

Technisches Handbuch

Druckrohrsysteme

Für Gas, Wasser, kommunale und industrielle Abwässer



An Orbia business.



Druckrohrsysteme

Technisches Handbuch

1. Geschichtliche Entwicklung von PE-Werkstoffen 4

Entwicklung der Rohstoffe	4
Polyethylen (PE) Kunststoffe für Druckanwendungen im Vergleich	5

2. Wavin PE-Druckrohrsysteme 6

Für jede Anwendung das richtige PE-Druckrohr	6
--	---

3. Wavin PE-Druckrohre – Lieferformen 8

Stangenware	8
Ringbunde	9
Großtrommeln	10

4. Beständigkeit und Eigenschaften von Wavin PE-Druckrohren 11

5. Mindestwanddicke für Druckrohre und Betriebsüberdruck 13

Mindestwanddicke	13
Betriebsüberdruck	14

6. Maximal zulässige Zugkräfte für Wavin PE-Druckrohre 15

7. Minimal zulässige Biegeradien von Wavin PE-Rohren 17

8. Ermittlung des Volumenstromes bzw. Massenstromes 18

9. Beuldruck (Betriebsunterdruck) 20

Beuldruck (Betriebsunterdruck)	20
Unterdruck und Vakuum	20
Auswirkung von Beuldruck	20

10. Druckprüfung von Druckrohrleitungen 22

Prüfung von Trinkwasserleitungen	22
----------------------------------	----

11. Verbindungstechnik – Heizelementstumpfschweißen 23

12. Verbindungstechnik – Heizwendelschweißen 25

13. Verlegung in offener Bauweise 27

Lagerung und Transport	27
Verlegung im offenen Graben	27
Überdeckungshöhe und Mindestabstände bei Versorgungsleitungen	29

14. Chemische Beständigkeit 30

15. Technische Begriffe und Umrechnungstabellen 38

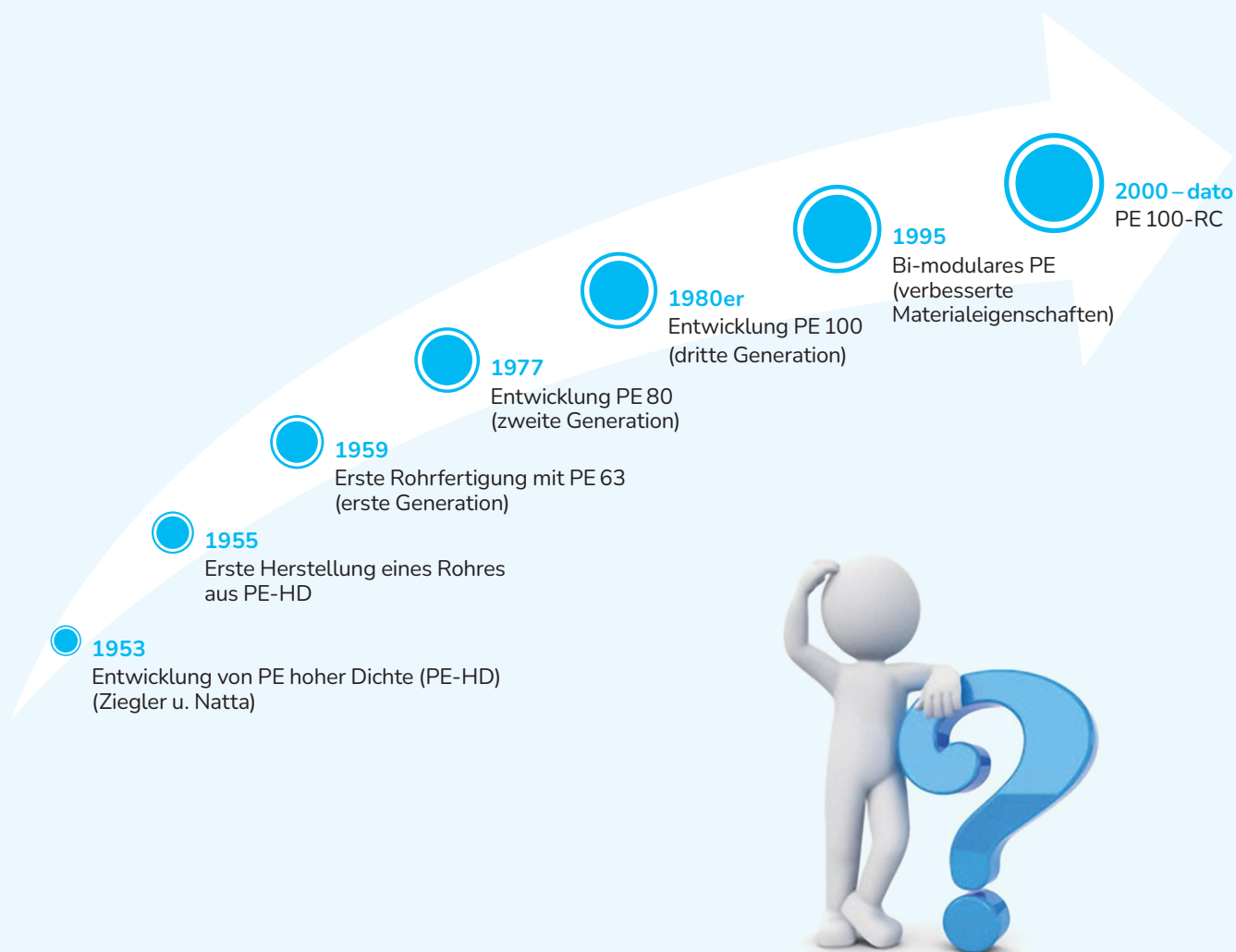
Technische Begriffe	38
Allgemeine Fachbegriffe	39
Umrechnung von Einheiten	39

1. Geschichtliche Entwicklung von PE-Werkstoffen

Die Entwicklung von PE-Rohstoffen ist in den letzten Jahrzehnten permanent vorangebracht worden. Diese Weiterentwicklung der Rohstoffe hat dazu geführt, dass die Leistungsfähigkeit von PE-Rohren und -Formteilen erheblich verbessert wurde. Die vom Markt geforderten Eigenschaften zur Verarbeitung und Verlegung wurden bei diesen Rohstoffentwicklungen erfolgreich berücksichtigt.

In den Anfängen wurden die Rohrtypen aus Polyethylen nach der Dichte des jeweiligen Rohstoffes eingeteilt (PE-LD, PE-MD, PE-HD). Nachfolgend wurde diese Zuordnung der Rohrtypen durch die Einführung von Festigkeitsklassen gemäß der ISO 9080 (PE 63, PE 80, PE 100) geändert. Die Entwicklung der Rohstoffe kann der untenstehenden Grafik entnommen werden.

Entwicklung der Rohstoffe



... und in Zukunft?

Polyethylen (PE) Kunststoffe für Druckrohre im Vergleich

Polyethylen (PE) ist ein Kunststoff, der sehr stark verbreitet ist. Das Material gehört zu der Familie der Polyolefine und baut sich auf Basis von Kohlenstoff und Wasserstoff auf. Basis der Polyethylene ist das Ethylen C_2H_4 bei dem durch Polymerisationsverfahren mit weiteren Ethylen Molekülen Makromolekülen entstehen. Die Polymerisation kann unter Einwirkung von Wärme- und Strahlungsenergie in Verbindung mit Katalysatoren durchgeführt werden. Je nach Herstellungsbedingungen entstehen bei der Polymerisation von Ethylen weitgehend lineare Makromoleküle mit mehr oder weniger starken Ausbildungen von Verzweigungen.

Die permanente Entwicklung der PE Formmassen hat dazu geführt, dass die Leistungsfähigkeit von PE Rohren und Formteilen in den letzten Jahrzehnten erheblich verbessert wurde. Der Werkstoff PE 100-RC gehört schon seit Jahren zu den Standardrohstoffen die bei den modernen Rohrsystemen zum Einsatz kommen.

Übersicht der Rohstoffe

Eigenschaft	Einheit	PE 80	PE 100	PE 100-RC
MRS	N/mm ²	8	10	10
Dichte	g/cm ³	~ 0,94	~ 0,96	~ 0,96
E-Modul (Kurzzeit)	N/mm ²	~ 800	~ 1.000	~ 1.000
Streckspannung	N/mm ²	≥ 21	≥ 23	≥ 23
Bruchdehnung	%	~ 300	> 300	> 350
FNCT	h	> 120	> 300	≥ 8.760
MFR	g/10 min	~ 0,4	~ 0,3	~ 0,3
Schweißgruppe	-	010	003	003

PE 80 Werkstoffe

PE 80 Werkstoffe wurden und werden neben den drucklosen Anwendungen in der Abwassertechnik auch im Bereich von Hausanschlüssen eingesetzt. Aus diesem Rohstoff werden Druckrohre für die Gas- wie auch Wasserhausanschlüsse hergestellt. Die hohe Flexibilität des Werkstoffes hilft bei der Verarbeitung in engen Baugruben. Der Werkstoff kann sowohl mechanisch wie auch mittels Schweißtechnik verbunden werden. Eine Verlegung im Sandbett ist dringend erforderlich.

PE 100 Werkstoffe

PE 100 Werkstoffe werden als Werkstoffe der 3. Generation bezeichnet. Sie haben gegenüber den PE 80 Werkstoffen eine höhere Druckfestigkeit und eine höhere Zugfestigkeit. Diese Werkstoffe werden in allen Bereichen der Ver- und Entsorgungswirtschaft eingesetzt. Rohre aus diesem Werkstoff müssen in einem Sandbett verlegt. Die Rohre können sowohl mittels mechanischen Verbindungskupplungen wie auch mit Schweißtechniken verbunden werden.

PE 100-RC Werkstoffe

PE 100-RC Werkstoffe gehören hinsichtlich Festigkeit, Biegung und Verschweißung zu den PE 100 Werkstofftypen. Rohre aus PE 100-RC Werkstoffen können ohne die sonst notwendige Sandbettung verlegt werden. Somit kommen diese Rohre auch verstärkt bei alternativen Verlegeverfahren zum Einsatz. Neuere Rohstoffentwicklungen ermöglichen die Verwendung der Rohre auch unter extremen Einsatzbedingungen ohne jeglichen besonderen Schutz. Druckrohre aus PE 100-RC, wie das Wavin TS^{DOQ®}, können sowohl mittels mechanischen Verbindungskupplungen als auch mit Schweißtechniken (Elektroschweißmuffen bzw. Heizelementstumpfschweißen) verbunden werden.

2. Wavin PE-Druckrohrsysteme

Wavin Druckrohrsysteme aus PE 100 und PE 100-RC haben sich als leistungsstarke, wirtschaftliche Systeme für die Trinkwasser- und Gasversorgung sowie für die Abwasserdruckentsorgung seit Jahrzehnten bewährt.

Wavin PE-Druckrohre sind in verschiedenen Qualitätsklassen erhältlich. Diese Einteilung hat das Ziel, für jede Beanspruchung das optimale PE-Druckrohr bereitzustellen, welches eine Lebenserwartung von mindestens 100 Jahren mit sich bringt.

Für jede Anwendung das richtige PE-Druckrohr



	Wavin TS ^{DOQ} ®	Wavin SafeTech RC ⁿ	Wavin PE100-RC Druckrohr	Wavin PE100 Druckrohr
Medien	Wasser, AWD	Wasser, Gas, AWD	Industrie, Abwasserdruck (AWD)	Industrie, Abwasserdruck (AWD)
Rohraufbau	Drei-Schicht-Rohr	Zwei-Schicht-Rohr	Ein-Schicht-Rohr	Ein-Schicht-Rohr
Werkstoff	PE 100-RC + DOQ Qualität	PE 100-RC	PE 100-RC	PE 100
RC-Werkstoffprüfung	PE 100-RC + DOQ Qualität	PAS 1075	PAS 1075	nein
RC-Batchprüfung am Rohr entspricht	≥ 8.760 Std. FNCT oberhalb PAS 1075 pro Batch	≥ 3.300 Std. FNCT gemäß PAS 1075 halbjährlich	≥ 3.300 Std. FNCT gemäß PAS 1075 halbjährlich	nein
Besondere Schutzeigenschaften	ja	ja	ja	nein
Verlegeverfahren	offene, sandbettfreie Verlegung und alle Verlegungen	offene, sandbettfreie Verlegung und alle Verlegungen	offene, sandbettfreie Verlegung und alle Verlegungen	offene Verlegung im Sandbett
Bettung	alle Bodenklassen	alle Bodenklassen	alle Bodenklassen	Sand
Verfügbare Außen-Ø OD [mm]	32 – 500 gemäß Lieferprogramm	32 – 500 gemäß Lieferprogramm	63 – 500 gemäß Lieferprogramm	63 – 500 gemäß Lieferprogramm
SDR *	17 – 11	17 – 11	17 – 11	17 – 11
Betriebssicherheit	100 Jahre	100 Jahre	100 Jahre	100 Jahre

* Weitere Druckstufen auf Anfrage

Das dreischichtige PE 100-RC Druckrohr **Wavin TS^{DOQ}**® wird ohne Einschränkungen für alle Verlegungsmethoden empfohlen. Die dokumentierte (DOQ)-Qualitätssicherung sichert alle Anforderungen und Nachweise an das Rohr ab. Ein spezieller PE 100 RC-Rohstoff welcher oberhalb der normativen Ansprüche und der PAS 1075 Vorgaben performt, macht dies möglich.

Das zweischichtige **Wavin SafeTech RCⁿ** und das Vollwandrohr **Wavin PE 100-RC Druckrohr** sind für alle alternativen Verlegungstechniken geeignet und unterliegen einer Qualitätssicherung gemäß den normativen Vorgaben und denen gemäß der PAS 1075.

