

VKRVerband Kunststoff-Rohre
und -RohrleitungsteileAnwendung von Kunststoff-Rohrsystemen
**Erdverlegte, drucklos betriebene Rohrleitungen
aus Polyethylen (PE), Polypropylen (PP)
und Polyvinylchlorid (PVC-U)**
Leitfaden und Verlegerichtlinie**VKR**
RL 03
03-d

Anwendung von Kunststoff-Rohrsystemen

**Erdverlegte, drucklos betriebene Rohrleitungen
aus Polyethylen (PE), Polypropylen (PP)
und Polyvinylchlorid (PVC-U)**

Leitfaden und Verlegerichtlinie

Herausgeber und Copyright:
Verband Kunststoff-Rohre und -Rohrleitungsteile (VKR)
CH-5000 Aarau, Schweiz
www.vkr.chGenehmigt und freigegeben durch
den Vorstand des VKR: 24. September 2003

Anwendung von Kunststoff-Rohrsystemen - **Erdverlegte, drucklos betriebene Rohrleitungen aus Polyethylen (PE), Polypropylen (PP) und Polyvinylchlorid (PVC-U)** - Leitfaden und Verlegerichtlinie (VKR RL03-03d)
Herausgeber: Verband Kunststoff-Rohre und -Rohrleitungsteile (VKR)
Schachenallee 29, CH-5000 Aarau

© 2003 Verband Kunststoff-Rohre und Rohrleitungsteile

Druck: Ilg AG, CH-3752 Wimmis
Printed in Switzerland
Illustrationen (Zeichnungen): BRAMA KO GmbH, CH-4565 Rechterswil
Bildnachweis (Fotos) auf der letzten Seite

VKR



Verband Kunststoff-Rohre
und -Rohrleitungsteile

Anwendung von Kunststoff-Rohrsystemen
**Erdverlegte, drucklos betriebene Rohrleitungen
aus Polyethylen (PE), Polypropylen (PP)
und Polyvinylchlorid (PVC-U)**
Leitfaden und Verlegerichtlinie

VKR
RL 03
03-d

Anwendung von Kunststoff-Rohrsystemen

**Erdverlegte, drucklos betriebene Rohrleitungen
aus Polyethylen (PE), Polypropylen (PP)
und Polyvinylchlorid (PVC-U)**

Leitfaden und Verlegerichtlinie

Herausgeber und Copyright:
Verband Kunststoff-Rohre und -Rohrleitungsteile (VKR)
CH-5000 Aarau, Schweiz
www.vkr.ch

Genehmigt und freigegeben durch
den Vorstand des VKR: 24. September 2003

Dieser Leitfaden und die Verlegerichtlinie für erdverlegte, drucklos betriebene Rohrleitungen aus Polyethylen (PE), Polypropylen (PP) und Polyvinylchlorid (PVC-U) wurden durch eine Arbeitsgruppe des Verbandes Kunststoff-Rohre und -Rohrleitungsteile, VKR, ausgearbeitet. Die Arbeitsgruppe setzte sich wie folgt zusammen:

- *Walter Künnecke, Plastconsult, 4102 Binningen (Vorsitz)*
- *Pierre Juple, GEBERIT Technik AG, 8640 Rapperswil*
- *Christoph Keller, JANSEN AG, 9463 Oberriet*
- *Pierric Martin, Plastag SA, 1312 Eclépens*
- *Peter Mayer, HAKA.GERODUR AG, 8717 Benken*
- *Urs Niederer, GLYNWED AG, 8212 Neuhausen am Rheinflall*
- *Charles von Siebenthal, Wavin Swisspipe AG, 4553 Subingen*

Die vorliegende Publikation wurde innerhalb der interessierten VKR-Mitgliederfirmen einer Vernehmlassung unterzogen und anschliessend vom Vorstand des VKR freigegeben.

VKR-Mitgliederfirmen, die Rohre und/oder Rohrleitungsteile aus Polyethylen (PE), Polypropylen (PP) und/oder Polyvinylchlorid (PVC-U) für erdverlegte, drucklos betriebene Rohrleitungen anbieten:

- *Canplast SA, 1029 Villars-Ste-Croix*
- *GEBERIT AG, 8640 Rapperswil*
- *GLYNWED AG, 8212 Neuhausen am Rheinflall*
- *HAKA.GERODUR AG, 8717 Benken*
- *INTERTECOM AG, 8702 Zollikon*
- *JANSEN AG, 9463 Oberriet*
- *Jürg Reist AG, 4632 Trimbach*
- *MAUDERLI AG, 6105 Schachen LU*
- *Plastag SA, 1312 Eclépens*
- *Ruma AG, 4133 Pratteln*
- *Streng Plastic AG, 8155 Niederhasli/Zürich*
- *Wavin Swisspipe AG, 4553 Subingen*
- *Wernli + Partner AG, 4632 Trimbach*

Drucklos betriebene Rohrleitungen aus glasfaserverstärkten Kunststoffen werden durch die Firma HOBAS Rohre AG, 4617 Gunzgen vertrieben.

Die genauen Anschriften können dem Anhang A3 entnommen werden.

0 Inhalt

		Seite
1	Zweck	6
2	Anwendungsbereich	6
3	Dokumente, Begriffe und Abkürzungen	7
3.1	Mitgeltende Dokumente	7
3.2	Begriffe und Definitionen	7
3.3	Abkürzungen	8
4	Allgemeines	9
4.1	Gütesicherung	9
4.2	Ökologische Aspekte	10
4.3	Gewässerschutz	10
4.4	Gewährleistung	11
5	Übersicht über das Produktsortiment	12
5.1	Werkstoffe	12
5.2	Unterscheidung der Rohre	12
	5.2.1 Vollwandrohre	12
	5.2.2 Rohre mit strukturierter Wandung	13
5.3	Formstücke	15
5.4	Verbindungsarten	16
	5.4.1 Verbindung Rohr-Rohr bzw. Rohr-Formstück	16
	5.4.2 Übergangsverbindungen	18
5.5	Schächte	18
5.6	Doppelrohrleitungen	19
5.7	Drainage- und Sickerrohre	20
5.8	Das richtige Produkt am richtigen Ort	20
6	Angaben zur Projektierung	21
6.1	Werkstoffe	21
6.2	Eigenschaften der Rohre	22
	6.2.1 Physikalische Eigenschaften	22
	6.2.2 Langzeitfestigkeit, Alterung	22
	6.2.3 Verhalten gegenüber Abwässer und Böden	22
	6.2.4 Abrasion	23
6.3	Einteilung der Rohre und Rohrleitungsteile	23
	6.3.1 Rohrserien	23
	6.3.2 Steifigkeitsklassen	24
6.4	Statische Berechnung	25
	6.4.1 Einleitung	25
	6.4.2 Einwirkungen, Beanspruchungen	26
	6.4.3 Tragsicherheitsnachweis	27
	6.4.4 Gebrauchstauglichkeit	29
	6.4.5 Rohrkennwerte	31

6.4.6	Bodenkennwerte	32
6.4.7	Berechnungsbeispiel	32
6.5	Belastung durch inneren Unterdruck oder äusseren Überdruck	36
6.6	Hydraulische Berechnung	36
6.6.1	Allgemeines	36
6.6.2	Grundstückentwässerungsleitungen	37
6.6.3	Kanalleitungen	41
6.7	Längenänderungen	43
6.8	Kräfte zwischen Rohr und Befestigung	46
6.8.1	Axiale Kräfte in Steckmuffen	46
6.8.2	Kräfte, die durch Biegeschenkel entstehen	47
6.8.3	Kräfte bei fest eingespannten Rohrleitungen (PE)	47
6.9	Abwasser-Druckleitungen (Hinweise)	48
6.10	Leitungsführung und Leitungsdetails	49
7	Verlegerichtlinie	51
7.1	Transport und Lagerung	51
7.2	Der Rohrgraben	52
7.2.1	Gestaltung und Form	52
7.2.2	Grabenaushub	53
7.2.3	Gefällstrecken	54
7.2.4	Grabenentwässerung	54
7.2.5	Grabensohle (nach SN EN 1610: Rohrbettung)	55
7.2.6	Verfüllen des Grabens	55
7.3	Verlegung	56
7.3.1	Ablassen der Rohre in den Rohrgraben	56
7.3.2	Ausrichten der Rohre	56
7.3.3	Richtungsänderungen	56
7.4	Grabenlose Verlegearten	57
7.5	Rohrverbindungen	58
7.5.1	Verbindungen mit Steckmuffen	58
7.5.2	Die Heizelement-Stumpfschweissung (PE)	60
7.5.3	Verbindungen mit Elektro-Schweissfittings (PE)	63
7.5.4	Andere Schweissverfahren	66
7.5.5	Verbindungen mittels Klebetechnik (PVC-U)	66
7.5.6	Mechanische Verbindungen	67
7.6	Übergänge und Anschlüsse	68
7.6.1	Übergänge an Rohrleitungen aus andern Werkstoffen	68
7.6.2	Anschlüsse an die Gebäudeentwässerung	71
7.6.3	Anschlüsse an die Kanalisation und nachträgliche Anschlüsse	71
7.6.4	Anschlüsse an Schächte	74
7.7	Rohrbefestigungen und Abstützungen	75
7.8	Frei montierte Rohrleitungen (Hinweise)	76

8	Qualitätssicherung und Prüfungen	77
	8.1 Anforderungen an das Montage- und Verlegepersonal	77
	8.2 Qualitätsmanagement-Systeme	77
	8.3 Zulassungen	77
	8.4 Prüfung auf Dichtheit	78
	8.5 Prüfung der Schweissverbindungen	79
	8.6 Abnahmen	80
9	Betrieb	81
	9.1 Überwachung und Reinigung	81
	9.2 Reparaturen	81
	9.3 Sanierungsverfahren (Hinweise)	81
10	Sicherheit	82
	10.1 Sicherheit gegen elektrischen Schlag	82
	10.2 Sicherheit beim Grabenbau	82
A1	Anhang A1: Rohrabmessungen	84
	A1.1 Vollwandige Rohre aus Polyethylen (PE)	84
	A1.2 Vollwandige Rohre aus Polyvinylchlorid (PVC-U)	85
	A1.3 Rohre aus Polypropylen (PP)	86
A2	Anhang A2: Liste der Normen, Richtlinien und Vorschriften	87
	A2.1 Normen und normenähnliche Publikationen	87
	A2.2 Gesetze und Verordnungen des Bundes (Auswahl)	90
	A2.3 Andere Publikationen und Vorschriften	91
	A2.4 Bezugsquellen	92
A3	Anhang A3: Lieferantennachweis	93
	<i>Bildnachweis</i>	96

Die neuen europäischen Normen für Abwasserleitungen und -kanäle unterscheiden folgende Anwendungsgebiete:

- U Anwendungskennzeichen für einen Bereich, der mehr als einen Meter von einem Gebäude entfernt ist, aber mit der Gebäudeentwässerung verbunden ist.**
(Bereich dieser Richtlinie)
- D Anwendungskennzeichen für einen Bereich, der unterhalb und maximal einen Meter von einem Gebäude entfernt liegt und in dem die erdverlegten Rohre und Formstücke mit der Abwasserleitung innerhalb des Gebäudes verbunden sind.**
(Diese Richtlinie kann auch in diesem Bereich angewendet werden)
- B Anwendungskennzeichen für Abwasserleitungen innerhalb des Gebäudes.**

3 Dokumente, Begriffe und Abkürzungen

3.1 Mitgeltende Dokumente

Die zu dieser Richtlinie übergeordnet zu beachtenden Normen, Richtlinien und Vorschriften sind:

- Alle relevanten, gesetzlichen Bestimmungen, Richtlinien und Verordnungen von Bund, Kantonen und Gemeinden
- Die Vorschriften der SUVA betreffend Unfallverhütung und Gesundheitsschutz
- Die Richtlinien, Normen und Vorschriften der Electrosuisse, SEV, betreffend elektrischer Anlagen
- Die Norm SN 592 000 „Planung und Erstellung von Anlagen für die Liegenschaftsentwässerung“, herausgegeben vom Schweizerischen Spenglermeister- und Installateurverband, SSIV (neu: suissetec, Schweizerisch-Liechtensteinischer Gebäudetechnikverband)
- Die Norm SIA 190 „Kanalisationen“, herausgegeben vom Schweizerischen Ingenieur- und Architekten-Verein, SIA
- Spezielle Vorschriften des Auftraggebers
- Produktspezifische Vorschriften der Hersteller

Eine ausführliche Auflistung von Normen, Vorschriften und Richtlinien befindet sich im Anhang 2.

3.2 Begriffe und Definitionen

Begriffe	Definitionen
Abflussbeiwert (C)	Von der Oberflächenbeschaffenheit abhängiger Faktor zur Berechnung der zu erwartenden Regenabflussmenge

Begriffe	Definitionen
Abflusskennzahl (K)	Dimensionslose Kennzahl, welche die Benutzungshäufigkeit von Entwässerungsgegenständen berücksichtigt
Abwasser	Jegliches in die Entwässerungsanlage fließende Wasser, wie häusliches Abwasser, industrielles Abwasser, Regenwasser
Anwendungskennzeichen	bezeichnet den Anwendungsbereich für Rohre und Rohrleitungsteile (siehe Abschnitt 2)
Bemessungsabfluss (Q_B)	Für die Leitungsbemessung massgebende Summe aus Gesamtschmutzwasserabfluss und Regenwasserabfluss pro Berechnungsabschnitt einer Entwässerungsanlage
Bettungsschicht	Unterlage der Rohrleitung
Füllungsgrad	Verhältnis der Wassertiefe (h) in einer Leitung zu deren Innendurchmesser
Gebäudeentwässerung	Abwassereinrichtungen innerhalb des Gebäudes
Grundleitung	Abwasserleitung unterhalb des Gebäudes (in der Bodenplatte, im Fundamentbereich oder im Erdreich), Anwendungsbereich D
Grundstückanschlussleitung	Abwasserleitung ausserhalb des Gebäudes, Anwendungsbereich U
Grundstückentwässerung	Abwassereinrichtungen zwischen Gebäude und Kanalisation
Kanalisation	Öffentliche Abwasserleitungen, in der Regel in öffentlichem Grund
Liegenschaftsentwässerung	Gebäude- und Grundstückentwässerung
Nennweite	Kenngrosse für Rohrleitungsbauteile Im Bereich der Norm SN 592000 ist jeder Nennweite ein minimaler Innendurchmesser zugeordnet. Siehe Abschnitt 6.10
Rohrumhüllung	besteht aus Bettungsschicht, Verdämmung, Schutzschicht
Schutzschicht	Materialschicht über dem Rohrscheitel zum Schutz der Leitung während des Verfüllens.
Verdämmung	Seitliche, verdichtete Auffüllung zwischen Grabenwand und Leitung bis auf Scheitelhöhe des Rohres

3.3 Abkürzungen

Abkürzung	Bedeutung
ATV	Abwassertechnische Vereinigung e.V.
B	Kennzeichen für den Anwendungsbereich innerhalb des Gebäudes (siehe Abschnitt 2)
CEN	Europäisches Komitee für Normung
D	Kennzeichen für den Anwendungsbereich unterhalb des Gebäudes (siehe Abschnitt 2)
d_{em}	mittlerer Aussendurchmesser
d_i	mittlerer Innendurchmesser
d_n	nomineller Aussendurchmesser
e_n	nominelle Wanddicke

Abkürzung	Bedeutung
EN	Europäische Norm
ISO	Internationale Norm bzw. International Organization for Standardization
PE	Polyethylen
PE-HD	Polyethylen hoher Dichte
PP	Polypropylen
PP-C	Polypropylen, Copolymer
PP-QD	mineralverstärktes Polypropylen (Silikat in Pulverform)
PP-R	Polypropylen, Random-Copolymer
prEN	Europäischer Normentwurf
PVC-U	weichmacherfreies Polyvinylchlorid
RL	Richtlinie
S	Rohrseriezahl (siehe Abschnitt 6.3.1)
SDR	Standard Dimension Ratio (siehe Abschnitt 6.3.1)
SEV	Electrosuisse, Schweizerischer elektrotechnischer Verband
SIA	Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
SN	Schweizer Norm
SN	Stiffness Number, Steifigkeitsziffer
SSIV	Schweizerischer Spenglermeister- und Installateurverband (heute: suissetec, Schweizerisch-Liechtensteinischer Gebäudetechnikverband)
STZ	Steinzeug
UP-GF	Ungesättigter Polyester mit Glasfasern verstärkt
suissetec	Schweizerisch-Liechtensteinischer Gebäudetechnikverband (ehemals SSIV)
SUVA	Schweizerische Unfall-Versicherungsanstalt
U	Kennzeichen für den Anwendungsbereich ausserhalb des Gebäudes im Erdreich (siehe Abschnitt 2)
VKR	Verband Kunststoff-Rohre und -Rohrleitungsteile
VSA	Verband Schweizerischer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute, Zürich

Weitere Abkürzungen sind in den einzelnen Abschnitten erläutert.

