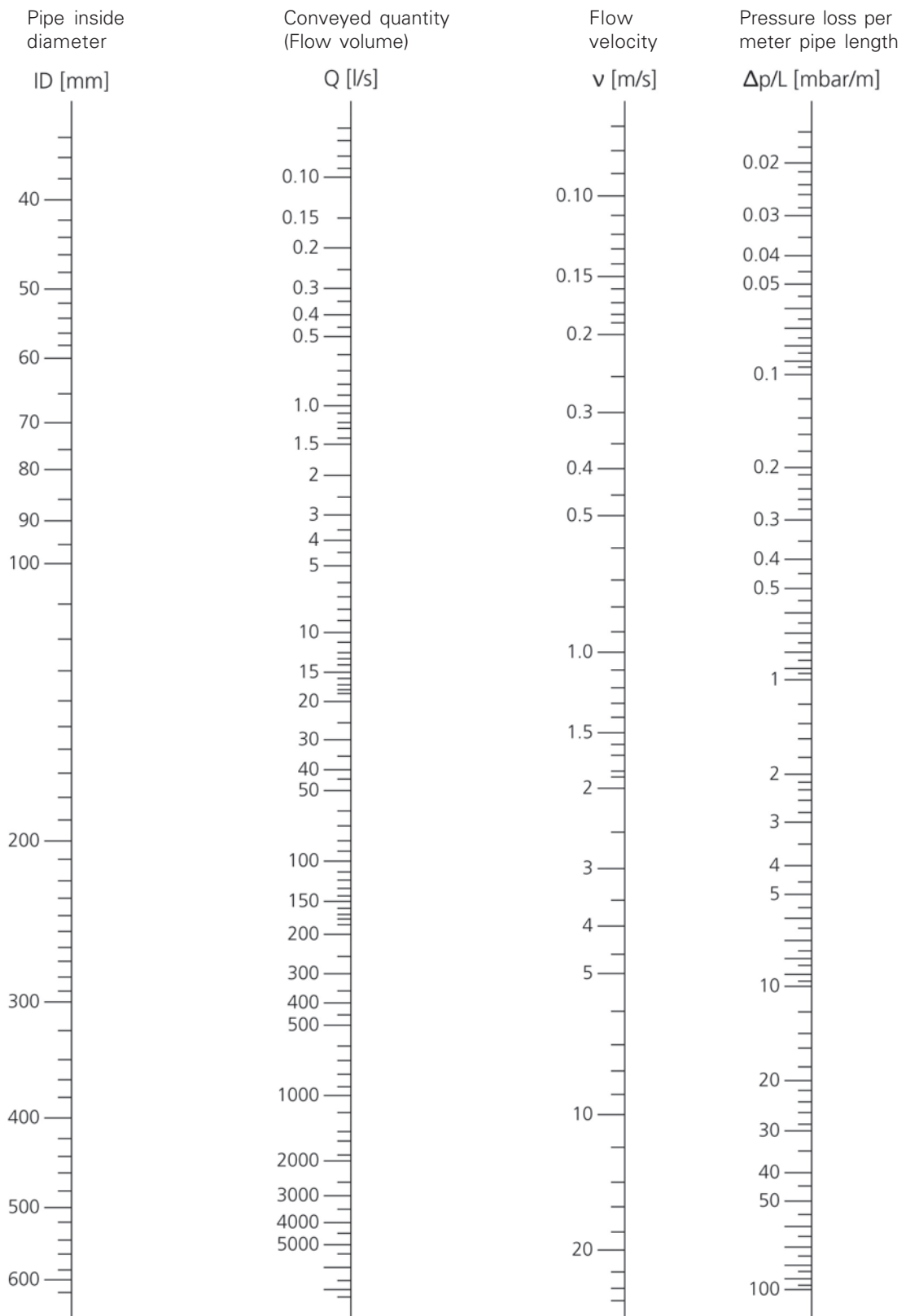
Legend for tables above:

MV diaphragm valve
SSV angle seat valve
GSV straight valve
S gate valve
KH ball valve
K butterfly valve
RV check valve
RK swing type check valve



Flow nomogramm

For rough determination of flow velocity, pressure loss and conveying quantity serves the following flow nomogram. At an average flow velocity up to 20m of pipe length are added for each tee, reducer and 90° elbow, about 10m of pipe for each bend $r = d$ and about 5m of pipe length for each bend $r = 1,5 \times d$.



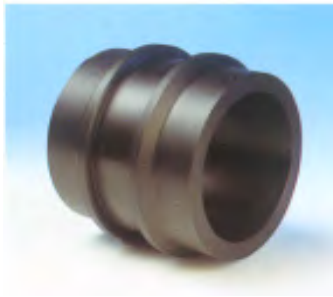
Dog bone load

Dog bones should prevent a sliding or moving of the piping system in each direction. They serve furthermore for compensation of the reaction forces of compensators such as sliding sockets and push-fit fittings. The dog bone has to be dimensioned for all appearing forces:

- Force by hindered thermal length expansion
- Weight of vertical piping systems
- Specific weight of the flow medium
- Operating pressure
- Inherent resistance of the compensators

Dog bones which have not been determined should be chosen in a way so as to make use of direction alterations in the course of the piping system for the absorption of the length alterations. As dog bones, edges of fittings sockets or special dog bone fittings are suitable.

Swinging clips are not appropriate to be used as dog bones or the clamping of the pipes.



Rigid system

If the length alteration of a piping system is hindered, a fixed system is developed.

The rigid or fixed piping length has no compensation elements and has to be considered concerning the dimensioning as special application.

The following system sizes have to be determined therefore by calculation:

- Dog bone load
- Permissible guiding element distance under consideration of the critical buckling length
- Appearing tensile and pressure stresses

Dog bone load at fixed systems

The largest dog bone load appears at the straight, fixed piping. It is in general kind:

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

F_{FP} ...Dog bone force [N]

A_R ...Pipe wall ring area [mm²]

E_C ...Creep modulus [N/mm²] for t=100min

ε ...Prevented length expansion by heat expansion, internal pressure and swelling [-]

Under consideration of the possible loads, ε has to be determined as follows:

Load by heat expansion

$$\varepsilon = \alpha \cdot \Delta T$$

α ...Linear heat expansion coefficient [1/°K]

ΔT ...Max. temperature difference [°K]

Load by internal pressure

$$\varepsilon = \frac{0,1 \cdot p \cdot (1 - 2\mu)}{E_C \cdot \left(\frac{da^2}{di^2} - 1 \right)}$$

p ...Operating pressure [bar]

μ ...Transversal contraction coefficient [-]

E_C ...Creep modulus [N/mm²] for t=100min

da ...Pipe outside diameter [mm]

di ...Pipe inside diameter [mm]

Load by swelling

$$\varepsilon = 0,025 \dots 0,040$$

A fixed system is not recommended for this load in general as due to the swelling, also a weakening of the material occurs (use of compensation elbows!).

Calculation of support distances for pipes

The support distances from the thermoplastic piping systems should be determined under consideration of the licensed bending stress and the limited deflection of the pipe line. On calculating of the support distances, a maximum deflection of $L_A/500$ to $L_A/750$ has been taken as basis. Under consideration of the previous deflection of a pipe line between the centers of tire impact results a permissible support distance of the pipe system.

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

L_A ...Permissible support distance [mm]

f_{LA} ...Factor for the deflection (0,80 ... 0,92) [-]

E_c ...Creep modulus for $t=25a$ [N/mm²]

J_R ...Pipe inactivity moment [mm⁴]

q ... Line load out of Pipe-, filling- and additional weight [N/mm]

Usual Support distances can be taken from the following tables.

PE 80, SDR11 (acc. DVS 2210, Tab.13)

da [mm]	Support distance L_A in [mm] at				
	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C
16	500	450	450	400	350
20	575	550	500	450	400
25	650	600	550	550	500
32	750	750	650	650	550
40	900	850	750	750	650
50	1050	1000	900	850	750
63	1200	1150	1050	1000	900
75	1350	1300	1200	1100	1000
90	1500	1450	1350	1250	1150
110	1650	1600	1500	1450	1300
125	1750	1700	1600	1550	1400
140	1900	1850	1750	1650	1500
160	2050	1950	1850	1750	1600
180	2150	2050	1950	1850	1750
200	2300	2200	2100	2000	1900
225	2450	2350	2250	2150	2050
250	2600	2500	2400	2300	2100
280	2750	2650	2550	2400	2200
315	2900	2800	2700	2550	2350
355	3100	3000	2900	2750	2550
400	3300	3150	3050	2900	2700
450	3550	3400	3300	3100	2900
500	3800	3650	3500	3350	3100
560	4100	3950	3800	3600	3350
630	4450	4250	4100	3900	3650

Remark: The factor f_{LA} is determined depending on the pipe outside diameter. There is the following relation valid:

$$\min \leftarrow da \rightarrow \max$$

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

PE 100 SDR11

OD [mm]	Support distance [mm]				
	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C
20	633	605	550	495	440
25	715	660	605	605	550
32	825	825	715	715	605
40	990	935	825	825	715
50	1155	1100	990	935	825
63	1320	1265	1155	1100	990
75	1485	1430	1320	1210	1100
90	1650	1595	1485	1375	1265
110	1815	1760	1650	1595	1430
125	1925	1870	1760	1705	1540
140	2090	2035	1925	1815	1650
160	2255	2145	2035	1925	1760
180	2365	2255	2145	2035	1925
200	2530	2420	2310	2200	2090
225	2695	2585	2475	2365	2255
250	2860	2750	2640	2530	2310
280	3025	2915	2805	2640	2420
315	3190	3080	2970	2805	2585
355	3410	3300	3190	3025	2805
400	3630	3465	3355	3190	2970
450	3756	3586	3464	3304	3080
500	3980	3800	3670	3501	3264
560	4229	4038	3900	3720	3468
630	4526	4321	4174	3982	3712

PP-H, SDR11 (acc. DVS 2210, Tab.14)

da [mm]	Support distance L _A in [mm] at						
	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C
16	650	625	600	575	550	525	500
20	700	675	650	625	600	575	550
25	800	775	750	725	700	675	650
32	950	925	900	875	850	800	750
40	1100	1075	1050	1000	950	925	875
50	1250	1225	1200	1150	1100	1050	1000
63	1450	1425	1400	1350	1300	1250	1200
75	1550	1500	1450	1400	1350	1300	1250
90	1650	1600	1550	1500	1450	1400	1350
110	1850	1800	1750	1700	1600	1500	1400
125	2000	1950	1900	1800	1700	1600	1500
140	2100	2050	2000	1900	1800	1700	1600
160	2250	2200	2100	2000	1900	1800	1700
180	2350	2300	2200	2100	2000	1900	1800
200	2500	2400	2300	2200	2100	2000	1900
225	2650	2550	2450	2350	2250	2150	2000
250	2800	2700	2600	2500	2400	2300	2150
280	2950	2850	2750	2650	2550	2450	2300
315	3150	3050	2950	2850	2700	2600	2450
355	3350	3250	3150	3000	2850	2750	2600
400	3550	3450	3350	3200	3050	2900	2750
450	3800	3700	3600	3450	3300	3100	2950
500	4100	4000	3850	3700	3500	3350	3150
560	4400	4300	4150	4000	3800	3600	3400
630	4800	4650	4500	4300	4100	3900	3700

Calculation of Support distances for pipes

PVDF Ø 16-50 SDR21, Ø 63-400 SDR33
(acc. DVS 2210, Tab.17)

da [mm]	Support distance L _A in [mm] at								
	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C	100°C	120°C
16	725	700	650	600	575	550	500	450	400
20	850	800	750	750	700	650	600	500	450
25	950	900	850	800	750	700	675	600	500
32	1100	1050	1000	950	900	850	800	700	600
40	1200	1150	1100	1050	1000	950	900	750	650
50	1400	1350	1300	1200	1150	1100	1000	900	750
63	1400	1350	1300	1250	1200	1150	1100	950	800
75	1500	1450	1400	1350	1300	1250	1200	1050	850
90	1600	1550	1500	1450	1400	1350	1300	1100	950
110	1800	1750	1700	1650	1550	1500	1450	1250	1100
125	1900	1850	1800	1700	1650	1600	1500	1350	1200
140	2000	1950	1900	1800	1750	1700	1600	1450	1250
160	2150	2100	2050	1950	1850	1800	1700	1550	1350
180	2300	2200	2150	2050	1950	1900	1800	1600	1400
200	2400	2350	2250	2150	2100	2000	1900	1700	1500
225	2550	2500	2400	2300	2200	2100	2000	1800	1600
250	2650	2600	2500	2400	2300	2200	2100	1900	1700
280	2850	2750	2650	2550	2450	2350	2250	2000	1800
315	3000	2950	2850	2750	2600	2500	2400	2150	1900
355	3200	3100	3000	2850	2750	2650	2500	2250	2000
400	3400	3300	3200	3050	2950	2800	2650	2400	2100

ECTFE Ø 20-160
(acc. DVS 2210, Tab.17)

da [mm]	S [mm]	SDR	Support distance L _A in [mm] at									
			20°C	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C	90°C	100°C	120°C
20	1,9	21	590	570	550	530	510	480	460	440	430	380
25	1,9	21	660	640	620	590	570	540	520	490	480	430
32	2,4	21	780	750	720	690	660	630	610	580	560	500
50	3	21	1000	960	930	890	850	810	780	750	720	640
63	3	21	1100	1060	1030	990	940	900	860	820	790	710
90	4,3	21	1400	1350	1300	1250	120	1140	1090	1050	1010	900
90	2,8	33	1250	1210	1170	1120	1070	1020	980	940	900	810
110	5,3	21	1610	1550	1490	1440	1370	1310	1250	1200	1160	1040
110	3	Liner	1380	1330	1290	1240	1180	1120	1080	1030	990	890
160	3	Liner	1590	1530	1480	1420	1360	1290	1240	1190	1150	1030

- Conversion factors for support distances
(acc. DVS 2210, table 18)

For other SDR-rows, materials and fluids, the in the table stated conversion factors can be brought in.
(new support distance $L = L_A \times f_1 \times f_2$)

L_A = Permissible support distance according tables
Page 152-153

Material	SDR-series	Wall thickness	Fluid			
			Gases	Water	others	
			Density [g/cm³]			
			< 0,01	1,00	1,25	1,50
Conversion factor		f ₂	f ₁			
PE-80	33	0,75	1,65	1,0 0,96 0,92		
	17,6/17	0,91	1,47			
	11	1,00	1,30			
	7,4	1,07	1,21			
PP-H	33	0,75	1,65	1,0 0,96 0,92		
	17,6/17	0,91	1,47			
	11	1,00	1,30			
	7,4	1,07	1,21			
PP-R	33	0,55	1,65	1,0 0,96 0,92		
	17,6/17	0,70	1,47			
	11	0,75	1,30			
	7,4	0,80	1,21			
PVDF	33	1,00	1,48	1,0 0,96 0,92		
	21	1,08	1,36			
ECTFE	Liner SDR 21		1,75	1,0	0,93	0,82
			1,26			

Calculation of the Support distance at fixed piping systems

If piping systems are installed this way, that an axial movement is not possible, the critical buckling length has been noticed for the security. The calculated distance must provide a safety factor of 2,0 minimum.

Is the necessary support distance L_F smaller than the calculated support distance L_A , then L_A must be reduced to L_F .

If fixed piping systems are operating at raised temperatures, the calculated support distance L_A has to be reduced by 20 %. The raised operating temperatures are summarized in the table below.

Material	PE	PP	PVDF
Temperature	>45°C	>60°C	>100°C

L_F is calculated as follows for a minimum safety of 2,0:

$$erfL_F = 3,17 \cdot \sqrt{\frac{J_R}{\varepsilon \cdot A_R}} \geq L_A$$

L_F ... Required support distance [mm]

J_R ...Moment of inertia [mm⁴]

A_R ...Pipe wall ring area [mm²]

ε ...Prevented heat expansion S. 49

An simplified determining of the support distances is possible by the help of the following table.

da [mm]	Simplified support distance L_F [mm] depending on the hindered length expansion ε [-]									
	0,001	0,002	0,004	0,006	0,008	0,01	0,012	0,015	0,02	
16	505	355	250	205	175	160	145	130	110	
20	645	455	320	260	225	200	185	165	140	
25	805	570	400	330	285	255	230	205	180	
32	1030	730	515	420	365	325	295	265	230	
40	1290	910	645	525	455	405	370	330	285	
50	1615	1140	805	660	570	510	465	415	360	
63	2035	1440	1015	830	720	640	585	525	455	
75	2425	1715	1210	990	855	765	700	625	540	
90	2910	2060	1455	1185	1030	920	840	750	650	
110	3560	2515	1780	1450	1255	1125	1025	915	795	
125	4045	2860	2020	1650	1430	1275	1165	1040	900	
140	4530	3200	2265	1845	1600	1430	1305	1165	1010	
160	5175	3660	2585	2110	1830	1635	1495	1335	1155	
180	5825	4120	2910	2375	2060	1840	1680	1500	1300	
200	6475	4575	3235	2640	2285	2045	1865	1670	1445	
225	7280	5150	3640	2970	2575	2300	2100	1880	1625	
250	8090	5720	4045	3300	2860	2555	2335	2085	1805	
280	9065	6405	4530	3700	3200	2865	2615	2340	2025	
315	10195	7210	5095	4160	3605	3220	2940	2630	2280	
355	11495	8125	5745	4690	4060	3635	3315	2965	2570	
400	12950	9155	6475	5285	4575	4095	3735	3340	2895	

Calculation of the change in length

Changes in length of a plastic piping systems are caused by changes in the operating or test process. There are the following differences:

- Change in length by temperature change
- Change in length by internal pressure load
- Change in length by chemical influence

Change in length by temperature change

If the piping system is exposed to different temperatures (operating temperature or ambient temperature) the situation will change corresponding to the moving possibilities of each pipe line. A pipe line is the distance between two dog bones.

For the calculation of the change in length use the following formula:

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

ΔL_T	....	Change in length due to temperature change [mm]
α	....	Linear expansion coefficient [mm/m·°K]
L	....	Pipe length [m]
ΔT	....	Difference in temperature [°K]

The lowest and highest pipe wall temperature T_R by installation, operation or standstill of the system is basis at the determination of ΔT .