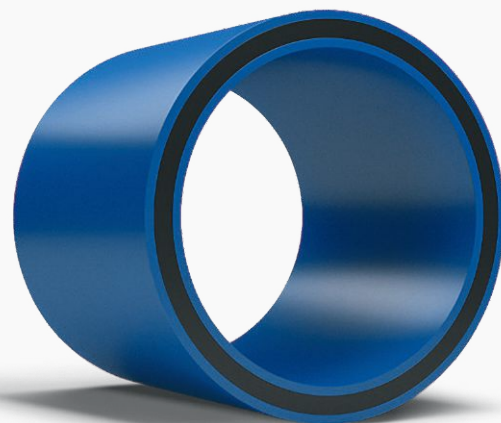
Das **Wavin PE 100 Druckrohr** erfüllt die normativen Anforderungen und ist ausschließlich für die Verlegung im Sandbett zu verwenden

Neben der traditionellen offenen Verlegung im Sandbett gibt es viele alternative Verlegeverfahren, die unterschiedliche Rohrqualitäten benötigen. Wavin unterscheidet entsprechende Einsatzbereiche und spricht Empfehlungen hinsichtlich des optimalen Rohrmaterials bei den Verlegeverfahren aus.

Empfehlung für den Einsatz des optimalen Wavin Rohrsystems

Wavin Rohrsystem	Verlegung im Sandbett	Verlegung mit Aushubmaterial	Pflügen / Fräsen	Relining	HDD	Berstlining
Wavin PE 100 Druckrohr	😊	😞	😞	😞	😞	😞
Wavin PE 100-RC Druckrohr	😊	😊	😊	😐	😐	😞
Wavin SafeTech RC ⁿ	😊	😊	😊	😐	😐	😞
Wavin TS ^{DOQ} ®	😊	😊	😊	😊	😊	😊

- 😊 Einsatz möglich
- 😐 Wir haben bessere Lösungen
- 😞 Lieber nicht



Wavin TS^{DOQ}® Trinkwasserrohr

3. Wavin PE-Druckrohre – Lieferformen

Wavin Druckrohre sind als Stangenware mit Baulängen von 6 m, 12 m und 20 m sowie als Ringbunde mit Baulängen von 100 m bis 300 m lieferbar. Für besondere Anwendungen können, bis zu einem Rohraußendurchmesser von 180 mm, Längen bis zu 4.000 m auf Jumbo-Trommeln angeliefert werden.

Auf Wunsch werden alle Wavin PE-Druckrohre mit einem wetterbeständigen Traceability-Code (Rückverfolgbarkeits-Code-Aufkleber) nach ISO 12176-4 ausgestattet.



Transporthinweis: Ringbunde bis OD 125 auf LKW und ab OD 140 Mulde.

Anzahl der Ringbunde per Mulde (100 m): OD 110 – 16 Bunde

OD 125 – 12 Bunde

OD 140/160/180 – 9 Bunde

PE-Druckrohre Stangenware

PE-Rohrpalettierung Stangenware

Abmessung mm	Rohre/Palette Stück	Meter pro Palette		Maße Paletten Breite x Höhe (mm)	Paletten pro LKW	
		6 m Stange	12 m Stange		6 m Stange	12 m Stange
32	600 *	3.600	7.200	1.200 x 650	16	8
40	400 *	2.400	4.800	1.200 x 650	16	8
50	160	960	1.920	1.100 x 470	16	8
63	132	792	1.584	1.200 x 560	16	8
75	102	612	1.224	1.220 x 600	16	8
90	58	348	696	1.200 x 510	20	10
110	48	288	576	1.220 x 610	20	10
125	34	204	408	1.220 x 560	16	8
140	38	228	456	1.220 x 730	16	8
160	20	120	240	1.220 x 560	20	10
180	17	102	204	1.200 x 610	16	8
200	14	84	168	1.100 x 660	16	8
225	14	84	168	1.220 x 730	16	8
250	11	66	132	1.100 x 800	12	6
280	11	66	132	1.220 x 880	12	6
315	8	48	96	1.080 x 970	12	6
355	8	48	96	1.180 x 1.080	8	4
400	5	30	60	1.180 x 1.080	8	4
450	4	24	48	1.020 x 1.010	8	4
500	2	–	24	1.100 x 610	–	–

* Kundenspezifische Mengenanpassung möglich



Achtung: Beim Abwickeln der Rohre von Trommeln oder Ringbunden ist zu beachten, dass die Rohrenden bzw. einzelne Lagen des Ringbundes beim Lösen der Befestigung federnd wegschnellen können. Nach Fixieren des Rohrendes sind die Abbindungen von außen nach innen fortlaufend zu lösen.

Da besonders bei größeren Rohren erhebliche Kräfte frei werden, ist aufgrund erhöhter Unfallgefahr geeignetes Equipment einzusetzen.

PE-Ringbunde

Maße PE-Ringbunde

OD mm	Länge	Innen	Außen	Breite
25	100	660	880	240
	200	680	1025	300
32	100	880	1166	240
40	100	880	1237	300
50	100	1000	1446	325
63	100	1750	2094	410
	300	1750	2290	620
75	100	1750	2290	480
	300	1750	2290	620
90	100	2200	2630	520
	300	2400	3200	770
110	100	2200	2820	630
	300	2400	3380	940
125	100	2200	2850	700
	300	2400	3520	1060
140	100	2400	3165	770
	300	2400	3800	1100
160	100	2400	3274	880
	220	2400	3500	1200
180	100	2400	3384	800

Es ist zu berücksichtigen, dass es bei Ringbundware fertigungsseitig bzw. logistisch bedingt zu erhöhten Ovalitäten bzw. Deformationen kommen kann. Daraus resultierende Reklamationen können nicht anerkannt werden.

3. Wavin PE-Druckrohre – Lieferformen

Wavin PE-Druckrohre können auch auf Trommeln gewickelt geliefert werden. Dadurch können größere Längen ohne eine Verbindungstechnik verlegt werden. Insbesondere bei den alternativen Verlegeverfahren wie Pflügen, Fräsen oder dem Spülbohrverfahren sind diese Lieferlängen von Vorteil.

Großtrommeln – Fa. Willen 3,70 m x 2,30 m

Großtrommeln werden mittels speziellen Tiefbetttrailern transportiert. Max. drei Trommeln können transportiert werden. Die Trommelachse der Trommel steht quer zur Fahrbahn. Bis zu 1.550 m Länge (OD 90 mm) können im Werk aufgetrommelt und dann geliefert werden. Für den Transport sind keine gesonderten straßenbehördliche Genehmigungen notwendig. Die Lieferlängen und Transportbedingungen für Rohre bis OD 180 mm sind wie folgt:



Anlieferung von Großtrommeln

Lieferlängen Großtrommeln

Produkte	OD [mm]	SDR*	Lieferlängen [m] bis Trommel-Außen-Ø 3,70 m Trommelbreite 2,30 m Kerndurchmesser 2,40 m	Gewichte ohne Trommel [kg / m]
Wavin TS ^{DOQ} ® Wavin SafeTech RC ⁿ Wavin PE Vollwand Wavin PE Kabelschutzrohre	90	17 / 11	1550 / 7 Lagen	1,47 / 2,14
	110	17 / 11	1050 / 6 Lagen	2,19 / 3,18
	125	17 / 11	750 / 5 Lagen	2,79 / 4,12
	140	17 / 11	500 / 4 Lagen	3,50 / 5,13
	160	17 / 11	450 / 4 Lagen	4,57 / 6,74
	180	17 / 11	280 / 3 Lagen	5,77 / 8,51

* Gemäß Lieferprogramm



Großtrommel auf der Baustelle

4. Beständigkeit und Eigenschaften von Wavin PE-Druckrohren

Witterungsbeständigkeit

Druckrohre die aus schwarz eingefärbten Rohstoffen aus PE 80, PE 100 oder PE100-RC hergestellt wurden sind UV-stabil und wenig empfindlich für Witterungseinflüsse. Sie erfüllen gemäß dem DVGW- Regelwerk die Anforderungen an einen dauerhafte Witterungsbeständigkeit. Dieses ermöglicht auch den Einsatz im Bereich der oberirdischen Verlegung. Farbige Druckrohre oder Druckrohre mit farbigen Außenschichten sind für einen Freilagezeitraum von max. 2 Jahre stabilisiert.

Temperaturbeständigkeit

PE-Druckrohre sollten im Betrieb nicht mehr als 40°C Dauertemperatur ausgesetzt sein. Kurzzeitig können höhere Temperaturen toleriert werden. Bei dauerhaft höheren Medientemperaturen, reduziert sich der zulässige Betriebsdruck und die Lebensdauer.

Die Richtwerte basierend auf die normativen Abminderungsfaktoren können dem Kapitel „Mindestwanddicke für Druckrohre und Betriebsüberdruck“ entnommen werden.

Chemische Beständigkeit

Gegenüber vielen Chemikalien und verschiedenster Medien weisen PE-Kunststoffe eine sehr gute Beständigkeit auf. Die unpolare Struktur des PE-Werkstoffes ist ursächlich für die hohe Beständigkeit gegenüber einer Vielzahl von Säuren und Laugen. Ebenfalls gegenüber chemisch belasteten Böden weisen Rohre aus PE eine sehr gute Beständigkeit auf. Eine Auflistung der chemischen Beständigkeit finden sie ab Seite 30.

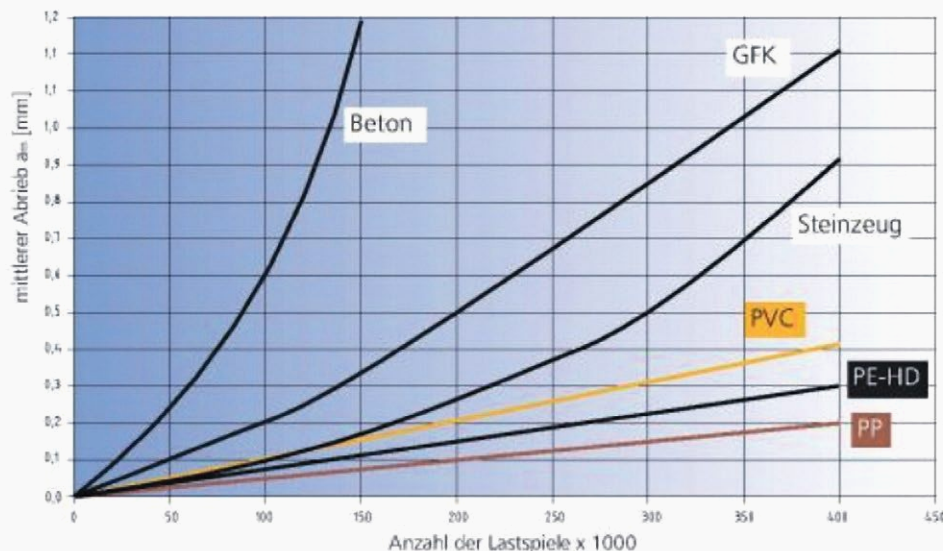
Wasserstoffbeständigkeit

Rohre aus PE-HD können als beständig gegenüber Wasserstoff angesehen werden. Dieses wird durch verschiedene Studien belegt. Zusammenfassend geht aus den Studien hervor, dass bei dem Transport von Wasserstoff durch PE-Leitungen kein größeres Risiko besteht wie bei dem heute üblichen Transport von Erdgas. Die DIN EN 1555-1 verweist im Anhang auf die Beständigkeit hin und bestätigt somit die wissenschaftlichen Studien.

Abriebfestigkeit

Abrieb an der Innenwand bei Rohren aus PE-HD kann durch mechanischen Widerstand hervorgerufen werden. Dieses kann zum Beispiel beim Transport von Medien mit Feststoffanteilen entstehen. Ein positiver Effekt der Kunststoffrohre ist hierbei, dass dieser mechanische Beanspruchung kein harter Widerstand entgegengesetzt wird. Das plastische Verhalten des Polyethylenwerkstoffes wirkt dämpfend und reduziert somit das Abriebverhalten. Aus diesem Grund können Kunststoffrohre auch bei hohen Fließgeschwindigkeiten als abriebfest bezeichnet werden. Mit dem Darmstädter Rinnenversuch gemäß der DIN EN295-3 wird der Abrieb der Werkstoffe an der Innenwand der Rohre gemessen. Hierbei wird nach einem Testzyklus von ca. 100.000 Lastspielen mit einem Wasser-Kiesgemisch der mittlere Abrieb über die Wanddicke bestimmt. Im Vergleich zu anderen Werkstoffen zeigt ein Rohr aus Polyethylen mit den höchsten Widerstand gegenüber Abrasion auf.

Abriebverhalten von Rohren aus verschiedenen Werkstoffen (Darmstädter Verfahren)



Quelle: Kunststoffrohrleitungsverband KRV

4. Beständigkeit und Eigenschaften von Wavin PE-Druckrohren

Korrosion

Als Korrosion wird eine Werkstoffzerstörung bezeichnet, die durch chemische oder elektromagnetische Einwirkung hervorgerufen wird. PE-Werkstoffe gehen in der Regel unter normalen Randbedingungen keine chemischen Reaktionen ein. Somit sind PE-Rohrsysteme unempfindlich gegenüber Korrosion. Bei Metallrohren ist hingegen die Korrosion eine der häufigsten Schadensursachen.