4 Allgemeines

4.1 Gütesicherung

Die Gütesicherung der Rohre und Rohrleitungsteile basiert auf folgenden Elementen:

- Prozessbeherrschung und Prüfungen beim Hersteller. Der Prüfumfang ist in der Norm SN 592 012 bzw. in den bereits gültigen europäischen Normen festgelegt.

- Verschiedene Hersteller haben ein zertifiziertes Qualitätsmanagement-System nach SN EN ISO 9001 mit regelmässigen Audits der Zertifizierungsstelle (siehe dazu auch Abschnitt 8.2).

- Für Rohre und Rohrleitungsteile bis zur Nennweite 300 vergibt die Arbeitsgemeinschaft Liegenschaftsentwässerung (suissetec-VSA) sogenannte Zulassungsempfehlungen für Produkte, welche die Norm SN 592012 vollständig erfüllen.

Die Verwendung von Rohren und Rohrleitungsteilen für Abwasserleitungen mit einer Zulassungsempfehlung ist in vielen Gemeindeverordnungen (zum Teil auch in kantonalen Gesetzen oder Vorschriften) verbindlich geregelt. Einzelne Gemeinden und Kantone überwachen die Ausführung der erdverlegten Abwasserleitungen (siehe auch Abschnitt 8.3).

4.2 Ökologische Aspekte

Kunststoff-Rohre und -Rohrleitungsteile benötigen für die Herstellung, für den Transport und die Verlegung weniger Energie als solche aus herkömmlichen Werkstoffen. Die bei der Herstellung anfallenden „Abfälle“ werden vollumfänglich wieder in den Herstellungsprozess eingefügt.

Rohrabschnitte, die bei der Verarbeitung und Verlegung entstehen, können durch die Hersteller oder spezielle Recycling-Firmen zurück genommen und wieder aufbereitet werden. Daraus lassen sich wieder Rohre für andere Anwendungen herstellen.

Die unproblematische Verbrennung von Polyethylen und Polypropylen ermöglicht es auch, aus stark verschmutzten Rohren den hohen Energieinhalt auszunützen. Rohre und Rohrleitungsteile aus PVC-U sollten nicht verbrannt werden.

Die Lagerung, Verlegung und Deponierung von Rohren und Rohrleitungsteilen aus PE, PP und PVC-U ist auch in Schutzzonen problemlos.

4.3 Gewässerschutz

Dem Gewässerschutz ist bei der Planung und Verlegung von Abwasserleitungen besondere Aufmerksamkeit zu schenken:

- Einhaltung der entsprechenden eidgenössischen und kantonalen Vorschriften
- Spezielle Konstruktionen in Schutzzonen, wie z.B. Doppelrohrleitungen
- Verwendung von zur Zulassung empfohlenem Rohrleitungsmaterial
- Ausgebildetes und instruiertes Verlege- und Montagepersonal, insbesondere für Schweiss- und Klebarbeiten
- Sicherstellung der Dichtheit der Abwasserleitungen durch Dichtheitsprüfungen vor der Inbetriebnahme
- Regelmässige Kontrollen (z.B. mittels Fernsehaufnahmen)

Es gilt zu bedenken, dass eine undichte Abwasserleitung mehr Schaden anrichten kann, als eine undichte Wasserleitung. Durch unbemerktes Austreten von Abwasser ins Erdreich können grössere Gebiete und vor allem Grundwasserströme nachhaltig geschädigt werden. Menschen können gesundheitliche Schäden erleiden. Deshalb sind für Abwasserleitungen hohe qualitative Massstäbe zu setzen.

4.4 Gewährleistung

die Herstellerfirmen haften im Rahmen des Schweizerischen Obligationenrechts und der firmenspezifischen Liefer- und Garantiebestimmungen.
Nähere Angaben sind bei den Herstellern erhältlich.

5 Übersicht über das Produktsortiment

5.1 Werkstoffe

Erdverlegte, drucklos betriebene Abwasserrohrleitungen werden aus folgenden Kunststoffen hergestellt:

- **PVC-U** Weichmacherfreies Polyvinylchlorid
- **PE** Polyethylen (PE-HD, Polyethylen hoher Dichte)
- **PP** Polypropylen
- **UP-GF** Glasfaserverstärktes, ungesättigtes Polyester (*nicht Inhalt dieser Richtlinie*)

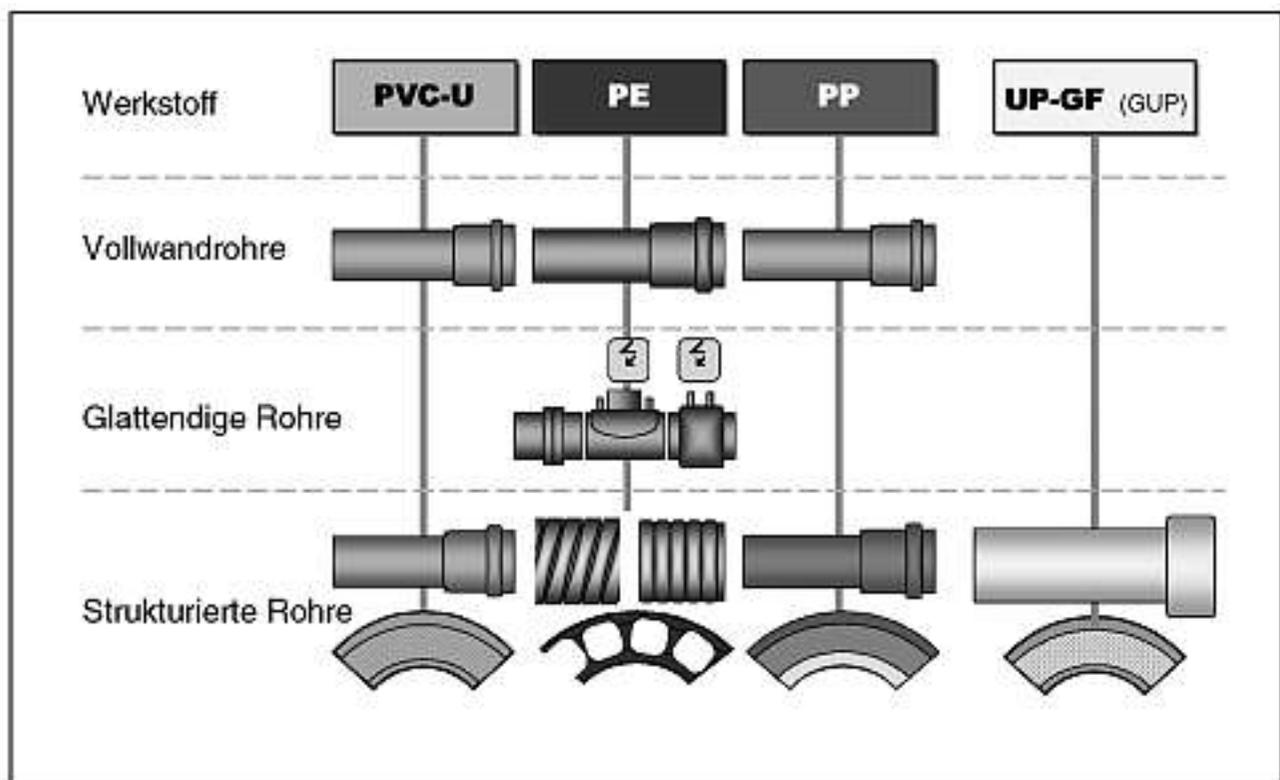


Abb. 5.1: Übersicht über die drucklos betriebenen Abwasserrohrleitungen aus Kunststoff

5.2 Unterscheidung der Rohre

Die Rohre aus thermoplastischen Kunststoffen (PVC-U, PE, PP) werden nach dem Aufbau ihrer Wandung unterschieden:

- Rohre mit einheitlich homogener Wandung sind *Vollwandrohre*
- Rohre mit nicht einheitlicher Wandung (z.B. Mehrschichtrohre) oder nicht homogener Wandung (z.B. Rohre mit Hohlräumen innerhalb der Wandung) werden zusammengefasst mit dem Begriff *Rohre mit strukturierter Wandung*.

5.2.1 Vollwandrohre

Vollwandrohre besitzen einen homogenen Wandaufbau, d.h. die Rohrwandung besteht aus einem einheitlichen, kompakten Material. Bei einigen Produkten besteht die innere Oberfläche aus einer hell eingefärbten, dünnen Schicht aus gleichwertigem Werkstoff wie die übrige Wandung. Diese helle Beschichtung

erlaubt vor allem bei den schwarzen PE-Rohren die Beobachtung mittels Kanalfernsehen.

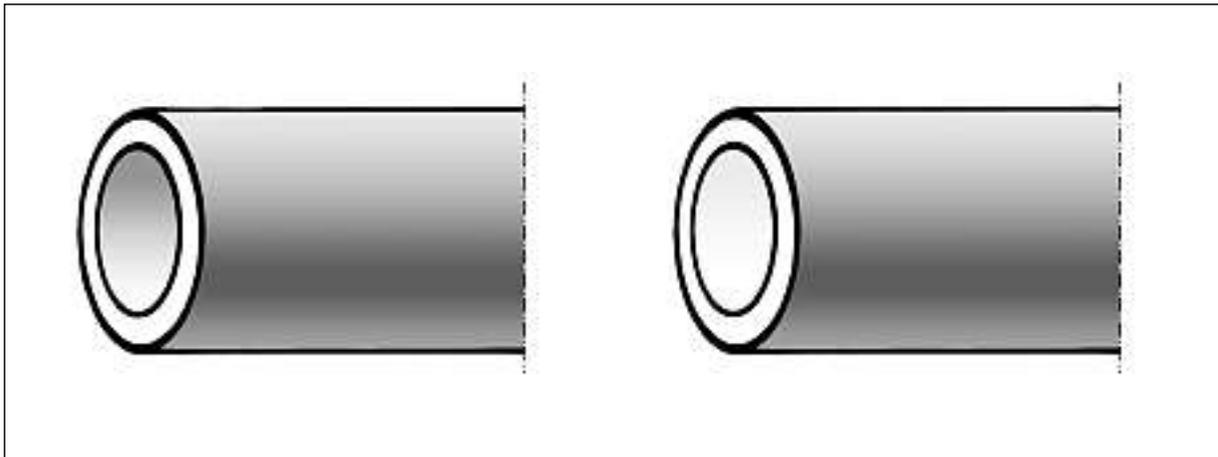


Abb. 5.2: Vollwandrohre (rechts mit heller Innenschicht)

Vollwandrohre werden in der Regel mit einseitig angeformter oder angeschweisster Steckmuffe angeliefert. Rohre aus PE sind auch als glattendige Rohre im Verkauf.

5.2.2 Rohre mit strukturierter Wandung

Der Wandaufbau dieser Rohre ist unterschiedlich. Der Zweck einer Strukturierung besteht in der Regel darin, dass mit geringerem Materialaufwand eine höhere oder zumindest gleichwertige Ringsteifigkeit erreicht wird. Nach der Norm SN EN 13476 (zur Zeit noch Entwurf prEN 13476) werden folgende Typen unterschieden:

Typ **A1a** Mehrschichtrohre

Mehrschichtrohre haben meist eine dreischichtige Wandung. Der Aufbau besteht aus

- einer Innenschicht, die gegen Abwasser und gegen korrosive sowie mechanische Einwirkungen resistent ist,
- einer Mittelschicht mit veränderten Eigenschaften (geschäumtes Material, mineralstoffverstärktes Material, usw.) und
- einer äusseren Schutzschicht.

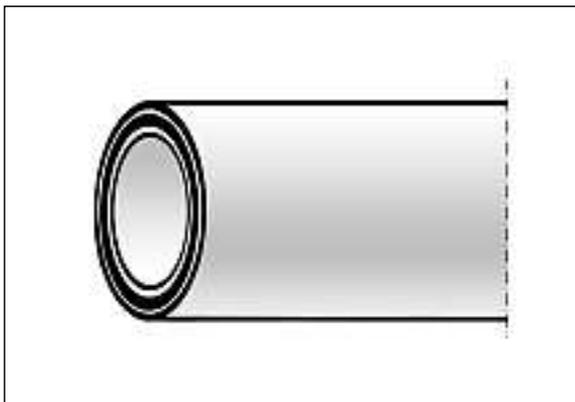


Abb. 5.3 Mehrschichtrohr (Typ A1a)

Typ **A1b** Rohrwandung ausgebildet als Hohlraumprofil mit längslaufenden Kammern.

Die Rohrwandung ist durch Kammern unterbrochen, die in axialer Richtung verlaufen. Dadurch entsteht eine Materialeinsparung ohne die Steifigkeit wesentlich zu verkleinern.

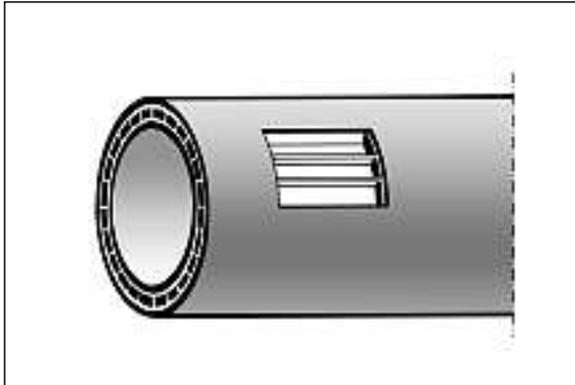


Abb. 5.4: Rohr mit längsverlaufenden Hohlräumen und glatten Oberflächen (Typ A1b)

Typ **A2** Rohrwandung ausgebildet mit einem im Umfang verlaufenden Hohlraum

Bei im Wickelverfahren hergestellten Rohren ist der Hohlraum schraubenförmig im Umfang angeordnet (Wickelrohre).

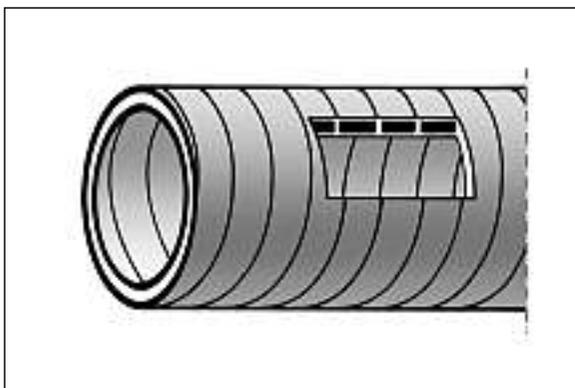


Abb. 5.5: Rohr mit spiralförmig verlaufenden Kammern (Typ A2)

Rohre mit Hohlraumprofilen besitzen eine hohe Stabilität; sie sind aber wegen der zum Teil dünnen Einzelwanddicken gegen mechanische Einflüsse (Schlagbeanspruchung) zu schützen.