α -average value	mm/(m.K)	1/K
PE	0,18	$1,8 \times 10^{-4}$
PP	0,16	$1,6 \times 10^{-4}$
PVDF	0,13	$1,3 \times 10^{-4}$
ECTFE	0,08	$0,8 \times 10^{-4}$

Change in length by internal pressure load

The by internal pressure caused length expansion of a closed and frictionless layed piping system is:

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

ΔL_p	...	Change in length by internal pressure load [mm]
L	...	Length of piping system [mm]
p	...	Operating pressure [bar]
μ	...	Transversal contraction coefficient [-]
E_c	...	Creep modulus [N/mm ²] for t = 100min
da	...	Pipe outside diameter [mm]
di	...	Pipe inside diameter [mm]

Change in length by chemical influence

It may come to a change in length (swelling) of thermoplastic piping system as well as also to an increase of the pipe diameter under influence of certain fluids (e. g. solvents). At the same time, it comes to a reduction of the mechanical strength properties. To ensure a undisturbed operation of piping systems out of thermoplastics conveying solvents, it is recommended to take a swelling factor of

$$f_{Ch} = 0,025 \dots 0,040 \text{ [mm/mm]}$$

into consideration at the design of the piping system.

The expected change in length of a pipe line under the influence of solvents can be calculated as follows:

$$\Delta L_{Ch} = f_{Ch} \cdot L$$

ΔL_{Ch}	...	Change in length by swelling [mm]
L	.....	Length of piping system [mm]
f_{Ch}	.....	Swelling factor [-]

Remark: For practically orientated calculations of piping systems conveying solvents out of thermoplastic plastics the f_{Ch} -factro has to be determined by specific tests.

Calculation of the minimum straight length

Changes in length are caused by changes in operating or ambient temperatures. On installation of piping systems above ground, attention must be paid to the fact that the axial movements are sufficiently compensated.

In most cases, changes in direction in the run of the piping may be used for the absorption of the changes in length with the help of the minimum straight lengths. Otherwise, compensation loops have to be applied.

The minimum straight length is expressed by:

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

L_s Minimum straight length [mm]

ΔL Change in length [mm]

da Pipe outside diameter [mm]

k Material specific proportionality factor

Average values: PP 30, PE 26, PVDF 20
(exact values see table)

If this cannot be realised, use compensators of possibly low internal resistance. Depending on the construction, they may be applied as axial, lateral or angular compensators.

Between two dog bones, a compensator has to be installed. Take care of appropriate guiding of the piping at loose points whereby the resulting reaction forces should be taken into account.

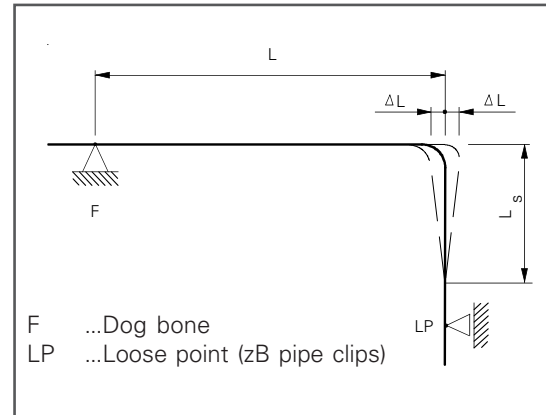
Material specific proportionality factors k

	0°C	10°C	30°C	40°C	60°C
at change in temperature					
PE	16	17	23	28	-
PP	23	25	29	31	40
one-time change in temperature					
PE	12	12	16	17	-
PP	18	18	20	20	24

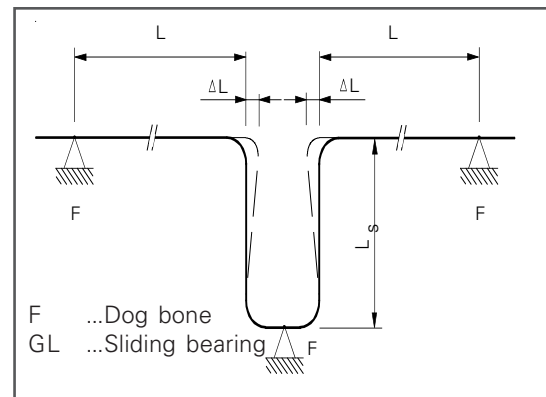
Note: An installation temperature of 20°C is basis at the calculation of the k-values. At low temperatures, the impact strength of the material has to be taken into account.

The k-values can be reduced by 30% for pressureless pipes (e.g. ventilation).

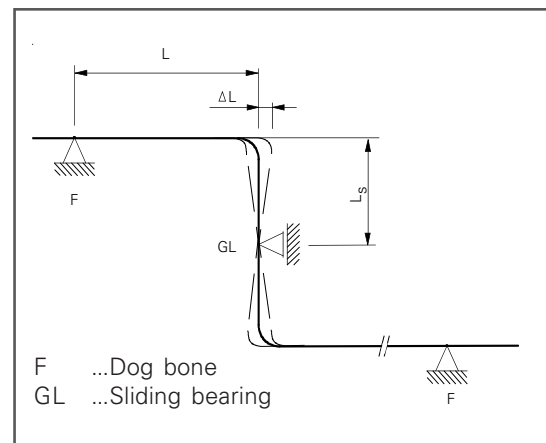
Principle drawing L-compensation elbow



Principle drawing U-compensation elbow



Principle drawing Z-compensation elbow



● Calculation of straight lengths

Straight lengths in [mm] for pipes out of polypropylene and polyethylene ¹⁾ depending on the change in length ΔL :

da [mm]	Change in length ΔL [mm]								
	50	100	150	200	250	300	350	400	500
16	849	1200	1470	1697	1897	2078	2245	2400	2683
20	949	1342	1643	1897	2121	2324	2510	2683	3000
25	1061	1500	1837	2121	2372	2598	2806	3000	3354
32	1200	1697	2078	2400	2683	2939	3175	3394	3795
40	1342	1897	2324	2683	3000	3286	3550	3795	4243
50	1500	2121	2598	3000	3354	3674	3969	4243	4743
63	1684	2381	2916	3367	3765	4124	4455	4762	5324
75	1837	2598	3182	3674	4108	4500	4861	5196	5809
90	2012	2846	3486	4025	4500	4930	5324	5692	6364
110	2225	3146	3854	4450	4975	5450	5886	6293	7036
125	2372	3354	4108	4743	5303	5809	6275	6708	7500
140	2510	3550	4347	5020	5612	6148	6641	7099	7937
160	2683	3795	4648	5367	6000	6573	7099	7589	8485
180	2846	4025	4930	5692	6364	6971	7530	8050	9000
200	3000	4243	5196	6000	6708	7348	7937	8485	9487
225	3182	4500	5511	6364	7115	7794	8419	9000	10062
250	3354	4743	5809	6708	7500	8216	8874	9487	10607
280	3550	5020	6148	7099	7937	8695	9391	10040	11225
315	3765	5324	6521	7530	8419	9222	9961	10649	11906
355	3997	5652	6923	7994	8937	9790	10575	11305	12639
400	4243	6000	7348	8485	9487	10392	11225	12000	13416
450	4500	6364	7794	9000	10062	11023	11906	12728	14230
500	4743	6708	8216	9487	10607	11619	12550	13416	15000
560	5020	7099	8695	10040	11225	12296	13282	14199	15875
630	5324	7530	9222	10649	11906	13042	14087	15060	16837

Due to the low material specific proportional action factor k of PE-HD ($k = 26$) in comparison to PP ($k = 30$), the in the table contained minimum straight lengths can be reduced by 13 %.

The minimum straight length for PE is therefore calculated as follows:

$$L_{s(PEHD)} = 0,87 \cdot L_{s(PP)}$$

Calculation of buried piping systems

A stress and deformation proof according to ATV, instruction sheet A 127, has to be furnished for buried piping systems (e. g. drainage channels). But there can also serve other basis for calculation, such as OEVGW (guideline G 52) or results of research projects.

There is a software program for the surcharge calculation according to ATV 127 at disposal in our technical engineering department in order to furnish the demanded proof.

Please fill in the following questionnaire as completely as possible. We will promptly prepare a corresponding statics after receipt of the questionnaire.

1. Generally	Project: Site: Principal:																																						
2. Details for pipe	Pipe material: Pipe inside diameter: [mm] Pipe outside diameter: [mm] Wall thickness: [mm] Nominal width: [mm]																																						
3. Soil	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th><th>Zone</th><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Group</td><td>G (1,2,3,4)</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>Kind of soil</td><td>(gravel, sand, clay, loam)</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>Specific gravity</td><td>[kN/m³]</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>Proctor density</td><td>[%]</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>E-Modulus of the soil E_B</td><td>[N/mm²]</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>				Zone	1	2	3	4	Group	G (1,2,3,4)					Kind of soil	(gravel, sand, clay, loam)					Specific gravity	[kN/m ³]					Proctor density	[%]					E-Modulus of the soil E _B	[N/mm ²]				
	Zone	1	2	3	4																																		
Group	G (1,2,3,4)																																						
Kind of soil	(gravel, sand, clay, loam)																																						
Specific gravity	[kN/m ³]																																						
Proctor density	[%]																																						
E-Modulus of the soil E _B	[N/mm ²]																																						
4. Installation	Dam ☐ Trench ☐ Gravel surcharge above pipe summit (min. 2x d _a) h = [m] Width of trench b = [m] Gradient of slope β = [°]																																						
5. Surcharge	Soil ☐ Waste ☐ Traffic load without ☐ Surcharge height h = [m] LKW12 ☐ Specific gravity γ _B = [kN/m ³] SLW30 ☐ Weight on surface F = [kN/m ²] SLW60 ☐																																						
6. Operating conditions of the pipe	Unpressurized discharge piping system Pressurized piping system Operating temperature T = [°C] Operating temperature T = [°C] Entry cross section at drainage systems A _E = [%] Operating pressure p = [bar]																																						

Calculation of buried piping systems

Comments to some points of the questionnaire

1. Generally:

These general statements are only necessary to enable an easy assignment of the different projects.

2. Details for pipe:

The most important statement is the determining of the pipe material (polyethylene or polypropylene), as normally the pipe dimensions are given.

3. Soil / 4. Installation:

There are four different groups of soil

Group	Specific gravity γ_B [kN/m ³]	Angle of internal friction ϕ'	Deformation modulus E_B in [N/mm ²] at degree of compaction D_{Pr} in %					
			D_{Pr}					
			85	90	92	95	97	100
G1	20	35	2,0	6	9	16	23	40
G2	20	30	1,2	3	4	8	11	20
G3	20	25	0,8	2	3	5	8	13
G4	20	20	0,6	1,5	2	4	6	10

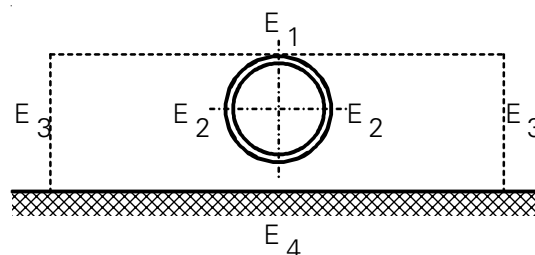
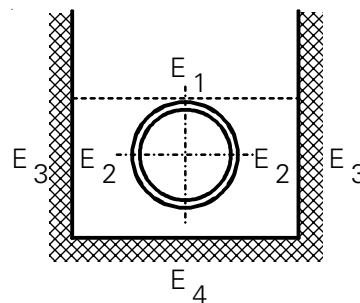
The at the calculation applied deformation modulus of the soil has to be distinguished by the following zones:

- E_1 Surcharge above pipe summit
- E_2 Conduit zone at the side of the pipe
- E_3 Adjoining soil beside the conduit zone
- E_4 Soil below the pipe (site soil)

5. Surcharge: The surcharge height is at the trench embedding condition the installation depth of the pipe (referring to the pipe summit) and at the dam embedding condition the waste surcharge.

6. Operating conditions of the pipe: You only have to fill in the corresponding operating parameter for each application.

Dam embedding condition



General standard

The quality of the welded joints depends on the qualification of the welder, the suitability of the machines and appliances as well as the compliance of the welding guidelines. The welding joint can be checked through non destructive and / or destructive methods.

The welding process should be supervised. Method and size of the supervision must be agreed from the parties. It is recommended to document the method datas in welding protocols or on data medium.

Each welder must be qualified and must have a valid proof of qualification. The intended field of application can be determined for a type of qualification. For the heating element butt welding from sheets as well as for the industrial piping system construction DVS 2212 part 1 valids. For pipes >225mm outside diameter is an additional proof of qualification is necessary.

The used machines and appliances must correspond to the standards of the DVS 2208 part 1. For the welding of plastics in the workshop the standards of the instructions from the DVS 1905 part 1 and part 2 are valid.

Measures before the welding operation

The welding area has to be protected from unfavourable weather conditions (e. g. moisture, wind, intensive UV-radiation, temperatures below +5°C). If appropriate measures (e. g. preheating, tent-covering, heating) secure that the required pipe wall temperature will be maintained, welding operations may be performed at any outside temperatures, provided, that it does not interfere with the welder's manual skill.

If necessary, the weldability has to be proved by performing sample welding seams under the given conditions.

If the pipe should be disproportionately warmed up as a consequence of intensive UV-radiation, it is necessary to take care for the equalization of temperature by covering the welding area in good time. A cooling during the welding process through draft should be avoided. In addition the pipe ends should be closed during the welding process.

PE- and PP-pipes from coils are oval immediately after the rolling action. Before welding the pipe ends have to be adjusted for example by heating with a hot-air blower and usage of a suitable cut pressure or round pressure installation.

The joining areas of the parts to be welded must not be damaged or contaminated. Immediately before starting the welding process, the joining areas have to be cleaned and must be free from e.g. dirt, oil, shavings.

On applying any of these methods, keep the welding area clear of flexural stresses (e. g. careful storage, use of dollies).

The described AGRU welding instructions apply to the welding of semi-finished products, pipes and fittings out of the in the table contained thermoplastics.

With AGRU semi-finished products, the MFR value, of which does not fall into the here stated values, it is necessary to test the weldability by performing welding tests.

Material designation	Weldability
Polyethylene PE 80, PE 100	MFR (190/5) = 0,3 - 1,7 [g/10min]
Polypropylene PP-H, PP-R PP-H mit PP-R	MFR (190/5) = 0,4 - 1,5 [g/10min]
Special types PE 80-el PP-R-el PP-R-s-el	with PE 80 with PP-H and PP-R with PP-H and PP-R

Note:
Welding of PE80 with PE100 and PE100-RC as well as PP-H with PP-R is permitted.

Application limits for different kinds of joints

If possible, all joints have to be executed so as to avoid any kind of stresses. Stresses which may arise from differences in temperature between laying and operating conditions must be kept as low as possible by taking appropriate measures.
The in the table contained axial conclusive joints are permissible.

Kind of joint	Ø 20 ... 63		Ø 63 ... 110		Ø 110 ... 225		Ø 225 ... 1400	
	< PN6	>= PN6	< PN6	>= PN6	< PN6	>= PN6	< PN6	>= PN6
Heating element butt welding (HS)	A B C	A - E	A B C	A - E	A B C	A - E ³⁾	A B C	A B C D
Non-contact butt welding (Infrared - IR)	A D	A D E	A	A D E	A	A D E		
Beadless butt welding (IS)	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C ¹⁾	A B C ¹⁾		
Heating element socket welding		A B C D	A B C	A B C D				
Electric socket welding (hot wedge welding)		A B C D	A B C	A B C	B	A B	B ²⁾	B ²⁾
Hot gas welding	A - E	A - E	A - E	A - E	A - E			
Extrusion welding					A - D	A - D	A - D	A - D
Flange joint	A - E	A - E	A - E	A - E	A - E ³⁾	A - D	A - D ⁴⁾	A - D ⁴⁾
Union	A - E	A - E						

A ... PP-H100, PP-R80

B ... PE

C ... Special types (PE80-el, PP-H-s, PP-R-s-el)

D ... PVDF

E ... ECTFE

1) upto Ø 160

2) <PN6 upto Ø 600

3) upto Ø 160

4) upto Ø 315

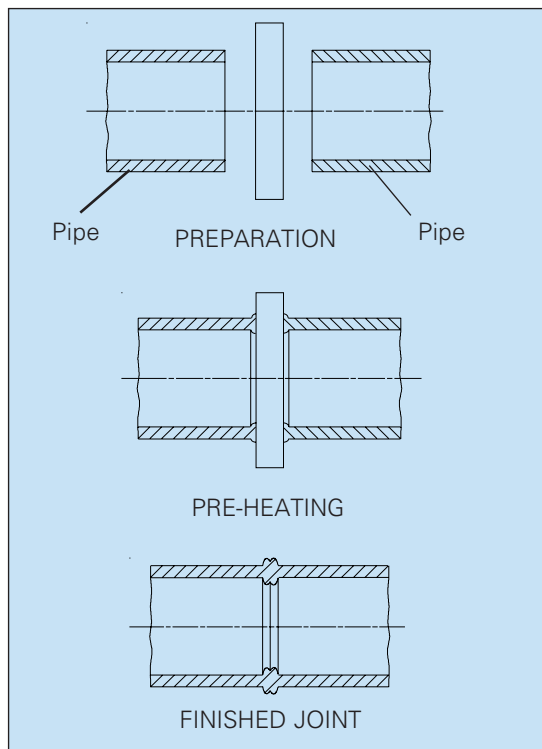


Heating element butt welding

(following to DVS 2207, part 1 for PE-HD and part 11 for PP)

Welding method discription

The welding faces of the parts to be joined are aligned under pressure onto the heating element (alignment). Then, the parts are heated up to the welding temperature under reduced pressure (pre-heating) and joined under pressure after the heating element has been removed (joining).



Principle of the heating element butt welding illustrated by a pipe.

All welding must be practised with machines and devices which correspond to the guidelines of the DVS 2208 part 1.

Preparations before welding

Control the necessary heating element temperature before each welding process. That happens e.g. with a high speed thermometer for surface measurements. The control measurement must happen within the area of the heating element which corresponds to the pipe surface. That a thermal balance can be reached the heating element should be used not before 10 minutes after reaching the rated temperature.