Mikroorganismen

Die Ursache für die Bildung von Biofilm an der Rohrinne wand von Trinkwasserrohren können Mikroorganismen sein, die sich im Wasser befinden und sich dort vermehren. Die für die Vermehrung der Mikroorganismen erforderliche Nahrung befinden sich im Wasser in Form von Mineralien. Begünstigt wird das Wachstum von Mikroorganismen durch zum Beispiel höhere Temperaturen, langsame Fließgeschwindigkeiten, lange Transportwege oder Stagnation. Diese sich negativ auswirkenden Einflüsse sind jedoch dem System zuzuschreiben und nicht in Abhängigkeit des jeweiligen Rohrmaterials. Rohre aus Polyethylen sind aus mikrobiologischer Sicht für den Einsatz im Trinkwasserbereich unbedenklich.

Permeation

Unter Permeation versteht man die Durchdringung eines gasförmigen Stoffes durch einen Festkörper. Der Vorgang der Permeation wird unter anderem durch die Dichte des Materials des Festkörpers beeinflusst. Kunststoffrohre aus PE sind begrenzt diffusionsdicht. In Abhängigkeit des Gases sowie der Temperatur und des jeweiligen Kunststofftyps kann der Permeationskoeffizient P ermittelt werden. Gasverluste durch Permeation sind bei Rohren aus PE 100 bzw. PE 100-RC relativ gering.

Nachhaltigkeit

Polyethylen ist ein thermoplastischer Kunststoff, der es ermöglicht, mit einem geringen Primär- und Sekundärenergiebedarf umweltschonende Produkte herzustellen. Alle Wavin PE-Rohre sind homogen, verzichten auf zusätzliche Umhüllungen oder Mantelschichten und können zu 100% recycelt werden. Sie stehen somit dem Stoffkreislauf ohne Einschränkungen wieder zur Verfügung. Rohre aus Polyethylen sind kein Gefahrgut, haben keine schädliche Wirkung auf die Umwelt und sind chemisch inaktiv.

Brandverhalten

Polyethylen und somit auch Druckrohre aus Polyethylen und gelten als normal entflammbar und werden der Brandklasse B2 zugeordnet. PE entzündet sich bei Flammeneinwirkung, brennt mit schwach leuchtender Flamme auch außerhalb der Zündquelle weiter und tropft brennend ab.

Einsatz Trinkwasserversorgung

Die Unbedenklichkeit von Rohren bzw. deren Rohstoffe für den Einsatz im Bereich der Trinkwasserversorgung wird durch die lebensmittelrechtlichen Vorschriften (gemäß BGA, KTW und EU-Richtlinien) geregelt und abgesichert. Hier erfolgt eine regelmäßige Überwachung der Rohre und Bauteile. Schon seit Jahrzehnten werden Rohre aus Polyethylen für den Transport von Trink-, Roh- und Mineralwasser eingesetzt.



Wavin TS^{DOQ}® Trinkwasserrohr

5. Mindestwanddicke für Druckrohre und Betriebsüberdruck

Mindestwanddicke

Für die Auslegung der Wanddicke bei Druckrohren aus PE 100 oder PE 100- RC ist der Betriebsüberdruck der maßgebende Faktor. Eine Einteilung der Druckrohre erfolgt über das Verhältnis vom Rohraußendurchmesser zur Wanddicke, den sogenannten SDR Reihen. Die Bezeichnung SDR steht für „Standard Dimension Ratio“.

Einen Überblick über die SDR-Reihen und den normativen Wanddicken können der nachfolgenden Tabelle entnommen werden.

Rohrwanddicke (s) in Abhängigkeit der SDR Klasse

OD	SDR					
	21	17	13,6	11	9	7,4
	s [mm]					
16					2,0	2,3
20				2,0	2,3	3,0
25			2,0	2,3	3,0	3,5
32		2,0	2,4	3,0	3,6	4,4
40	2,0	2,4	3,0	3,7	4,5	5,5
50	2,4	3,0	3,7	4,6	5,6	6,9
63	3,0	3,8	4,7	5,8	7,1	8,6
75	3,6	4,5	5,6	6,8	8,4	10,3
90	4,3	5,4	6,7	8,2	10,1	12,3
110	5,3	6,6	8,1	10,0	12,3	15,1
125	6,0	7,4	9,2	11,4	14,0	17,1
140	6,7	8,3	10,3	12,7	15,7	19,2
160	7,7	9,5	11,8	14,6	17,9	21,9
180	8,6	10,7	13,3	16,4	20,1	24,6
200	9,6	11,9	14,7	18,2	22,4	27,4
225	10,8	13,4	16,6	20,5	25,2	30,8
250	11,9	14,8	18,4	22,7	27,9	34,2
280	13,4	16,6	20,6	25,4	31,3	38,3
315	15,0	16,7	23,2	28,6	35,2	43,1
355	16,9	21,1	26,1	32,2	39,7	48,5
400	19,1	23,7	29,4	36,3	44,7	54,7
450	21,5	26,7	33,1	40,9	50,3	61,5
500	23,9	29,7	36,8	45,4	55,8	
560	26,7	33,2	41,2	50,8		
630	30,0	37,4	46,3	57,2		

Die Ermittlung der zulässigen Betriebsdrücke einer Druckrohrleitung ist von verschiedenen Faktoren abhängig.

Die Berechnung erfolgt gemäß folgender der Formel:

$$p_{zul} = \frac{20 \times \sigma_{zul} \times e_{min}}{dn - e_{min}}$$

p_{zul} = zulässiger Betriebsdruck [bar]

e_{min} = Mindestwanddicke [mm]

dn = Rohraußendurchmesser [mm]

σ_{zul} = zulässige Betriebsspannung [N/mm²]

Die zulässige Betriebsspannung σ_{zul} berechnet sich aus der Vergleichsspannung σ_v und dem Gesamtbetriebskoeffizient C.

$$\sigma_{zul} = \frac{\sigma_v}{C}$$

Für den Gesamtbetriebskoeffizient C werden die Werte gemäß EN 1555 bzw. EN 12201 verwendet:

Gesamtbetriebskoeffizient C für Polyethylen	
Trinkwasser	Erdgas
1,25	2,00

Die Vergleichsspannung ist abhängig von der Temperatur und der Betriebsdauer. Bei einer Temperatur von 20°C und einer Betriebsdauer von 50 Jahre liegt die Vergleichsspannung für PE 100 bzw. PE 100-RC Werkstoffen bei 10 N/mm².

In Abhängigkeit der oben aufgeführten Berechnungsgrundlagen ergeben sich folgenden Betriebsdrücke für die Medien Wasser und Gas.

5. Mindestwanddicke für Druckrohre und Betriebsüberdruck

Betriebsüberdruck

Zulässige Betriebsüberdrücke für Wavin Rohre aus PE 100 oder PE 100-RC

Temperatur [°C]	Medium: Wasser Gesamtbetriebskoeffizient (C): 1,25				Medium: Gas Gesamtbetriebskoeffizient (C): 2,00		
	Betriebsdauer [Jahre]	Durchmesser / Wandicken-Verhältnis			Betriebsdauer [Jahre]	Durchmesser / Wandicken-Verhältnis	
		SDR 17	SDR 11	SDR 7,4		SDR 17	SDR 11
10	5	12,4	20,0	31,5	5	7,8	12,5
	10	12,3	19,6	31,0	10	7,7	12,4
	25	12,1	19,2	30,3	25	7,6	12,1
	50	11,9	18,9	29,8	50	7,4	11,9
	100	11,6	18,6	29,3	100	7,3	11,7
20	5	10,6	16,8	26,5	5	6,5	10,5
	10	10,4	16,5	26,1	10	6,4	10,4
	25	10,2	16,1	25,5	25	6,4	10,1
	50	10,0	16,0	25,0	50	6,3	10,0
	100	9,8	15,6	24,6	100	6,1	9,9
30	5	9,0	14,2	22,3	5	5,6	9,0
	10	8,9	14,0	22,1	10	5,5	8,8
	25	8,6	13,7	21,7	25	5,4	8,6
	50	8,5	13,5	21,2	50	5,3	8,5
40	5	7,6	12,2	19,2	5	4,8	7,7
	10	7,5	12,0	19,0	10	4,7	7,6
	25	7,4	11,8	18,5	25	4,6	7,4
	50	7,2	11,5	18,1	50	4,5	7,3
50	5	6,6	10,8	16,7	5	4,2	6,7
	10	6,5	10,5	16,3	10	4,1	6,5
	15	6,2	9,8	15,2	15	3,9	6,0
60	5	5,5	8,0	13,1	5	3,2	5,1

Ermittelte zulässige Betriebsdrücke für Wavin Druckrohre aus PE 100 / PE 100-RC in Anlehnung an EN 12201 / EN 1555 und DIN 8074

Die zulässigen Betriebsdrücke für PE 100 oder PE 100-RC Werkstoffe ergeben gemäß den DVGW-Vorgaben folgende Druckstufen:

Druckstufen gemäß DVGW

Werkstoff PE 100/PE 100-RC SDR	Trinkwasser PN [bar] gemäß DVGW-Vorgaben	Gas PN [bar] gemäß DVGW-Vorgaben
17	10	5
11	16	10

6. Maximal zulässige Zugkräfte für Wavin PE-Druckrohre

Die Beachtung der maximal zulässigen Zugkräfte ist bei der Verarbeitung von Rohren aus Polyethylen auf der Baustelle sehr wichtig. Insbesondere bei der Verlegung der Rohre mittels grabenlosen Verlegeverfahren, wie dem Rohrrelining, dem Berstlining oder dem Horizontalspülbohrverfahren, ist besonders auf die Zugkraft zu achten.

Das Überschreiten der maximal zulässigen Zugkraft kann zu einer irreversiblen Beschädigung des Rohres führen. Die Rohre werden durch die überhöhte Zugkraft verstreckt. Dieses zeigt sich in einem nicht mehr normativen Außendurchmesser und / oder einer nicht mehr normativen Wanddicke. Verstreckte Rohre sind somit nicht mehr für den dauerhaften Betrieb geeignet und es ist zu empfehlen diese Rohre nicht zu verwenden.

Der Einsatz von geeigneten technischen Maßnahmen (Zugkraftmessungen oder Sollbruchstellen im Zugkopfbereich) sollten zum Einsatz kommen, um ein Überschreiten der maximal zulässigen Zugkraft zu verhindern.

Mit der unten aufgeführten Berechnungsformeln kann die maximal zulässige Zugkraft rechnerisch ermittelt werden. Die für die Berechnung herangezogene Vergleichsspannung σ_v ist abhängig von der Rohrwandtemperatur und der Belastungsdauer. Grundsätzlich ist bei diesen Faktoren zu beachten, dass mit steigender Rohrwandtemperatur und / oder steigender Belastungsdauer die maximal zulässige Zugkraft abnimmt.

Berechnung der zulässigen Zugkraft

$$F_z = A \times \sigma_v$$

Berechnung des Rohrwandquerschnitts

$$A = \frac{(d_a^2 \times d_i^2) \times \pi}{4}$$

-
- F_z = zulässige Zugkraft [N]
 A = Rohrwandquerschnitt [mm²]
 σ_v = Vergleichsspannung [N/mm²]
 d_a = Rohraußendurchmesser [mm]
 d_i = Rohrinne Durchmesser [mm]

Für die Vergleichsspannung σ_v wird bei PE 100 bzw. PE 100-RC bei einer Betriebstemperatur von 20°C und 50 Jahre Betriebsdauer ein Wert von 10 N/mm² angesetzt.

Eine Übersicht der zulässigen Zugkräfte für Wavin PE-Druckrohre aus PE 100 und PE 100-RC bei einer Rohrwandtemperatur von 20°C bzw. 40°C kann der unten aufgeführten Tabelle entnommen werden. Die Dauer der Zugbeanspruchung (Einziehdauer) von max. 30 Minuten ist diesen Werten zugrunde gelegt. Bei Zugbeanspruchungen von mehr als 30 Minuten sind die Werte um 10% zu reduzieren. Sollte der Rohreinzug mehr als 20 Stunden in Anspruch nehmen, sind die Werte um 25% zu reduzieren.

Richtwerte bezüglich der zulässigen Zugkräfte

Dimension OD [mm]	SDR 11		SDR 17	
	20°C [kN]	40°C [kN]	20°C [kN]	40°C [kN]
32	2,6	1,8	1,8	1,2
40	4,2	2,9	2,8	1,9
50	6,5	4,6	4,4	3,1
63	10,4	7,3	6,7	5,1
75	14,5	10,2	9,5	7,0
90	21,0	15,3	14,5	10,0
110	31,4	22,5	21,4	15,3
125	40,6	29,4	27,3	19,5
140	50,7	35,5	34,3	24,5
160	66,6	48,6	44,8	32,6
180	84,2	61,1	56,8	41,1
200	103,9	75,3	70,2	51,0
225	131,6	95,6	89,0	64,5
250	162,0	117,4	109,3	79,5
280	204,0	147,8	137,2	99,4
315	257,2	187,0	173,9	126,5
355	326,4	237,5	221,2	160,0
400	414,6	301,2	280,3	203,3
450	525,4	382,3	354,8	258,0
500	648,1	471,7	438,5	319,0

Angaben auf Basis der DVGW Arbeitsblätter GW320-1 und GW321

6. Maximal zulässige Zugkräfte für Wavin PE-Druckrohre

Um den Einfluss der Rohrwandtemperatur auf die max. zulässige Zugkraft zu ermitteln, kann die Vergleichsspannung σ_v für den Temperaturbereich von 10°C bis 40°C aus dem folgenden Diagramm für die Werkstoffe PE 100 und PE 100-RC ermittelt werden. Die untenstehende Tabelle beinhaltet Orientierungswerte.