Typ **B** Rohrwandung mit glatter Innenfläche und gerippter oder wellenförmiger Aussenwand.

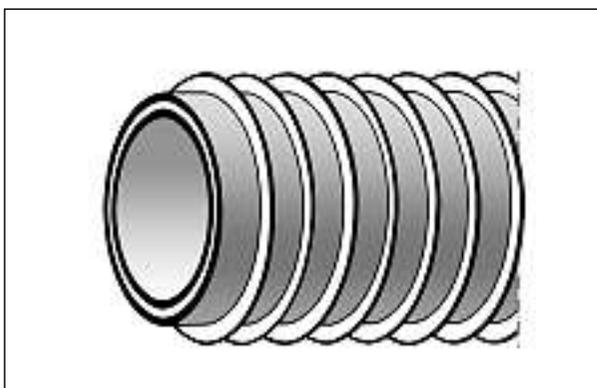


Abb. 5.6: Rohr mit Rippenkonstruktion (Typ B)

Diese Rohre werden in der Regel längsextrudiert oder im Wickelverfahren hergestellt.

5.3 Formstücke

Zu den Rohren werden werkstoff- und verbindungsgerechte Formstücke in verschiedenen Formen angeboten:

- Bogen oder Winkel in verschiedenen Winkelgraden
- Abzweiger mit Winkeln von 45° bis 88,5°
- Reduktionen (normalerweise in exzentrischer Ausführung)



Abb. 5.7: Beispiele von Formstücken aus PP

In der Regel sind die Formstücke aus PVC-U und PP einseitig mit einer Steckmuffe versehen. Formstücke aus PE sind in beiden Ausführungen erhältlich: Mit Steckmuffe (z.T. mit verschiedenen Einstecktiefen) und glattendig für Schweißverbindungen.



Abb. 5.8: Formstücke aus PE mit integrierter Steckmuffe und glattendige Formstücke für Elektro-Muffenschweißung oder Heizelement-Stumpfschweißung

5.4 Verbindungsarten

5.4.1 Verbindung Rohr-Rohr bzw. Rohr-Formstück

Die wichtigsten Verbindungsarten sind:

- Die Steckmuffenverbindung für PVC-U-, PP- und PE-Rohrsysteme
- Die Schweissverbindung für PE-Rohrsysteme

Für Rohre und Formstücke (PVC-U und PP), die auf der Baustelle nicht schweisbar sind, werden **Steckmuffenverbindungen** verwendet. Die Steckmuffe ist normalerweise einseitig am Rohr bzw. am Formstück angeformt. Für glattendige Rohre können auch Überschiebe- und Doppelmuffen verwendet werden.



Abb. 5.9: Rohre aus PP (mit heller Innenschicht) und PVC mit Steckmuffe



Abb. 5.10: Steckmuffe aus PVC mit Lippendichtung im Schnitt

Die Steck-, Doppel- und Überschiebemuffen dichten das eingesteckte Rohr oder Formstück mittels einer Dichtung aus Elastomer. Die Dichtung kann lose eingesetzt oder fest in der Muffe eingebaut sein.

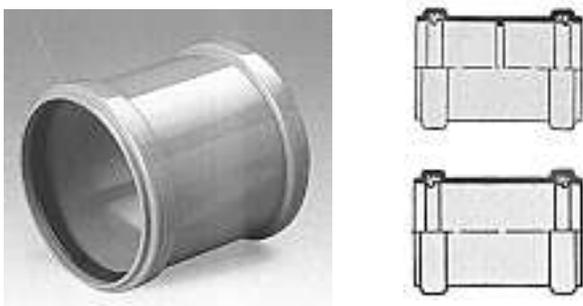


Abb. 5.11: Doppelmuffe (oben) und Überschiebemuffe (unten)

Bei PE-Rohren ist zu beachten, dass auf Grund der relativ grossen Wärmedehnung bei einigen Herstellern zwei verschiedene Einstecktiefen bei den Steckmuffen angeboten werden (zu verwenden je nach Länge des einzusteckenden Rohres).

PVC-Rohre und -Formstücke sind klebbar. Allerdings sind Klebmuffen in der Schweiz nicht mehr üblich. Für das Anbringen nachträglicher Abzweige auf PVC-Rohre können jedoch sogenannte Klebstutzen verwendet werden.

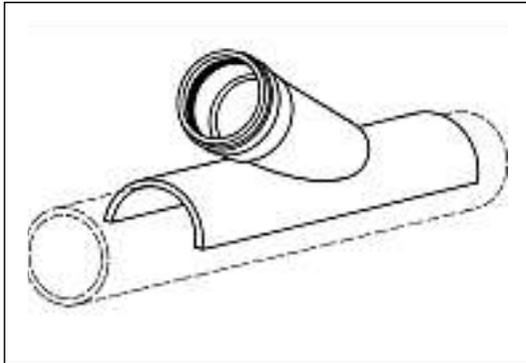


Abb. 5.12: Klebstutzen

Rohre und Formstücke aus PE können mit den oben beschriebenen Muffen, aber auch mittels **Schweissschweißverbindung** zusammengefügt werden:

- Elektro-Schweissmuffen, Elektro-Schweisssattel (siehe 7.5.3)
- Heizelement-Stumpfschweissung (siehe 7.5.2)

Bei Elektro-Schweissschweißverbindungen ist darauf zu achten, dass Elektro-Schweissteil und Schweißgerät systemmässig aufeinander abgestimmt sind.



Abb. 5.13: Rohrverbindungen (PE) mit Elektro-Schweissmuffen mit systemgemässen Schweißgeräten



Abb. 5.14: Elektro-Schweissattel



Abb. 5.15: Hezelement-Stumpfschweissmaschine und Schweissnaht

5.4.2 Übergangsverbindungen

Für den Übergang von Rohren aus PVC-U, PP und PE auf Rohre anderer Werkstoffe werden spezielle Übergangsverbindungen angeboten.

Für den Anschluss an Schächte aus Beton sind sogenannte Schachtfutter zu verwenden und für den Anschluss an Kanalisationen (Hauptkanäle) müssen, je nach Ausführung des Hauptkanals, besondere Konstruktionen gewählt werden.

Diese Übergangs- und Anschlussverbindungen sind im Abschnitt 7.6 beschrieben.

Nachträgliche Anschlüsse an bestehende Kunststoff-Rohrleitungen sind, je nach Werkstoff, mit verschiedenen Techniken ausführbar. Beispiele finden sich in Abschnitt 7.6.3.

5.5 Schächte

Schächte werden mit verschiedenen Kunststoffen ausgeführt: PE, PP, PVC-U, UP-GF usw.

Die Ausführungsformen können, je nach Anwendungsanforderungen, variieren:

- Industriell gefertigte Schächte (Katalogsortiment)
- Vorgefertigte Schächte (individuell auf die örtlichen Anforderungen abgestimmt)
- Schachtauskleidungen aus Kunststoff
- Nur Schachtboden aus Kunststoff

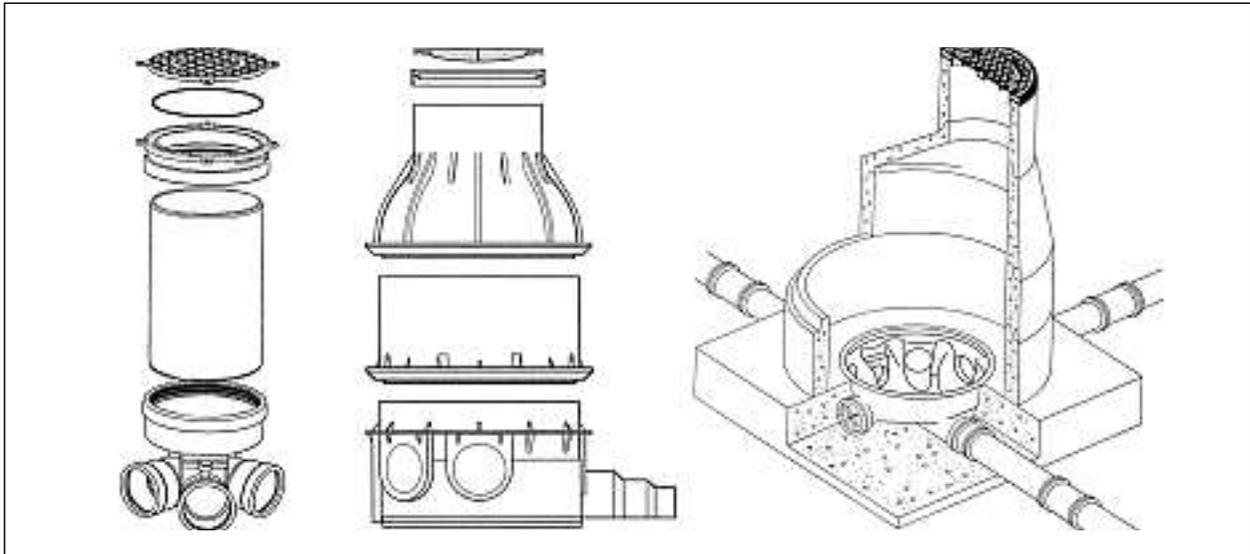


Abb. 5.16: Beispiele von Schachtausführungen in Kunststoff

5.6 Doppelrohrleitungen

Für die Verlegung von Abwasserleitungen in Schutzgebieten sind oft weitere Massnahmen zur Sicherung der Grundwasservorkommen notwendig. Es wird eine kontrollierte Dichtheit gefordert. Eine Lösung bilden Doppelrohrleitungen. Diese bestehen aus einem Schutzrohr, in dem das abwasserführende Innenrohr eingebettet ist. Der Raum zwischen Abwasser- und Schutzrohr wird mittels verschiedener Systeme auf Dichtheit überwacht.

Für die Herstellung solcher Doppelrohrleitungen werden besondere Formstücke angeboten oder sie werden werkstattmässig vorgefertigt. Die Erstellung und Montage derartiger Leitungen soll nur durch spezialisierte Firmen vorgenommen werden.



Abb. 5.17: Formstück für Doppelrohrleitungen aus PE

5.7 Drainage- und Sickerrohre

Für das Sammeln und Ableiten von Grund-, Hang- und Oberflächenwasser werden Kunststoffrohre mit runden und schlitzförmigen Öffnungen ausgestattet (Drainagerohre, Sickerrohre, Teilsickerrohre usw.). Diese Rohre werden aus PE und PVC-U in starrer und flexibler Ausführung angeboten (in Stangen und Ringbunden).

Folgende Anwendungsgebiete stehen im Vordergrund:

- Baugrund-Drainage
- Flächendrainage
- Strassen-, Bahn- und Tunnelndrainage
- Landwirtschaft
- Sportstätten

5.8 Das richtige Produkt am richtigen Ort

An Abwasserrohrleitungssysteme sind hohe Anforderungen zu stellen. Wegen möglicher Kontaminierung des Erdreiches und des Grundwassers muss die langfristige Dichtheit des Rohrsystems gewährleistet sein. Bodenbewegungen, Senkungen usw. müssen durch das Rohrsystem aufgenommen werden.

Wurzelwerk darf bei den Rohrverbindungen nicht einwachsen und die Belastung durch die üblichen Reinigungsverfahren (Hochdruckspülung) dürfen keine Schäden hervorrufen.

Rohrleitungssysteme aus Kunststoff erfüllen diese Forderungen dank der idealen Werkstoffeigenschaften (Flexibilität) und der dichten Verbindungstechniken (Schweissen).

Im Einzelnen sind folgende, weitere Kriterien für die Werkstoffwahl zu beachten:

Durchflussmedium

- Beständigkeit gegen Chemikalien
- maximale Temperatur des Mediums
- maximaler Betriebsdruck

Weitere Überlegungen betreffen die **Werkstoff-Festigkeit** in Bezug auf die anzuwendenden Verlegetechniken bzw. Einbettungsbedingungen (Statik, Flexibilität, Biegefestigkeit, Schlagfestigkeit usw.).

Die anzuwendende **Verbindungstechnik** beeinflusst ebenfalls die Werkstoffwahl (Schweissen, Stecken).

Überlegungen zur **Ökologie** und natürlich die **Produktekosten** können die Wahl des Werkstoffes beeinflussen.

Daraus ergibt sich, dass eine Vielzahl von Faktoren die Wahl des Werkstoffes bestimmen. Es gibt nicht „den richtigen Werkstoff“, es gibt aber für alle Anwendungsbedingungen einen idealen Werkstoff!

(Siehe auch Übersicht über das Angebot für Rohre und Rohrleitungsteile im Anhang A3)

6 Angaben zur Projektierung

6.1 Werkstoffe

Polyethylen (PE) und **Polypropylen (PP)** sind thermoplastische Kunststoffe aus der Gruppe der Polyolefine.

Die im Abwasserbereich üblichen **Polyethylen**-Arten werden unter verschiedenen Bezeichnungen angeboten:

nach dem Herstellungsverfahren	nach der Dichte (spezifische Masse)	nach der Härte (z.B. in den SN- und SIA-Normen)	nach der Festigkeit (z.T. in den EN-Normen)
Niederdruck-Polyethylen	Polyethylen hoher Dichte PE-HD (auch HDPE)	Hart-Polyethylen Hart-PE HPE	PE63 , PE80, PE100

Für drucklose Abwasserrohre schreibt die Norm EN 12666 eine Polyethylen-Art vor, die in etwa der Klassierung PE63 entspricht.

Werkstoffbezeichnung: **PE** oder **PE-HD**.

Polyethylen ist schweisssbar, jedoch im Rohrleitungsbereich nicht klebbar.

Der Schmelzindex (MFR 190/5) liegt zwischen 0,2 und 1,1 g/10 min.

Polypropylen hat ähnliche Eigenschaften wie Polyethylen, ist aber für höhere Temperaturen geeignet. PP besitzt einen höheren Elastizitätsmodul. Die geforderten Festigkeitseigenschaften sind in der Norm SN EN 1852 festgelegt. Im Rohrleitungsbau werden vorwiegend sogenannte Copolymere (PP-C) oder Random-Copolymere (PP-R) eingesetzt. Mineralstoffverstärkte Polypropylene (PP-QD) erhöhen den Elastizitätsmodul der Rohre zusätzlich.

Auch Polypropylen ist schweisssbar, jedoch nicht klebbar. Die Schweissbarkeit wird aber für steckbare Abwasserrohrsysteme nicht ausgenützt.

PVC (Polyvinylchlorid) ist ebenfalls ein thermoplastischer Kunststoff, jedoch aus der Gruppe der halogenisierten Kunststoffe. Für Rohrleitungen werden ausschliesslich weichmacherfreie Typen eingesetzt (PVC-**U** = Unplasticized Polyvinylchlorid).

Die geforderten Festigkeitseigenschaften sind in der Norm SN EN 1401 festgelegt.

Werkstoffbezeichnung: **PVC** oder **PVC-U**.

Polyvinylchlorid ist klebbar, aber für den Rohrleitungsbau in der Regel nicht schweisssbar.

6.2 Eigenschaften der Rohre

6.2.1 Physikalische Eigenschaften

Pos.	Eigenschaft	PE	PP	PVC
1	Elastizitätsmodul (1 Minutenwert)	1000 N/mm ² ¹⁾	1250 N/mm ² 2800 N/mm ² ³⁾	3600 N/mm ²
2	Elastizitätsmodul (Langzeitwert)	150 N/mm ²	300 N/mm ² 700 N/mm ² ³⁾	1750 N/mm ²
3	Zulässige Ringbiegezugfestigkeit	8,0 N/mm ²	8,0 N/mm ²	25 N/mm ²
4	mittlerer Längenausdehnungskoeffizient ²⁾	0,18 mm/m·K	0,14 mm/m·K 0,04 mm/m·K ³⁾	0,08 mm/m·K
5	mittlere Dichte	940 kg/m ³	900 kg/m ³ 1150 kg/m ³ ³⁾	1380 kg/m ³

1) nach EN 12666: min. 800 MPa

2) siehe auch Abschnitt 6.7

3) für mineralstoffverstärkte Mehrschichtrohre (PP-QD)

6.2.2 Langzeitfestigkeit, Alterung

Die Lebensdauer eines Rohres hängt stark vom Zusammenwirken von Rohrmaterial und äusseren Einflüssen ab (Erd- und Verkehrslasten). Die richtige statische Auslegung (siehe Abschnitt 6.4) und die fachgerechte Verlegung (siehe Kapitel 7) sind für eine lange Gebrauchsdauer entscheidend.