For optimal welding clean the heating element with clean, fluffless paper before starting of each welding process. The non-stick coating of the heating element must be undamaged in the working area.

For the used machines the particular joining pressure or joining power must be given. They can refer to e.g. construction information, calculated or measured values. In addition during the pipe welding process by slow movement of the workpieces occurs a movement pressure or movement power which can be seen on the indicator of the welding machine and should be added to the first determined joining power or joining pressure.

The nominal wall thickness of the parts to be welded must correspond to the joining area.

Before clamping the pipes and fittings in the welding machine they must be aligned axial. The high longitudinal movement of the parts to be welded is to ensure for example through adjustable dollies or swinging hangings.

The areas to be welded should be cleaned immediately before the welding process with a clean, fat-free planing tool, so that they are plane parallel in this clamped position. Permissible gap width under adapting pressure see following table.

Pipe outside diameter [mm]	die gap width [mm]
≤ 355	0,5
400 ... < 630	1,0
630 ... < 800	1,3
800 ... ≤ 1000	1,5
>1000	2,0

Together with the control of the gap width also the disalignment should be checked. The disalignment of the joining areas to one another should not overstep the permissiple degree of 0,1 x wall thickness on the pipe outside or on the table respectively.

Worked welding areas shouldn't be dirty or touched by hands otherwise a renewed treatment is necessary. Shavings which are fallen in the pipe should be removed.

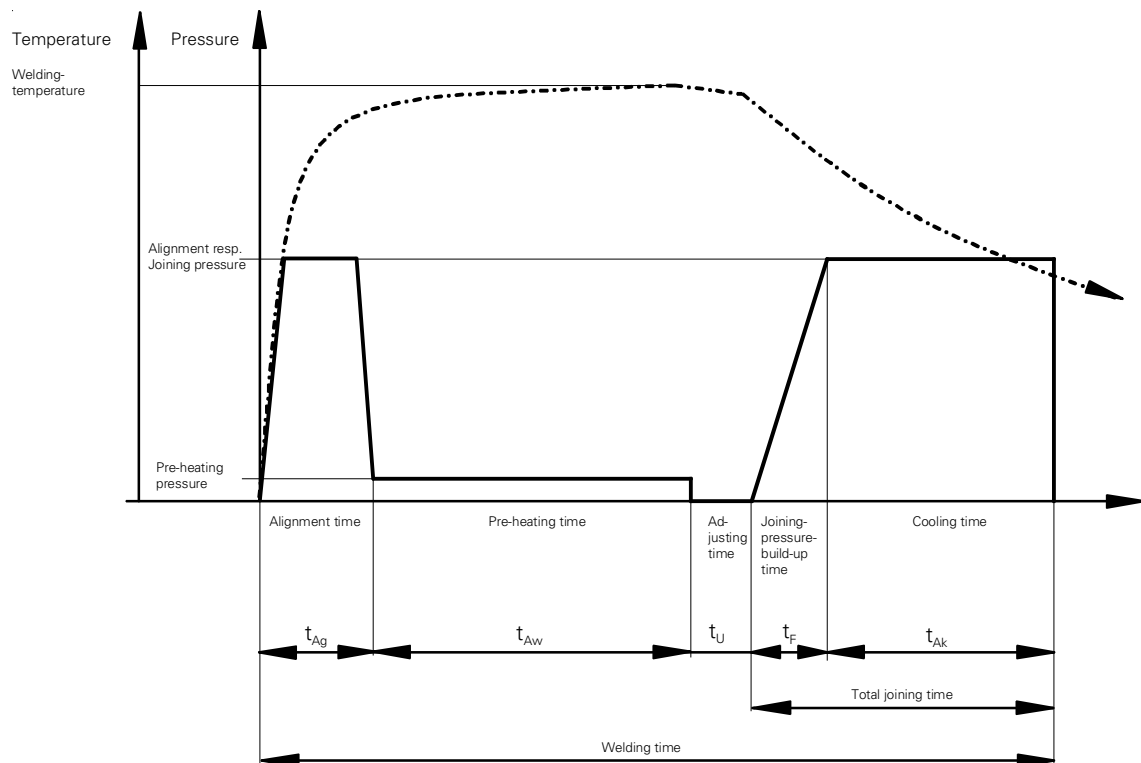
Heating element butt welding

Performing of the welding process

On heating element butt welding the areas to be joined get warm up to the requested welding temperature with heating elements and after the removal of the heating element they join together under pressure. The heating element temperatures are listed in the following table. Generally the aim is to use higher temperatures for smaller wall thicknesses and the lower temperatures for larger wall thicknesses

	PE	PP	PVDF	ECTFE
Heating element temperature [°C]	210 up to 230	200 up to 220	232 up to 248	275 up to 285

The gradually sequences of the welding process



Heating element butt welding

Welding parameters

Reference values for heating element butt welding of PP, PE, PVDF and ECTFE pipes and fittings at outside temperatures of about 20°C and low air-speed rates.

Type of material	Wall thickness [mm]	Bead height [mm]	Pre-heating time t_{AW} [s]	Adjusting time t_U [s]	Joining pressure build-up time t_F [s]	Cooling time t_{Ak} [min]
PP-H, PP-R PP-H-s, PP-R-el, PP-R-s-el		P=0,10 N/mm ²	P≤0,01 N/mm ²		P=0,10 N/mm ²	
	 4,5	0,5	 135	5	6	6
	4,5 7,0	0,5	135 175	5 6	6 7	6 12
	7,0 12,0	1,0	175 245	6 7	7 11	12 20
	12,0 19,0	1,0	245 330	7 9	11 17	20 30
	19,0 26,0	1,5	330 400	9 11	17 22	30 40
	26,0 37,0	2,0	400 485	11 14	22 32	40 55
PE 80 PE 100, PE 100-RC PE-el	37,0 50,0	2,5	485 560	14 17	32 43	55 70
		P=0,15 N/mm ²	P≤0,02 N/mm ²		P=0,15 N/mm ²	
	 4,5	0,5	 45	5	5	6,5
	4,5 7,0	1,0	45 70	5 6	5 6	6,5 9,5
	7,0 12,0	1,5	70 120	6 8	6 8	9,5 15,5
	12,0 19,0	2,0	120 190	8 10	8 11	15,5 24
	19,0 26,0	2,5	190 260	10 12	11 14	24 32
	26,0 37,0	3,0	260 370	12 16	14 19	32 45
	37,0 50,0	3,5	370 500	16 20	19 25	45 61
	50,0 70,0	4,0	500 700	20 25	25 35	61 85
	70,0 90,0	4,5	700 900	25 30	35	85 109
PVDF	90,0 110,0	5,0	900 1100	30 35	35	109 133
	110,0 130,0	5,5	1100 1300	max. 35	35	133 157
		P=0,10 N/mm ²	P≤0,01 N/mm ²		P=0,10 N/mm ²	
	1,9 3,5	 0,5	59 75	3	3 4	5,0 6,0
	3,5 5,5	 0,5	75 95	3	4 5	6,0 8,5
	5,5 10,0	0,5 1,0	95 140	4	5 7	8,5 14,0
	10,0 15,0	1,0 1,3	140 190	4	7 9	14,0 19,0
ECTFE	15,0 20,0	1,3 1,7	190 240	5	9 11	19,0 25,0
	20,0 25,0	1,7 2,0	240 290	5	11 13	25,0 32,0
		P=0,085 N/mm ²	P≤0,01 N/mm ²		P=0,085 N/mm ²	
ECTFE	1,9 3,0	0,5	12 25	4	5	3 5
	3,0 5,3	0,5	25 40	4	5	5 7
	5,3 7,7	1,0	40 50	4	5	7 10

Specific heating pressure

In most cases, the heating pressure [bar] or the heating force [N], which have to be adjusted, may be taken from the tables on the welding machines. For checking purposes or if the table with pressure data are missing, the required heating pressure has to be calculated according to the following formula:

When using hydraulic equipment, the calculated welding force [N] has to be converted into the necessary adjustable hydraulic pressure.

Calculation of the welding area:

$$A_{Pipe} = \frac{(da^2 - di^2) \cdot \pi}{4}$$

or

$$\approx d_m \cdot \pi \cdot s$$

Calculation of the welding force:

$$F = p_{spec} \cdot A_{Pipe}$$

Heating element butt welding

Alignment

Here adjusting surfaces to be joined are pressed on the heating element until the whole area is situated plane parallel on the heating element. This is seen by the development of beads. The alignment is finished when the bead height has reached the requested values on the whole pipe circumference or on the whole sheet surface. The bead height indicates that the joining areas completely locate on the heating element. Before the welding process of pipes with a larger diameter (>630mm) the sufficient bead development also inside the pipe must be controlled with a test seam. The alignment pressure works during the whole alignment process.

	PE	PP	PVDF	ECTFE
Specific heating pressure [N/mm ²]	0,15	0,10	0,10	0,08 up to 0,09

Pre-Heating

During the pre-heating process the areas must about onto the heating element with low pressure. At which the pressure will fall nearly to zero (<0,01 N/mm²). On pre-heating the warmth infiltrate in the parts to be welded and heat up to the welding temperature.

Adjustment

After the pre-heating the adjusting surfaces should be removed from the heating elements. The heating element should be taken away from the adjusting surfaces without damage and pollution. After that the adjusting surfaces must join together very quickly until immediately prior to contact. The adjusting time should be kept as short as possible, otherwise the plasticised areas will cool down and the welding seam quality would be influenced in a negative way.

Performing of pressure test

Before the pressure testing, all welding joints have to be completely cooled down (as a rule, 1 hour after the last welding process). The pressure test has to be performed according to the relevant standard regulations (e. g. DVS 2210 Part 1 - see table page 66).

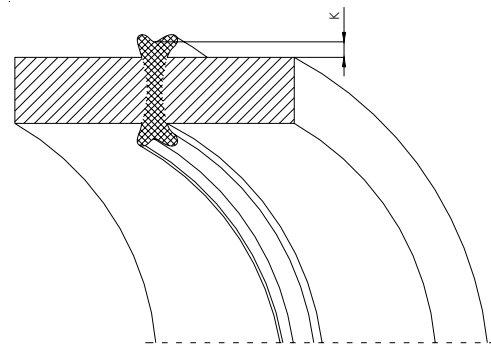
The piping system has to be protected against changes of the ambient temperature (UV-radiation).

Joining

The areas to be welded should coincide by contact with a velocity of nearly zero. The required joining pressure will rise linear if possible.

During cooling the joining pressure must be maintained. A higher mechanical use is only after prolongation of the cooling permissible. Under factory circumstances and insignificant mechanical use the cooling times can be remain under especially by parts with a thick wall during the clamp removal and storage. Assembly or mechanical treatment is allowed after the whole cooling.

After joining, a double bead surrounding the whole circumference must have been created. The bead development gives an orientation about the regularity of the weldings. among each other. Possible differences in the formation of the beads may be justified by different flow behaviour of the joined materials. From experience with the commercial semi finished products in the indicated MFR-field can be assumptioned from the welding tendency, even when this can lead to unsymmetrical welding beads. K must be bigger than 0.



Pressure test acc. DVS® 2210-1 suppl. 2

The internal pressure test is to be made at pipelines out of any material which are ready for use with the medium water. The conditions at the test are higher than the operating conditions and confirm the reliability of the piping system.



Types of the internal pressure test

- pre-test
- main-test
- short-test

The results of the test have to be recorded. A continuous pressure and temperature record have to be conducted.

Pre-test

The pre-test is to prepare the piping system for the main-test. A stress-strain equilibrium, generated by the internal pressure loads, arises during the preliminary test. This will cause a decrease of the pressure which has to be adjusted to the test pressure. The bolts at the flanges have to be retightened as well.

Main-test

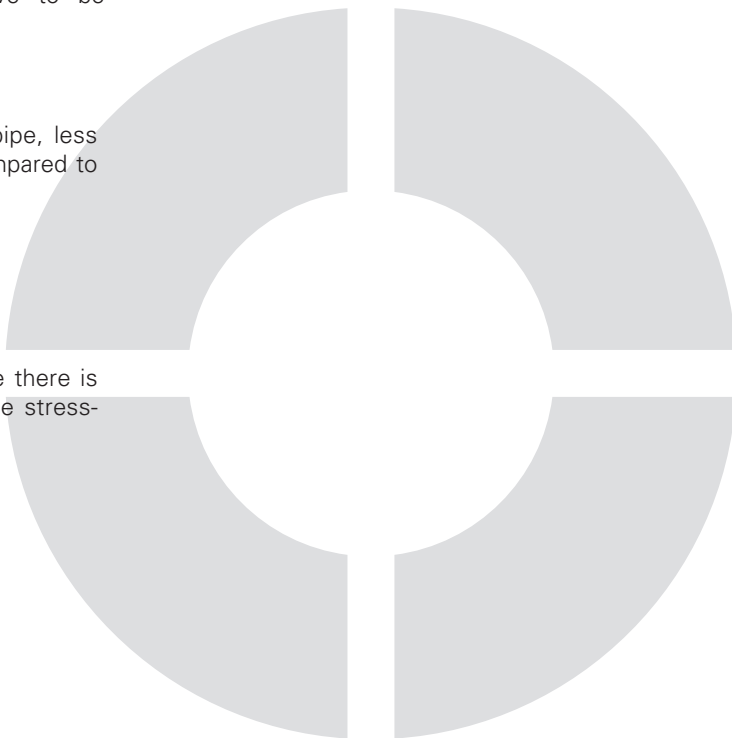
With constant wall temperatures at the pipe, less decrease in pressure can be expected compared to the pre-test.

The focus at this test is:

- changes in length
- tightness of the flange connections

Short-test

This kind of test is a special case because there is too short time that the pipe adjusts to the stress-strain balance. Inadequacies can not be identified.



Topic and explanation		Pre-test	Main-test	short-test
Test Pressure pP	depends on the wall temperature and on the max. pressure of components	$\leq p_{P(zul)}$	$\leq 0,85 \cdot p_{P(zul)}$	$\leq 1,1 \cdot p_{P(zul)}$
Test Period	Pipes with or without branches and a total length of $L \leq 100$ m 1)	≥ 3 h	≥ 3 h	≥ 1 h
	Pipes with or without branches with a total length of $100 \text{ m} < L \leq 500$ m	≥ 6 h	≥ 6 h	≥ 3 h
	Pipes with or without branches with a total length of $L > 500$ m	The respective piping system has to be tested in sections, the testing length of $L_P \leq 500$ m must be strictly adhered to.		
Checks during the test	The check results, the test pressure and the temperature profile have to be recorded.	≥ 3 checks (adjusting (increase) the pressure to the testing pressure again)	≥ 2 checks (no adjusting (increase) to the testing pressure)	≥ 1 check (keep the testing pressure constant)
Material specific decrease in pressure	Depends on the creep modul of the specific plastics material	PE: $\leq 1,0$ bar/h	PE: $\leq 0,5$ bar/h	For short term forces, no data regarding a decrease in pressure is available.
		PP ²⁾	PP ²⁾	
		PVDF,ECTFE ²⁾	PVDF,ECTFE ²⁾	
1) Does total L exceed the maximum length no more than 10%, the mentioned testing conditions can stay the same		Usually used		Special case (acceptance of the operator or the principal in necessary)

Advice

- In case the total length exceeds limit length more than 10% the described test conditions can be kept.
Further advices:
Limitation of testlength is due to the reactions caused by change of test pressure and temperature. The bigger the test length is, the more difficult is classification and pressure tolerances. Testtemperature of $20^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ can provide realizable results up to test length of $> 500\text{m}$. Decision has to be made by the responsible person in charge.
- The DVS working group AG W 4.3a has decided to provide guideline values for all pressure drop rates of the various thermoplastics based on test results.
If concrete results are available they will be printed in the trade press.

Details for the internal pressure test

Prior to the pre-test, the air inside the pipe has to be removed. Therefore de-aeration points have to be set on the highest point of the pipe which have to be in open position when filling the pipe.

Filling of the pipe

The medium for filling is water.

The origin of the filling has to be the lowest point of the pipe. When setting the fill quantity per time unit it has to be considered that the air can escape safely at the de-aeration points.

The following table contains guide values:

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

If the pipeline has more than one lowest point, it may be necessary to fill the pipe in sections.

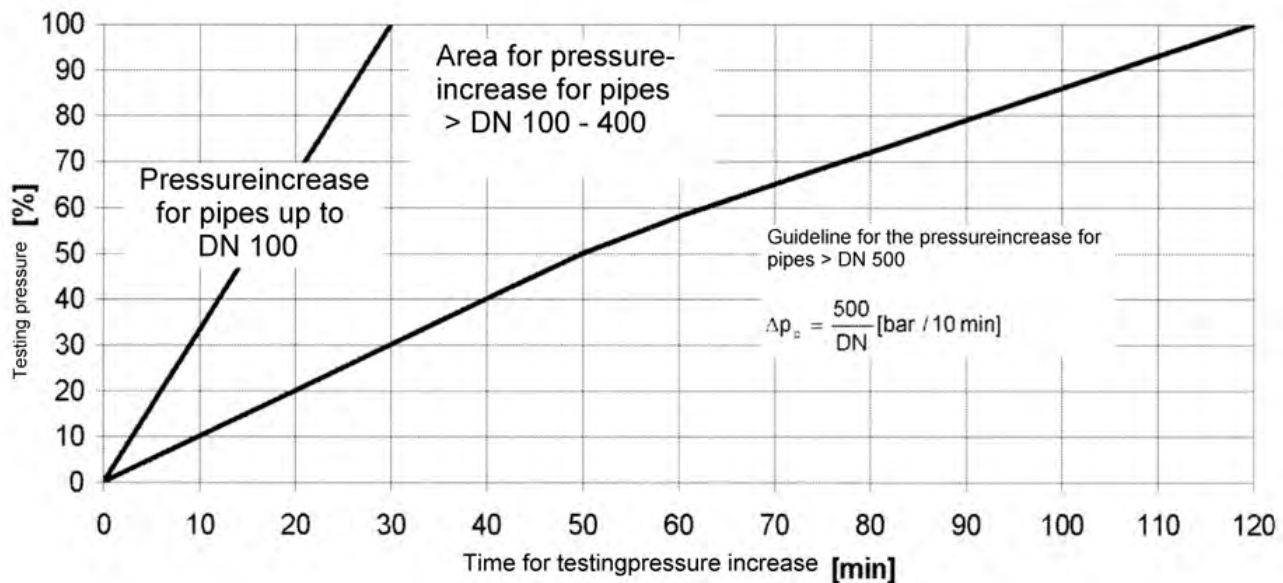
The time between filling and testing the pipe has to be long enough for the de-aeration (approximate time ≥ 6 ... 12h; it depends on the dimension of the pipe).