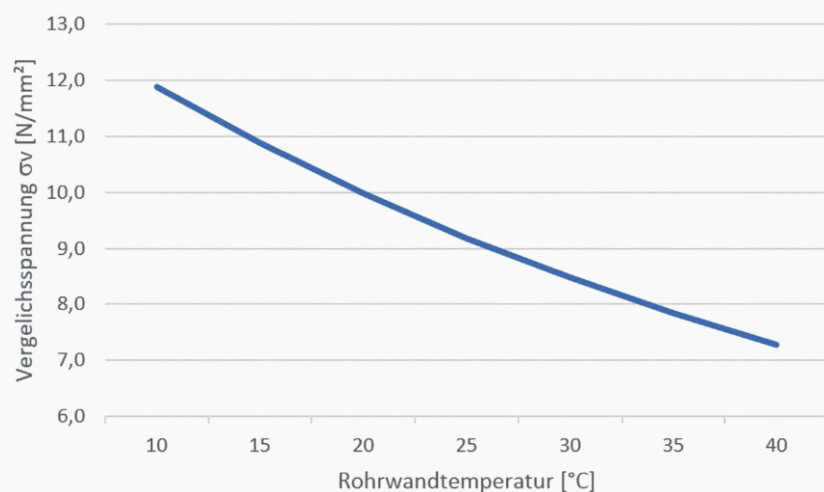
Mit den ermittelten Werten für die Rohrwandtemperatur und der dazugehörigen Vergleichsspannung σ_v kann mit der Berechnungsformel die maximal zulässige Zugkraft berechnet werden.

Eine weitere Abminderung der zulässigen Zugkräfte kann durch den Einfluss von zusätzlichen Biegebeanspruchungen notwendig sein. Dieses ist im Einzelfall zu prüfen.



Qualitätsprüfung an einem Wavin TS^{DOQ®} Rohr

Vergleichsspannung in Abhängigkeit der Rohrwandtemperatur



Vergleichsspannung σ_v für Wavin Druckrohre

Orientierungswerte

Rohrtemperatur T [°C]	Vergleichsspannung σ_v [N/mm²]
10	12,0
15	10,9
20	10,0
25	9,1
30	8,5
35	7,7
40	7,2

7. Minimal zulässige Biegeradien von Wavin PE-Rohren

Wavin Druckrohre aus PE 100 und PE 100-RC sind sehr flexibel und können demzufolge bei Richtungsänderungen auf den Baustellen entsprechend eingezogen werden. Hierbei ist darauf zu achten, dass der minimal zulässige Biegeradius nicht unterschritten wird. Das Unterschreiten der minimalen Biegeradien kann zur Schädigung des Rohres führen.

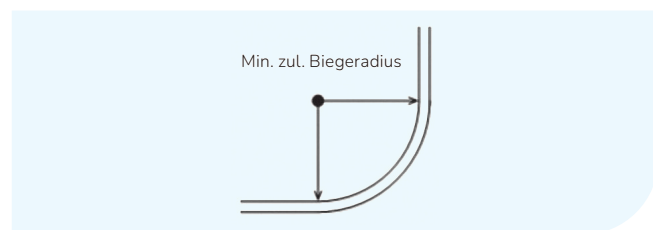
Für Installationen mit Richtungsänderungen, die mit den zulässigen Biegeradien nicht durchgeführt werden können, sind Wavin PE 100-RC Universalbögen zu verwenden.

Der minimal zulässige Biegeradius ist abhängig von der Wanddicke und der Rohrwandtemperatur zu ermitteln.

Minimal zulässiger Biegeradius in Abhängigkeit von der Wanddicke und der Rohrwandtemperatur

[°C]	SDR 33 [mm]	SDR 26 [mm]	SDR 17 [mm]	SDR 11 [mm]	SDR 7,4 [mm]
0	100 × OD	75 × OD	50 × OD	50 × OD	50 × OD
10	70 × OD	52 × OD	35 × OD	35 × OD	35 × OD
20	40 × OD	30 × OD	20 × OD	20 × OD	20 × OD

i. A. DVGW Arbeitsblatt GW 320-1



In der nachfolgenden Tabelle sind die zulässigen Biegeradien in Abhängigkeit der Temperatur und der Wanddicke im Durchmesser-Verhältnis SDR 17, SDR11, SDR9 und SDR 7,4 aufgeführt.

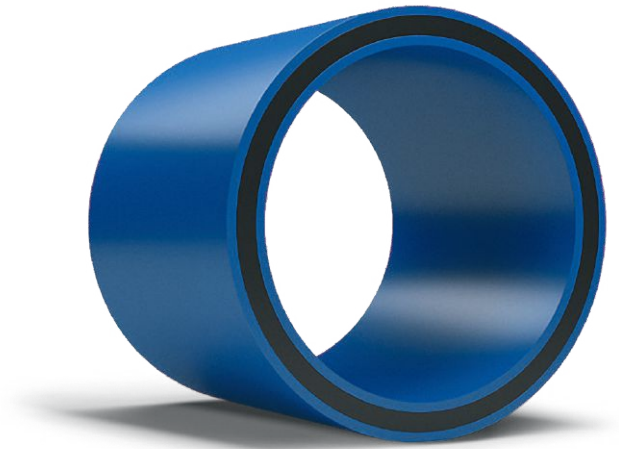
Minimal zulässiger Biegeradius in Abhängigkeit von der Temperatur

Dimension OD [mm]	SDR 17 / SDR 11 / SDR 9 / SDR 7,4*		
	20°C 20 × OD	10°C 35 × OD	0°C 50 × OD
32	0,64	1,12	1,60
40	0,80	1,40	2,00
50	1,00	1,75	2,50
63	1,26	2,21	3,15
75	1,50	2,63	3,75
90	1,80	3,15	4,50
110	2,20	3,85	5,50
125	2,50	4,38	6,25
140	2,80	4,90	7,00
160	3,20	5,60	8,00
180	3,60	6,30	9,00
200	4,00	7,00	10,00
225	4,50	7,88	11,25
250	5,00	8,75	12,50
280	5,60	9,80	14,00
315	6,30	11,03	15,75
355	7,10	12,43	17,75
400	8,00	14,00	20,00
450	9,00	15,75	22,50
500	10,00	17,50	25,00

* Angaben in Meter [m]

8. Ermittlung des Volumenstromes bzw. Massenstromes

Für die Auslegung einer Druckrohrleitung hinsichtlich eines ausreichenden Volumenstromes bzw. Massenstromes ist es wichtig, den Innendurchmesser der Rohrleitung entsprechend zu dimensionieren. Hierbei ist darauf zu achten, dass die erforderlichen Strömungsgeschwindigkeiten berücksichtigt werden. Bei Druckrohrleitungen für den Transport von Wasser kann mit einer Strömungsgeschwindigkeit von 1,0 bis 2,5 m/s (W400-1) als Richtwert gerechnet werden. Bei Gasrohrleitungen kann als Richtwert eine Strömungsgeschwindigkeit von ca. 20 m/s angesetzt werden. Die genauen Strömungsgeschwindigkeiten sollten den Gegebenheiten des Versorgungsnetzes angepasst werden.



Die Berechnung des Volumenstromes erfolgt für Wasser nach der folgenden Formel:

$$\dot{V} = A \times 10^{-6} \times v \times 3600 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right)$$

$\dot{V}$ = Volumenstrom [m³/h]
 A = innerer Rohrquerschnitt [mm²]
 v = Strömungsgeschwindigkeit [m/s]

Der innere Rohrquerschnitt welcher auch als freier Rohrquerschnitt bezeichnet wird, berechnet sich wie folgt:

$$A = \frac{\pi}{4} \times d_i^2 \text{ [mm}^2\text{]}$$

A = innerer Rohrquerschnitt [mm²]
 d_i = Rohrinne Durchmesser [mm]

Die Berechnung des Massestroms bei Gasen wie zum Beispiel Erdgas erfolgt nachfolgender Formel:

$$\dot{m} = A \times 10^{-6} \times v \times \rho \times 3600 \left(\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right)$$

m = Massenstrom [kg/h]
 A = innerer Rohrquerschnitt [mm²]
 v = Strömungsgeschwindigkeit [m/s]
 p = Dichte des Gases [kg/m³]

Für die normativen Rohrdimensionen können Innenquerschnitte der Rohre aus der nebenstehenden Tabelle entnommen werden.

Erdgas Typ	Dichte [kg/m³]
Nordsee Erdgas "H"	~ 0,780 bis 0,794
Erdgas "L"	~ 0,800 bis 0,840

Rohrquerschnitt innen bezogen auf Dimension und SDR

Dimension OD [mm]	SDR11			SDR17		
	Wandstärke s [mm]	di [mm]	A [mm ²]	Wandstärke s [mm]	di [mm]	A [mm ²]
25	2,3	20,4	327	–	–	–
32	3,0	26,0	531	2,0	28,0	616
40	3,7	32,6	835	2,4	35,2	973
50	4,6	40,8	1307	3,0	44,0	1521
63	5,8	51,4	2075	3,8	55,4	2411
75	6,8	61,4	2961	4,5	66,0	3421
96	8,2	79,6	4976	5,4	85,2	5701
110	10,0	90,0	6362	6,6	96,8	7359
125	11,4	102,2	8203	7,4	110,2	9538
140	12,7	114,6	10315	8,3	123,4	11960
160	14,6	130,8	13437	9,5	141,0	15615
180	16,4	147,2	17018	10,7	158,6	19756
200	18,2	163,6	21021	11,9	176,2	24384
225	20,5	184,0	26590	13,4	198,2	30853
250	22,7	204,6	32878	14,8	220,4	38152
280	25,4	229,2	41259	16,6	246,8	47839
315	28,6	257,8	52198	18,7	277,6	60524
355	32,2	290,6	66326	21,1	312,8	76846
400	36,3	327,4	84187	23,7	352,6	97646
455	40,9	373,2	109389	26,7	401,6	126671
500	45,4	409,2	131511	29,7	440,6	152468
560	50,8	458,4	165036	33,2	493,6	191355

9. Beuldruck (Betriebsunterdruck)

Beuldruck (Betriebsunterdruck)

Rohrleitungssysteme können in bestimmten Situationen einem Beuldruck in Folge von Unterdruck ausgesetzt sein.

Beispiele für solche Situationen sind:

- ④ Dynamische Abflussverhältnisse
- ④ Schnelles Schließen einer Absperrarmatur
- ④ Saugleitungen

Bei Druckleitungen können die Belastungen zum Beispiel bei erforderlichen Ringraumverfüllungen nach einer Relining-Maßnahme zum Tragen kommen oder durch äußeren Grundwasserdruck.

Unterdruck und Vakuum

Eine auf dem Boden liegende Leitung ist sowohl innen als auch außen dem atmosphärischen Druck von ca. 1 bar ausgesetzt. Bei einer freiliegenden Leitung kann der Unterdruck niemals niedriger als 1 Atmosphäre (~1 bar) sein. Wenn die Leitung mit Endkappen verschlossen und an eine Vakuumpumpe angeschlossen wird, kann die Luft aus dem Rohr abgepumpt werden. Der Innendruck beträgt dann 0 bar, während der Außendruck 1 bar beträgt. Das Rohr ist also einem Außendruck von 1 bar ausgesetzt. In den meisten Fällen wird der atmosphärische Druck berücksichtigt, d. h. es wird davon ausgegangen, dass der atmosphärische Druck 0 bar beträgt.

Das Druckrohr in Abbildung 2 hätte dann einen Umgebungsdruck von 0 bar und einen inneren Unterdruck von -1 bar und somit ein absolutes Vakuum. Daraus folgt, dass der Unterdruck nicht niedriger als -1 bar sein kann, da die gesamte Luft abgepumpt wurde.



Abbildung 1

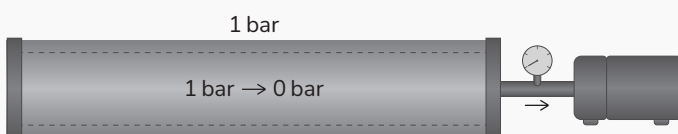


Abbildung 2

Auswirkung von Beuldruck

Ein Rohr, das einem inneren Unterdruck oder äußeren Überdruck ausgesetzt ist, muss gegen Beulen dimensioniert werden. Wenn ein Rohr frei ohne Unterstützung durch den umgebenden Boden liegt, kommt es zum Beulen, indem das Rohr wie in Abbildung 3 dargestellt zusammengedrückt wird. Wenn das Rohr durch umgebende Erdmassen gestützt wird, können sich die Auswirkung hinsichtlich Beulens komplexer darstellen (siehe Abbildung 4).

Der kritische Beuldruck eines Druckrohres aus PE kann wie folgt ermittelt werden:

$$p_{\text{krit}} = \frac{2 \times E_c}{1 - \mu^2} \times \left(\frac{s}{h} \right)^3 \times 10$$

p_{krit} = kritischer Beuldruck [bar]

E_c = Kriechmodul [N/mm²]

s = Rohrwanddicke [mm]

d = Rohraußendurchmesser [mm]

μ = Querkontraktionszahl ($\mu = 0,4$ für PE)



Abbildung 3

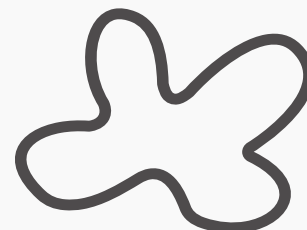


Abbildung 4

Die Werte für das Kriechmodul E_c ist abhängig von der Dauer der Belastung und von der Temperatur.