Mittlerweile stehen Kunststoffrohre schon über 50 Jahre im Einsatz, und es ist wissenschaftlich nachgewiesen, dass sich ihre Eigenschaften nicht negativ verändert haben, so dass eine wesentlich längere Nutzungsdauer erwartet werden kann. Mit den heute eingesetzten Materialien kann durchaus eine Gebrauchsdauer von 100 Jahren erreicht werden.

Bei freiverlegten Leitungen oder im Freien eingerichteten Rohrlagern sollte Folgendes beachtet werden:

Kunststoffrohre aus PE sind gegen ultraviolette Strahlung stabilisiert und nicht empfindlich gegen Witterungseinflüsse. Polyethylen ist das ideale Rohrleitungsmaterial für Aussenanwendungen. Rohre aus PVC und PP sind wenig empfindlich gegen Witterungseinflüsse. Je nach Jahreszeit und Exposition ist ein Ausbleichen der Farbe möglich, wobei dieser photomechanische Effekt die Rohre qualitativ nicht beeinflusst.

Bei PVC Rohren tritt nach einer Lagerungsdauer von über einem Jahr eine zunehmende Weissfärbung auf. Das Rohr wird schlagempfindlicher.

Generell sollte eine geschützte Lagerung auch gegen Verschmutzung gewählt werden. Eine mehrmonatige, intensive Sonnenexposition sollte vermieden werden.

6.2.3 Verhalten gegenüber Abwasser und Böden

Rohrleitungssysteme aus Kunststoff sind chemisch inaktiv. Das heisst, dass sie sich durch chemische und elektrische Einflüsse nicht verändern. Diese Reaktionen

führen bei metallischen Rohren zu Korrosion oder unter Umständen zur Materialzersetzung bei zementgebundenen Produkten. Kunststoff widersteht diesen Angriffen. Somit wird die Lebensdauer nicht durch äussere chemische Angriffe begrenzt. Kunststoff-Rohrleitungen können in allen Böden ohne weitere Schutzmassnahmen verlegt werden.

Ebenfalls resistent sind Kunststoffrohre gegen alle anfallenden häuslichen Abwässer, die einer Abwasserreinigungsanlage zugeführt werden dürfen. Entstehende, schwefelsaure Gase führen bei Kunststoffrohren zu keiner Materialbeeinflussung.

Für den Fall, dass diese Rohrleitungssysteme für chemisch belastetes Abwasser (z.B. Industrieabwasser) verwendet werden, sind die chemische Widerstandsfähigkeit und die Temperaturbeständigkeit zu überprüfen. Informationen darüber geben die Hersteller und die folgenden Normen:

- für Polyethylen (PE) ISO/TR 10358
- für Polypropylen (PP) ISO/TR 10358
- für Polyvinylchlorid (PVC) ISO/TR 10358
- für Elastomere (Dichtungen) ISO/TR 7620

6.2.4 Abrasion

Die Abriebwerte von Kunststoff-Rohrleitungen beim Transport von Abwässern mit hohem Sandgehalt sind im Vergleich zu Rohrleitungen aus andern Werkstoffen so klein, dass sie vernachlässigt werden können. Kunststoff-Rohrleitungen sind gegenüber häuslichen und Strassenabwässern abriebfest.

6.3 Einteilung der Rohre und Rohrleitungsteile

6.3.1 Rohrserien

Die Rohre aus thermoplastischen Kunststoffen sind bezüglich ihrer Abmessungen (Aussendurchmesser und Wanddicke) in sogenannte „Rohrserien“, d.h. in Reihen mit gleichem Verhältnis Aussendurchmesser zu Wanddicke eingeteilt. Rohre gleicher Rohrserie und gleichem Werkstoff sind gleich belastbar. Dies gilt auch für Rohrleitungsteile.

Es werden zur Zeit zwei verschiedene Systeme zur Bezeichnung der Rohrserien verwendet:

Rohrserien S nach ISO 4065

Die Rohrserie S ist definiert durch die Formel:

$$S = \frac{d_n - e_n}{2 \cdot e_n}$$

- S Rohrseriezahl
- d_n nomineller Aussendurchmesser
- e_n nominelle Wanddicke

Standard Dimension Ratio (SDR)

SDR wird durch folgende Formel definiert:

$$\text{SDR} = \frac{d_n}{e_n}$$

Die Beziehung zwischen der Rohrseriezahl S und SDR lautet:

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

$$\text{SDR} = 2 \cdot S + 1$$

6.3.2 Steifigkeitsklassen

Die Nenn-Steifigkeit (SN) ist eine numerische Kennzahl für die Grösse der Ringsteifigkeit eines Rohres oder Formstückes bezogen auf die ermittelte Steifigkeit in Kilo-Newton pro Quadratmeter (kN/m^2), welche die Mindestringfestigkeit eines Rohres oder Formstückes angibt.

Für vollwandig extrudierte Rohre gelten demnach folgende Zusammenhänge zwischen Werkstoff, Rohrserie und Nenn-Ringsteifigkeit:

Für Polyethylen (PE)-Rohre und Formstücke gilt:

Rohrserie S	S 16	S 12,5	S 10, S 8
SDR	33	26	21, 17
Nenn-Ringsteifigkeit SN	SN 2	SN 4	SN 8

Für Polypropylen (PP)-Rohre und Formstücke gilt:

Rohrserie S	S 20	S 16	S 11,2
SDR	41	33	23
Nenn-Ringsteifigkeit SN	SN 2	SN 4	SN 8

Für PVC-U-Rohre und Formstücke gilt:

Rohrserie S	S 25	S 20	S 16,5 ¹⁾
SDR	51	41	34 ¹⁾
Nenn-Ringsteifigkeit SN	SN 2	SN 4	SN 8 ¹⁾

1) S 16,5 bzw. SDR 34 entspricht der Norm SN EN 1401. In der Schweiz wird bis auf weiteres die Rohrserie S 16 bzw. SDR 33 mit der gleichen Nenn-Ringsteifigkeit SN 8 verwendet.

Strukturierte Rohre (z.B. auch Mehrschichtrohre) werden nicht nach Rohrserien, sondern nach den Steifigkeitsklassen SN 2, SN 4 und SN 8 eingeteilt.

6.4 Statische Berechnung

6.4.1 Einleitung

Es werden grundsätzlich zwei verschiedene statische Verhalten von Rohrleitungen unterschieden:

Biegesteifes Verhalten bedeutet, dass das Rohr steifer ist, als das das Rohr umgebende Material. Die Kräfte werden vom Rohr übernommen und im Sohlenbereich wieder auf den Erdboden abgegeben (Rohre aus Steinzeug, Beton, Guss).

Biegeweiches Verhalten heisst, dass sich das Rohr weicher verhält, als das das Rohr umgebende Material (alle Kunststoffrohre). Das biege weiche Rohr deformiert sich unter der Belastung, aktiviert dadurch Stützkräfte, auch seitlich vom Rohr, und überträgt die Lasten auf das umhüllende Material. Daher ist die seitliche Verdichtung von grosser Bedeutung. Damit die Lagerungsbedingungen seitlich gleich dem Sohlenbereich sind, werden in der Norm SIA 190 für biege weiche Rohre die Profile U1 und U4 empfohlen (siehe Abschnitt 7.2.1).

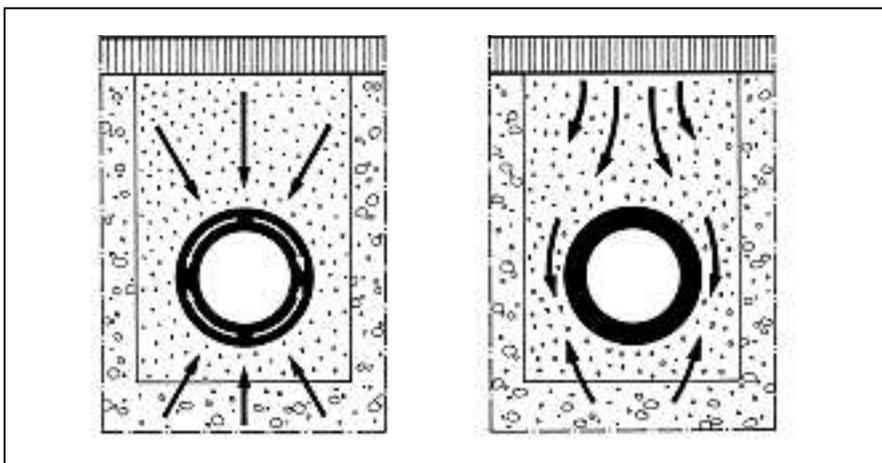


Abb. 6.1: Statisches Verhalten biegesteifer und biege weicher Rohre

Berechnungsmethoden

In der Norm **SIA 190** ist eine vereinfachte Berechnungsmethode enthalten, deren Resultate in vielen Fällen genügend zutreffend sind.

Vor allem der Einfluss des Bodenmaterials wird im Arbeitsblatt **ATV A 127** der deutschen abwassertechnischen Vereinigung ausführlicher berücksichtigt. Für die Bettung des gewachsenen Bodens, die seitliche Auffüllung und die Überschüttung können die Bodenkennwerte einzeln definiert werden. Das macht allerdings die Berechnung kompliziert und unübersichtlich. Zudem sind in der Praxis die verschiedenen Bodenkennwerte kaum genau bekannt.

In der neuen europäischen Norm **EN 1295**, die zwar erst als Entwurf vorliegt, wird die wohl umfangreichste Berechnungsmethode vorgestellt.

Der Berechnungsvorgang ist dementsprechend kompliziert. Um diese Berechnung für die Praxis handhabbar zu machen, wurde die Software „**ADAP, Automated Design and Analysis of Pipelines**“ (Verfasser und Vertrieb Prof. Dr. M. Farshad; www.farshad.ch) entwickelt. Dieses Berechnungsprogramm berücksichtigt zu den üblichen statischen Berechnungen auch die Belastungen in Längsrichtung.

Im Folgenden ist die Berechnungsmethode nach SIA 190 für biegeeweiche Rohre beschrieben.

6.4.2 Einwirkungen, Beanspruchungen

Die Einwirkungen auf das Kanalisationsbauwerk bzw. die Rohrleitung sind gemäss SIA 160 festzulegen.

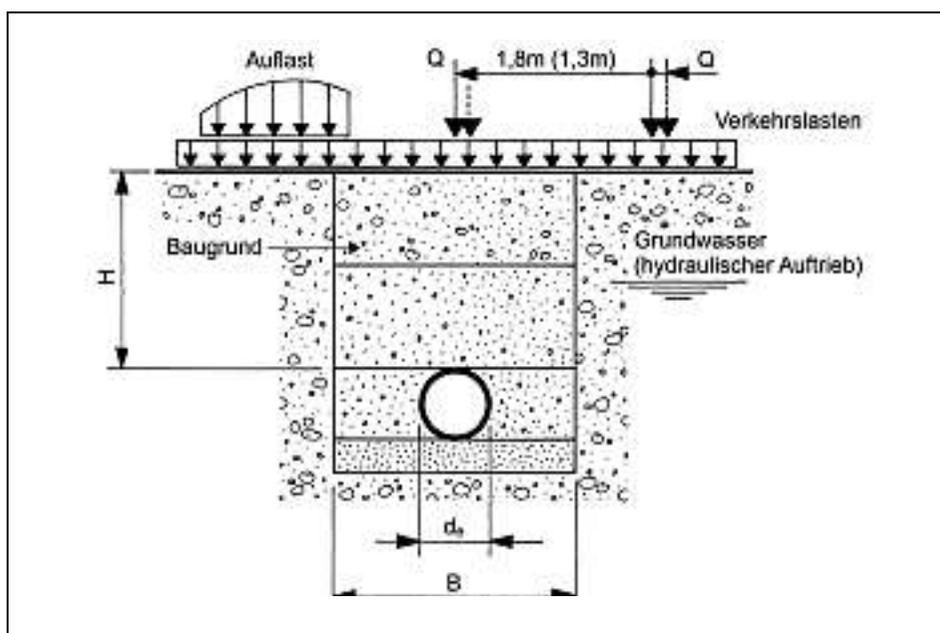


Abb. 6.2: Einwirkungen auf die Rohrleitung

Oberflächenlasten:

Verkehrslasten werden mit 5 kN/m^2 und mit zusätzlich $4 \times 75 \text{ kN}$ Radlast berücksichtigt (Lastfall 1+ 2 + 3). Ausserhalb der Verkehrsfläche wird ebenfalls mit $4 \times 75 \text{ kN}$ Radlast gerechnet (Lastfall 1).

Aus Abb. 6.3 ist erkennbar, wie stark die Belastung bei geringer Überdeckung zunimmt.

Die Erdlasten werden mit steigender Verlegetiefe gegenüber den Verkehrslasten massgebender. Das biegeeweiche Rohr deformiert sich unter Belastung mindestens soweit, wie sich das umhüllende Material noch verdichten lässt. Durch dieses „Nachrutschen“ wird der Einfluss der Gewölbewirkung kleiner und daher wird bei biegeweichen Rohren nicht zwischen Graben- und Dammbedingungen unterschieden. Somit hat die Grabenform (U-, V- oder Stufengraben) auf die statische Berechnung von biegeweichen Rohren keinen Einfluss.

Der Einfluss von Wasser wird bei biegeweichen Rohren vereinfacht berücksichtigt (siehe Abschnitt 6.4.3).

Weitere Einflüsse, wie zum Beispiel aus Bewegungen, Temperatureinwirkungen und Verschiebungen müssen separat berücksichtigt und berechnet werden.