At pipelines bigger than DN 150 which do not have a peak or just have a very low gradient it may be necessary to use a pipeline pig to remove the remaining air in the pipe.

Applying the testing pressure

When applying the test pressure it has to be considered that the increase of the pressure does not causes any water hammers.

The following chart contains guide values:



Advice:

At pipelines which contain components with a smaller maximum operating pressure compared to the pipe, the maximum applicable test pressure has to be in accordance with the manufacturer.

Testing pressure and temperature

Evaluation of the testing pressure

The allowable testing pressure $p_{P(zul)}$ is calculated according to the following formula:

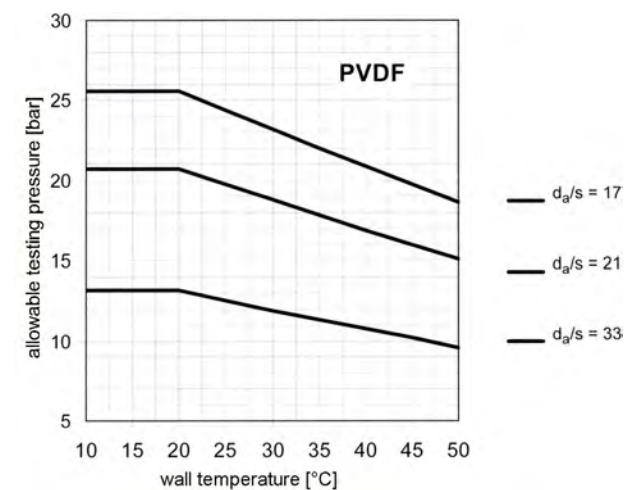
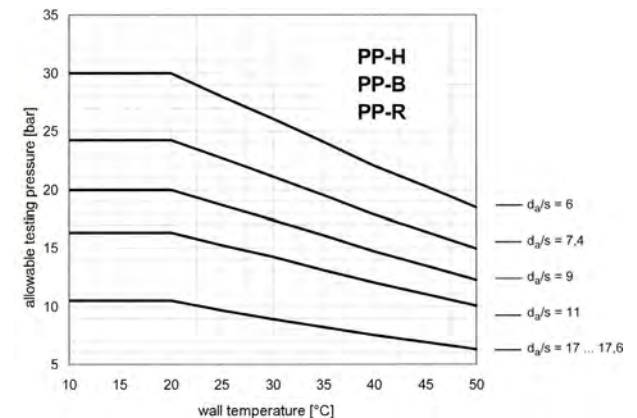
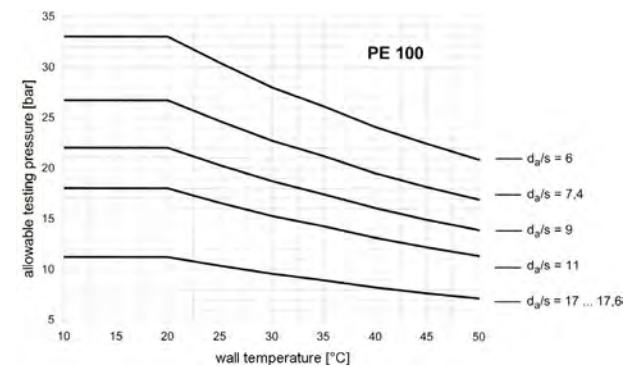
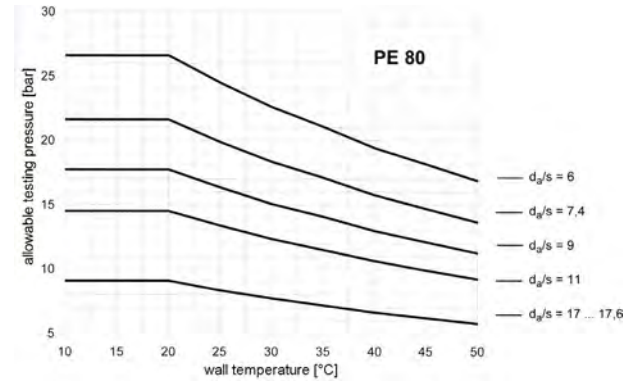
$$p_{P(zul)} = \frac{1}{\frac{od}{s}} \cdot \frac{20 \cdot \sigma_{v(T,100h)}}{S_p \cdot A_G} [bar]$$

Od	[mm]	Outside Diameter
s	[mm]	wall thickness
$\sigma_v(T, 100h)$	[N/mm ²]	Reference stress for a wall temperature T_R at $t=100h$
S_p	[1]	Minimum safety distance to the creep strength
A_G	[1]	Manufacturing and design specific factor which reduces the allowable test pressure ($A_G \geq 1,0$)
d_a / s		~ SDR
p_B	[bar]	Operating pressure

Determining a bigger safety distance as stated in the following table is possible and depends on the user.

Material	PE	PP-H	PP-(B,R)	PVDF
S_p	1,25	1,8	1,4	1,4

The allowable test pressure $p_{P(zul)}$ depending on the wall temperature can be extracted from the following chart:



Testtemperature (advices for walltemperature)

If it is assumable that the wall temperature changes within the test period the test pressure has to be adjusted according to the maximum expected temperature.

If the temperature check measurement on the pipe surface shows a higher temperature than expected the test pressure has to be adjusted immediately according to the chart or the calculation.

The wall temperature can be assumed as the arithmetic mean of T_i and T_{Ra} .

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

T_i	[°C]	Temperature of the medium inside the pipe
T_{Ra}	[°C]	Temperature on the surface of the pipe
T_R	[°C]	Average wall temperature

Beside the influence of the temperature on the test pressure especially for inside pressure test following the contraction method high attention has to be paid on constant pipe wall temperature. When testing open air installed pipelines it is difficult to keep the wall temperature constant which can influence the testing method. To keep the informational value of the test it is absolutely necessary to record the temperatures.

Is the average wall temperature supposed higher than calculated (or extracted from the table) due to direct sun radiation the test pressure has to be adjusted.

The measuring respectively the recording of the temperature in the inside of the pipeline (temperature of the test medium) demands the assembly of a gauge connection at the most disadvantageous point of the piping system. In case that it is ensured by proper arrangements, that the temperature of the pipe wall is never exceeding a pre-defined maximum value, it is not necessary to make the measurement of the medium temperature. For pipelines made out of thermoplastic materials with low impact strength (e.g. PP-H) the inside pressure test shall never be done at temperatures lower than 10°C.

Description of the pressure test according to DIN EN 805¹

The pressure test according to DIN EN 805 is a test method, in which the tightness of the piping system is proven by the development of a contraction in the piping system.

The inside pressure test is again divided into a pre- and a main test. During the pre-test the test pressure shall be applied within 10 minutes, afterwards the test pressure has to be kept for 30 minutes (e.g. by further pumping of the test medium into the piping system).

The test pressures have to be calculated by using the formula at page 170.

After the time of 30 minutes the conditions shall be kept for one hour without any change of the conditions to enable a visco-elastic forming of the piping system caused by the inside pressure.

During the period of deformation a maximum decrease of 30% for the test pressure caused by the volume expansion is allowed, whereas the pressure decrease for piping systems made out of thermoplastic materials with not so high elasticity (e.g. PVDF) is expected to be lower (reference value: $\Delta p_p \leq 0,20 \cdot p_p$).

In case of a higher pressure decrease than the material specific reference values it can be assumed that the piping system is not tight. As far as possible the piping system has to be inspected for leakages and these deficiencies have to be remedied. After a relaxing period of at least 60 minutes ($p_p = 0$) the pre-test has to be repeated.

If the pre-conditions concerning the permitted pressure loss are fulfilled, the pre-test is followed immediately by the main test.

During the main test the following test steps have to be done:

- First a quick pressure drop of $\Delta p_p = 10$ to 15% of the actual pressure at the end of the pre-test has to be done.
- The dumped volume of water has to be measured and compared to the calculated volume.
- A contraction time of 30 minutes has to be kept after the pressure drop of 10-15%.
- The values of the pressure during the contraction time have to be checked and recorded exactly.

The piping system can be considered as a tight system, provided that during the contraction time no decreasing tendency is noticed, which means, that the pressure drop shows a tendency to $\Delta p_p = 0$.

Heating element butt welding

Requirements on the welding device used for heating element butt welding (following to DVS 2208, part 1)

Clamping device

In order to avoid high local stresses in the pipe and deformations, the clamping devices should surround at least the pipe casing as parallel as possible to the welding plane. By their high stability, it must be provided that the geometric circular form of the pipes will be maintained. They must not change their position in relation to the guide elements, even under the highest working forces. For fittings, such as stub flanges and welding neck flanges, special clamping devices which prevent deformations of the workpiece have to be used.

The pipe clamped at the mobile machine side has eventually to be supported and exactly adjusted by means of easy-running dollies so that the working pressures and conditions required for welding can be maintained.

It is recommendable to use clamp elements adjustable in height to allow a better centering of the workpieces.

Guide elements

Together with the clamping devices, the guide elements have to ensure that the following maximum values for gap width (measured on cold joining surfaces) are not surpassed due to bending or beaming at the least favourable point in the respective working area of the machine at max. operating pressure and with wide pipe diameters (see table on page 163).

The gap width is measured by inserting a spacer at the point opposite to the guide while the plane-worked pipes are clamped. Guide elements have to be protected against corrosion at the sliding surfaces, e. g. by means of hard chrome plating.

Heating elements

The heating element has to be plane-parallel with its effective area.

Permissible deviations from plane-parallelity (measured at room temperature after heating the elements to maximum operating temperature at least once):

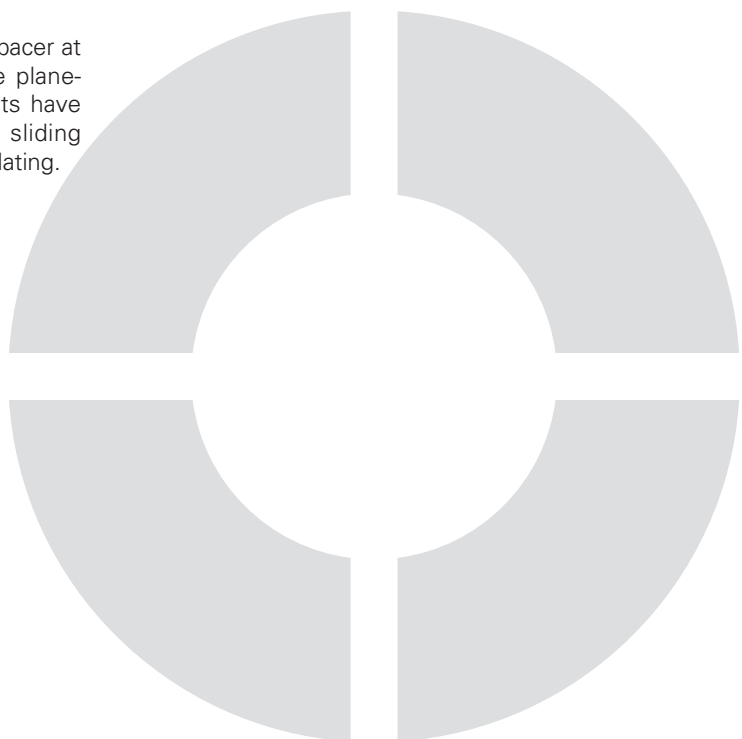
Pipe outside Ø resp. edge length	admissible deviation
÷ 250 mm	≤ 0,2 mm
÷ 500 mm	≤ 0,4 mm
> 500 mm	≤ 0,8 mm

For processing in a workshop, the heating element is in general permanently mounted to the device. In case of a not permanently attached heating element, adequate devices have to be provided for its insertion (e.g. handles, hocks, links).

If the size and nature of the heating elements requires its machine-driven removal from the joining surfaces, adequate equipment has to be provided too.

The power supply has to be protected against thermal damage within the range of the heating elements. Likewise, the effective surface of the heating element has to be protected against damage.

Protecting devices are to be used for keeping the heating element during the intervals between the welding processes.



Heating element butt welding

Requirements on the welding device used for heating element butt welding (following to DVS 2208, part 1)

Devices for welding seam preparation

An adequate cutting tool has to be prepared with which the joining surfaces of the clamped pipe can be machined in a plane-parallel way. Maximum permissible deviations from plane-parallelity at the joining surfaces are:

Pipe outside Ø da [mm]	deviation [mm]
≥ 355	≤ 0,5
400 ... < 630	≤ 1,0
630 ... < 800	≤ 1,3
800 ... < 1000	≤ 1,5
> 1000	≤ 2,0

The surfaces may be worked with devices which are mounted on or which can be introduced easily (e. g. saws, planes, milling cutters).

Control devices for pressure, time and temperature

The pressure range of the machine has to allow for a pressure reserve of 20 % of the pressure, which is necessary for the maximum welding diameter and for surmounting the frictional forces. Pressure and temperature have to be adjustable and reproducible. Time is manually controlled as a rule.

In order to ensure reproduceability, a heating element with electronic temperature control is to be preferred. The characteristic performance and tolerance values have to be ensured.

Machine design and safety in use

In addition to meet the above requirements, machines used for site work should be of lightweight construction.

Adequate devices for transportation and introduction into the trench have be available (e. g. handles, links).

Especially if voltages above 42 V are applied, the relevant safety regulations of VDE and UVV have to be observed in the construction and use of the machines.

Machines used in workshops have to meet the following requirements:

- Stable construction
- Universal basic construction (swivelling or retractable auxiliary tools and clamps)
- Quick-clamping device
- Maximum degree of mechanization
- Indication of pressure transmission (hydraulic/ welding pressure) on the rating plate
- Possibility to fix working diagrams in the operating area
- In case of big machines, an undercarriage with locking device (stable, adjustable in height, built-in level) is recommended.

Non-contact heated tool butt welding for PE, PP, PVDF, ECTFE und PFA (IR-welding)

Welding method

The method is in accordance with approved standard butt fusion, where the components are not in contact with the heat source.

The heating of pipe ends is performed by radiant heat. The advantage of the non contact method is the minimal bead sizes and the elimination of possible contamination from the heating element (further detailed information can be taken from our technical brochure "SP Series").

Welding parameters

Reference values of welding parameters for the non-contact butt welding of PE- PVDF- PP- PFA- and ECTFE- pipes and fittings need not to be stated separately as this data is stored in the machine for the relevant material and of the dimensions to be welded.

With AGRU IR-welding machines 70% lower welding times can be reached in comparison too standard but welding machines.

New generation of welding machines for IR-welding

SP-welding equipment

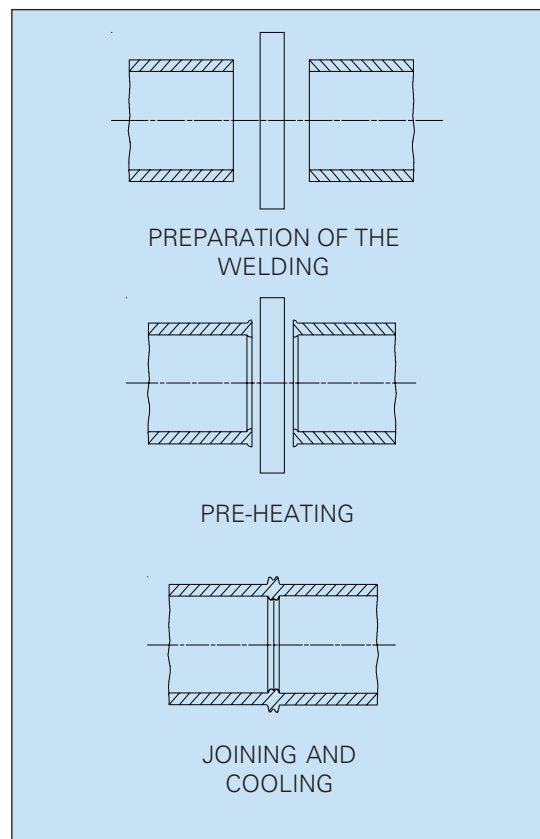
This new developed welding equipment operates fully automatic and can be used for different materials (PE, PP, PVDF, ECTFE and PFA).

There are the following sizes of welding equipment available:

- SP63 mobile (OD20mm up to OD63mm)
- SP110-S (OD20mm up to OD110mm)
- SP250-S (OD110mm up to OD250mm)
- SP315-S (OD110mm up to OD315mm)

Pressure test see page 167-171

Schematic sketch of the welding process



Heating element socket welding

Heating element socket welding (following to DVS 2207, part 1 for PE-HD, part 11 for PP and part 15 for PVDF)

Welding method

On heating element socket welding, pipe and fittings are lap-welded. The pipe end and fitting socket are heated up to welding temperature by means of a socket-like and spigot-like heating element and afterwards, they are joined.

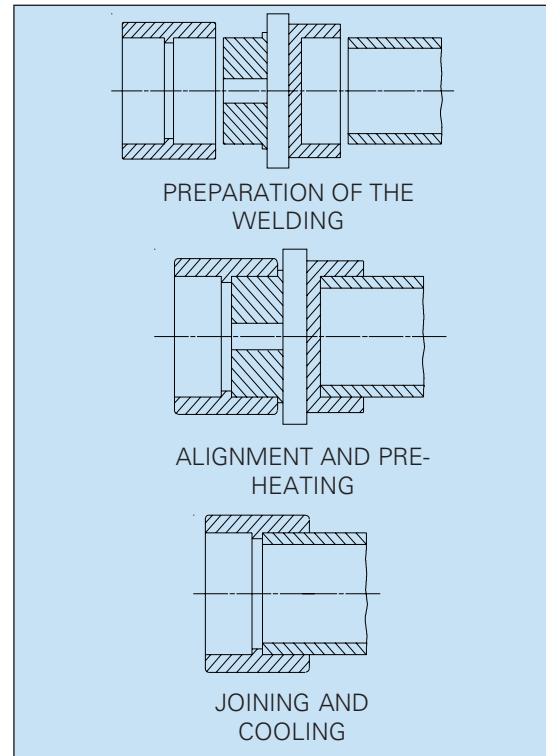
The dimensions of pipe end, heating element and fitting socket are coordinated so that a joining pressure builds up on joining (see schematic sketch).