Kriechmodul E_c – Richtwerte für PE 100			
Temperatur [°C]	Betriebszeit in Jahre		
	1	10	25
20	288	220	198
30	248	192	179
40	200	172	160

Richtwerte für PE 100 gemäß DVS 2205-1 – Beulspannung 2 N/mm²

Der zulässige Beuldruck [bar] kann aus den nachfolgenden Tabellen entnommen werden. Die Werte wurden in Abhängigkeit der Temperatur und des Wanddicken – Durchmesser-Verhältnisse (SDR) unter Berücksichtigung einer Beulspannung von 2 N/mm² ermittelt. Die aufgeführten Werte sind mit einem Sicherheitsfaktor von 2,0 (Mindestsicherheitsfaktor für Stabilitätsberechnungen) ermittelt worden. Die aufgeführten Tabellenwerte gelten als Richtwerte für die Bewertung des zum Einsatz kommenden Rohres gegenüber innerem Unterdruck bzw. äußeren Überdruck.

Zul. Beuldruck [bar] für Wavin PE 100 / PE 100-RC Druckrohre – SDR 11			
Temperatur [°C]	Betriebszeit in Jahre		
	1	10	25
20	3,43	2,26	2,36
30	2,95	2,29	2,13
40	2,38	2,05	1,90

Zul. Beuldruck [bar] für Wavin PE 100 / PE 100-RC Druckrohre – SDR 17			
Temperatur [°C]	Betriebszeit in Jahre		
	1	10	25
20	0,86	0,66	0,59
30	0,74	0,57	0,54
40	0,60	0,48	0,52

Richtwerte für zulässigen Beuldruck in Abhängigkeit von Temperatur und Wanddicke

10. Druckprüfung von Druckrohrleitungen

Prüfung von Trinkwasserleitungen

Nach der Errichtung von neuen Rohrleitungen sind diese vor der Inbetriebnahme einer Druckprüfung zu unterziehen. Damit wird die Eignung der Rohrleitung hinsichtlich Festigkeit und Dichtigkeit für den vorgesehenen Verwendungszweck nachgewiesen. Druckprüfungen sind ein Bestandteil der Abnahmeprüfung und werden in der Regel als hydrostatische Druckprüfungen durchgeführt. Die Druckprüfungen müssen von sachkundigem Personal gemäß DVGW W 400-2 (A) – August 2022 durchgeführt und überwacht werden.

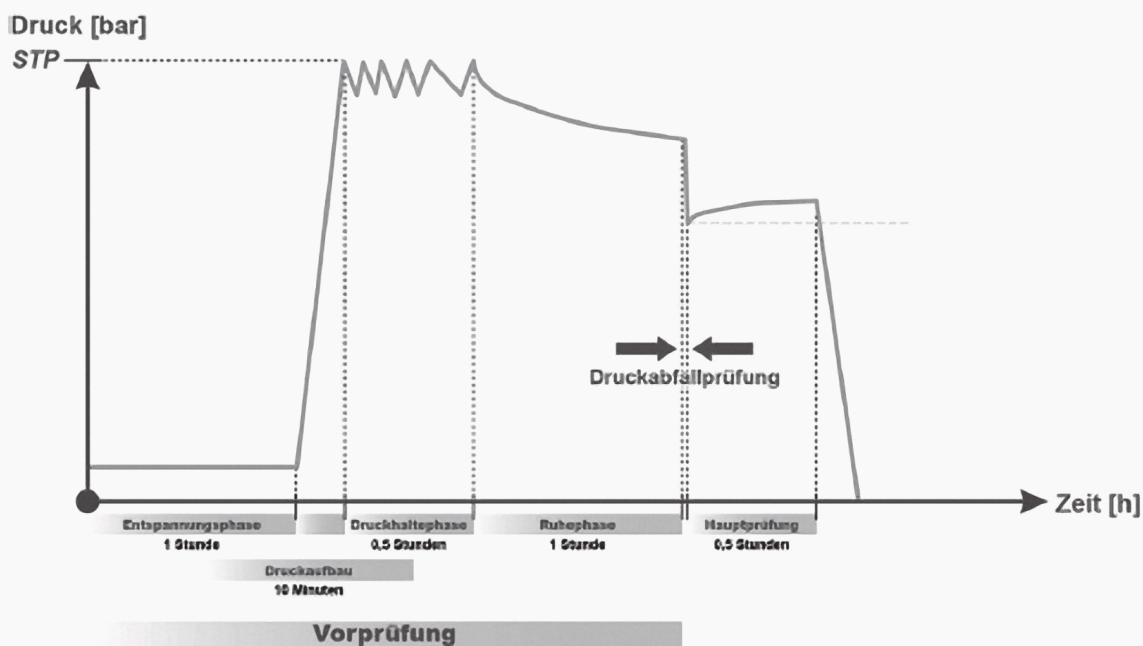
Kontraktionsverfahren

Das Kontraktionsverfahren ist ein spezielles Druckprüfverfahren, welches bei Rohrleitungen aus PE 100 bzw. PE 100-RC angewendet wird. Diese Rohrleitungen reagieren durch die Elastizität des Materials grundlegend anders auf Druckbeaufschlagung als Rohrleitungen aus starren Materialien (Stahl, Guss).

In erster Linie dehnen sich Kunststoffrohre unter Druck aus. Das Kontraktionsverfahren basiert auf einer plötzlichen Unterbrechung des Dehnungsvorgangs durch eine spontane, gezielte Druckabsenkung. Im Anschluss setzt eine Kontraktion der Rohrleitung ein, d.h. das Material zieht sich wieder zusammen. Der daraus resultierende Druckanstieg markiert den Beginn der Hauptprüfung. Dieses Verhalten ist charakteristisch und gut vergleichbar für viele Kunststoffrohre, so dass in der folgenden Hauptprüfung ein Druckabfall in Folge eines Lecks erkannt werden kann.

Die Durchführung der Druckprüfung mittels des Kontraktionsverfahrens erfolgt gemäß DVGW W 400-2 bzw. DIN EN 805. Die Vorgaben des Auftraggebers sind einzuhalten.

Schematischer Druckverlauf des Kontraktionsverfahrens/DVM bei erfolgreicher Prüfung



Quelle: in Anlehnung an DVGW Arbeitsblatt W 400-2

11. Verbindungstechnik – Heizelementstumpfschweißen

Heizelementstumpfschweißen von PE100 und PE100-RC Rohren

Die Heizelementstumpfschweißung von PE 100 und PE 100-RC Rohren erfolgt grundsätzlich nach den gleichen Schweißparametern und unterliegt gleicher Vorbereitung.

Die nachfolgende Beschreibung der Heizelementstumpfschweißung basiert auf Grundlage der DVS-Richtlinien. Die Durchführung von Heizelementstumpfschweißungen sollte grundsätzlich nur durch geschultes Fachpersonal durchgeführt werden.

Vor Beginn der Schweißarbeiten sind folgende Grundregeln zu beachten:

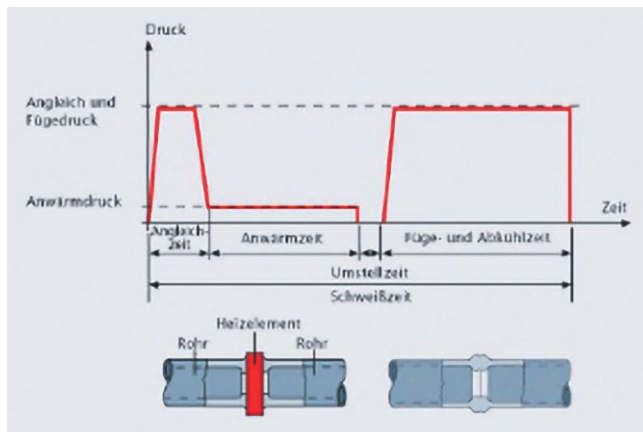
- Schaffung zulässiger Arbeitsbedingungen wie z. B. Schweißzelt sowie sauberer und trockener Boden bzw. sauberer Rohrschweißplatz.
- Überprüfung der technischen Ausrüstung auf Funktionsfähigkeit und ordnungsgemäßen Zustand.
- Überprüfung der Temperatur der Heizelementoberfläche mit einem vom Hersteller der Schweißmaschine zugelassenen Temperaturmessgerätes. Die Oberflächentemperatur des Heizelementes sollte ca. $220 \pm 10^\circ\text{C}$ betragen. Es wird empfohlen die Kontrolle an mindestens acht Stellen am Umfang des Heizelementes durchzuführen.
- Reinigung der Heizelementoberfläche mit dem vom Hersteller der Schweißmaschine zugelassenen Reinigungsmittel.
- Es ist zu beachten das bei dem Heizelementstumpfschweißen nur Rohre gleicher Wanddicke (SDR-Reihe) miteinander verschweißt werden.
- Der erforderliche Schweißdruck ist abhängig von der verwendeten Stumpfschweißmaschine. Die spezifischen Schweißdrücken und Schweißparametern sind beim Hersteller der Schweißmaschine zu erfragen.
- Während des Schweißvorganges sind die Rohrenden mit Rohrendkappen zu verschließen.



Heizwendelstumpfschweißung

1. Durchführung der Heizelementstumpfschweißung

Die schrittweise Abfolge des Schweißvorgangs ist in der nachstehenden Abbildung dargestellt:



Abfolge des Heizelementstumpfschweißens gemäß DVS 2207 Teil 1
Quelle: Basell Polyolefine GmbH

2. Ausrichten der Rohrenden

- ⊙ Um den durch die Ovalität des Rohres entstehenden Versatz so weit wie möglich zu reduzieren sollten die Rohrenden entsprechend der Rohrsignierung zueinander ausgerichtet werden.
- ⊙ Die Rohre sind beidseitig sicher einzuspannen. Beide Spannbacken sind zu verwenden.
- ⊙ Die Stirnflächen der Rohrenden müssen vor der weiteren Verarbeitung parallel und nahezu glatt gehobelt werden. Im Anschluss erfolgt eine Kontrolle des Versatzes und die Spaltkontrolle. Der maximal zulässige Versatz beträgt $\leq 10\%$ der Rohrwanddicke. Bei der Spaltkontrolle sind die Vorgaben der DVS 2207-1 einzuhalten.

3. Anwärmphase der Stirnflächen

- ⊙ Die Rohrenden werden mit einem geringen Angleichdruck von etwa 0,10 bis 0,15 N/mm² an das Heizelement gedrückt bis sich eine umlaufende minimale Wulsthöhe gebildet hat (siehe nebenstehende Tabelle)
- ⊙ Das Anwärmen der Rohrende erfolgt bei niedrigem Anwärmdruck ($\leq 0,01 \text{ N/mm}^2$) so das noch eine Wärmeübertragung vom Heizelement möglich ist. Die Anwärmzeiten gemäß Tabelle 1. sind einzuhalten.
- ⊙ Ziel der Erwärmung ist es, dass die Wärme in die zu schweißende Stirnfläche der Rohre eindringt und diese auf die Schweißtemperatur erwärmt.

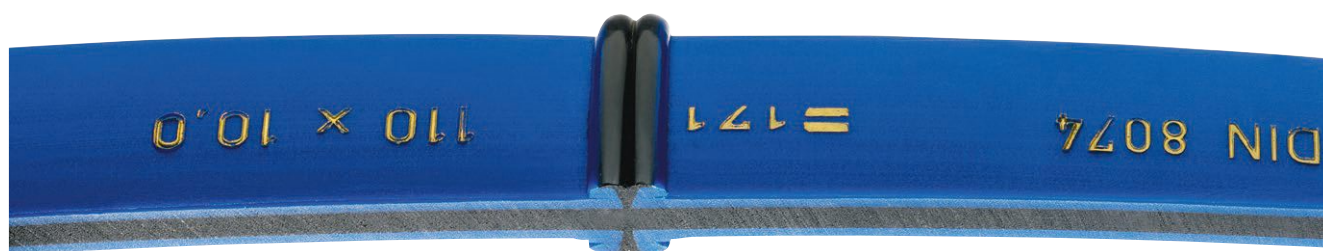
11. Verbindungstechnik – Heizelementstumpfschweißen

4. Umstellphase

- ③ Nach dem Anwärmen wird das Heizelement aus der Schweißmaschine herausgenommen.
- ③ Bei der Herausnahme des Heizelementes dürfen die erwärmten Rohrenden nicht beschädigt oder verschmutzt werden.
- ③ Die Rohrenden müssen dann zügig zusammengeführt werden, bis sie sich fast berühren.
- ③ Die Umrüstzeit sollte so kurz wie möglich gehalten werden und den Vorgaben der DVS 2207-1 entsprechen (siehe untenstehende Tabelle).

5. Fügen der Rohrenden

- ③ Die zu verschweißende Rohrendfläche sollte mit einer Geschwindigkeit von nahezu Null in Kontakt kommen.
- ③ Der erforderliche Fügedruck von 0,15 N/mm² sollte mit möglichst linearem Anstieg aufgebracht werden (Fügedruckaufbauzeit siehe untenstehende Tabelle).
- ③ Für die Ermittlung des Fügedruckes sind die Vorgaben der Schweißmaschinenhersteller zu beachten.
- ③ Der Fügedruck muss während der gesamten Abkühlzeit aufrechtgehalten werden.
- ③ Eine mechanische Belastung der Schweißverbindung ist erst nach dem Abkühlvorgang zulässig.
- ③ Nach dem Schweißvorgang sollte eine gleichmäßige und glatte Schweißwulst rund um den Rohrumfang vorhanden sein.