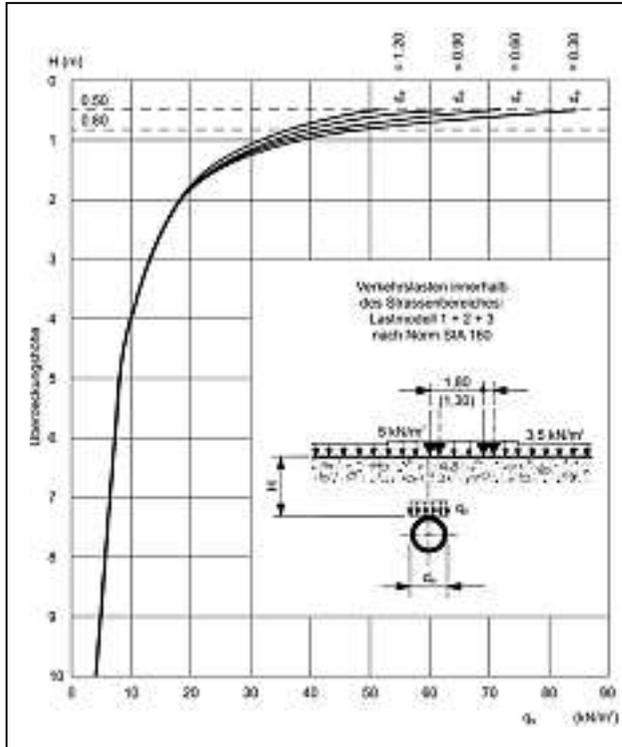


Abb. 6.3: Einwirkung der Strassenlasten auf der Höhe des Rohrscheitels ohne Berücksichtigung des dynamischen Beiwertes (Lastmodell 1 + 2 + 3)

6.4.3 Tragsicherheitsnachweis

Beulnachweis ohne Grundwasser:

Für den Nachweis der Tragsicherheit biegeweicher Rohre ($SF_{kurz} < 0,1$) ohne Einwirkung von Grundwasser gilt nach SIA 190:

$$q_{ds} \leq \frac{q_{BI}}{2,0}$$

q_{ds} Bemessungswert der Beanspruchung aller vertikalen Einwirkungen als Flächenlast auf den Rohrscheitel in N/mm^2

q_{BI} Beulwiderstand mit der Systemsteifigkeit SF_{lang} wie folgt:

$$q_{BI} = (0,26 - 0,54 \cdot \log SF_{lang}) \cdot E_B \cdot \sqrt{SF_{lang}}$$

mit E_B als horizontalem Verformungsmodul des Bodens gemäss nachstehender Tabelle (nach SIA 190, ergänzt mit Angaben aus ATV A 127)

Boden (Kurzbezeichnung nach USCS)	Innerer Reibungswinkel φ	Verformungsmodul E_B in N/mm ² bei Verdichtungsgrad (Proctordichte) D_{Pr} in %					
		85	90	92	95	97	100
Nichtbindige Böden GW, SW, GP, SP	35	2	6	9	16	23	40
Schwachbindige Böden GM, SM	30, 32,5	1,2	3	4	8	11	20
Bindige Mischböden SC, GC	25	0,8	2	3	5	8	13
Bindige Böden MC, CC, OL, MH, CH, OH, PT	20	0,6	1,5	2	4	6	10

nach SIA 190 | Alle andern Werte nach ATV A 127

Beulnachweis mit Grundwasser

Durch Wasser reduziert sich die stützende Wirkung des seitlichen Materials. Beim erdgestützten Rohr findet eine Lastumlagerung statt, sodass die Belastung der Rohrwand kleiner wird. Beim nachfliessenden Wasser bleibt der Druck konstant, wobei sich durch die Deformation, durch das Abweichen vom idealen Kreisring, der statische Widerstand reduziert.

Für den Nachweis der Tragsicherheit biegeweicher Rohre mit Einwirkung von Grundwasser gilt nach SIA 190:

$$q_{ds} \leq \frac{q_{BI}}{2,0} \cdot \left(1 - 2 \cdot \frac{p_{w,d}}{k \cdot p_{cr}} \right)$$

- q_{ds} Bemessungswert der Beanspruchung aller vertikaler Einwirkungen als Flächenlast auf den Rohrscheitel in N/mm²
- q_{BI} Beulwiderstand in N/mm²
- $p_{w,d}$ Bemessungswert des hydrostatischen Druckes als höchster Grundwasserstand, bezogen auf die Rohrachse in N/mm²
- k Stützfaktor in Abhängigkeit der Rohrserie und der Bodenverdichtung gemäss Werkprüfungen. Dieser Faktor ist mindestens mit 1,0 einzusetzen.

(Fortsetzung nächste Seite)

In der Formel nach SIA 190 wird ein Stützfaktor k eingeführt, der die stützende Wirkung des Bodens in Abhängigkeit von Durchmesser, Wanddicke und Bodenverdichtung berücksichtigt. Da Erfahrungen fehlen, empfiehlt es sich, diesen Wert nicht zu erhöhen.

Im Arbeitsblatt ATV A 127 wird diese Stützung berücksichtigt, wobei aber der dort verwendete Durchschlagbeiwert α_D nicht direkt dem Faktor k entspricht, sondern hergeleitet werden müsste.

p_{cr} kritischer Beuldruck als:

$$p_{cr} = \frac{2 \cdot E_{R,lang}}{1 - \mu^2} \cdot \left(\frac{e}{d}\right)^3 \cdot \left(\frac{1 - \frac{x}{d}}{\left(1 + \frac{x}{d}\right)^2}\right)^3$$

E_R Verformungsmodul des Rohres in N/mm²

μ Querdehnungszahl des Rohrmaterials:

- PE und PP: 0,40

- PVC-U: 0,38

- PP mineralstoffverstärkt: 0,35

e_n Wanddicke des Rohres in mm

x Deformation des vertikalen Rohrdurchmessers gemäss Abschnitt 6.4.5

d Mittlerer Rohrdurchmesser ($d_n - e_n$)

6.4.4 Gebrauchstauglichkeit

Spannungsnachweis

Die stützenden Wirkungen des Bodens können als Druckfedern betrachtet werden, wobei die Wirkung durch zunehmende Kompression des Materials nicht linear ist. Vereinfacht wird angenommen, dass die Belastung im Scheitel sowie in der Sohle gleichmässig ist, und die seitliche Reaktion parabolisch wirkt.

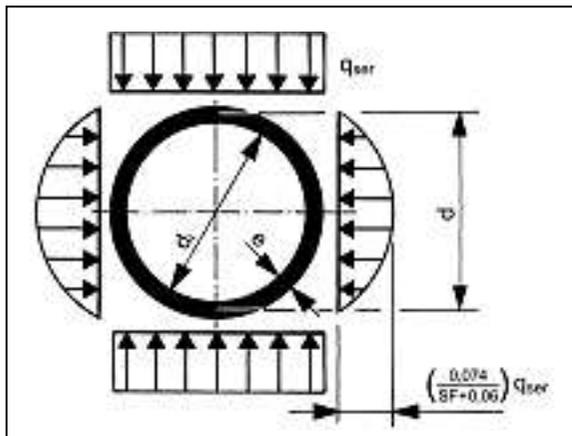


Abb. 6.4: Berechnungsmodell

Für die Grössenordnung der seitlichen Reaktion wurde eine Näherungsformel anhand von weitergehenden Versuchen und Berechnungen bestimmt. Mit dieser Annahme und dem vereinfachten Modell werden dann die Momente und Kräfte berechnet und die maximalen Spannungen in der Rohrwand ermittelt.

$$\sigma_{Rb} = \frac{q_{ser} \cdot d}{2 \cdot F_R} \pm \frac{\left(0,25 - \frac{0,0145}{SF + 0,06}\right) \cdot q_{ser} \cdot d^2 \cdot L}{4 \cdot W} \leq \sigma_{Rb,adm}$$

- σ_{Rb} Ringbiegespannung in N/mm²
 $\sigma_{Rb,adm}$ zulässige Ringbiegespannung in N/mm²
 q_{ser} gleichmässige Flächenlast aller vertikalen Einwirkungen Q_{ser} im Rohrscheitel in N/mm²
 d mittlerer Rohrdurchmesser in mm
 F_R Rohrwandfläche in mm²
 SF Systemsteifigkeit
 - Langzeit für Einwirkungen des Baugrundes
 - Kurzzeit für Einwirkungen des Verkehrs
 W Widerstandsmoment der Rohrwand in mm³
 L betrachteter Rohrabschnitt in mm

Deformationsnachweis

Die zulässige Deformation wird auf 5% begrenzt. Die Formel für den Deformationsfaktor wurde auf Grund verschiedener Forschungsergebnisse definiert.

Kurzzeitdeformation aus Verkehrslasten und Langzeitdeformationen aus Erdauflasten etc. werden summiert.

$$\frac{x}{d} = \frac{0,125}{SF + 0,06} \cdot \frac{q_{quer}}{E_B} \leq 0,05$$

- x vertikale Deformation des Rohrdurchmessers in mm
 d mittlerer Rohrdurchmesser in mm
 q_{ser} gleichmässige Flächenlast aller vertikalen Einwirkungen Q_{ser} im Rohrscheitel in N/mm²
 SF Systemsteifigkeit; Langzeit und Kurzzeit, je nach Art der Einwirkung
 E_B Verformungsmodul des Bodens

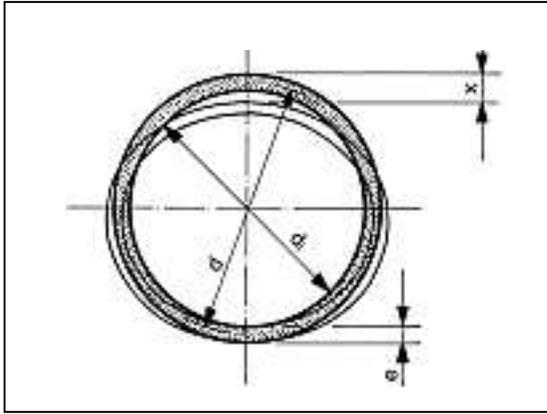


Abb. 6.5: Rohrdeformation

6.4.5 Rohrkennwerte

Im Unterschied zu Metallen ergeben sich bei Kunststoffen schon bei relativ geringen Belastungen nicht lineare Spannungs-Dehnungszustände, die abhängig sind von Zeit, Temperatur und der Bewegungsgeschwindigkeit.

Der Einfluss der Zeit wird in einem Langzeit- und einem Kurzzeit-E-Modul berücksichtigt.

Der Kurzzeitwert wird für den Spannungsnachweis, der Langzeitwert (Kriechmodul) für den Deformationsnachweis verwendet.

Der Einfluss des Durchmessers ist bei genügender Überdeckung sehr gering, da das Verhältnis Durchmesser zu Wanddicke konstant ist.

Die Ringsteifigkeit der Rohre hat auf die statische Berechnung keinen direkten Einfluss.

Tabelle der Werkstoffkennwerte für die statische Berechnung (nach SIA 190, ergänzt mit weiteren Norm- und Herstellerangaben)

Werkstoff	massgebende Norm	Elastizitätsmodul		Raumlasten $\rho \cdot g$ kN/m ³	Rechenwert der Ringbiegezugfestigkeit σ_{Rbz} N/mm ²	Querdehnungszahl μ
		Kurzzeit N/mm ²	Langzeit N/mm ²			
PE	EN 12666	1000	150	9,4	± 8	0,40
PVC-U	SN EN 1401	3600	1750	13,8	± 25	0,38
PVC-U strukturiert	EN 13476	Herstellerangaben beachten				
PP	SN EN 1852	1250	300	9,0	± 8	0,40
PP-QD mineralstoffverstärkt	EN 13476	2800	700	11,5	± 8	0,35

6.4.6 Bodenkennwerte

Der Bodenkennwert wird mit dem E_B -Modul ausgedrückt. Er ist abhängig vom Bodenmaterial und dessen Verdichtung. Massgebend ist das Material unmittelbar um das Rohr. Mit zunehmendem Abstand vom Rohr nimmt der Einfluss schnell ab. Die Gesamtbreite des Einflusses beschränkt sich auf 4 mal Rohrdurchmesser,

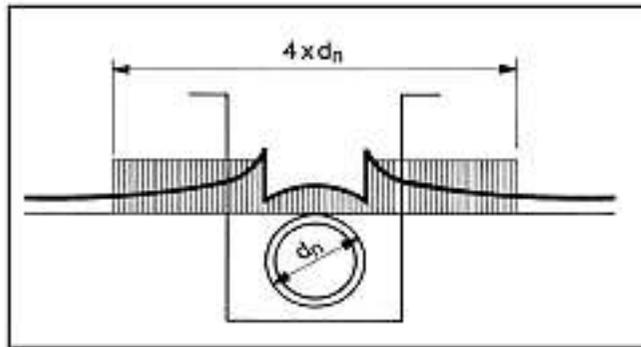


Abb. 6.6: Einfluss des Materials und der Verdichtung

eine Breite, die bei kleinen Durchmessern innerhalb des Grabens Platz findet. Dabei wird der Einfluss des anstehenden Bodens unbedeutend und nur die Rohrumhüllung ist massgebend. Bei einem Rohr von 500 mm Aussendurchmesser ist die Einflussbreite ca. 2 m und breitet sich somit in den gewachsenen Boden aus. Doch auch hier sollten durch die natürliche Verdichtung des gewachsenen Bodens die Voraussetzungen vorhanden sein, um den Anforderungen zu genügen.

Das nachträgliche Ziehen der Spriessung führt zur Auflockerung der Seitenverfüllung und zur Erhöhung der Scheitellast, was das statische Verhalten stark beeinflusst. Daher werden in der Norm SN EN 1610 ein fortschreitendes Auffüllen und Ziehen gefordert. Bei lageweisem Einbau und Verdichten kann auch unter schwierigen Baustellenbedingungen ein genügender Verdichtungsgrad erreicht werden.

6.4.7 Berechnungsbeispiel

Gegeben:

PE-Rohr	Aussendurchmesser	d_n	315 mm
	Wanddicke	e_n	9,7 mm
	Rohrserie	-	SDR 33, S 16
	Nenn-Steifigkeit	-	SN 2
	Innendurchmesser	d_i	295,6 mm
	Mittlerer Durchmesser ($d_n - e_n$)	d	305,3 mm
	Elastizitätsmodul, lang	$E_{R, lang}$	150 M/mm ²
	Elastizitätsmodul, kurz	$E_{R, kurz}$	1000 N/mm ²
Bodenkennwerte		GC (toniger Kies mit Sand) $E_B = 3,5 \text{ N/mm}^2$ Raumgewicht $\rho \cdot g = 20,5 \text{ kN/m}^3$ ohne Grundwasser	
Belastungen		Verkehrslasten mit dynamischem Beiwert Lastfall 1 + 2 + 3	
Verlegeprofil		Normalprofil U1, Überdeckungshöhe 1,40 m	

Berechnung:

P	Abschnitt	Formel, Berechnung	Resultat
1	Systemfestigkeit	$SF_{kurz} = \frac{2}{3} \cdot \frac{E_{R,kurz}}{E_B} \cdot \left(\frac{e}{d}\right)^3$ $SF_{kurz} = \frac{2}{3} \cdot \frac{1000}{3.5} \cdot \left(\frac{9.7}{305.3}\right)^3$ $E_{R,kurz} = 1000 \quad \text{N/mm}^2$ $E_B = 3.5 \quad \text{N/mm}^2$ $e_n = 9.7 \quad \text{mm}$ $d = 305.3 \quad \text{mm}$	$SF_{kurz} = 0.006 < 0.1$ ⇒ Die Bedingung für biege weiche Rohre ist erfüllt
		Für biege weiche Rohre ist das langfristige Verhalten massgebend	
		$SF_{lang} = \frac{2}{3} \cdot \frac{E_{R,lang}}{E_B} \cdot \left(\frac{e}{d}\right)^3$ $SF_{lang} = \frac{2}{3} \cdot \frac{150}{3.5} \cdot \left(\frac{9.7}{305.3}\right)^3$ $E_{R,lang} = 150 \quad \text{N/mm}^2$ $E_B = 3.5 \quad \text{N/mm}^2$ $e = 9.7 \quad \text{mm}$ $d = 305.3 \quad \text{mm}$	$SF_{lang} = 9.164 \cdot 10^{-4}$
2	Tragsicherheit		
2.1	Einwirkung	Baugrundlasten $q_{S1} = \rho \cdot g \cdot H$ $q_{S1} = 20.5 \cdot 1.40$ $\rho \cdot g = 20.5 \quad \text{kN/m}^3$ $H = 1.40 \quad \text{m}$	$q_{S1} = 28.7 \text{ kN/m}^2$
Verkehrslasten ohne dynamischen Beiwert gemäss Fig. 15 , SIA 190 $q_S = 27.5 \text{ kN/m}^2$			
Verkehrslasten mit dynamischem Beiwert $q_{S2} = q_S \cdot \Phi$ $q_{S2} = 27.5 \cdot 1.3$ $\Phi = 1.3$		$q_{S2} = 35.75 \text{ kN/m}^2$	