Heating element socket weldings may be manually performed up to pipe outside diameters of 40 mm. Above that, the use of a welding device because of increasing joining forces is recommended. The guidelines of the DVS are to be adhered to during the whole welding process!

Welding parameters

Reference values for the heating element socket welding of PP, PVDF and PE-HD pipes and fittings at an outside temperature of about 20°C and low air-speed rates

Schematic sketch of the welding process



Welding temperature (T)

PP-H, PP-R	250 ÷ 270 °C
PE-HD	250 ÷ 270 °C
PVDF	250 ÷ 270 °C

Material type	Pipe outside diameter da [mm]	Pre-heating time t _{AW} [sec]		Adjusting time t _U [sec]	Cooling time t _{AK}	
		SDR 17,6; 17	SDR 11; 7,4; 6		fixed [sec]	overall [min]
PE 80, PE 100 PPH, PPR	16	-	5	4	6	2
	20	-	5	4	6	2
	25	¹⁾	7	4	10	2
	32	¹⁾	8	6	10	4
	40	¹⁾	12	6	20	4
	50	¹⁾	18	6	20	4
	63	¹⁾ (PE) ; 10 (PP)	24	8	30	6
	75	18 (PE) ; 15 (PP)	30	8	30	6
	90	26 (PE) ; 22 (PP)	40	8	40	6
	110	36 (PE) ; 30 (PP)	50	10	50	8
	125	46 (PE) ; 35 (PP)	60	10	60	8
PVDF	16	Pipe wall thickness [mm]	Pre-heating time [sec]	4	6	2
		1,5	4			
	20	1,9	6	4	6	2
	25	1,9	8	4	6	2
	32	2,4	10	4	12	4
	40	2,4	12	4	12	4
	50	3,0	18	4	12	4
	63	3,0	20	6	18	6
	75	3,0	22	6	18	6
	90	3,0	25	6	18	6
	110	3,0	30	6	24	8

¹⁾ not recommended because of too low wall thickness

Processing guidelines

Heating element socket welding

Preparation of welding place

Assemble welding equipment (prepare tools and machinery), control welding devices

Preparation of welding seam

(at any rate immediately before starting the welding process)

Cut off pipe faces at right angles and remove flashes on the inside with a knife.

The pipe-ends should be chamfered following to DVS 2207; part 1 and the opposite table.

Work the pipe faces with a scraper until the blades of the scraper flush with the pipe face.

Thoroughly clean welding area of pipe and fittings with fluffless paper and cleaning agents (ethanol or similar).

If peeling is not necessary, work the pipe surface with a scraper knife and mark the depth (t) on pipe.

Pipe diameter d [mm]	Pipe chamfer b [mm]	Insert length for		
		PP l [mm]	PVDF l [mm]	PE l [mm]
16	2	13	13	13
20	2	14	14	14
25	2	16	16	16
32	2	18	18	18
40	2	20	20	20
50	2	23	22	23
63	3	27	26	27
75	3	31	31	31
90	3	35	35	35
110	3	41	41	41
125	3	46	46	46

Preparations before welding

Check temperature of heating element (on heating spigot and on heating socket).

Thoroughly clean heating spigot and heating socket immediately before each welding process (with fluffless paper). At any rate, be careful that possibly clogging melt residues are removed.

Performing of welding process

Quickly push fitting and pipe in axial direction onto the heating spigot or into the heating socket until the end stop (or marking). Let pass by pre-heating time according to table values.

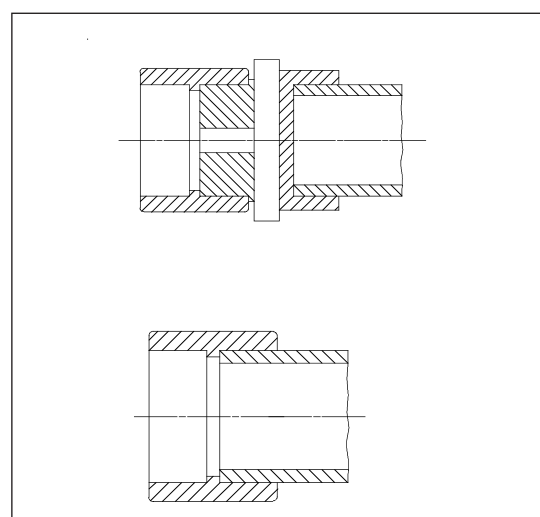
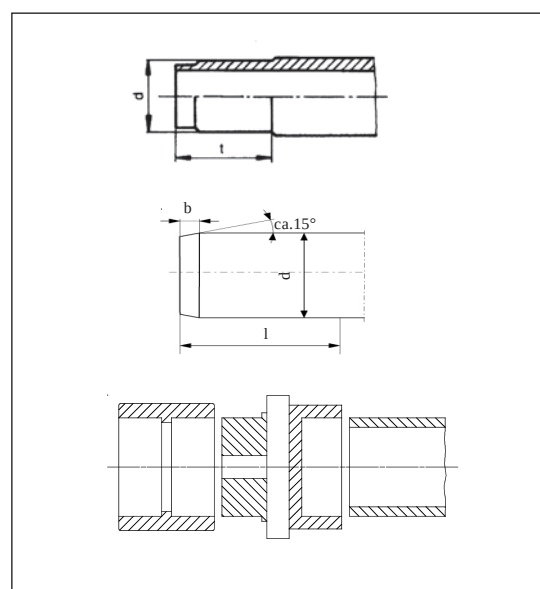
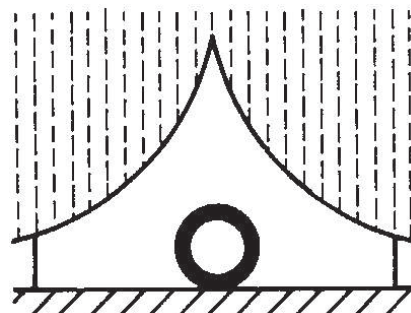
After the pre-heating time, pull fitting and pipe off the heating element with one heave and immediately fit them into each other without twisting them until both welding beads meet.

Let the joint cool down, then remove clamps.

Only after the cooling time, the joint may be stressed by further laying processes.

On manual welding:

Adjust the parts and hold them fast under pressure for at least one minute. (see table: page 175:fixed cooling time)



Processing guidelines

Heating element socket welding

Visual welding seam control

Check out bead of welding seam. It must be visible along the whole circumference of the pipes.

Performing of pressure test

Before the pressure testing, all welding joints have to be completely cooled down (as a rule, 1 hour after the last welding process). The pressure test has to be performed according to the relevant standard regulations (e. g. DVS 2210 Part 1 - see table pressure test). The piping system has to be protected against changes of the ambient temperature (UV-radiation).

Requirements on the welding device used for heating element socket welding (following to DVS 2208, part 1)

Devices for heating element socket welding are used in workshops as well as at building sites. As single purpose machines, they should allow for a maximum degree of mechanization of the welding process.

Clamping devices

Marks on workpiece surfaces caused by special clamping devices for pipe components must not affect the mechanical properties of the finished connection.

Guide elements

Together with clamping devices and heating element, the guide elements have to ensure that the joining parts are guided centrally to the heating element and to each other. If necessary, an adjusting mechanism has to be provided.

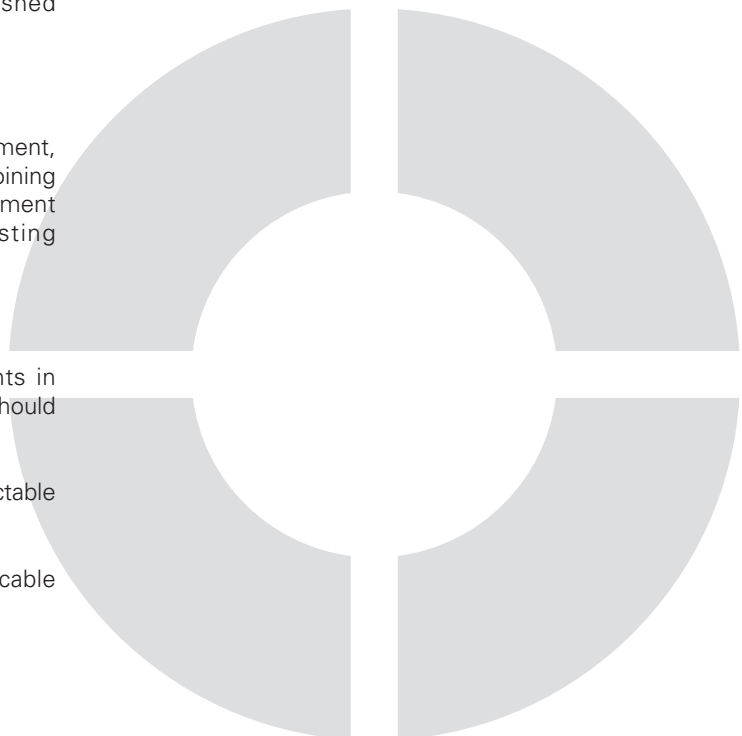
Machine design and safety in use

In addition to meeting the above requirements in construction and design, the following points should be considered for the machine design:

- Stable construction
- Universal basic construction (swivelling or retractable auxiliary tools and clamps)
- Quick clamping device
- Maximum degree of mechanization (reproducible welding process)

Pressure test acc. DVS® 2210 part 1

please see page 167 - 171



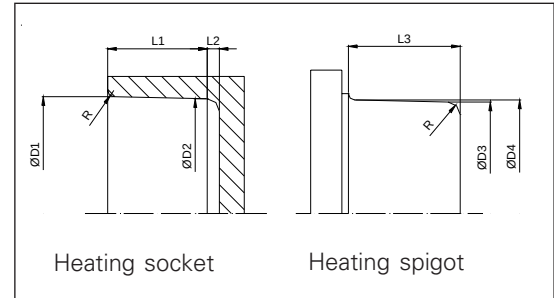
Heating element socket welding

Requirements on the welding device used for heating element socket welding (following to DVS 2208, part 1)

Heating elements

Contained in the table the values (correspond to the draft of ISO TC 138 GAH 2/4draft, document 172 E) apply to the dimensions of the heating tools.

Dimensions¹⁾ of heating elements for heating element socket welding fittings
Type B (with mechanical pipe working)



Pipe diameter [mm]	ØD1 [mm]	ØD2 [mm]	ØD3 [mm]	ØD4 [mm]	L1 [mm]	L2 [mm]	L3 [mm]	R [mm]
16	15,9	15,76	15,37	15,5	14	4	13	2,5
20	19,85	19,7	19,31	19,45	15	4	14	2,5
25	24,85	24,68	24,24	24,4	17	4	16	2,5
32	31,85	31,65	31,17	31,35	19,5	5	18	3,0
40	39,8	39,58	39,1	39,3	21,5	5	20	3,0
50	49,8	49,55	49,07	49,3	24,5	5	23	3,0
63	62,75	62,46	61,93	62,2	29	6	27	4,0
75	74,75	74,42	73,84	74,15	33	6	31	4,0
90	89,75	89,38	88,75	89,1	37	6	35	4,0
110	109,7	109,27	108,59	109	43	6	41	4,0
125	124,7	124,22	123,49	123,95	48	6	46	4,0

¹⁾Dimensions are valid at 260 ÷ 270°C

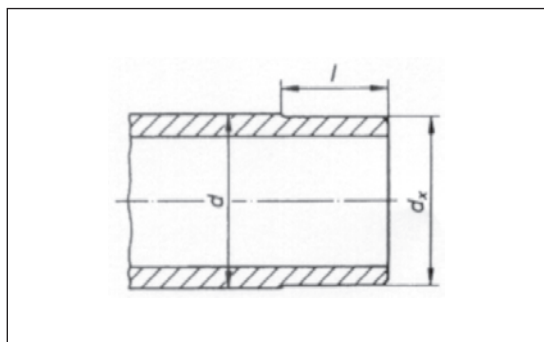
Dimensional tolerances:

≤ 40 mm ± 0,04 mm

≤ 50 mm ± 0,06 mm

Tools for welding seam preparation

At heating element socket welding with mechanical pipe working (method type B), a scraper is required for calibrating and chamfering the joining surfaces of the pipe. This has to correspond to the heating element and to the fitting socket. The scraper is adjusted with a plug gauge.



For the socket welding prepared pipe end (dimensions see table)

Calibration diameter and length for the machining of pipe ends with method, type B

Pipe outside diameter [mm]	Calibration diameter dx [mm]	Calibration length l [mm]
20	19,9 ± 0,05	14
25	24,9 ± 0,05	16
32	31,9 ± 0,05	18
40	39,85 ± 0,10	20
50	49,85 ± 0,10	23
63	62,8 ± 0,15	27
75	74,8 ± 0,15	31
90	89,8 ± 0,15	35
110	109,75 ± 0,20	41
125	124,75 ± 0,20	44

Electrofusion welding

(following to DVS® 2207, part 11 for PP)

Welding method

On electric welding, pipes and fittings are welded by means of resistance wires which are located within the electro-fusion socket. A transformer for welding purposes supplies electric power.

The extension of the plastified melt and the during the cooling developed shrinking stress produce the necessary welding pressure which guarantee an optimal welding.

The method distinguishes itself by an extra-low safety voltage as well as by high automatization.

Welding systems

For the welding of AGRU-E-fittings a universal welding machine should be used. This welding device is a machine with bar code identification, it supervise all functions full automaticly during the welding process and stores them.

After feeding of the code for universal welding machines with magnetic code characteristic, the code is deleted which means that the card can only be used once.

Suitable welding machines

For the welding of electric weldable AGRU-fittings the following universal welding devices with bar code identification are suitable:

- Polycontrol plus
- HST 300 junior plus
- HST 300 print plus

General welding suitability

Only parts made of the same material may be joined with one another. The MFR-value of the E-fittings out of PE is in the range of 0,3 - 1,3 g/10min. They can be joined with pipes and fittings out of PE 80 and PE 100 with a MFR-value between 0,3 and 1,7 g/10min.

The weldable SDR-serie and the maximum ovality are listed in the following table.

The welding area has to be protected against unfavourable weather conditions (e. g. rain, snow, intensive UV-radiation or wind) The permissible temperature range for PE is from -10°C up to +50°C. The national guidelines must also be considered.

Welding parameters

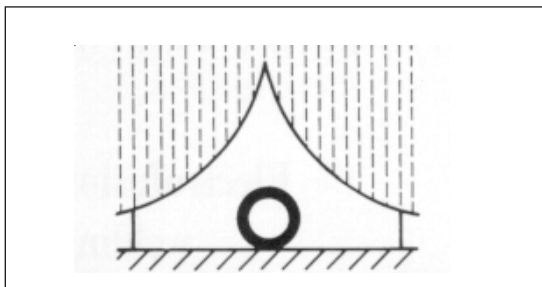
The welding parameters are specified by the bar code, which is directly affixed on the fitting.

For AGRU electro fusion fittings is valid:

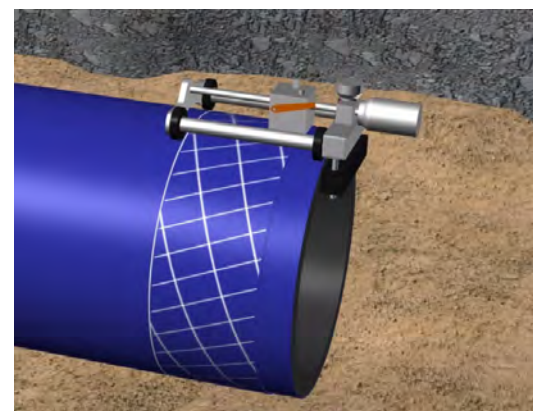
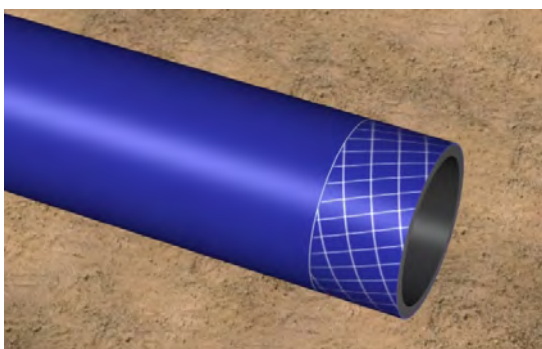
	e-coupler	weldable pipes / fittings							
		SDR	SDR	SDR	SDR	SDR	SDR	SDR	SDR
OD		33	26	17,6	17	13,6	11	9	7,4
20	SDR 11	no	no	no	no	no	yes	yes	yes
25		no	no	no	no	no	yes	yes	yes
32		no	no	no	no	no	yes	yes	yes
40		no	no	yes	yes	yes	yes	yes	yes
50		no	no	yes	yes	yes	yes	yes	yes
63		no	no	yes	yes	yes	yes	yes	yes
75		no	no	yes	yes	yes	yes	yes	yes
90		no	no	yes	yes	yes	yes	yes	yes
110		no	no	yes	yes	yes	yes	yes	yes
125		no	no	yes	yes	yes	yes	yes	yes
140		no	no	yes	yes	yes	yes	yes	yes
160		no	no	yes	yes	yes	yes	yes	yes
180		no	no	yes	yes	yes	yes	yes	yes
200		no	no	yes	yes	yes	yes	yes	yes
225		no	no	yes	yes	yes	yes	yes	yes
250		no	no	yes	yes	yes	yes	yes	yes
280	SDR 17	no	no	yes	yes	yes	yes	yes	yes
315		no	no	yes	yes	yes	yes	yes	yes
355		no	no	yes	yes	yes	yes	no	no
400		no	no	yes	yes	yes	yes	no	no
450		no	no	yes	yes	yes	yes	no	no
500		no	no	yes	yes	yes	yes	no	no
160		yes	yes	yes	yes	no	no	no	no
450		yes	yes	yes	yes	no	no	no	no
500		yes	yes	yes	yes	no	no	no	no
560		yes	yes	yes	yes	no	no	no	no
630		yes	yes	yes	yes	no	no	no	no
710		yes	yes	yes	yes	no	no	no	no

Electrofusion welding

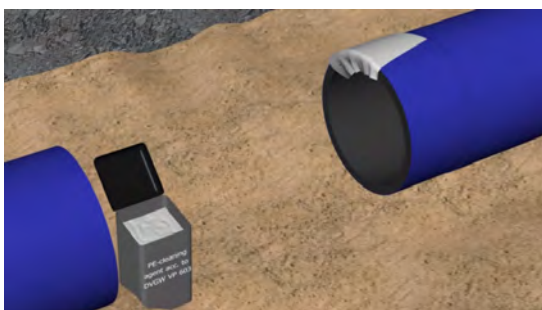
Preparation of welding place



Preparation of the welding seam (immediately before starting the welding process)



Preparations before welding



Processing guidelines

Assemble welding equipment (prepare tools and machinery), control welding devices.