Wavin TS^{DOQ}® Rohr nach erfolgter Heizelementstumpfschweißung

Zusammenfassung der Schweißvorgaben der DVS 2207-11

Nennwand- dicke s [mm]	Angleichen Minimale Wulsthöhe [mm]	Anwärmen Anwärmzeit [s]	Umstellen Umstellzeit [s]	Fügen Fügedruck- aufbauzeit [s]	Abkühlzeit [min]		
					< 15°C	15 – 25°C	25 – 40°C
≤ 4,5	0,5	≤ 45	5	5	4	5	6,5
4,5 – 7	1,0	45 – 70	5 – 6	5 – 6	4 – 6	5 – 7,5	6,5 – 9,5
7 – 12	1,5	70 – 120	6 – 8	6 – 8	6 – 9,5	7,5 – 12	9,5 – 15,5
12 – 19	2,0	120 – 190	8 – 10	8 – 11	9,5 – 14	12 – 18	15,5 – 24
19 – 26	2,5	190 – 260	10 – 12	11 – 14	14 – 19	18 – 24	24 – 32
26 – 37	3,0	260 – 370	12 – 16	14 – 19	19 – 27	24 – 34	32 – 45
37 – 50	3,5	370 – 500	16 – 20	19 – 25	27 – 36	34 – 46	45 – 61
50 – 70	4,0	500 – 700	20 – 25	25 – 35	36 – 50	46 – 64	61 – 85

12. Verbindungstechnik – Heizwendelschweißen

Heizwendelschweißung von PE 100 und PE100-RC Rohren

Die Verschweißung von PE 100 und PE 100-RC Rohren mittels dem Heizwendelschweißverfahren erfolgt gemäß den Vorgaben der DVS-Richtlinien. Die Durchführung von Heizwendelschweißungen sollte grundsätzlich nur durch geschultes Fachpersonal durchgeführt werden.

Die Vorgaben der Hersteller der Heizwendelschweißmuffen bei der Verarbeitung sind zu berücksichtigen.

Vor Beginn der Schweißarbeiten sind folgende Grundregeln zu beachten:

- a) Schaffung geeigneter Arbeitsbedingungen
wie z. B. Schweißzelt oder Schirm
- b) Sauberer und trockener Arbeitsbereich
- c) Überprüfung der technischen Ausrüstung auf
Funktionsfähigkeit und ordnungsgemäßen Zustand.



Wavin TS^{DOQ®} im Einsatz

12. Verbindungstechnik – Heizwendelschweißen

1. Überprüfung der Rohre vor dem Heizwendelschweißen

Vor der Verschweißung ist der Rohrend- Einfall zu prüfen. Sofern dieser außerhalb der Schweißzone liegt, sind keine Maßnahmen erforderlich. Ansonsten ist das Rohr entsprechend mit geeignetem Rohrtrenngerät zu kürzen. Das Kürzen der Rohre sollte erst unmittelbar vor dem Schweißvorgang erfolgen. Nach dem rechtwinkligen Schneiden des Rohrendes, dieses falls erforderlich außen und innen entgraten.

Die Ovalität der Rohrenden sollte innerhalb der von den Normen vorgegebenen Toleranzen liegen. Bei Ovalitäten im Schweißbereich von $\geq 1,5\%$ des Rohraußendurchmessers bzw. maximal 3,0 mm sind Runddrückschellen zu verwenden. Rohre, die als Ringbunde geliefert werden, können auch nach dem Abrollen Ovalitäten aufweisen. Auch hier sind die Rohrenden mittels Runddrückschellen zu richten.

2. Vorbereitende Maßnahmen zur Durchführung der Heizwendelschweißung

Die für die Durchführung einer ordnungsgemäßen Heizwendelschweißung erforderlichen Maßnahmen sind unmittelbar vor der Verschweißung durchzuführen.

- ⌚ Der Schweißbereich (Einstecktiefe der Heizwendelschweißmuffe) sollte mit einem trockenen Lappen vorgeeignet werden. Grobe Verschmutzungen müssen entfernt werden.
- ⌚ Die Einstecktiefe der Heizwendelschweißmuffe ist mit einem geeigneten Stift auf der Rohroberfläche anzuzeichnen
- ⌚ Im Bereich der gekennzeichneten Einstecktiefe ist die Rohroberfläche mittels einer Rotationsschälgerätes lückenlos spanend zu bearbeiten. Hierbei sollte ein Span von einer Dicke von mindestens 0,2 mm abgetragen werden. Es ist auf eine durchgängige Spanbildung zu achten.
- ⌚ Sofern eine Verschmutzung der vorbereiteten Rohroberfläche und der Heizwendelschweißfläche nicht ausgeschlossen werden kann, sind diese vor der weiteren Verarbeitung mit PE-Reiniger oder speziellen PE-Reinigungstüchern gründlich zu reinigen.
- ⌚ Die Heizwendelschweißmuffe darf nicht verkantet oder mit Gewalt (z. B. mit einem Hammer) auf das für die Schweißung vorbereitete Rohrende aufgeschoben werden. Es ist auf einen spannungsfreien Sitz der Heizwendelschweißmuffe zu achten.
- ⌚ Zur Absicherung einer spannungsfreien Verschweißung sind spezielle Haltevorrichtungen zu verwenden. Insbesondere bei Ringbundware sind diese zu verwenden. Die Haltevorrichtungen müssen bis zum Abschluss der Abkühlzeit montiert bleiben.
- ⌚ Die Heizwendelschweißmuffe ist so auszurichten, dass die Anschlüsse für die Stecker nach oben ausgerichtet sind.
- ⌚ Während des Schweißvorganges sind die Rohrenden mit Rohrendkappen oder ähnlichem zu verschließen. Somit wird ein eventuell störender Luftzug im Rohrinne unterbunden.

3. Durchführung der Heizwendelschweißung

- ⌚ Das zum Einsatz kommende Schweißgerät muss kompatibel mit der zu verschweißenden Heizwendelschweißmuffe sein. Dieses ist bei dem Hersteller der Heizwendelschweißmuffe oder des Schweißgerätes nachzufragen.
- ⌚ Die Schweißkabel müssen gewichtsentlastend mit der Heizwendelschweißmuffe verbunden werden.
- ⌚ Die Schweißparameter der Heizwendelschweißmuffe mittels eines Barcodelesers (Lesestift oder Scanner) in das Schweißgerät einlesen und die Werte im Display kontrollieren.
- ⌚ Den Schweißvorgang starten und inklusive der Abkühlzeit beaufsichtigen.
- ⌚ Das Hervortreten der Schweißindikatorenstifte an der Heizwendelschweißmuffe zeigen an, dass ausreichend Schweißdruck aufgebaut wurde. Einen Rückschluss auf die Qualität der Schweißung kann nicht gezogen werden.

Bei einer Unterbrechung des Schweißvorganges (z. B. durch einen Stromausfall) ist ein einmaliges Nachschweißen der Heizwendelschweißmuffe möglich. Hierzu muss die Verbindungsstelle vor dem erneuten Schweißvorgang auf die Umgebungstemperatur abgekühlt sein.

Die Überprüfung der Schweißparameter kann anhand eines Schweißprotokolls erfolgen, welches das Schweißgerät automatisch speichert.

13. Verlegung in offener Bauweise

Lagerung und Transport

Bei dem Transport und der Lagerung von Rohren oder Ringbunden ist darauf zu achten, dass keine Beschädigung oder bleibende Verformungen auftreten.

Folgende Punkte sind zu berücksichtigen:

- ⌚ Die Lagerung der Rohre als Stangenware sollte auf der Baustelle in den werkseitig gelieferten Verpackungen erfolgen.
- ⌚ Der Untergrund des Lagerplatzes auf der Baustelle soll eben und frei von rohrscheidenden Materialien (grobe Steine / Schutt) sein.
- ⌚ Die Paletten sollten eine maximale Stapelhöhe von 3 Paletten nicht überschreiten. Die Rahmenhölzer müssen übereinanderstehen.
- ⌚ Bei Lagerung loser Rohre sind diese seitlich abzustützen und die Stapelhöhe beträgt max. 1 m.
- ⌚ Bei der Lagerung von Ringbunden ist auf einem steinfreien Untergrund zu achten oder geeignete Maßnahmen (z. B. Holzbohlen oder gummierte Matten) zu treffen.
- ⌚ Ringbunde sind bei stehender Lagerung gegen Umkippen zu sichern.
- ⌚ Einseitige Sonneneinstrahlung kann besonders bei dünnwandigen Rohren aufgrund von Temperaturdifferenzen zu Krümmung der Rohre führen (sog. Bananeneffekt). Durch Abdecken der Rohre mit zum Beispiel weißem Baufließ kann dieser Vorgang verhindert oder rückgängig gemacht werden.

Verlegung im offenen Graben

Die Ausführung des Rohrgrabens erfolgt gemäß den Festlegungen der DIN 4124 (Baugruben und Gräben – Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten). Die Grabenbreite ist so zu bemessen, dass ein fachgerechter und sicherer Einbau der Rohrleitungen ermöglicht werden kann.

Bei Gräben mit einer Tiefe > 1,25 m müssen mit einem Verbau oder Spundwänden gesichert werden.

Bei Rohren aus **PE 100** darf für die Grabensohle und der Rohrbettung nur steinfreies und verdichtbares Material verwendet werden. Die Bettung und das Auflager für die Rohre erfolgt gemäß den Vorgaben der DIN EN 1610.

Die Herstellung der Grabensohle ist so auszuführen, dass die Rohrleitung gleichmäßig und vollflächig aufliegt. Bei felsigem oder steinigem Untergrund sind Maßnahmen zu treffen, die den Einbau einer Mindestschichtdicke von 0,15 m an Bettungsmaterial (z. B. Sand oder Feinkies) ermöglichen.

Die Bettungsschicht sollte bei Rohren bis zu einem Außendurchmesser von ≤ 250 mm eine Schichtdicke von mindestens 0,1 m betragen bei Rohren > 250 mm sollte diese Schichtdicke mindestens 0,15 m betragen. Die Bettungsschicht ist aus einem geeignetem Bettungsmaterial herzustellen. Die Vorgaben der DIN EN 1610 und bzw. DVGW-Regelwerke sind zu beachten.

Die Abdeckung der Rohre sollte mindestens 0,3 m über den Rohrscheitel betragen bevor mit Verdichtungsgerät die Verdichtung durchgeführt wird. Bei Verwendung von leichten Verdichtungsgeräten ist ein Einsatz auch schon ab einer Abdeckung von mindestens 0,15 m möglich.

Bei Rohren aus **PE 100-RC** kann das Aushubmaterial für die Verfüllung der Leitungszone verwendet werden. In seiner Zusammensetzung und Eigenschaft muss das Aushubmaterial für den Einbau geeignet sein und darf keine rohrscheidenden Materialien enthalten.

Der Einsatz des Aushubmaterials muss durch den Auftraggeber genehmigt sein und es müssen die Verdichtungsanforderungen aus der Planung erfüllt werden können.

Bei nicht tragfähigen oder stark wasserhaltigen Untergründen sind entsprechende fachgerechte Maßnahmen für die Stabilisierung vorzusehen.

Vor der Verlegung sollte gegebenenfalls eine statische Berechnung durchgeführt werden.

13. Verlegung in offener Bauweise

Richtwerte für die Mindestgrabenbreite

Richtwerte für die Mindestgrabenbreite in Abhängigkeit des Rohraußendurchmessers OD			
OD [mm]	Verbauter Graben [mm]	Unverbauter Graben	
		$\beta > 60^\circ$ [mm]	$\beta \leq 60^\circ$ [mm]
≤ 225	OD + 400	OD + 400	OD + 400
$> 225 \text{ bis } \leq 350$	OD + 500	OD + 700	OD + 400
$> 350 \text{ bis } \leq 700$	OD + 700	OD + 850	OD + 400

Quelle: DIN EN 1610

Richtwerte für die Mindestgrabenbreite in Abhängigkeit der Grabentiefe	
Grabentiefe [mm]	Mindestgrabenbreite [mm]
< 1000	keine Vorgabe für die Mindestgrabenbreite
$\geq 1000 \text{ bis } \leq 1750$	800
$\geq 1750 \text{ bis } \leq 4000$	900
> 4000	1000

PE 100 Leitungszone – zulässige Korngrößen

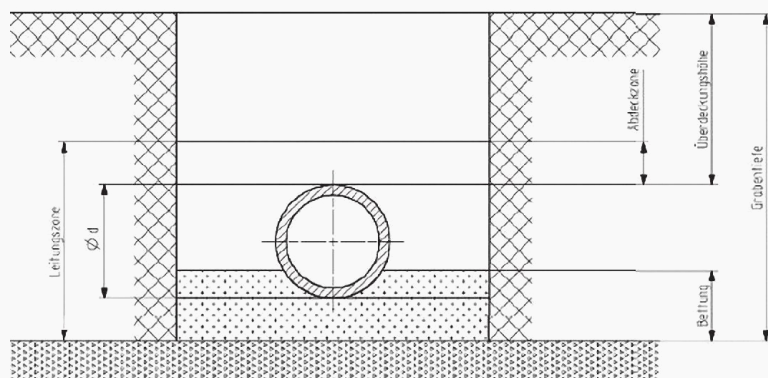
Richtwerte zur mittleren Korngröße in der Leitungszone für PE 100 Rohren		
OD [mm]	Korngröße	
	rund [mm]	gebrochen [mm]
≤ 225	0 – 22	0 – 11
> 225	0 – 40	0 – 11

PE 100-RC Leitungszone – zulässige Korngrößen

Richtwerte zur mittleren Korngröße in der Leitungszone für PE 100-RC Rohren		
OD [mm]	Korngröße	
	rund [mm]	gebrochen [mm]
≤ 225	0 – 63*	0 – 63*
> 225	0 – 63*	0 – 63*

* Boden muss verdichtbar sein

Schematische Darstellung eines Leitungsgrabens



Wavin TS^{DOQ}® Rohre können bei allen Bodenverhältnissen zum Einsatz kommen. Für den Einsatz gibt es keine Einschränkung der Korngröße! Die Vorgaben für die Verdichtung durch den Auftraggeber bzw. Planer müssen eingehalten werden.