P	Abschnitt	Formel, Berechnung	Resultat
2.2	Bemessungswert der Beanspruchung	$q_{ds} = q_{s1} \cdot \gamma_Q + q_{s2} \cdot \psi$ oder $q_{ds} = q_{s2} \cdot \gamma_Q + q_{s1} \cdot \psi$ $q_{ds} = 28.7 \cdot 1.5 + 35.75 \cdot 0.8 = 71.65 \text{ kN/m}^2$ $q_{ds} = 35.75 \cdot 1.5 + 28.7 \cdot 1.3 = 90.94 \text{ kN/m}^2$	$q_{ds} = 90.94 \text{ kN/m}^2$ \Rightarrow massgebend
2.3	Beulwiderstand ohne Grundwasser	$q_{Bl} = (0.26 - 0.54 \cdot \log SF_{lang}) \cdot E_B \cdot \sqrt{SF_{lang}}$ $q_{Bl} = (0.26 - 0.54 \cdot \log (9.164 \cdot 10^{-4})) \cdot 3.5 \cdot \sqrt{9.164 \cdot 10^{-4}}$	$q_{Bl} = 0.2014 \text{ N/mm}^2$
2.4	Tragsicherheit	$q_{ds} \leq \frac{q_{Bl}}{2}$ $0.07660 \leq \frac{0.2014}{2} = 0.1007 \text{ N/mm}^2$	\Rightarrow die Tragsicherheit ist gewährleistet
3	Gebrauchstauglichkeit		
3.1		Baugrund $q_{ser} = 28.7 \text{ kN/m}^2$ Verkehrslasten $q_{ser} = 35.75 \text{ kN/m}^2$ Vorhandene Ringbiegespannung $\sigma_{Rb} = \frac{q_{ser} \cdot d}{2 \cdot F_R} \pm \frac{\left(0.25 - \frac{0.0145}{SF + 0.06}\right) \cdot q_{ser} \cdot d^2 \cdot l}{4 \cdot W}$ $F_R = \text{Fläche der Wandung in mm}^2$ $F_R = 1 \cdot 9.7$ $W = \text{Widerstandsmoment der Wandung in mm}^3$ $W = \frac{b \cdot h^2}{6} \quad W = \frac{1 \cdot 9.7^2}{6}$	$F_R = 9.7 \text{ mm}^2$ $W = 15.682 \text{ mm}^3$
3.2	Baugrund	Baugrund als Langzeiteinwirkung ($SF_{lang} = 9.164 \cdot 10^{-4}$) $\sigma_{Rb} = \frac{0.0287 \cdot 305.3}{2 \cdot 9.7} \pm \frac{\left(0.25 - \frac{0.0145}{9.164 \cdot 10^{-4} + 0.06}\right) \cdot 0.0287}{4 \cdot 15.682}$ $\sigma_{Rbd} = 0.452 + 0.510$ $\sigma_{Rbz} = 0.452 - 0.510$	$\sigma_{Rbd} = 0.962 \text{ N/mm}^2$ $\sigma_{Rbz} = -0.058 \text{ N/mm}^2$

P	Abschnitt	Formel, Berechnung	Resultat
3.3	Verkehrslasten	<p>Verkehrslasten als Kurzeinwirkung ($SF_{kurz} = 0.006$)</p> $\sigma_{Rb} = \frac{0.03575 \cdot 305.3}{2 \cdot 9.7} \pm \frac{\left(0.25 - \frac{0.0145}{0.006 + 0.06}\right) \cdot 0.03575 \cdot 305.3^2 \cdot 1}{4 \cdot 15.682}$ <p>$\sigma_{Rbd} = 0.563 + 1.609$</p> <p>$\sigma_{Rbz} = 0.563 - 1.609$</p>	<p>$\sigma_{Rbd} = 2.172 \text{ N/mm}^2$</p> <p>$\sigma_{Rbz} = -1.046 \text{ N/mm}^2$</p>
3.4	Baugrund und Verkehrslasten	<p>Baugrund und Verkehrslasten</p> <p>$\sigma_{Rbd} = 0.962 + 2.172$</p> <p>$\sigma_{Rbz} = -0.058 - 1.046$</p>	<p>$\sigma_{Rbd} = 3.134 \text{ N/mm}^2$ $< 8.0 \text{ N/mm}^2$ $\Rightarrow \text{OK}$</p> <p>$\sigma_{Rbz} = -1.104 \text{ N/mm}^2$ $< 8.0 \text{ N/mm}^2$ $\Rightarrow \text{OK}$</p>
3.5	Deformation	<p>$\frac{x}{d} = \frac{0.125}{SF + 0.06} \cdot \frac{q_{ser}}{E_B}$</p> <p>Baugrund als Langzeiteinwirkung ($SF_{lang} = 9.164 \cdot 10^{-4}$)</p> $\frac{x}{d} = \frac{0.125}{9.164 \cdot 10^{-4} + 0.06} \cdot \frac{0.287}{3.5}$ <p>Verkehrslasten als Kurzeinwirkung ($SF_{kurz} = 0.006$)</p> $\frac{x}{d} = \frac{0.125}{0.006 + 0.06} \cdot \frac{0.3575}{3.5}$ <p>Totale Deformation</p> $\frac{x}{d} = 0.017 + 0.019 = 0.036 \leq 0.05$	<p>$\frac{x}{d} = 0.017$</p> <p>$\frac{x}{d} = 0.019$</p> <p>$\leq 5\%$ Deformation $\Rightarrow \text{OK}$, die zulässige Deformation wird eingehalten</p>

6.5 Belastung durch inneren Unterdruck oder äusseren Überdruck

Unter bestimmten Betriebsverhältnissen kann in drucklos betriebenen Abwasserleitungen Unterdruck entstehen. Ist mit dieser Erscheinung zu rechnen, sind die Rohre entsprechend zu konzipieren.

Der kritische Beuldruck eines kreisrunden Rohres wird wie folgt berechnet:

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

- p_k kritischer Beuldruck bzw. kritischer Unterdruck in bar
 E_c Kriechmodul in Abhängigkeit der Temperatur und Zeit in N/mm^2 (siehe Langzeitwerte in der Tabelle in Abschnitt 6.4.5)
 e Wanddicke in mm
 d Mittlerer Rohrdurchmesser ($d_n - e_n$) in mm
 μ Querdehnungszahl (für PE und PP: $\mu = 0,4$, PP-QD: $\mu = 0,35$, PVC-U: $\mu = 0,38$)

Bei einer Ovalisation des Rohres verkleinert sich der kritische Beuldruck stark. Bereits bei 3% Ovalisation ist der kritische Beuldruck nur noch 50% des Beuldruckes eines kreisrunden Rohres.

Der berechnete kritische Unterdruck ist in der Regel durch einen Sicherheitsfaktor von mindestens 2 zu dividieren. Andererseits hat der die Rohrleitung umgebende Boden eine Stützwirkung. Da jedoch Erfahrungen fehlen, empfiehlt es sich, in der Berechnung diese Stützwirkung nicht zu berücksichtigen.

6.6 Hydraulische Berechnung

6.6.1 Allgemeines

Ausführliche Beschreibungen für die hydraulische Auslegung befinden sich in den Normen

- SN 592 000 für die Grundstückentwässerung
- SIA 190 für die Kanalisation

Die materialbedingte Wandrauigkeit der Rohre aus Polyethylen (PE), Polypropylen (PP) und Polyvinylchlorid (PVC) ist sehr klein. Sie liegt bei ca. 0,001 mm. Erfahrungsgemäss nimmt die Rauigkeit im Betrieb zu. Die resultierende betriebliche Wandrauigkeit liegt bei diesen Rohren bei etwa 0,25 mm bis 0,40 mm. Die oben zitierten Normen verwenden aber einheitlich für alle Rohrleitungswerkstoffe den Wert $k = 1,00$ mm (im Gegensatz zur deutschen ATV-Richtlinie, die für die Berechnung der hydraulischen Werte Betriebsrauigkeiten von 0,25 mm und 0,40 mm vorschlägt).

6.6.2 Grundstückentwässerungsleitungen

Der **Gesamtschmutzwasserabfluss** (Q_{tot}) setzt sich zusammen aus dem Schmutzwasserabfluss (Q_{WW}), dem Dauerabfluss (Q_C) und dem Pumpen-Förderstrom (Q_P).

Für **Schmutzabwasserleitungen** errechnet sich die wahrscheinliche gleichzeitige Höchstbelastung nach der Formel

$$Q_{WW} = K \cdot \sqrt{\sum DU}$$

Q_{WW} Volumenstrom in Liter/Sekunde

K Abflusskennzahl: Siehe untenstehende Tabelle

DU Schmutzwasserwert: 1 DU = 1 Liter/s (siehe nachfolgende Tabellen)

Abflusskennzahl (K)

Typische Abflusskennzahlen auf Grund unterschiedlicher Häufigkeit der Benützung der Entwässerungsgegenstände sind in der folgenden Tabelle aufgeführt:

Gebäudeart	K
unregelmässige Benützung, z.B. in Wohnhäusern, Pensionen, Büros	0,5
regelmässige Benützung, z.B. in Krankenhäusern, Schulen, Restaurants, Hotels	0,7
häufige Benützung, z.B. in öffentlichen Toiletten und/oder Duschen	1,0
spezielle Benützung, z.B. Labor	1,2

Empfehlung: Auf Grund der Erfahrungen wird empfohlen, in der Regel mit dem Wert $K = 0,5$ zu rechnen.

Schmutzwasserwerte (DU)

Entwässerungsgegenstand	DU l/s
Urinal wasserlos	0,1
Standurinal pro Person	0,2
Waschtisch, Wandbecken Bidet Urinal mit Druckspüler Schulwandbrunnen	0,5
Waschrinne bis 3 Entnahmestellen Wäschezentrifuge bis 10 kg	
Dusche nicht staubar	0,6
Bodenablauf DN 50	0,8

Entwässerungsgegenstand	DU l/s
Dusche staubar Urinal mit Spülkasten Badewanne Waschrinne, 4-10 Entnahmestellen Wandausgussbecken Spültisch, 1- und 2-fach Waschfontäne, 6-10 Entnahmestellen Waschtrog Geschirrspülmaschine Haushalt ¹⁾ Waschmaschine bis 6 kg	0,8
Bodenablauf DN 56	1,0
Waschmaschine 7-12 kg Geschirrspülmaschine Gewerbe Bodenablauf DN 70	1,5
Klosettanlage, 6 l Spülwassermenge Klosettanlage, 7,5 l Spülwassermenge	2,0
Klosettanlage, 9 l Spülwassermenge Stand-/Wandausguss (Fäkalien/Putzwasser) Waschmaschine 13-40 kg Steckbeckenapparat	2,5
Bodenablauf DN 100 Grosswanne, Saunatauchbecken	2,5

¹⁾ Der DU einer Haushalt-Geschirrspülmaschine, die an einem Geruchverschluss eines Einfach- oder Doppelbeckens angeschlossen ist, wird nicht berücksichtigt.

Die Leistung von Sicherheitsventilen, Rohrnetztrennern, Filterrückspülungen usw. ist bei der Bemessung zu berücksichtigen.

Für **Regenabwasserleitungen** gilt die Formel

$$Q_R = r \cdot S_F \cdot A \cdot C$$

- Q_R Regenwasserabfluss pro Teil- oder Gesamtfläche in Liter/s
 r Regenspende in Liter/s (Für schweizerische Verhältnisse ist mit $r = 0,03$ Liter/s zu rechnen. Je nach Region ist dieser Wert bis zu 50% zu erhöhen.)
 S_F Sicherheitsfaktor (siehe nachfolgende Tabelle)
 Kann in Gebäude eindringendes Regenwasser (Verstopfung der Entwässerungsanlage) zu hohen Schäden führen, muss die Regenspende mit einem Sicherheitsfaktor (S_F) gemäss der folgenden Tabelle multipliziert werden.
 Der Sicherheitsfaktor ist unabhängig von der gewählten Regenspende festzulegen.

Gebäudeart	Sicherheitsfaktor
Gebäude, bei denen eindringendes Regenwasser grössere Schäden verursachen kann. Beispiele: Fabriaktions- und Lagerhallen, Labors, Einkaufszentren, usw.	1,5
Gebäude, für die ein aussergewöhnliches Mass an Schutz notwendig ist. Beispiele: Krankenhäuser/medizinische Zentren, Theater/Konzertsäle, Museen oder Gebäude, in denen besondere Kulturgüter aufbewahrt werden, EDV- und PC-Zentren oder TV-Studios, Fabriken/Lagerhallen der chemischen Industrie, Munitionsfabriken, usw.	2,0

- A Berechnete Fläche (Horizontalprojektion) in m²
C Abflussbeiwert (siehe nachfolgende Tabelle)
Der Abflussbeiwert C berücksichtigt die Beschaffenheit der berechneten Fläche, die daraus resultierende Abminderung und die Verzögerung des Abflusses. Da die C-Werte ausschliesslich auf Einzelobjekte angewendet werden, liegen diese Werte höher als die im Generellen Entwässerungsplan (GEP) angewandten Abflussbeiwerte.

Berechnete Fläche	C
Schräg- und Flachdächer (unabhängig von Material und Dachhaut)	1,0
Plätze und Wege	
- mit Hartbelag	1,0
- mit Kiesbelag	0,6
- mit Ökosystem (Splittfugen)	0,6
- mit sickerfähigem Belag	0,6
- mit Sickersteinen	0,2
- mit Rasengittersteinen	0,2
* humusierete Flachdächer, Aufbaudicke	
> 50 cm	0,1
> 25-50 cm	0,2
> 10-25 cm	0,4
≤ 10 cm	0,7

* gültig bis 15° Dachneigung (C um 0,1 erhöhen, wenn Neigung grösser)

Gärten, Wiesen und Kulturland tragen in der Regel nichts zum massgebenden Regenwasserabfluss bei. Sie sind deshalb nur in begründeten Fällen zu berücksichtigen.

Bei der Einführung von **Pumpendruckleitungen** ist der effektive Pumpenvolumenstrom vollumfänglich zum Abwasservolumen zu addieren.

Die Einführung einer Pumpendruckleitung mit einem Volumenstrom von 5 bis 10 Liter/s bedingt bei einer Grundleitung mit DN 100 bis DN 125 eine Vergrösserung um mindestens eine Rohrweite.

Bestimmung der Rohr-Nennweite

- Ermittlung des grössten gleichzeitig anfallenden Volumenstroms

$$Q_B = \sum Q_{\text{tot}} + \sum Q_R$$

- Berücksichtigung der minimal zulässigen Nennweiten (DN)
- Berechnung des inneren Durchmessers nach der Formel von Prandtl-Colebrook mit einer Betriebsrauigkeit von $k_b = 1,00 \text{ mm}$ und einem Füllungsverhältnis h/d_i von 0,7 gemäss nachfolgender Tabelle.

Nennweite DN	min. Innendurchmesser $d_{i\text{min}}$ mm	Zulässiger Volumenstrom Q_{max} in Liter/s					
		Gefälle					
		1%	1,5%	2%	3%	4%	5%
100	96	4,2	5,1	5,9	7,3	8,4	9,4
125	113	6,8	8,3	9,6	11,8	13,7	15,3
150	146	12,8	15,7	18,2	22,3	25,8	28,8
200	184	23,7	29,1	33,6	41,2	47,6	53,3
225	207	37,6	46,2	53,3	65,4	75,5	84,5
250	230	44,9	55,0	63,6	77,9	90,0	100,7
300	290	80,6	98,8	114,2	140,0	161,7	180,8

Für Grundstückentwässerungsleitungen sind folgende **minimale Nennweiten (DN)** einzuhalten:

Grundstückanschlussleitungen

- für Einfamilienhaus DN 125
- für Mehrfamilienhaus DN 150

Die erforderlichen Mindestgefälle sind abhängig von der Art der Rohrleitung (siehe nachstehende Tabelle).

Leitungsgefälle

Art der Leitung	Gefälle in %		
	min.	ideal	max.
Grundleitung \leq LW 200	2	3	5
Sammelleitung \leq LW 200	2	3	5
Grundleitung \geq LW 250	1,5	3	5
Sammelleitung \geq LW 250	1,5	3	5
Regenabwasserleitung	1	2-3	5
Sickerleitung	0,5	0,5	1

6.6.3 Kanalleitungen

Der Berechnung liegt im Allgemeinen der Bemessungsabfluss Q_{Dim} des Generellen Entwässerungsplanes (GEP) zu Grunde. Die Bemessung hat so zu erfolgen, dass die Leitung bei Eintreffen des Bemessungsvolumens teilgefüllt bleibt (Teilfüllungsgrad max 0,85).