Install welding tent or similar device.

Depending on the environmental conditions and the environmental temperature (see page 161)

Cut off pipe at right angles by means of a proper cutting tool and mark the insert length.

Insert length= socket length/2

Clean pipe of dirt with a dry cloth at insert length and careful machine pipe by means of a peeling tool or scraper knife in axial direction (cutting depth min. 0,2mm). Remove flashes inside and outside of pipe ends.

If a fitting is welded instead of the pipe, the welding area of the fitting has to be cleaned and scrapped as the pipe.

Unpack the E- fitting immediately before welding.

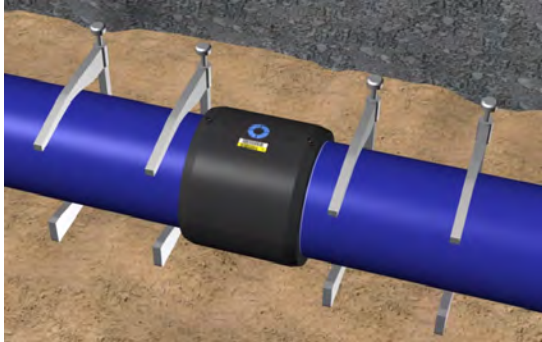
Never touch the inside of the socket and the scrapped pipe end.

The welding areas have to be cleaned with PP- or PE-cleaner (or similar) and fluffless paper.

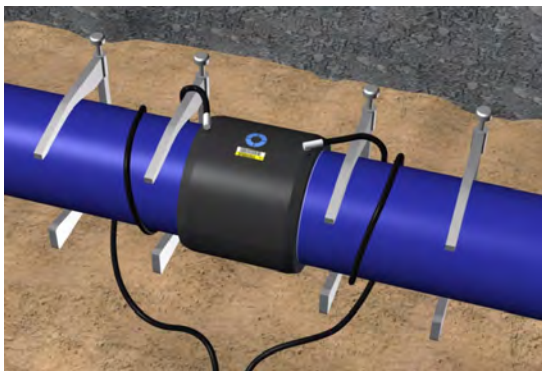
The faces to be welded have to be dry before the socket is put over the pipe. At any rate, remove residues of clean-sing agents or condensation water with fluffless, absorbent paper. Slide the socket into the prepared end of pipe right to its center stop until it reaches the marking.

Electrofusion welding

Preparations before welding



Performing the welding process



Processing guidelines

The second part which has to be welded with the socket (pipe or fitting) should be prepared too. Insert the second pipe end (or fitting) into the socket and clamp both pipes into the holding device, so that no forces can raise between welding area and the pipe (fitting) and that the socket can be turned smoothly.

Check:

If a marking does not flush with a socket end, the pipe has not been inserted right up to the center stop.

The clamping device has to be loosened and the pipe ends must be inserted until the markings are directly visible on the socket ends.

Observe the operating instructions for the welding device. Only the most significant steps of the welding procedure are described as follows.

Both plug-type socket connections should be turned upwards (however the axial position of the socket must not be changed) and connected with the welding cable. Position welding cable so as to prevent its weight from twisting the welding socket.

After the welding equipment has been properly connected, this is shown on the display.

The welding parameters are fed in by means of a reading pencil or a scanner. An audio signal will acknowledge the data input.

After the welding parameters have been fed in, the trademark, dimension and outside temperature are shown on the display. These values now have to be acknowledged. Then, for control purposes, you will be asked, whether the pipe has been worked.

Welding without clamping device:

It is possible to weld AGRU electro fusion fittings without using a clamping device.

The working instructions must correspond to DVS® 2207 part 1 and to the AGRU welding requirements. Keep in mind that the installation situation must be stress free.

Is a stress free situation not possible a clamping device must be used.



Electrofusion welding

Performing the welding process



Visual control and documentation



Processing guidelines

Optional a traceability barcode is marked directly on the fitting. So it is easy to read the code into the welding machine. The using of the traceabilitycode is not forcing. That means, if you don't need the code nothing changes at your working process. So you can use your standard welding machine.

The welding process is started by pressing the green start key. This time on the display also the desired welding time and the actual welding time are given as well as the welding voltage.

During the whole welding process (including cooling time) the clamping device shall remain installed. The end of the welding process is indicated by an audio signal.

After expiration of the cooling time, the clamping device may be removed. The recommended cooling time must be observed!

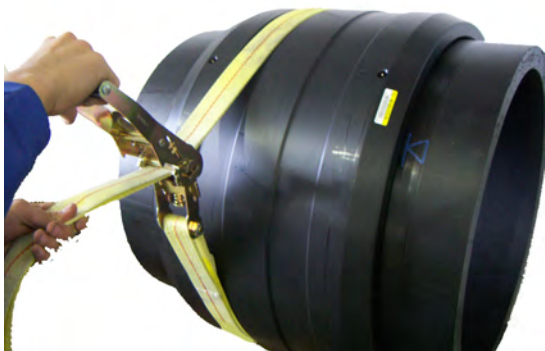
If a welding process is interrupted (e.g. in case of a power failure), it is possible to reweld the socket after cooling down to ambient temperature (<35°C).

Visual weld control is performed by the welding indicator on the socket. Moreover, all welding parameters are stored internally by the device and can be printed to receive a welding protocol.

Electrofusion welding - Big Couplers

welding of E-Couplers >500mm

mounting of the tension belts



Performing the welding process

Processing guidelines

For the preparation of the electro fusion couplers >500mm apply the same installations steps as described on page 180 and 181.

After the insertion of the pipes you have to consider following points.

After the insertion of the pipes both from AGRU delivered tension belts (50mm wide) must be inserted in the grooves and mounted.

Installation guidelines for the tension belts see page 184.

The belts must be mounted in the grooves and pulled tight by hand until the belts can not be displaced.

An additional tool is not allowed.

After the correct installation of the tension belts the welding process according to page 182 can be performed.

Tension belts should be removed after finished cooling time.



- Both tension belts must be inserted in the grooves and mounted as following.



open the ratchet lever



mount the loose end through the slot spindle and pull it through

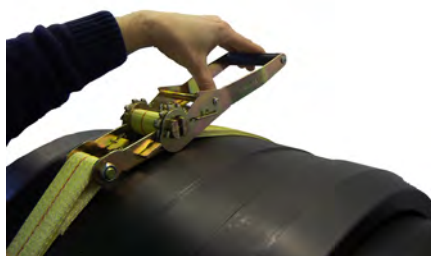
clamp the tension belt



Tighten the belt with the ratchet lever till the belt is tight on the coupler and can not be removed by hand



After tightening the belt bring the ratchet lever to the closure position



To open the belt pull the functional slider at the ratchet lever and turn them approx. 180° to the end position

Hot gas welding

(following to DVS 2207, part 3 for PP, PE-HD, PVDF and analogous for ECTFE)

Welding method

At hot gas welding, the edge areas and outer zones of the welding fillers are transformed into plastisized condition - as a rule by means of heated air - and joined under low pressure. The hot gas must be free of water, dust and oil.

This guideline applies to hot gas welding of pipes and sheets out of thermoplastics, such as PP and PE-HD. In general, material thickness of the semi-finished products to be welded ranges from 2 mm to 10 mm.

Fields of application of this welding method are: apparatus engineering, construction of vessels and piping systems.

Piping systems for gas supply and water supply must not be joined by hot gas welding!

Weldability of base material and welding fillers according to guideline DVS 2201, part 1, is taken for granted.

Another requirement for high quality welding processes is that the welding fillers are of the same kind and same type as far as possible. Condition and requirement of the welding fillers have to comply with the guideline DVS 2211.

The most common welding fillers are round rods with diameters of 3 mm and 4 mm. There are also used special profiles, such as oval, triangular and trefoil rods, as well as bands. In the following, the term "welding rods" is applied for the different welding fillers.

Welding parameter

Reference values at outside temperatures of about 20 °C (acc. to DVS 2207)

Material	Welding force [N]		Hot air temperature ¹⁾ [°C]	Air quantity [l/min]
	Rod Ø3mm	Rod Ø4mm		
PEHD, PEHD-el	15 ÷ 20	25 ÷ 35	300 ÷ 340	45 ÷ 55
PP-H, PP-B, PP-R	15 ÷ 20	25 ÷ 35	300 ÷ 340	45 ÷ 55
PP-H-s				
PP-R-s-el				
PVDF, PVDFflex	20 ÷ 25	30 ÷ 35	365 ÷ 385	45 ÷ 55
ECTFE	10 ÷ 15		350 ÷ 380	50 ÷ 60

¹⁾ measured in hot air stream approximately 5 mm in the nozzle.

Qualification of welder and requirement on welding devices

The plastics welder must have obtained the knowledge and skill required for the performing of welding processes. As a rule, this would mean that he is a qualified plastics worker and welder continuously practicing or displaying of long-time experience. Hot gas welding machines have to comply with the requirements according to guideline DVS 2208, part 2.

Welding of ECTFE

The choice of gas is a very important factor in ECTFE welding. It is not necessary to use nitrogen in ECTFE welding; good quality ECTFE welds can be obtained when a clean and dry source of air is used. Welding in nitrogen is recommended only when the welding facility lacks a clean and dry source of air.

Safety precaution

At ECTFE - melt temperatures of > 300°C hydrogen chloride and hydrofluorics are released. They could be toxically at higher concentrations and should not be breathed in. The recommended load limit acc. to TWA for HCl is 5ppm, for HF 3ppm.

At breathing contact with ECTFE-vapours, the person should be brought out in the fresh air and medical aid should be summoned without delay (danger of polymer-fever!).

The following safety measures should be considered:

- Please consider for good ventilating of the working place (otherwise please use breathing protections)
- Please use eye protections
- Please use hand protections

The drawing nozzle has to correspond with the respective cross section of the welding rod. In order to apply the required heating pressure on welding with welding rods of larger cross sections, an additional press handle may be required with this kind of nozzle. Special slotted nozzles enable the welding of bands.

Processing guidelines - Hot gas welding

Preparation of welding place

Assemble welding equipment (prepare tools and machinery), control welding devices.

Install welding tent or similar device.

Preparation of welding seam (at any rate immediately before starting the welding process)

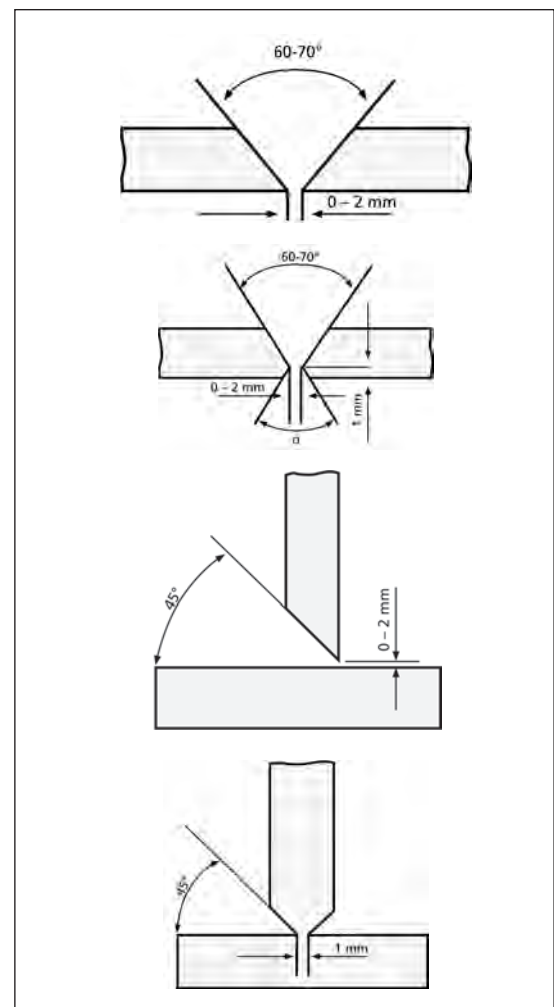
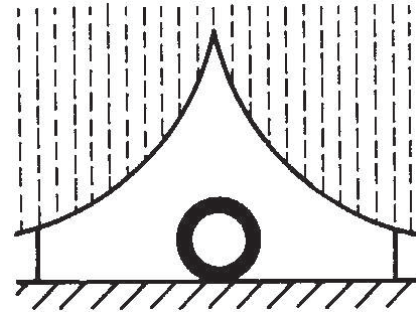
The adjusting surfaces and the adjacent areas have to be prepared adequately before welding (e. g. by scrapping). Furthermore, it is also recommendable to scrape the welding rods, it is, however, a must, when welding PP material. Parts that have been damaged by influences of weather conditions or chemicals have to be machined until an undamaged area appears.

The forms of the welding seams on plastics components generally correspond with the forms of welding seams on metal parts. The guideline DVS 2205, parts 3 and 5, are valid with respect to the choice of welding seam forms on containers and apparatus. In particular, pay attention to the general principles for the formation of welding seams. The most important welding seam shapes are: V-weld, double V-weld, HB-weld and K-weld.

With welding areas accessible from both sides, it is recommendable to make double-V-welds (sheet thickness of 4 mm and more). Generally do so when the thickness is 6 mm and more. The displacement of sheets may be minimized by changing the sides of welding.

Preparations for welding

Before starting the welding process, check the heated air temperature adjusted on the welding machine. Measurement is performed by means of a control thermocouple, inserted approximately 5 mm into the nozzle, and with rod-drawing nozzles in the opening of main nozzle. The diameter of the thermocouple must not exceed 1 mm. Air quantity is measured by means of a flow control instrument before the air stream enters into the welding machine.



Processing guidelines

Hot gas welding

Performing of welding process

The welder has to acquire the feeling for the speed and force he needs for welding by practising. The welding power may be determined by test welding on a weighing machine.

The welding rod is heated within the rod-drawing nozzle and pushed into the welding groove with its break-like extension mounted on the lower part of the nozzle. As a consequence of the forward movements of the nozzle, the welding rod is automatically being pushed on as a rule.

If necessary, the welding rod has to be pushed on manually in order to avoid stretching caused by friction within the nozzle.

Structure of welding seam

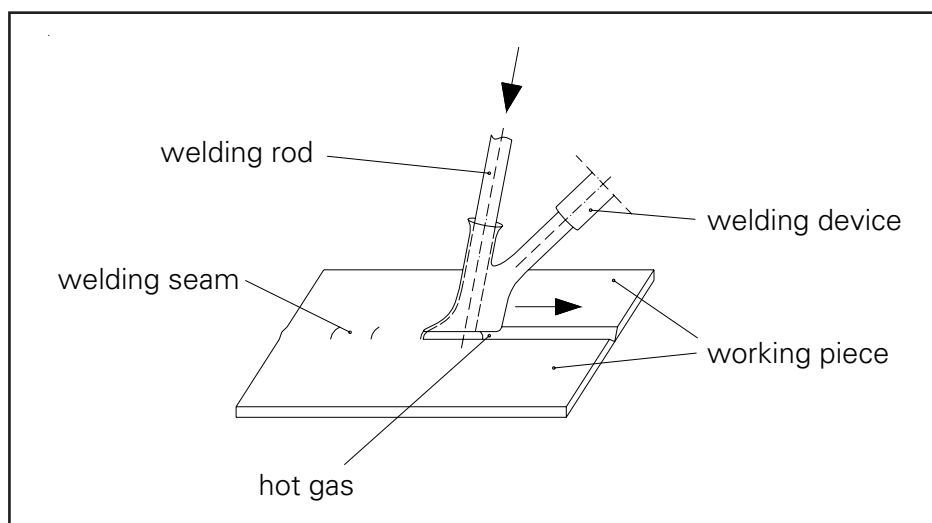
The first layer of the welding seam is welded with filler rod, diameter 3 mm (except for material thickness of 2 mm). Afterwards, the welding seam may be built up with welding rods of larger diameters until it will have completely been filled. Before welding with the next welding rod, the welding seam which has been formed with the preceeding welding rod, has to be adequately scrapped.

Additional machining of welding seam

Usually welding seams need no reworking however, if necessary, pay attention to the fact that the thickness of the base material must be maintained.

Visual control of welding seam

Welding seams are visually checked with a view to weld filling, surface conditions, thorough welding of welding root and displacement of joining parts.



Hot gas welding

Requirements on the welding device used for hot gas welding (following to DVS 2207-3)

Manual welding devices (with external air supply)

The devices comprise handle, heating, nozzle, air supply hose and electrical connecting cable. Due to their construction properties, they are particularly suitable for longer lasting welding processes.

General requirements

- Safe functionality at a temperature application range between -5 to +60°C
- Safe storage within a temperature range of -5 to +60°C
- Adequate corrosion protection against moisture entering from the outside
- As light as possible
- Favourable position of the gravity center
- Functionally formed handle
- No preferred direction in relation to the supply lines and that the nozzle can be fixed in any position
- The functional elements are easily accessible
- The equipment must ensure that feed hoses and cables can be extended by the welder with the minimum of effort and do not kink or twist in proper operation
- Welding equipment can be stored safely when the welding work is finished or during interruptions
- Used nozzles are easy to remove and to fix in heated state
- Indefinitely variable power consumption
- If possible, handle with built-in control system
- Operating elements arranged in a way preventing unintentional changes
- Material of handle: break-proof, thermo-resistant, thermo-insulating, non-conducting
- Corrosion-proof hot gas supply pipes of low scaling
- Constant welding temperature has to be achieved after a maximum of 15 minutes.