Wavin TS^{DOQ}® im Einsatz

Überdeckungshöhe und Mindestabstände bei Versorgungsleitungen

Die nachfolgenden Richtwerte für die Mindestüberdeckungshöhen für Versorgungsleitungen gemäß sollten grundsätzlich eingehalten werden:

Trinkwasserleitungen	0,8 m bis 2,0 m*
Gasleitungen ≤ 5 bar	0,6 m bis 1,0 m
Gasleitungen ≤ 5 bar	0,8 m bis 1,0 m

* Bei landwirtschaftlich genutzten Geländen min. Überdeckung von 1,2 m

Für Versorgungsleitungen sollte ohne einen besonderen Grund eine Überdeckung von 2,0 m nicht überschritten werden.

Grundsätzlich gilt:

- Versorgungsleitungen sollten nicht überbaut werden.
- Trinkwasserleitungen müssen in frostfreien Tiefenlagen eingebaut werden.
- Trassenführung muss zukünftige Baumaßnahmen im Bereich der Rohrleitungszone berücksichtigen.
- Mindestabstände zu anderen Versorgungsleitungen bzw. Bauwerken sind zu beachten.

Für die Mindestabstände von Trinkwasserleitungen zu Abwasserleitungen sind die Vorgaben der DVGW W 401 zu berücksichtigen.

Sofern Rohrleitungen aus PE 100 bzw. PE 100-RC parallel oder kreuzend mit Wärme abgebenden Leitungen verlegt werden (Kabel- / Fernwärmeleitungen) ist ein ausreichender Abstand bzw. Schutzmaßnahmen vorzusehen.

Richtwerte der Mindestabstände zu PE-Versorgungsleitungen

Verlauf der Leitung	Bauwerk / Leitung	Mindestabstand [m]		
		Trinkwasserleitungen	Gasleitungen ≤ 5 bar	Gasleitungen > 5 bar
parallel	Bauwerke bzw. Anlagen	0,4	0,2	0,4
	Rohrleitungen	0,4	0,2	0,4
	Fernleitungen	1,0	0,2	0,4
	Kabel ≤ 1 kV	0,4	0,2	0,4
	Kabel > 1 kV ≤ 30 kV	0,4	0,4	0,4
kreuzend	Bauwerke bzw. Anlagen	0,2	0,1	0,2
	Rohrleitungen	0,2	0,1	0,2
	Fernleitungen	0,5	0,1	0,2
	Kabel ≤ 1 kV	0,2	0,1	0,2
	Kabel > 1 kV ≤ 30 kV	0,2	0,2	0,2

Quelle: DVGW W401 / DVGW G 472

14. Chemische Beständigkeit

Chemische Beständigkeit von PE-HD Werkstoffen

Angriffsmittel / Medium	Konzentration	Temperatur °C		
		20°C PE-HD	40°C PE-HD	60°C PE-HD
A				
Acetaldehyd	TR	+	o	o
Aceton	TR	+	+	o
Acetophenon	TRA	+		–
Acrylnitril	TR	+	+	+
Adipinsäure	GL	+	+	+
Alaune	GL	+	+	+
Allylalkohol	96%	–	+	+
Aluminiumchlorid	GL	+	+	+
Aluminiumfluorid	GL	+	+	+
Aluminiumsulfat	GL	+	+	+
Ameisensäure	1–50%	+	+	+
Ameisensäure	TR	+	+	+
ammonia , gas	TR	+	+	+
ammonia ,liquid	TR	+	+	+
ammonia ,aqueous	GL	+	+	+
Ammoniumchlorid	GL	+	+	+
Ammoniumfluorid	>10%	+	+	+
Ammoniumnitrat	GL	+	+	+
Ammoniumphosphat, auch meta	GL	+	+	+
Ammoniumsulfid	GL	+	+	+
Amylacetat	TR	+	+	o
Amylalkohol	TR	+	+	o
Anilin	TR	+	+	o
Anilinchlorhydrat	GL	+	+	+
Anisol	TR	o	–	–
Antimontrichlorid	90%	+	+	+
Apfelsaft	H	+	+	+
Arsensäure	GL	+	+	+
Äthandiol	TR	+	+	+
Äthanol	40%	+		o
Äthanol	TR	+	+	+
Äthylacetat	TR	+		–
Äther, siehe Diäthyläther		o		
Äthylenglykol, siehe Äthandiol		+	+	+
Ätznatron, siehe Natronlauge		+	+	+
B				
Bariumsalze	GL	+	+	+
Benzaldehyd	TR	+	+	o
Benzin (Reinigungsbenzin)	H	+	+	o
Benzin–Super (Vergaserkraftstoff)	H	+	+	o
Benzol	TR	o	o	o

Angriffsmittel / Medium	Konzentration	Temperatur °C		
		20°C PE-HD	40°C PE-HD	60°C PE-HD
Benzoessäure	GL	+	+	+
Benzoylchlorid	TR	o	o	o
Benzylalkohol	TR	+	+	o
Bier	H	+	+	+
Blausäure	10%	+	+	+
Bleiacetat	GL	+	+	+
Bleitetraäthyl	TR	+		
Borax	GL	+	+	+
Borsäure	GL	+	+	+
Brom, flüssig	TR	–	–	–
Brom, gasförmig, trocken	TR	–	–	–
Bromwasser	GL	+		
Bromwasserstoffsäure	50%	+	+	+
Bromwasserstoffsäure	TR	+	+	+
Butadien	TR	o		–
Butan, gasförmig	TR	+	+	+
Butanol	TR	+	+	+
Buttersäure	TR	+	+	o
Buthylacetat	TR	o		–
Buthylglykol (Butandiol)	TR	+		
Buthylphenole	GL	+	+	+
Buthylphthalat	TR	+		o
C				
Calciumcarbonat	GL	+	+	+
Calciumchlorat	GL	+	+	+
Calciumchlorid	GL	+	+	+
Calciumhydroxid	GL	+	+	+
Calciumhypochlorid	GL	+	+	+
Calciumnitrat	GL	+	+	+
Calciumsulfat	GL	+	+	+
Calciumsulfid	GL	o	o	o
Campheröl	TR	–	–	–
Chlor, gasförmig, trocken	TR	o	–	–
Chlor, flüssig	TR	–	–	–
Chloräthanol	TR	+	+	+
Chloressigsäure	85%	+	+	+
Chlorkalk, Aufschlammung	–	+	+	+
Chlormethan	TR	o	–	–
Chlorsulfonsäure	TR	–	–	–
Chlorwasser	GL	+		o
Chlorwasserstoffgas, feucht	TR	+	+	+
Chromalaun	GL	+	+	+

14. Chemische Beständigkeit

Angriffsmittel / Medium	Konzentration	Temperatur °C		
		20°C PE-HD	40°C PE-HD	60°C PE-HD
Chromsäure	1–50%	+	o	o
Crotonaldehyd	TR	+		o
Cyclohexanol	TR	+	+	+
Cyclohexanon	TR	+		o
D				
Dekahydronaphtalin (Dekalin)	TR	+		o
Dextrin	V	+	+	+
Diäthanolamin	TR	+		
Diäthyläther	TR	o		
Dibutylphthalat	TR	+	o	o
Dichloressigsäure	TR	o	o	o
Dichlormethan (Methylenchlorid)	TR	o		–
Diglykolsäure	30%			
Diglykolsäure	GL	+	+	+
Diisooktylphthalat	TR	+	+	o
Dimethylformamid	TR	+	+	o
Dioktylphthalat	TR	+		o
Dioxan	TR	+	+	+
E				
Eisen III chlorid	GL	+	+	+
Eisen III nitrat	V	+	+	+
Eisen III sulfat	GL	+	+	+
Eisen II chlorid	GL	+	+	+
Eisen II sulfat	GL	+	+	+
Eisessig	TR	+		o
Entwickler	H	+	+	+
Erdnußöl	TR	+		
Essig (Weinessig)	H	+	+	+
Essigsäure	10%	+	+	+
Essigsäureanhydrid	TR	+		o
F				
Fluor	TR	–	–	–
Fluorsiliconsäure	40%	+	+	+
Flußsäure	70%	+	+	o
Formaldehyd (Formalin)	40%	+	+	+
Fruchtsäfte	H	+	+	+
Fructose	H	+	+	+
Furfurylalkohol	TR	+	+	o
G				
Gelantine	V	+	+	+
Gerbsäure (Tannin)	V	+	+	+
Glukose	GL	+	+	+
Glycerin	TR	+	+	+
Glykolsäure	GL	+	+	+

Angriffsmittel / Medium	Konzentration	Temperatur °C		
		20°C PE-HD	40°C PE-HD	60°C PE-HD
H				
Harnstoff	>10%	+	+	+
Hefe	V	+	+	+
Heptan	TR	+	o	–
Hexan	TR	+	o	o
J				
Jodtinktur	H	+		o
K				
Kaliumbichromat	GL	+	+	+
Kaliumbromid	GL	+	+	+
Kaliumcarbonat, u. bi	GL	+	+	+
Kaliumchlorat	GL	+	+	+
Kaliumchlorid	GL	+	+	+
Kaliumchromat	40%	+	+	+
Kaliumcyanid	>10%	+	+	+
Kaliumfluorid	GL	+	+	+
Kaliumhexacyanoferrat (II+III)	GL	+		+
Kaliumhydroxid	bis 50%	+	+	+
Kaliumhydroxid	60%	+	+	+
Kaliumhypochlorid	V	+		o
Kaliumjodid	GL	+	+	+
Kaliumnitrat (Pottasche)	GL	+	+	+
Kaliumorthophosphat	GL	+	+	+
Kaliumperchlorat	GL	+	+	+
Kaliumpermanganat	20%	+	+	+
Kaliumpersulfat	GL	+	+	+
Kaliumsulfat	GL	+	+	+
Kaliumsulfid	V	+	+	+
Kochsalz, siehe Natriumchlorid		+	+	+
Königswasser (HCl / HNO3)	03:01	–	–	–
Kohlendioxid	100%	+	+	+
Kohlenmonoxid	TR	+	+	+
Kresol	bis 90%	+	+	+
Kresol	> 90%	+	+	o
Kupferchlorid	GL	+	+	+
Kupfernitrat	GL	+	+	+
Kupfersulfat	GL	+	+	+
L				
Lanolin (Wollfett)	H	+	o	o
Leinöl	TR	+	+	+
Luft	–	+	+	+

14. Chemische Beständigkeit

Angriffsmittel / Medium	Konzentration	Temperatur °C		
		20°C PE-HD	40°C PE-HD	60°C PE-HD
M				
Magnesiumcarbonat	GL	+	+	+
Magnesiumchlorid	GL	+	+	+
Magnesiumhydroxid	GL	+	+	+
Magnesiumnitrat	GL	+	+	+
Maleinsäure	GL	+	+	+
Meerwasser	H	+	+	+
Melasse	H	+	+	+
Methanol (Methylalkohol)	TR	+	+	o
Methylacetat	TR	+	+	
Methyläthylketon	TR	+		o
Methylamin	bis 32%	+		
Methylbromid	TR	o		–
Methylenchlorid, siehe Dichlormethan		o	–	–
Milch	H	+	+	+
Milchsäure	TR	+	+	+
Mineralöle	H	+	+	o
Mineralwasser	H	+	+	+
N				
Naphta	H	+	–	–
Natriumacetat	GL	+	+	+
Natriumbenzoat	GL	+	+	+
Natriumbicarbonat	GL	+	+	+
Natriumbiphosphat	GL	+	+	+
Natriumbromid	GL	+	+	+
Natriumcarbonat	GL	+	+	+
Natriumchlorat	GL	+	+	+
Natriumchlorid	GL	+	+	+
Natriumcyanid	GL	+	+	+
Natriumdichromat	GL	+	+	+
Natriumhexacyanoferrat (II+III)	GL	+	+	+
Natriumfluorid	GL	+	+	+
Natriumhydrogensulfit (Natriumbisulfit)	GL	+	+	+
Natriumhydroxid, siehe Natronlauge		+	+	+
Natriumhypochlorid	13% wirks. Chlor	+	+	+
Natriumnitrat	GL	+	+	+
Natriumnitrit	GL	+	+	+
Natriumorthophosphat	GL	+	+	+
Natriumperborat	GL	+		o
Natriumphosphat	GL	+	+	+
Natriumsilikat (Wasserglas)	V	+	+	+
Natriumsulfat u. bi	GL	+	+	+
Natriumsulfid	GL	+	+	+
Natriumthiosulfat	GL	+	+	+