Für Kanalleitungen sind die folgenden Randbedingungen zu beachten:

Die **minimalen Fließgeschwindigkeiten** betragen

- Innendurchmesser < 400 mm 0,6 m/s
- Innendurchmesser 400 bis 1000 mm 0,8 m/s
- Innendurchmesser > 1000 mm 1,0 m/s

Der **minimale Rohrdurchmesser** für Kanalleitungen im Baugebiet beträgt gemäss SIA 190 $d_n = 250$ mm

Für **Stelleitungen** (bei grossen Durchmessern ab 7%, bei kleinen ab 12%) gelten wegen des sich bildenden Wasser-Luft-Gemisches besondere Anforderungen. Siehe dazu die Norm SIA 190.

Die **Berechnung des Rohrdurchmessers** und der **Fließgeschwindigkeit** erfolgt mit Hilfe des Diagramms in der Abbildung 6.7. Bei andern Füllungsgraden als 1,0 erfolgt die Umrechnung mit dem Hilfsdiagramm in der Abbildung 6.8. Das Diagramm wurde mit Hilfe der Fließformel von Prandtl-Colebrook erstellt, die sich für Kreisprofile oder kreisähnliche Profile mit Voll- oder Teilfüllung eignet:

$$v = 2\sqrt{8 \cdot g \cdot R_h \cdot J_e} \cdot \log \left(\frac{kb}{3,71 \cdot 4 \cdot R_h} + \frac{2,51 \cdot v}{4 \cdot R_h \sqrt{8 \cdot g \cdot R_h \cdot J_e}} \right)$$

- v mittlere Fließgeschwindigkeit in m/s
- g Erdbeschleunigung (9,81 m/s²)
- R_h hydraulischer Radius (A/U) in m
- A benetzter Fließquerschnitt in m²
- U benetzter Umfang in m
- J_e Energieliniengefälle in m/m
- kb Rauigkeitswert (1,0•10⁻³ m)
- ν kinematische Zähigkeit (1,3•10⁻⁶ m²/s)

Für teilgefüllte Rechteckkanäle und zusammengesetzte Profile, auch für Rohre mit kleinsten Fülltiefen eignet sich die Formel nach Strickler:

$$v = K_s \cdot J_s^{1/2} \cdot R_h^{2/3}$$

- K_s hydraulischer Widerstandsbeiwert (für Kanalrohre 85 m^{1/3}/s)
- J_s Sohlgefälle in m/m

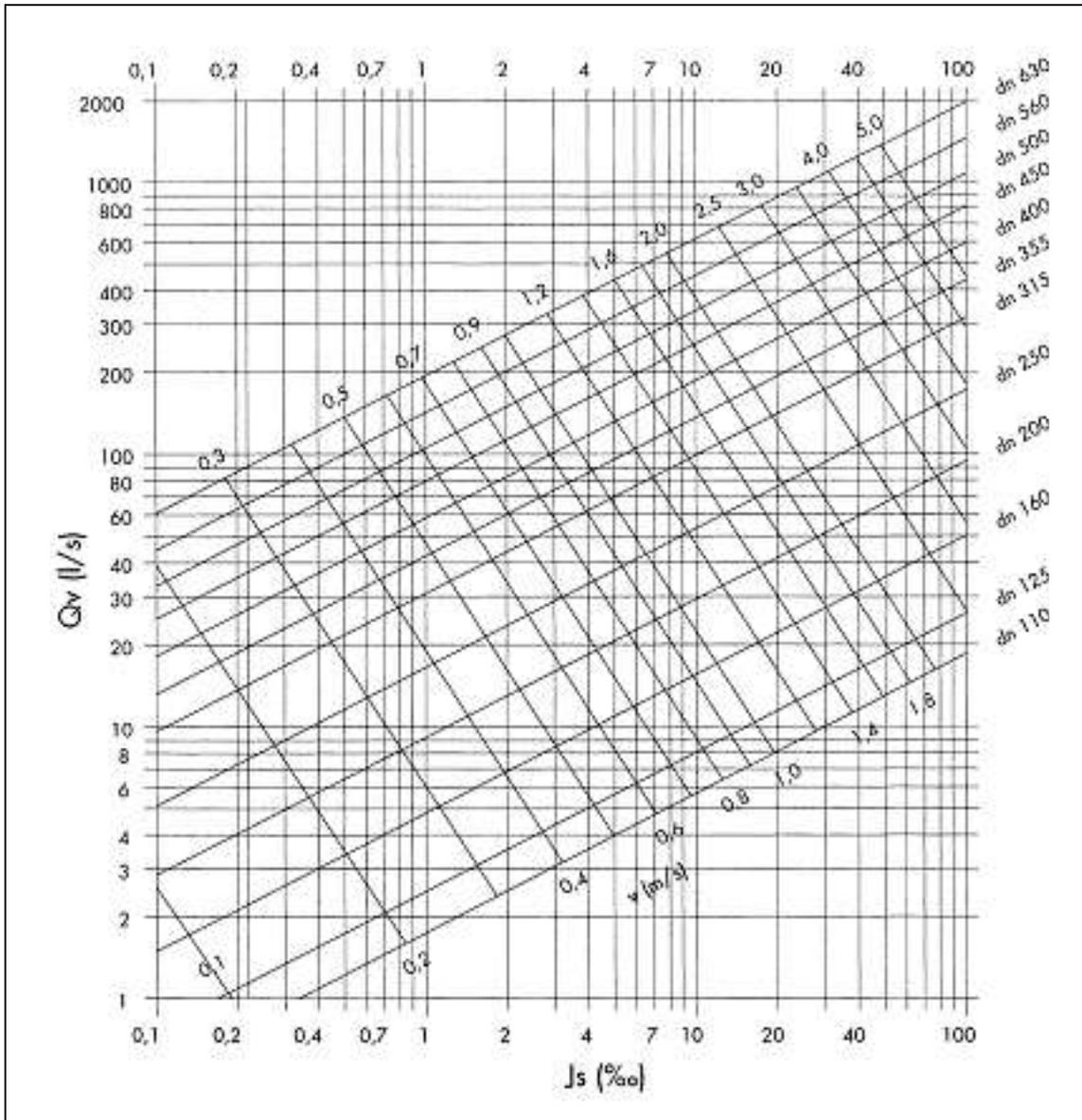


Abb. 6.7: Diagramm zur Bemessung von Kanalrohren (Füllungsgrad 1,0; betriebliche Rauigkeit $k_b = 1,0$ mm)

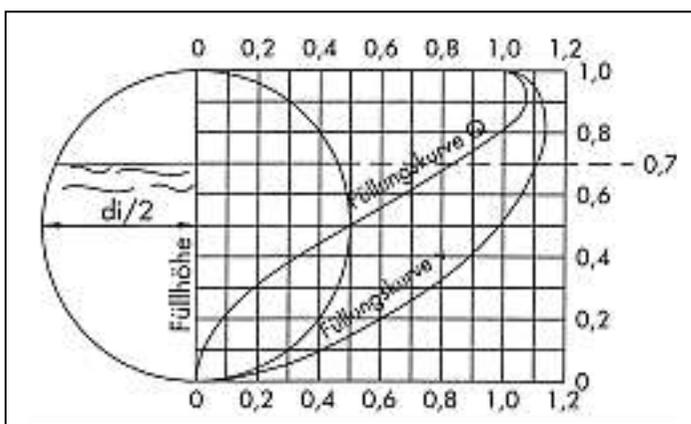


Abb. 6.8: Diagramm zur Bestimmung des Umrechnungsfaktors bei andern Teilfüllungsgraden

Berechnungsbeispiel:

Der Bemessungsabfluss Q_{Dim} einer Kanalleitung beträgt $0,65 \text{ m}^3/\text{s}$, der Trockenwetteranfall $Q_T = 0,07 \text{ m}^3/\text{s}$. Die Leitung besitzt ein Gefälle von $3,0$ Promille. Der Teilfüllungsgrad soll höchstens $0,85$ betragen.

Lösung

Aus dem Diagramm Abbildung 6.7 ergeben sich für Q_{Dim} die folgenden Werte:

- Innendurchmesser $d_i = 730 \text{ mm}$
- Fließgeschwindigkeit $v = 1,63 \text{ m/s}$

Gewählt nach Anhang A1.1: Rohr $d_n = 800 \text{ mm}$ mit einer Wanddicke von $30,6 \text{ mm}$, ergibt einen Innendurchmesser von nominell $738,8 \text{ mm}$

Berechnung der Fließgeschwindigkeit bei Trockenwetter v_T :

Das Verhältnis Q_T/Q_{Dim} ist $0,07 / 0,65 = 0,107$

Aus den Teilfüllungskurven ist der Faktor für die Fließgeschwindigkeit herauszulesen (siehe eingezeichnetes Beispiel): $0,66$

Damit errechnet sich v_T

$$v_T = 0,66 \cdot \frac{Q_{Dim}}{1,12 \cdot \pi \cdot \left(\frac{d_i}{2}\right)^2} = 0,66 \cdot \frac{0,75}{1,12 \cdot 0,503} = 0,88 \text{ m/s}$$

Der Faktor „1,12“ ist die Konstante für Kreisprofile

Das Ergebnis ist grösser als $0,8 \text{ m/s}$ und damit für diese Rohrgrösse $d_n = 800 \text{ mm}$ zulässig.

6.7 Längenänderungen

Kunststoffe besitzen relativ grosse thermische Längenänderungskoeffizienten:

- PE: $\alpha = 0,18 \text{ mm/m} \cdot \text{K}$
- PVC-U $\alpha = 0,08 \text{ mm/m} \cdot \text{K}$
- PP $\alpha = 0,14 \text{ mm/m} \cdot \text{K}$
- für mineralstoffverstärkte Mehrschichtrohre (PP-QD) gilt $\alpha = 0,04 \text{ mm/m} \cdot \text{K}$

Das heisst, ein PE-Rohr verändert seine Länge bei 1 Kelvin (Grad) Temperaturdifferenz um $0,18 \text{ mm}$ pro Meter Rohrlänge. Ein gleichartiges Rohr von 10 m Länge verlängert sich bei einer Temperaturerhöhung von 40 Kelvin (Grad) demnach um 72 mm .

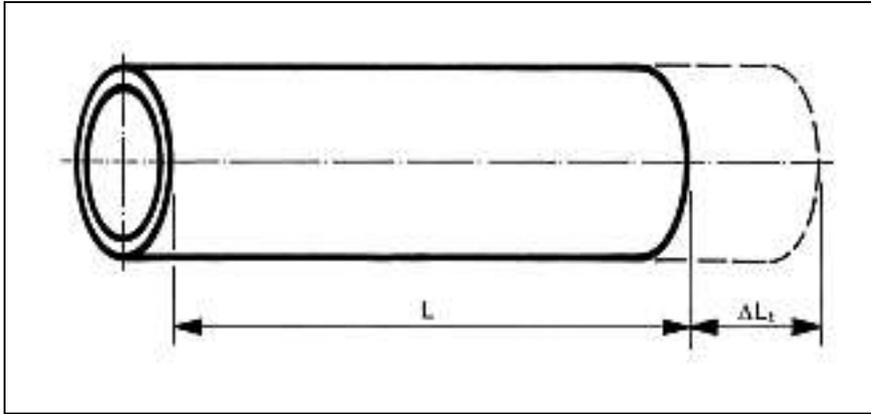


Abb. 6.9: Längenänderung der Rohre, bedingt durch Temperaturänderungen

Die Längenänderung wird berechnet mit:

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

- ΔL_t thermisch bedingte Längenänderung in mm
- L Länge der Rohrstrecke in m
- α Thermischer Längenänderungskoeffizient in mm/m · K
- ΔT Differenz der mittleren Rohrwandtemperatur in K (Kelvin, entspricht der Differenz in °C)

Die Längenänderungen, bedingt durch Temperaturänderungen des Mediums oder der Umgebung (Tag mit Sonnenbestrahlung, kalte Nacht), müssen vor allem bei der Montage und bei frei verlegten Leitungen, z.B. in Leitungstunnels oder Brückenentwässerungen, beachtet werden. Für erdverlegte Rohrleitungen spielt diese Eigenschaft nur eine untergeordnete Rolle, da die Reibung zwischen Rohrwandung und umgebendem Erdreich eine Längenänderung weitgehend verhindert.

Bei frei verlegten Leitungen kann bei PE-Rohrleitungen die thermisch bedingte Längenänderung durch eine starre Befestigung mit Fixpunkten verhindert werden. Die dabei auftretenden Kräfte sind im Abschnitt 6.8 beschrieben.

Für die Aufnahme der Längenänderung bei frei verlegten Leitungen können bei Verwendung von Steckmuffen diese dem Längenausgleich dienen. Dabei muss aber darauf geachtet werden, dass die Muffen mittels Rohrschellen gegen Längsverschiebung gehalten werden und die Stecktiefe der Muffen muss mit genügender Sicherheit die zu erwartenden Längenänderungen aufnehmen können.

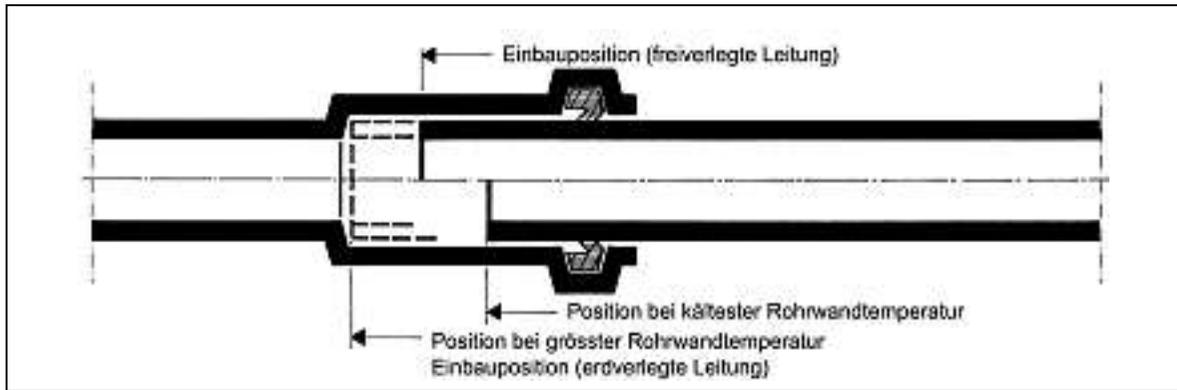


Abb. 6.10: Aufnahme der Längenänderung mittels Steckmuffen

Für frei verlegte, geschweisste PE-Rohrleitungen kann die zu erwartende Längenänderung auch durch Biegeschenkel und Ausgleichsbogen aufgenommen werden. Dabei sind jedoch minimale Längen der Biegeschenkel zu beachten.