Safety requirements

The devices have to be safe with a view of all kind of personal injuries. In particular, the following requirements apply:

- Parts next to hands should not be heated to temperatures above 40°C, even after longer use.
- Protection against overheating (e. g. due to lack of air) of the device has to be present.
- Equipment surfaces presenting a burn hazard are to be kept as small as possible, or isolated and labelled as required.
- Sharp edges on equipment and accessories are to be avoided.

Air supply

At hot gas welding, air is normally used which is supplied by a compressed air network, a compressor, a pressure gas bottle or a ventilator. The air supplied has to be clean, free of water and oil, as otherwise not only the quality of the welding seam but also the lifetime of the welding devices decreases. Therefore adequate oil and water separators have to be used.

The air volume supplied to the device has to be adjustable and has to be maintained constant, as it is a main factor influencing the temperature control of the device.

Welding devices (with built-in ventilator)

The devices comprise handle, built-in ventilator, heating, nozzle and electrical connecting cable. Due to their constructional features, they can be used at sites where external air supply is not available.

On account of their dimensions and their weight, they are less suitable for longer lasting welding processes

Requirements on design

The ventilator has to supply the quantity of air required for welding various types of plastics to all nozzles (see DIN 16 960, part 1).

The electrical circuit has to ensure that the heating is only turned on when the ventilator is operating. The noise level of the ventilator has to comply with the relevant stipulations.

Safety requirements

- The nozzles used for the particular devices have to be securely fastened and easily exchangeable even when heated.
- The material must be corrosion-proof and of low scaling.
- In order to prevent heat from dissipating, the surface of the nozzle has to be as smooth as possible, e. g. polished.
- For reducing friction, the inner surface of the slide rail of the drawing nozzles have to be polished. The same applies to the sliding surfaces of tacking nozzles.
- In order to avoid strong air vortexes at the outlet of the nozzle, the round nozzles have to be straight for at least 5 x d (d = outlet diameter of the nozzle) in front of the outlet.

Extrusion welding

(following to DVS 2207, part 4)

Welding method

Extrusion welding is used for joining thick-walled parts (construction of containers, apparatus engineering, piping systems), for joining of liners (for buildings, linings for ground work sites) and for special tasks.

This welding technique is characterized as follows:

- Welding process is performed with welding filler being pressed out of a compounding unit.
- The welding filler is homogenous and completely plastified.
- The joining surfaces have been heated up to welding temperature.
- Joining is performed under pressure.

Weldability of base material and welding filler

Semi-finished products and welding fillers have to be suitable for extrusion welding. Weldability of base material and welding fillers have to be in perfect processing condition. Assure weldability of parts to be welded according to DVS 2207, part 4. The welding filler has to be adjusted to processing with the particular extrusion welding device and to the type of material used for semi-finished product. The welding filler is being processed in form of pellets or rods. Pellets and welding rods of uncontrolled composition and unknown origin must not be processed. Do not use regenerated material for welding.

The welding filler has to be dry and clean (prevent moisture from falling upon cold pellets).

Qualification of welder and requirement on welding devices

The plastics welder must have obtained the knowledge and skill required for the performing of welding processes.

As a rule, this would mean that he is a qualified plastics worker and welder continuously practising or disposing of long-time experience.

For extrusion welding, several kinds of devices may be used (see DVS 2209, part 1). The most common device is a portable welding device consisting of a small extruder and a device for generating hot air. The welding pressure is applied onto the teflon nozzle, directly fastened at the extruder, which corresponds to the welding seam form. Depending on the type of device, the maximum capacity of the welding fillers is about 4,5 kg/h.

Material	short	Masse- temperatur	Hotgas- temperature	Hotgas- quantity
Polyethylen high density	HD-PE	210 ... 230	250 ... 300	300
Polypropylen Typ 1,2,3	PP-H; PP-B; PP-R	210 ... 240	250 ... 300	300
Polyvinylident	PVDF	240 ... 260	280 ... 350	300

Processing guidelines - Extrusion welding

Preparation of welding place

Assemble welding equipment (prepare tools and machinery), control welding devices.

Preparation of welding seam

(at any rate immediately before starting the welding process)

The adjusting surfaces and the adjacent areas have to be prepared adequately before welding (e. g. by scrapping). Parts that have been damaged by influences of weather conditions or chemicals have to be machined until an undamaged area appears. This has to be considered especially on performing repair works.

Do not use cleansing agents affecting plastics thus by causing them to swell.

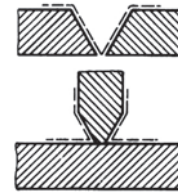
In order to equalize higher differences in temperature between the different workpieces, the workpieces have to be stored long enough at the working place under the same conditions.

Welding seam forms

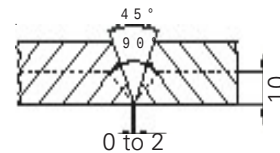
On choosing welding seam forms for containers and apparatus, in general observe the guideline DVS 2205, part 3 and 5. In particular, consider the general technical principles for welding seam formations quoted therein.

In general, single-layer seams are welded on extrusion welding. If on welding of thicker semi-finished products it is not possible to make DV-welds, also multilayer seams can be performed.

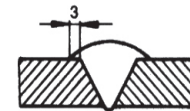
The welding seam should laterally extend by about 3 mm beyond the prepared welding groove.



Welding seam forms for extrusion welding



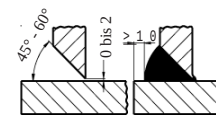
Prepared welding groove



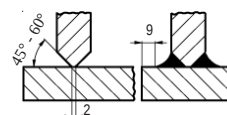
V-weld without sealing run



Double V-butt welding



T-joint with single bevel groove with fillet weld



T-joint with double bevel groove

Processing guidelines - Extrusion welding

Preparation of welding seam

(at any rate immediately before starting the welding process)

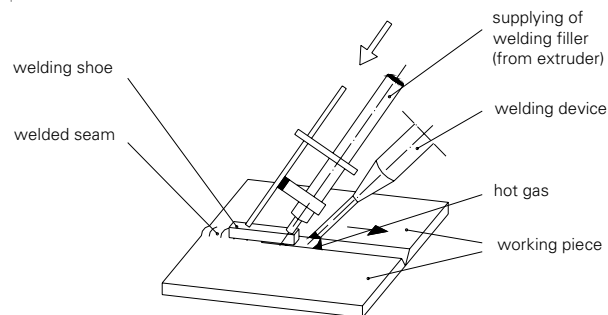
Lap joint

In order to guarantee sufficient heating and thorough welding, it is necessary to provide an air gap depending on wall thickness (width of air gap should be 1 mm minimum).

Performing of welding process

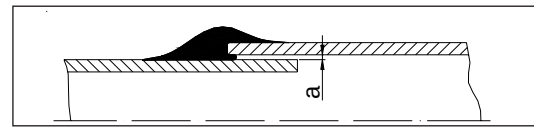
Due to the hot gas passing out of the nozzle of the welding device, the adjusting surfaces of the parts to be welded are heated up to welding temperature. The welding filler, continuously flowing out of the manually guided device, is pressed into the welding groove. The discharged material pushed the device ahead thus determining the welding speed. The heating of the adjusting surfaces must be coordinated with the welding speed.

Basically the welding seams have to be executed in a way to assure that no re-working will be required. If necessary, it should, however, be performed only after acceptance so that eventual welding faults can be discovered on visual inspection. On performing re-working, avoid the build-up of notches.

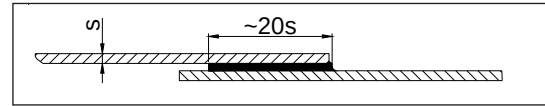


Visual control of welding seam

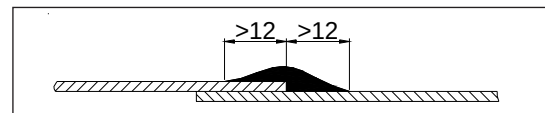
On visual inspection, surface conditions of the welding seam, proper performance as to drawings as well as evenness are evaluated.



Lap joint with fillet weld



Lap joint with lap weld
(for liners with a thickness of up to 3,5 mm)



Lap joint with extrusion welding
(for liners/sheets with a thickness of up to 3,5 mm)



Welding shoes



hand welding extruder Type K1

Detachable joints

Flange connections of piping systems

If pipe joints are connected by means of flanges, the following guidelines have to be adhered to:

Aligning of parts

Before applying of the screw initial stress, the sealing faces have to be aligned planeparallel to each other and fit tight to the sealing. The drawing near of the flange connection with the thereby occurring tensile stress has to be avoided under any circumstances.

Tightening of screws

The length of the screws has to be chosen this way that the screw thread possibly flushes with the nut. There have to be placed washers at the screw head and also at the nut. The connecting screws have to be crosswise screwed by means of a torque key (torque values see www.agru.at).

Generally

It is recommend to brush over the thread, e. g. with molybdenum sulphide, so that the thread stays also at longer operation time easy-running. For the selection of sealing material the chemical and thermal resistance has to be considered.

Unions of piping systems

If pipe joints out of thermoplastics are connected by means of unions, the following regulations have to be adhered to:

For avoiding of unpermissible loads at the installation, unions with round sealing rings should be applied.

The union nut should be screwed manually or by means of a pipe band wrench (common pipe wrenches should not be used).

Prevent the application of unions at areas with bending stresses in the piping systems.

Tip: thread seal only with Teflon, do not use hemp.

Adhesive joints

Adhesive joints with polyolefines are not applicable.

The hereby achieved strength values range extremely below the minimum requirements made to adhesive joints in practice.



General information

Advantages of double containment piping systems

- Application of highly corrosion resistant materials such as PE, PP or PVDF (ECTFE)
- Different combinations of media pipe and protective pipe
- Exact identification of the leak area by means of an electronic detection system therefore low repair expenses
- No successive damages
- Assignment of the system in some protection areas - therefore higher operation flexibility



Application range of double containment piping systems

Buried:

- Buried conveying piping systems of ground water dangerous media through sensitive areas
- Sewage water systems in the industry
- In the landfill construction or in clarification plants for drainage water transport

Aboveground:

- Process systems for dangerous chemicals:
 - in industrial plants
 - in chemical manufacturing
 - in the semiconductor production

The components of double containment piping systems :

Inside pipe:

The media is transported through the inside media pipe

Outside pipe:

The outside- or encasing pipe provides protection against the leaking of the media

The ring gap:

The gap between the inside and outside pipe. In the ring gap the leak detection takes place

Leak detection system:

The leak detection system consists of a supervising room (sleeve), controlling device (z.B. sensor) and an indicator



Available dimensions

In practice different pipe materials have been applied due to different operation conditions. At the double containment piping system the following possibilities can be performed:

	outside pipe (protective pipe)	inside pipe (media pipe)	welding
Standard	PP	PP	S
	PE	PE	S
	PE	PP	K
	PE	PVDF	K
	PP	PVDF	K
On demand	PVDF	PVDF	S
	PE	ECTFE	K
	PP	ECTFE	K
	PVDF	ECTFE	K
	ECTFE	ECTFE	S

S = Simultaneous welding

K = Cascade welding



PE - PP

Standard dimension combinations for
cascade welding
PE/PP - PE/PVDF - PP/PVDF - PE/ECTFE - PP/ECTFE

outside pipe		inside pipe	
d ₁	SDR ₁	d ₂	SDR ₂
90	17	32	11 (21)
125	17	63	11 (21)
160	17	90	11 (33)
200	17	110	11 (33)
280	17	160	11 (33)



PE - PVDF



PP - PP

Standard dimension combination for simultaneous welding PP/PP - PE/PE

outside pipe		inside pipe	
d ₁	SDR ₁	d ₂	SDR ₂
90	17	32	11
110	33	63	11
160	33	90	17
160	33	90	11
200	33	110	17
200	33	110	11
280	33	160	11
315	33	200	11
355	33	250	11



PE - PE

Special dimensions on request!

Connection method

The welding of a dual pipe can happen with different welding methods. There exists also the choice between simultaneous welding and cascade welding. The method of the welding must be indicated in term of the order, because the offset of the inside pipe is adjusted by the welding method.

Simultaneous welding

With simultaneous welding the inside and outside pipe are welded at the same time. Here the dual pipe can be installed or welded like a single pipe but with different welding parameters.

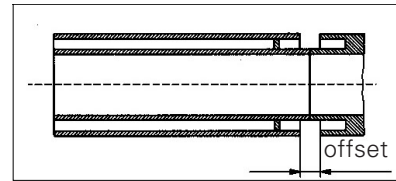
Advantages of simultaneous welding:

- Less time spent for a welding
- Easy and fast installation
- Use of the standard - heating element (not by leak detection cables)

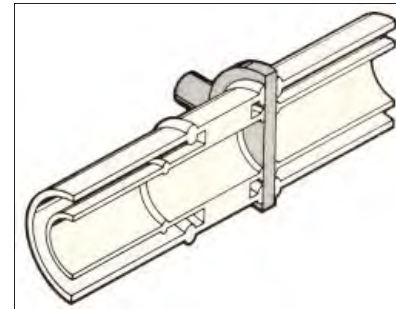
Disadvantages of a simultaneous welding:

- No visual control of the inside pipe welding seam is possible
- Inside and outside pipe must be made of the same material.

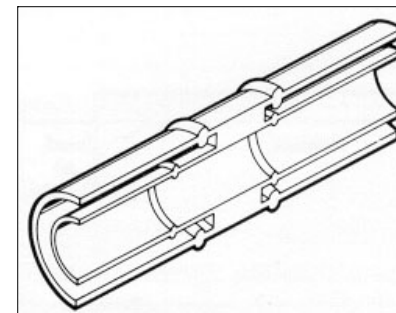
1.Step: Control of the offset on the inside pipe and planning of the welding surface



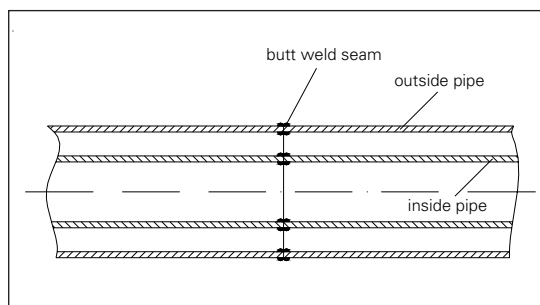
2.Step: Heating of the joining areas



3.Step: Welding of inside and outside pipe



Simultaneous joining with butt welding:



Simultaneous welding of a PE - PE system





Connection method

Cascade welding

For the butt welding of the inside pipe the outside pipe is pulled back until the inside pipe is clamped into the clamps of the welding machine. The inside pipe is welded by heating element butt welding in accordance with the DVS guideline 2207.

The outside pipe can be joined with split heating element butt welding, with sleeve or with electrofusion welding. If a split heating element is used take care that a minimum ring gap between inside pipe and heating element of 10 mm is given. Further do not damage the inside pipe during the adjusting of the heating element. By the welding of the outside pipes with an electrofusion welding socket the inside stop in the middle of the socket should be removed before placement on the outside pipe, this will allow room for welding the inside pipe. After the welding of the inside pipe the loose outside pipe will be pulled on the to be welded pipe and will be welded on the circumference with electrofusion sockets. This welding is only possible with an outside pipe out of PEHD. A further possibility for the joining of the outside pipes is the welding with a sleeve. The procedure can be compared with the welding of electrofusion sockets. In this situation the sleeve is welded in place by hot gas or extrusion welding .

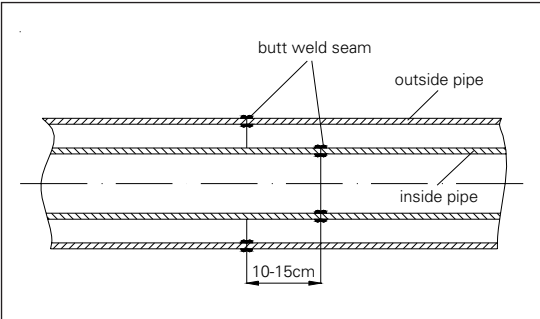
Advantages of the cascade welding:

- Easier installation of the leak detection cable
- The welding seam of the inside pipe can be checked visually
- This method can be applied for all material combinations

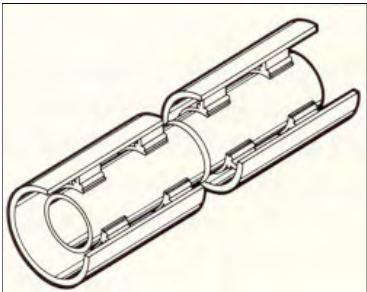
Disadvantages of the cascade welding:

- Higher time expenditure per welding
- Varied installation and so higher installation expenses

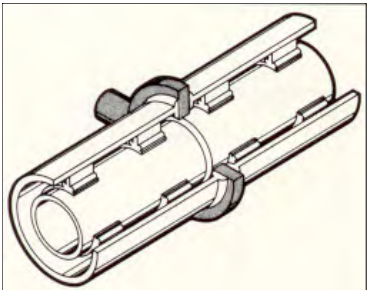
Cascade joining with butt welding



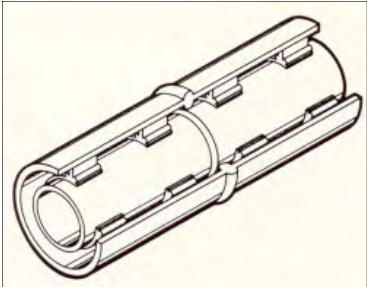
1.Step: Heating and welding of the inside pipe



2.Step: Heating of the outside pipe with a split heating element



3.Step: Welding of the outside pipe



Welding parameter

Welding parameter for PE/PE simultaneous welding

outside pipe			inside pipe			welding force	preheating time	cooling time	bead height outer pipe
d1	SDR	s1	d2	SDR	s2	F	tAw	tAk	
[mm]		[mm]	[mm]		[mm]	[kg]	[sec.]	[min]	[mm]
90	17	5,4	32	11	2,9	25	50	8	1
110	33	3,4	63	11	5,8	34	55	8	1
160	33	4,9	90	17	5,4	58	50	7	1,5
160	33	4,9	90	11	8,2	69	80	12	2
200	33	6,2	110	17	6,6	89	65	9	2
200	33	6,2	110	11	10	106	100	14	2,5
280	33	8,6	160	11	14,6	214	145	18	2,5
315	33	9,7	200	11	18,2	303	180	22	2,5
355	33	10,9	250	11	22,7	432	220	27	3

Welding parameter for PP/PP simultaneous welding

outside pipe			inside pipe			welding force	preheating time	cooling time	bead height outer pipe
d1	SDR	s1	d2	SDR	s2	F	tAw	tAk	
[mm]		[mm]	[mm]		[mm]	[kg]	[sec.]	[min]	[mm]
90	17	5,4	32	11	2,9	17	80	8	1
110	33	3,4	63	11	5,8	22	100	10	1
160	33	4,9	90	17	5,4	38	70	8	1,5
160	33	4,9	90	11	8,2	45	120	15	1,5
200	33	6,2	110	17	6,6	60	110	10	1,5
200	33	6,2	110	11	10	70	160	18	2
280	33	8,6	160	11	14,6	142	200	22	2,5
315	33	9,7	200	11	18,2	200	290	30	2,5
355	33	10,9	250	11	22,7	285	300	33	3

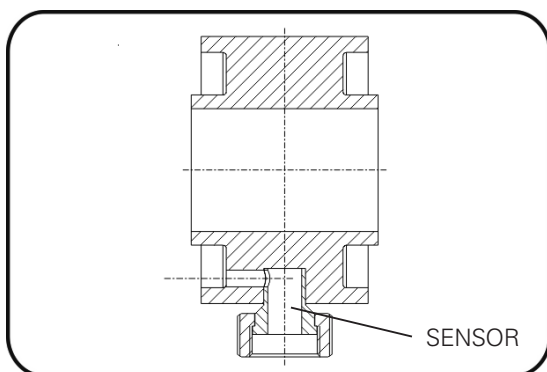
Leakage detection system

You need a **leak detection system** to supervise the transport of media in double containment piping systems. This is installed in or through the ring gap between the inside and outside pipe. If a leak should occur the operator immediately receives a message from the permanent leak detection system. The outside pipe protects the environment until a repair happens.