Angriffsmittel / Medium	Konzentration	Temperatur °C		
		20°C PE-HD	40°C PE-HD	60°C PE-HD
Natronlauge	bis 60%	+	+	+
Nickelsalze	GL	+	+	+
Nicotinsäure	V	+	+	
Nitrobenzol	TR	+	o	o
Natriumsulfat u. bi	GL	+	+	+
Natriumsulfid	GL	+	+	+
Natriumthiosulfat	GL	+	+	+
Natronlauge	bis 60%	+	+	+
Nickelsalze	GL	+	+	+
Nicotinsäure	V	+	+	
Nitrobenzol	TR	+	o	o
O				
Öle und Fette (pflanzlich/tierisch)	–	+	o	o
Ölsäure	TR	+	+	+
Olivenöl	TR	+	+	o
Oxalsäure	GL	+	+	+
Ozon	TR	o	–	–
P				
Parafinöl	TR	+	o	o
Perchlorsäure	20%	+	+	+
Perhydrol, siehe Wasserstoffperoxid	30%	+	+	+
Petroläther	TR	+	o	o
Pfefferminzöl	TR	+		
Phenol	V	+	+	+
Phosphoroxychlorid	TR	+	+	o
Phosphorsäure	50%	+	+	+
Phosphorsäure	bis 85%	+	+	o
Phosphortrichlorid	TR	+	+	o
Pikrinsäure	GL	+	+	
Pottasche, siehe Kaliumnitrat		+	+	+
Propan, gasförmig	TR	+	+	
i-Propanol, siehe Isopropanol		+	+	+
n-Propanol	TR	+	+	+
Propionsäure	50%	+	+	+
Propionsäure	TR	+	o	o
Pyridin	TR	+	o	o
Q				
Quecksilber	TR	+	+	+
Quecksilberchlorid	GL	+	+	+
Quecksilbercyanid	GL	+	+	+
Quecksilbernitrat	V	+	+	+
R				
Rizinusöl	TR	+	+	+

14. Chemische Beständigkeit

Angriffsmittel / Medium	Konzentration	Temperatur °C		
		20°C PE-HD	40°C PE-HD	60°C PE-HD
S				
Salicylsäure	GL	+	+	+
Salpetersäure	25%	+	+	+
Salpetersäure	bis 40%	o	o	–
Salpetersäure	10–50%	o	o	–
Salpetersäure	75%	–	–	–
Salzsäure, wässrig	konz.	+	+	+
Salzsäure	bis 35%	+	+	+
Sauerstoff	TR	+	+	o
Schwefeldioxid, trocken, feucht	TR	+	+	+
Schwefelkohlenstoff	TR	o	–	–
Schwefelsäure	10–80%	+	+	+
Schwefelsäure	96%	o		–
Schwefeltrioxid	TR	–	–	–
Schwefelwasserstoff	100%	+	+	+
Schwefelwasserstoff	TR	+	+	+
Schweflige Säure	30%	+	+	+
Seewasser, siehe Meerwasser		+	+	+
Silberacetat	GL	+	+	+
Silbercyanid	GL	+	+	+
Silbernitrat	GL	+	+	+
Siliconöl	TR	+	+	+
Siliconsäure	V	+	+	+
Soda, siehe Natriumcarbonat		+	+	+
Sojabohnenöl	TR	+	o	o
Stärke	V	+	+	+
T				
Terpentinöl	TR	o	o	o
Tetrachlorkohlenstoff	TR	o	–	–
Tetrahydrofuran	TR	o	o	–
Tetrahydronaphtalin (Tetralin)	TR	o	o	–
Thionylchlorid	TR	–	–	–
Thiophen	TR	o	o	–
Toluol	TR	o	–	–
Traubenzucker	V	+	+	+
Triäthanolamin	V	+		o
Trichloräthylen	TR	–	–	–
Trichloressigsäure	50%	+	+	+
Trikresylphosphat	TR	+	+	+
Trinkwasser, chlorhaltig	TR	+	+	+
U				
Urin	H	+	+	+

Angriffsmittel / Medium	Konzentration	Temperatur °C		
		20°C PE-HD	40°C PE-HD	60°C PE-HD
W				
Wasserstoff	TR	+	+	+
Wasserstoffperoxid	30%	+	+	+
Wasserstoffperoxid	90%	+	o	–
Wein u. Spirituosen	H	+	+	+
Weinessig	H	+	+	+
Weinsäure	V	+	+	+
X				
Xylol	TR	o	–	–
Z				
Zinkcarbonat	GL	+	+	+
Zinkchlorid	GL	+	+	+
Zinkoxid	GL	+	+	+
Zinksulfat	GL	+	+	+
Zinnchlorid II + IV	GS	+	+	+
Zitronensäure	GL	+	+	+
Zucker	GL	+	+	+

Die Beständigkeit des Rohrwerkstoffes PE-HD in Abhängigkeit der Temperatureinflüsse erfolgt nach den nachfolgenden Kriterien:

- + beständig
- o bedingt beständig
- nicht beständig
- k. A. nicht getestet

Die Konzentrationsangaben werden wie folgt definiert:

- GL gesättigte, wässrige Lösungen
- TR technisch rein
- V verdünnt
- H handelsüblich

Besondere Hinweise

Die hier enthaltenen Angaben dienen einer ersten Orientierung bezüglich der chemischen Beständigkeit von Werkstoffen und sind nicht ohne weiteres auf alle Anwendungsfälle zu übertragen. Je nach Art der mechanischen Beanspruchung und dem Versuchszustand des Mediums können Abweichungen auftreten.

Auch Änderungen aufgrund neuer Erkenntnisse sind nicht auszuschließen.
Aus diesem Grund ist jegliche Gewährleistung ausgeschlossen.

Achtung

Alle Angaben beziehen sich nur auf den Rohrwerkstoff PE-HD und sind daher nicht auf andere Werkstoffe übertragbar.

15. Technische Begriffe und Umrechnungstabellen

Technische Begriffe

Lateinische Buchstaben	Bezeichnung	Einheit
A	Querschnittsfläche	mm ² ; m ²
AR	Rohrringwandfläche	mm ²
C	Gesamtbetriebskoeffizient	
DPr	Verdichtungsgrad nach Proctor	%
DN/OD	nominaler Durchmesser, außen kalibriert	mm
DN/ID	nominaler Durchmesser, innen kalibriert	mm
d	mittlerer Rohrdurchmesser dn – en	mm
EB	Verformungsmodul des Bodens	N/mm ²
ER, lang	Kriechmodul des Rohrmaterials (Langzeit-Elastizitätsmodul)	N/mm ²
ER, kurz	Verformungsmodul des Rohrmaterials (Kurzzeit-Elastizitätsmodul)	N/mm ²
en	nominelle Wanddicke	mm
FR	Rohrwandfläche im Längsschnitt	mm ²
FT	Längskraft infolge Temperaturunterschiedes	N
F	Durchbiegung	mm
g	Eigengewicht	N/mm ³
g	Erdbeschleunigung	m/s ² (9,81 m/s ²)
H	Überdeckungshöhe über Rohrscheitel	M
hv	Verlustrhöhe	mm
I	Trägheitsmoment	mm ⁴
ID	innen kalibrierte Rohre	mm
K	K Wärmegrad Kelvin	K
kN	Kilonewton	kN
kb	Rauigkeitswert	mm
M	Biegemoment	Nm
MFR	Schmelzindex (Melt Flow Rate)	g/10 Min.
MRS	Minimum Required Strength (Mindestfestigkeit)	N/mm ²
OD	außen kalibrierte Rohre	mm
Pab	Druckabsenkung	bar
PN	nomineller Druck	bar
pcr	kritischer Beuldruck	N/mm ²
pk, zul	zulässiger Beuldruck	N/mm ²
Q	Abfluss	l/s; m ³ /s
SN	Stiffness Number (Ringsteifigkeit)	kN/m ²
Tv	Verlegetemperatur	°C ; K
v	mittlere Fließgeschwindigkeit	m/s
W	Widerstandsmoment	mm ³
α	Längenänderungskoeffizient	mm/m K
γ	Raumgewicht, Dichte	kN/m ³
ΔL	Längenänderung	mm
ε	Dehnung (Längenänderung pro Längeneinheit)	
λ	Widerstandszahl (Hydraulik)	
μ	Querkontraktionszahl	
σ	Spannung	N/mm ²
σ _{zul.}	Zulässige Spannung	N/mm ²
υ	kinematische Zähigkeit (Wasser = 1.3 ± 10 ⁻⁶ m ² /s)	m ² /S

Allgemeine Fachbegriffe

Lateinische Buchstaben	Bezeichnung
DVS	Deutscher Verband für Schweißtechnik
DVGW	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V.
DIN	Deutsches Institut für Normung e. V.
EN	Europäische Norm
EPDM	Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk (weiches Dichtungsmaterial)
HWS	Heizwendelschweissmuffe
HSS	Heizelementstumpfschweissung
ISO	International Organization for Standardization
PE	Polyethylen
PEHD	Polyethylen hoher Dichte
PP	Polypropylen
SDR	Standard Dimension Ratio
FNCT	Full Notch Creep Test
SHT	Strain Hardening Test
NPT	Notch Pipe Test
CRB	Crack Round Bar Test

Umrechnung von Einheiten

Längeneinheit

	μm	mm	cm	dm	m	km
1 μm	1	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-9}
1 mm	10^3	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-6}
1 cm	10^4	10	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-5}
1 dm	10^5	10^2	10	1	10^{-1}	10^{-4}
1 m	10^6	10^3	10^2	10	1	10^{-3}
1 km	10^9	10^6	10^5	10^4	10^3	1

Volumeneinheit

	μm^3	mm^3	cm^3	dm^3	m^3	km^3
1 μm^3	1	10^{-9}	10^{-12}	10^{-15}	10^{-18}	10^{-27}
1 mm^3	10^9	1	10^{-3}	10^{-6}	10^{-9}	10^{-18}
1 cm^3	10^{12}	10^3	1	10^{-3}	10^{-6}	10^{-15}
1 dm^3	10^{15}	10^6	10^3	1	10^{-3}	10^{-12}
1 m^3	10^{18}	10^9	10^6	10^3	1	10^{-9}
1 km^3	10^{27}	10^{18}	10^{15}	10^{12}	10^9	1

15. Technische Begriffe und Umrechnungstabellen

Umrechnung von Einheiten

Druckeinheit

	Pa	hPa	kPa	MPa	N/mm ²	N/m ²	mbar	bar
1 Pa	1	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁶	10 ⁻⁶	1	10 ⁻²	10 ⁻⁵
1 hPa	10 ²	1	10 ⁻¹	10 ⁻⁴	10 ⁻⁸	10 ²	1	10 ⁻³
1 kPa	10 ³	10 ²	1	10 ⁻³	10 ⁻¹²	10 ³	10	1
1 MPa	10 ⁶	10 ⁴	10 ³	1	1	10 ⁶	10 ⁴	10
N/mm ²	10 ⁶	10 ⁴	10 ³	1	1	10 ⁻⁶	10 ⁴	10
N/m ²	1	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁶	10 ⁻⁶	1	10 ⁻²	10 ⁻⁵
mbar	10 ²	1	0,1	10 ⁸	10 ⁻⁴	10 ²	1	10 ⁻³
bar	10 ⁵	10 ³	10 ²	0,1	0,1		10 ³	1

Krafteinheit

	N	kN	MN
1 N	1	10 ⁻³	10 ⁻⁶
1 kN	10 ³	1	10 ⁻³
1 MN	10 ⁶	10 ³	1

Masseneinheit

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

Flächeneinheiten

	µm ²	mm ²	cm ²	dm ²	m ²	km ²
1 µm ²	1	10 ⁻⁶	10 ⁻⁸	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹²	10 ⁻¹⁸
1 mm ²	10 ⁶	1	10 ⁻²	10 ⁻⁴	10 ⁻⁶	10 ⁻¹²
1 cm ²	10 ⁸	10 ²	1	10 ⁻²	10 ⁻⁴	10 ⁻¹⁰
1 dm ²	10 ¹⁰	10 ⁴	10 ²	1	10 ⁻²	10 ⁻⁸
1 m ²	10 ¹²	10 ⁶	10 ⁴	10 ²	1	10 ⁻⁶
1 km ²	10 ¹⁸	10 ¹²	10 ¹⁰	10 ⁸	10 ⁶	1

Temperatureinheiten

	K	°C	°F
1 K	1	$\frac{t}{K} - 273,15$	$\frac{t}{K} \cdot \frac{9}{5} - 459,67$
1 °C	$\frac{t}{°C} - 273,15$	1	$\left(\frac{9t}{5°C} + 32\right) °F$
1 °F	$\left(\frac{t}{°F} + 459,67\right) \cdot \frac{5}{9}$	$\frac{5}{9} \cdot \left(\frac{t}{°F} - 32\right)$	1

Arbeitseinheiten

	J = Ws	kWh	kcal
1 J = Ws	1	$0,278 \cdot 10^{-6}$	$0,239 \cdot 10^{-3}$
1 kWh	$3,6 \cdot 10^6$	1	860
1 kcal	4186,8	$1,16 \cdot 10^{-3}$	1

[illegible]

Mehr zu unseren Systemlösungen auf wavin.de

- Trinkwasser
- Regenwasser
- Gebäudeentwässerung
- Abwasserentsorgung
- Heizen & Kühlen
- Gasversorgung
- Telekommunikation
- Kabelschutz



Building &
Infrastructure



Wavin ist ein Teil von Orbia, einer Unternehmensgruppe,
die einige der größten Herausforderungen der Welt meistert.
Verbunden mit einem gemeinsamen Ziel:
das Leben auf der ganzen Welt zu verbessern.

Wavin GmbH Industriestraße 20 | 49767 Twist | Deutschland
Tel. +49 5936 12-0 | info@wavin.de | wavin.de

© 2025 Wavin

Aufgrund kontinuierlicher Produktentwicklung behält Wavin sich das Recht vor, die Spezifikationen von Produkten ohne Vorankündigung zu ändern oder zu ergänzen.
Alle Ihnen hier vorliegenden Informationen wurden nach bestem Wissen veröffentlicht und zum Zeitpunkt der Drucklegung als richtig angesehen.
Für Fehler, Auslassungen, nachträgliche Änderungen oder falsche Annahmen kann keine Verantwortung übernommen werden.
Die Installation unserer Produkte muss stets den Installationsanweisungen entsprechen.