Today the following leak detection system in piping system are applied:

Sensors

In leak detection with sensors the sensors are installed on the lowest point of the pipeline system. In the case of a leaking the leaked medium will be advanced to the lowest point in the ring gap, where a sensor is situated. The sensors, which depend on different detection methods, can locate the position of the leak. This measurement ensures a constant control of the system, because the sensors are joined to a terminal, which makes supervising very easy. Through the application of fixed points the pipeline system can be split into separate safety zones. A further advantage is that in case of a leak the detection system can be renewed. Through the easy installation of the leak detection system it is one of the most widespread systems in practice.



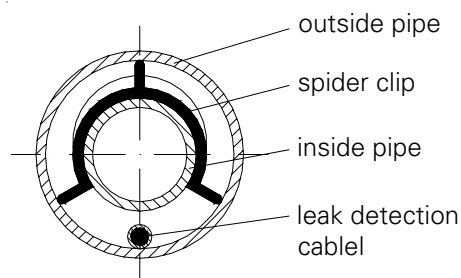
Visual leak detection

After leaking the medium can be seen through inspection glasses. These must be installed on all lowest points of the pipeline system. In case of a leak the leaked medium will advanced to the lowest point and there it can be seen. The inspection glasses should have ports to make analysies of the medium in case of a leak. A constant control of the system by the visual method is not possible because the controls depends on the operator.

It is also possible to install a valve at the lowest point at the outside pipe of the double containment pipe for leak detection.

Leak detection cables

This special leak detection method was developed to detect and show the leak places . The cables are installed over the whole length in the ring gap of the piping system. The position of the leak can be located exactly with a system map.



Differential control

(Comparison inside pressure to ring gap pressure)

With differential pressure control the ring gap is supplied with under- or over pressure. By the overpressure method the gas flows out of the ring gap in the inside or media pipe during pressure loose in the ring gap, as a result of this an alarm is triggered by a pressure manometer. If a leak develops by the under pressure or vacuum control it will lead into a pressure loss in the media pipe following a pressure increase in the ring gap, which will also trigger an alarm. For the dimensions the stress of the different pressure in the ring gap should be noticed.

Design of the double containment piping system

Installation system

With the installation of the double containment piping system are in comparison with the installation of a single pipe possible changes in the length due to thermal expansion or contraction require special attention. The temperature changes of the inside and outside pipe can be different or even opposite through the distance between the pipes. This can lead to considerable length expansions of the pipes to one another. If it can not be picked up constructive stress will be developed which is an additional demand on the pipe lines. One can distinguish between three different design systems:

Unimpeded heat expansion (flexible system)

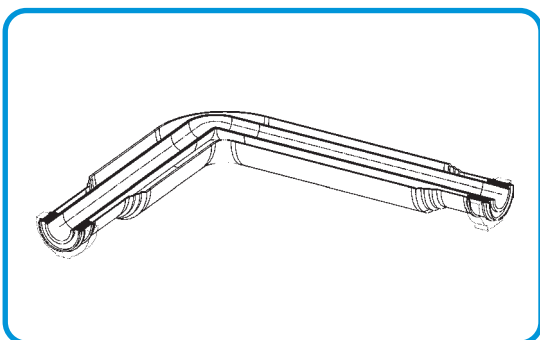
The inside and outside pipe are installed such that a length expansion from both pipes and even among each other can happen. In term of the planning we have to consider that the length expansion of the inside pipe takes place in the outside pipe.

Advantages:

- Applicable for higher operating temperatures
- Low stress of the double containment piping system because of free expansion

Disadvantages:

- Higher expenses
- Need often much area because of the compensation elbow



System with impeded heat expansion

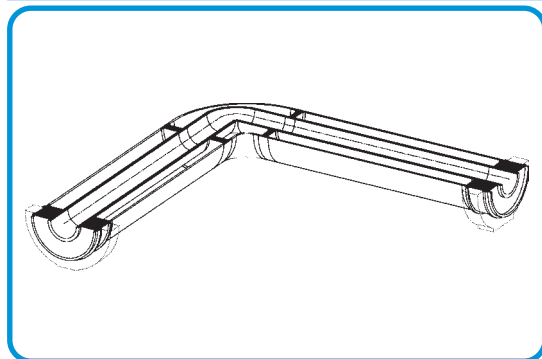
The inside and outside pipe are fixed together by dog bones. The length expansion of the whole double containment pipe line will be picked up through sufficient measures (compensator, straight). This method is only sensible when the inside and outside pipe are made out of the same material and few temperature changes between inside and outside pipe occur.

Advantages:

- low expenses
- usually low fixing expenses

Disadvantages:

- high stress in the double containment piping system
- need often much area because of the compensation elbow



Fixed system

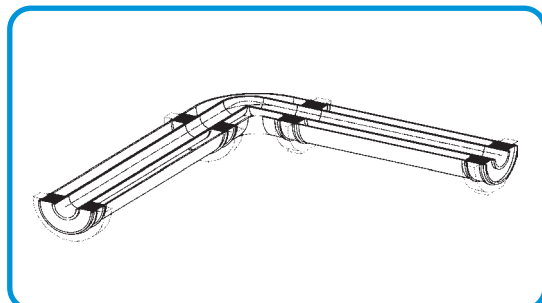
Inside, outside pipe and the surrounding are fixed together by dog bones on each direction change. A length expansion of the inside or outside pipe is not possible.

Advantages:

- low expenses
- need little area

Disadvantages:

- high dog bone forces (note the fixing demand)





- Installation of the double containment system
- Calculation

In order to be able to perform a complete and exact calculation and design of the piping system, we need to know the exact application and installation conditions of the respective project.

We have issued two questionnaires which should to be filled in by the customer and sent back to us. The questionnaires are available on demand. After the analysis of the questionnaire through our technical department you will receive a recommendation for the dimensions of the double containment piping system.

Questionnaire I

("Application and installation conditions") contains the dimensions, materials, pressure ratings, general application parameter and the leak detection system.

Please find the questionnaire on the next page.

Questionnaire II

("Application conditions for buried piping systems") should be filled in if the piping system shall be installed underground and therefore a static calculation is necessary.

Please find the questionnaire on page 159.

zulässige Spannungen (N/mm²)			unbehinderte Wärmeausdehnung (Sp. in N/mm²)		
	Innenrohr	Außenrohr		Innenrohr	Außenrohr
Minimaltemperatur	12.408	5.874	Minimaltemperatur		
Maximaltemperatur	8.335	5.274	Maximaltemperatur	5.472	

fest eingespanntes System (Sp. in N/mm²)			behinderte Wärmeausdehnung (Sp. in N/mm²)		
	Innenrohr	Außenrohr		Innenrohr	Außenrohr
Minimaltemperatur	5.481	0.743	Minimaltemperatur	5.456	1.173
Maximaltemperatur	6.009	0.000	Maximaltemperatur	6.325	1.360

Knicklänge (mm): 745

Innentemp./Außentemp.: Max/Min Min/Max
rel. Längendiff. (mm/m): 7.60 1.19

Innentemp./Außentemp.: Max/Min Min/Max
Knicklänge (mm): 702 1032

Excerpt from our calculation program for the double containment piping system

Verwaltung

Kunde: Mustermann GmbH Sachbearbeiter: Herr Muster

Objekt: Teststrecke

Durchflußmedium

Art des Mediums: Salzsäure

spezifisches Gewicht (g/cm³): 1.0 Abminderungs-faktor: 1.0

Rohrdaten

	Innenrohr	Außenrohr
Werkstoff:	PVDF	PEHD
Außendurch-messer (mm):	63	125
Wanddicke (mm):	3	7.1

Beanspruchung

	Innenrohr	Außenrohr
Minimaltemperatur (°C):	10	5
Maximaltemperatur (°C):	60	20
Verlegetemperatur (°C):	20	
max. Betriebsüberdruck (bar):	6	
Lebensdauer (Jahre):	25	

Excerpt from our calculation program for the double containment piping system

Double containment piping system

Questionnaire to calculate the double containment piping systems

Please send the filled questionnaire back to the indicated address.

Company: _____ Phone: _____
 Name: _____ Telefax: _____
 Site: _____
 Project: _____

Operating conditions

Flow medium¹: _____
 Operating temperature: inside min. _____ °C inside max. _____ °C
 Operating temperature: outside min. _____ °C outside max. _____ °C
 Installation temperature: _____ °C Medium density: _____ kg / m³
 max. operating over pressure: _____ bar required time to fail: _____ years

Requested material combination:

Inside pipe ☐ PEHD ☐ PP ☐ PVDF ☐ ECTFE outside pipe ☐ PEHD ☐ PP ☐ PVDF ☐ ECTFE

Requested wall thickness combination and dimensions outside pipe / inside pipe:

Simultaneous welding					
outside pipe		inside pipe		PE	PP
d1	SDR	d2	SDR	PE	PP
90	17	32	11	☐	☐
110	33	63	11	☐	☐
160	33	90	17	☐	☐
160	33	90	11	☐	☐
200	33	110	17	☐	☐
200	33	110	11	☐	☐
280	33	160	11	☐	☐
315	33	200	11	☐	☐
355	33	250	11	☐	☐

cascade welding						
outside pipe		inside pipe		PE	PE	PP
d ₁	SDR ₁	d ₂	SDR ₂	PP	PVDF	PVDF
90	17	32	11 (21)	☐	☐	☐
125	17	63	11 (21)	☐	☐	☐
160	17	90	11 (33)	☐	☐	☐
200	17	110	11 (33)	☐	☐	☐
280	17	160	11 (33)	☐	☐	☐

☐ others: outside pipe d1 _____ SDR _____ inside pipe d2 _____ SDR _____

Installation

- ☐ aboveground system, plant
☐ aboveground system, outdoor in the shade
☐ with direct UV radiation
☐ buried piping system²

Leak detection system

- ☐ selective with sensors
☐ constant detection with leak detection cables
☐ visual control
☐ other leakd detection methods

Address:

AGRU Kunststofftechnik GmbH

Ing. Pesendorfer-Strasse 31
 E-Mail: anwt@agru.at
 A-4540 Bad Hall

Phone : +43 7258 790 0

Internet: <http://www.agru.at>

¹ For the material choice of the piping system is the exact combination of the medium necessary to control the chemical resistance.

² By buried systems please demand on our questionnaire „Application conditions for buried piping system“.

Material Properties	 Approvals and Standards
Installation Guidelines	● Approvals The high quality standard of our products is documented by a series of approvals. The systems out of PE, PP and PVDF are approved as per approval principles of DIBt and following registration numbers: PE Z-40.23.232 Z-40.23.231 PP Z-40.23.234 Z-40.23.233 PVDF Z-40.23.201 Z-40.23.202 ● 3rd party control In addition to internal controls, regular tests on products and of internal procedures, performed by independently accredited test institutes, are of prime importance. This external control is one element of product approvals in several application ranges and countries, where the modalities of the external control are regulated in registration and approval certificates. Presently following institutes are commissioned for the production: TUV-Sued-Industrieservice MPA-Darmstadt SKZ-Wuerzburg LKT-TGM-Wien OFI-Wien
Calculation Guidelines	The pipes and fittings out of PE, PP and PVDF are approved according European pressure equipment directive 97/23/EG for the production of pressure equipment. PPH and PVDF - fittings and valves DGR-0036-QS-785-15 Fittings PE 100 and PE 80 DGR-0036-QS-7222964--15-001
Connection Methods	Fittings PP-H and PP-R DGR-0036-QS-7222964--15-001 Fittings PVDF DGR-0036-QS-7222964--15-001 Pipes PPH, PPR, PE 80, PE 100 DGR-0036-QS-7222964--15-001
Double Containment Piping	Further approvals: PP-R-pipes ON87272 PP-H-pipes ON83054 PE-pipes and fittings OENORM EN 12201 PE-pipes and fittings OENORM EN 13244
Approvals and Standards	 202

Standards

AGRU pipes, fittings and semi finished products are manufactured out of standardized moulding materials and produced according relevant international standards.

Hereafter a summary of the most important standards for PE, PP, PVDF and ECTFE.

OENORM B 3800
Behaviour of building materials and components in fire

OENORM B 5014, part 1
Sensory and chemical requirements and testing of materials in contact with drinking water

OENORM B 5174
Polypropylene pipes

OENORM EN 12201
Plastics piping systems for water supply - Polyethylene (PE)

OENORM EN 13244
Plastics piping systems for buried and above-ground pressure systems for water for general purposes, drainage and sewerage - Polyethylene (PE)

OENORM EN ISO 1872
Plastics - Polyethylene (PE) moulding and extrusion materials

OENORM EN ISO 1873
Plastics - Polypropylene (PP) moulding and extrusion materials

OENORM EN ISO 15494
Plastics piping systems for industrial applications - Polybutene (PB), polyethylene (PE) and polypropylene (PP) - Specifications for components and the system - Metric series (ISO 15494:2003)

DIN 4102
Fire behaviour of building materials and building components

DIN 8074/8075
High-density polyethylene pipes

DIN 8077/8078
Polypropylene pipes

DIN 16962 part 1 - part 13
Pipe joints and their elements for pressure pipes of polypropylene (PP)

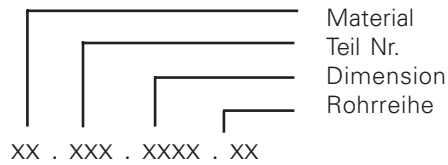
DIN 16963 part 1 - part 15
Pipe joints and their elements for pressure pipes of high-density polyethylene (HDPE)

ISO 4065
Thermoplastic pipes

ISO 10931 part 1 - part 5
Plastics piping systems for industrial applications - Polyvinylidene fluoride (PVDF)

Bestellbeispiel für AGRU Formteile

AGRU - CODE



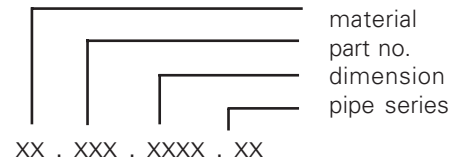
Bestellbeispiel:
PE 80 Bogen 90°, DA 63 mm, SDR 11
Code: 20.001.0063.11

Material-Code Nr.:

11 PP-R grau
12 PP-H grau
14 PP-R schwarz
15 PP weiss
16 PP natur
17 PP-s grau
19 PP-s-el schwarz
40 ECTFE natur
85 PVDF/PVDF

Order Sample for AGRU fittings

AGRU - CODE



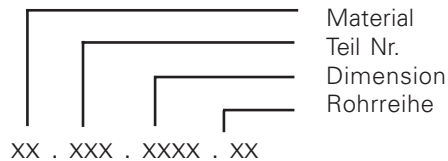
Order Sample:
PE 80 bend 90°, OD 63 mm, SDR 11
Code: 20.001.0063.11

Samples of Material-Code No.:

11 PP-R grey
12 PP-H grey
14 PP-R black
15 PP white
16 PP natural
17 PP-s grey
19 PP-s-el black
20 PE 80 black
25 PE 100 black
85 PVDF/PVDF

Bestellbeispiel für AGRU Platten

AGRU - CODE



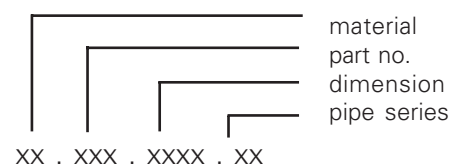
Bestellbeispiel:
PVDF Platte, 2000 x 1000 mm, 2 mm dick
Code: 30.600.2010.02

Material-Code Nr.:

11 PP-R grau
12 PP-H grau
14 PP-R schwarz
15 PP weiss
16 PP natur
17 PP-s grau
19 PP-s-el schwarz
40 ECTFE natur
85 PVDF/PVDF

Order Sample for AGRU sheets

AGRU - CODE



Order Sample:
PVDF sheet, 2000 x 1000 mm, 2 mm thick
Code: 30.600.2010.02

Material-Code No.:

11 PP-R grey
12 PP-H grey
14 PP-R black
15 PP-H white
16 PP natural
17 PP-s grey
19 PP-s-el black
20 PE 80 black
85 PVDF/PVDF



Piping Systems

AGRULINE | INDUSTRIAL | PURAD | AGRUSAN/AGRUAIR



Semi-Finished Products

SHEETS | ROUND BARS | RODS



Concrete Protection

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



Lining Systems

GEOMEMBRANES | AGRUFLEX - TUNNEL LINER

0917

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 GmbH
Ing.-Pesendorfer-Straße 31
4540 Bad Hall, Austria

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