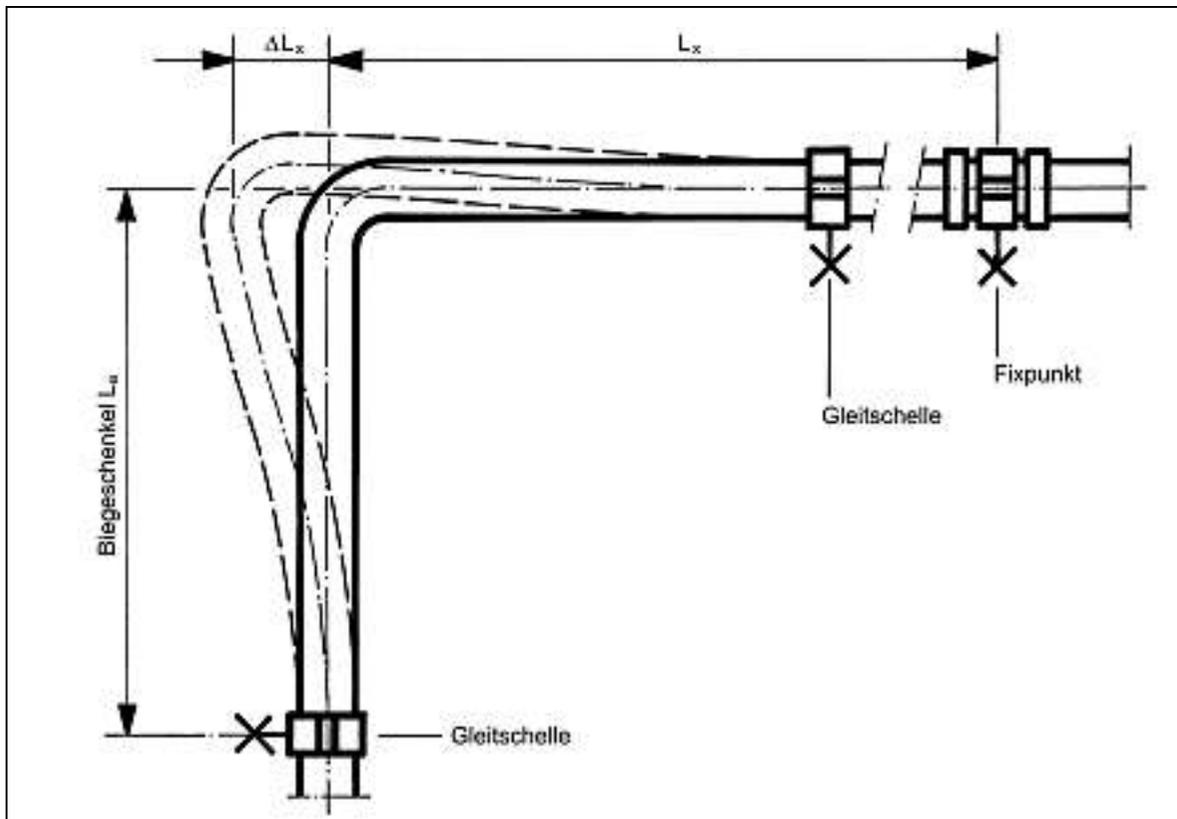


Abb. 6.11: Biegeschenkel zur Aufnahme von Längenänderungen (nur für PE-Rohrleitungen)

Für drucklos betriebene Abwasserleitungen aus PE sind folgende minimale Biegeschenkel­längen zu beachten:

$$L_a \geq 10 \cdot \sqrt{\Delta L_x \cdot d_n}$$

- L_a minimale Länge des Biegeschenkels in mm
- ΔL_x thermisch bedingte Längenänderung für die relevante Rohr­strecke in mm
- d_n Nenn-Aussendurchmesser des Rohres in mm

6.8 Kräfte zwischen Rohr und Befestigung

Für ausschliesslich erdverlegte Rohrleitungen aus Kunststoff sind die nachstehenden Erläuterungen und Berechnungsangaben nicht relevant. Auf Grund des Reibungswiderstandes zwischen Rohr und Bettungsmaterial und der geringen Temperaturdifferenzen sind erdverlegte Rohrleitungen praktisch keinen Längenänderungen ausgesetzt. Für Rohrleitungen, die teilweise oder ganz frei verlegt sind, müssen die folgenden Betrachtungen in die Projektierung einfließen.

6.8.1 Axiale Kräfte in Steckmuffen

Durch das Gleiten des Rohres in der Steckmuffe bei temperaturbedingten Längenänderungen entstehen Reibungskräfte, die durch die Rohrhalterung unmittelbar hinter der Steckmuffe aufgenommen werden müssen. Diese Kräfte sind, je nach Dichtungssystem und der Geometrie von Rohr und Steckmuffe, unterschiedlich. Für die Auslegung der Rohrhalterungen können die folgenden mittleren Werte angenommen werden:

d_e mm	F_μ N	d_e mm	F_μ N
110	300-470	200	900-1100
125	400-560	250	1200-1500
160	650-760	315	1300-2200

Die Reibungskraft beim Montieren (erstmaliges Einschieben des Rohres) ist bis ca. 1,3 mal grösser als F_μ .

Für die Berechnung der Befestigungskonstruktion ist zusätzlich das Gewicht des Rohres mit Medium zu berücksichtigen.

6.8.2 Kräfte, die durch Biegeschenkel entstehen

Biegeschenkel können in geschweissten Rohrsystemen aus PE die Längenänderungen aufnehmen. Dabei entstehen aber Kräfte auf die Rohrbefestigungen, welche die Biegeschenkel fixieren und begrenzen.

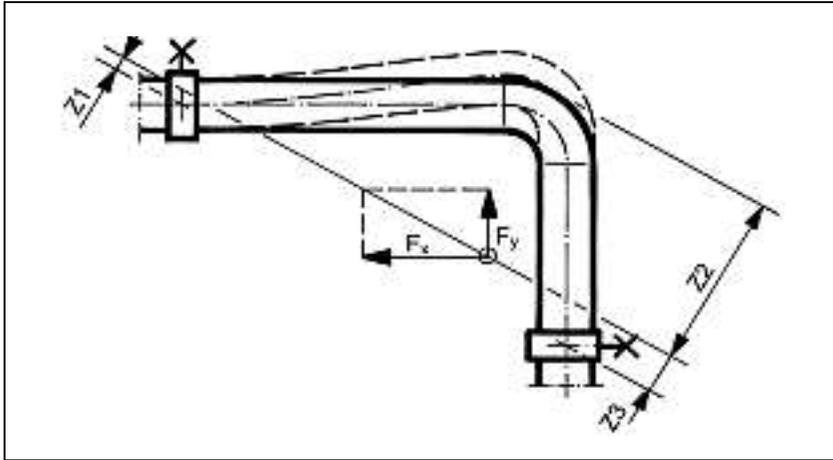


Abb. 6.12: Kräfte durch Biegeschenkel

$$F = \frac{12 \cdot \Delta l \cdot E_c \cdot I_R}{L_B^3}$$

- F Einwirkende Kraft (F_x bzw. F_y) in N
 Δl Längenänderung in mm
 E_c Kriechmodul (100 min-Wert) in N/mm^2 (siehe Abschnitt 6.8.3)
 I_R Trägheitsmoment des Rohres in mm^4

$$I_R = \frac{(d_e^4 - d_i^4) \cdot \pi}{64}$$

- d_e Aussendurchmesser in mm
 d_i Innendurchmesser in mm
 L_B Länge des Biegeschenkels in mm

Zu den so ermittelten Längs- und Querkräften ist das Gewicht der Rohrleitung mit dem Mediuminhalt ebenfalls zu berücksichtigen.

6.8.3 Kräfte bei fest eingespannten Rohrleitungen

Fest eingespannte Rohrleitungen aus PE entwickeln bei Temperaturänderungen erhebliche Zug- und Druckkräfte, die auf die Rohrhalterungen und letztlich auf den Baukörper übertragen werden.

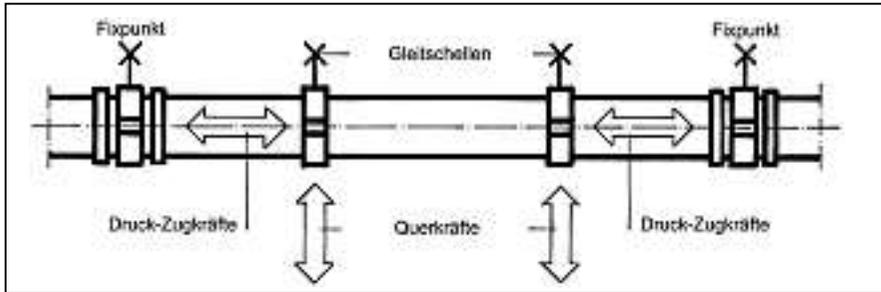


Abb. 6.13: Kräfte bei fest eingespannter Rohrleitung

$$F_t = \frac{A_R \cdot \alpha \cdot \Delta T \cdot E_C}{1000}$$

- F_t Zug- bzw. Druckkraft in N
- A_R Rohrwandringfläche in mm^2
- α thermischer Längenausdehnungskoeffizient in $\text{mm/m} \cdot \text{K}$
- ΔT Temperaturdifferenz zwischen Montagetemperatur und höchster bzw. niedrigster Rohrwandtemperatur im Betrieb in K
- E_C Kriechmodul (100 min-Wert)

Da der Kriechmodul zeit-, temperatur- und spannungsabhängig ist, wird mit einer mittleren Belastungsdauer von 100 min gerechnet:

Temperatur °C	Kriechmodul für PE 100 min-Wert N/mm ²
<10	1100
20	800
30	550
40	390
50	270

Bei langsamen Temperaturänderungen werden diese Werte auf Grund der Spannungsrelaxation nicht erreicht.

6.9 Abwasser-Druckleitungen (Hinweise)

Bei Abwasserhebeanlagen und zur allgemeinen Förderung von Abwasser von einem tieferen Niveau in ein höheres werden Druckleitungen verwendet. Auch für diese Betriebsart eignen sich auf Grund der günstigen Eigenschaften (z.B. Korrosionsbeständigkeit) Kunststoff-Rohre. Insbesondere die schweißbaren Rohrsysteme aus Polyethylen werden dafür bevorzugt.

Die Berechnung und die Verlegevorschriften sind in der Richtlinie VKR RL 02 beschrieben.

6.10 Leitungsführung und Leitungsdetails

Für die Leitungsführung sind die Normen SN 592000 und SIA 190, sowie die Vorschriften der örtlichen Werke massgebend.

Bei **Grundstückentwässerungsleitungen** sind folgende Punkte zu beachten:

- Je nach örtlicher Vorschrift ist Schmutz- und Regenwasser getrennt in die Kanalisation oder in das vollständige Trennsystem zu leiten.
- Reduktionsformstücke haben eine exzentrische Form mit einem Konuswinkel von 30° bis 45°. Sie sind scheidelbündig einzubauen.
- Bei Gefahr von eindringendem Wasser bei Gebäudedurchführungen sind besondere Schutzmassnahmen erforderlich (z.B. Dichtmanschetten).

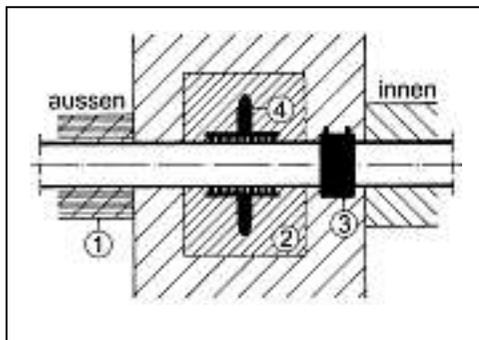


Abb. 6.14: Dichtmanschetten

- 1 flexible Umhüllung
- 2 quellbarer Mörtel
- 3 Fixpunkt (E-Muffe)
- 4 Dichtmanschette

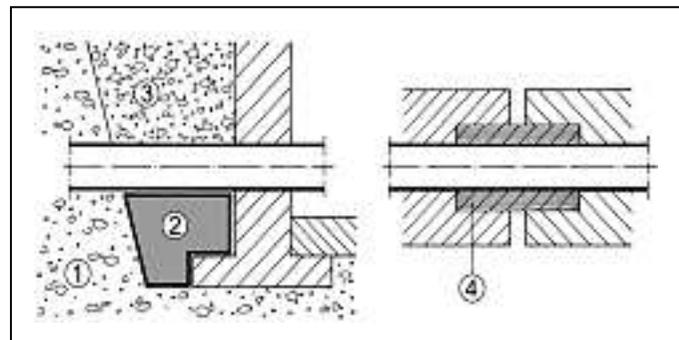


Abb. 6.15: Hauseinführung und Fundamenttrennungen

- 1 gewachsener Boden
- 2 Betonauflager
- 3 Schüttung
- 4 flexible Umhüllung

- Bei Trennfugen in Fundamenten und bei Hauseinführungen sind mögliche Setzungen zu berücksichtigen. Dabei können Rohrstrecken so ausgebildet werden, dass das Rohr einen bleibenden Spielraum erhält, oder die Rohre können im Bereich des Aushubes auf ein Betonbankett montiert werden.
- Richtungsänderungen sind in der Regel mit Bogen 45° auszuführen. Grössere Ablenkungswinkel erfolgen mit 2 Bogen 45° mit einer Zwischenstrecke von 2 mal DN.
- Das Leitungsgefälle sollte Werte nach Abschnitt 6.6.2 nicht unter- bzw. überschreiten.
- Die minimalen Nennweiten DN sind im Abschnitt 6.6.2 festgelegt.
- Die Zuordnung der minimalen Innendurchmesser zu den Nennweiten DN ist nach SN 592000 wie folgt festgelegt:

Nennweite DN	Mindest- Innendurchmesser $d_{i\min}$ mm
100	96
125	113
150	146
200	184
225	207
250	230
300	290

- Die Grundstückentwässerungsleitungen sollen einbetoniert werden (Überdeckungshöhe über Rohrscheitel min. 0,1 m, Beton B25/15, CEM I 42,5, 225 kg/m²)
- Kanalanschlüsse erfolgen in der Regel unter 90° zur Kanalachse. Beträgt das Durchmesser Verhältnis zwischen der Kanalisation und der Grundstückanschlussleitung weniger als 2 : 1, wird ein Kanalanschluss unter 45° zur Kanalachse empfohlen. Bei ausreichendem Gefälle ist die Grundstückanschlussleitung mit 30° Gefälle bis über den Kanalscheitel oder die errechnete Rückstauhöhe zu führen. Der Kanalanschluss hat in der Regel über der Mittelachse der Kanalisation, aber in jedem Fall über dem Niveau des Trockenwetterabflusses zu erfolgen.
- Für nachträgliche Kanalanschlüsse stehen für alle Kunststoff-Rohrsysteme spezielle Rohrleitungsteile oder Verfahren zur Verfügung (siehe auch Abschnitt 7.6).

Für **Kanalisationen** sind folgende Punkte zu beachten:

- Der Generelle Entwässerungsplan (GEP) bildet die Grundlage für die Projektierung der Kanalisation.
- Gewässerschutz: Im Fassungsgebiet Zone S1 und der engeren Schutzzone, S2 dürfen keine Abwasseranlagen erstellt werden. Ausnahmen in der Zone S2 sind möglich. Sofern sich eine Durchquerung einer Schutzzone aus zwingenden Gründen nicht vermeiden lässt, sind Massnahmen zu treffen, welche Dichtheitskontrollen jederzeit ermöglichen bzw. die Leckverluste sofort erkennbar machen und zurückhalten (z.B. Leitungstunnel, Doppelrohre usw.).
- Die Mindestüberdeckungshöhe der Kanalisation beträgt 0,8 m. Im Bereich von Bahnanlagen mindestens 2,0 m.
- Der Scheitel einer Kanalleitung muss unter der Sohle benachbarter Trinkwasserleitungen liegen.
- Die Rohre werden in der Regel sohlenbündig verlegt.
- Die Mindest-Nennweite in Baugebieten beträgt 250 mm.
- Richtungsänderungen erfolgen in der Regel in Schächten. Üblicherweise werden alle 80 bis 100 m Kontrollschächte eingebaut.
- Bei Dükern ist eine ausreichende Lüftung der Ein- und Ausläufe vorzusehen.

Weitere Informationen sind in den beiden oben erwähnten Normen enthalten.

7 Verlegerichtlinie

7.1 Transport und Lagerung

Die Rohre und Rohrleitungsteile sind sorgfältig und schonend auf- und abzuladen. Die Rohre dürfen nicht über die Ladekante gezogen werden. Während der Lagerung und während des Transportes müssen die Rohre möglichst auf der ganzen Länge aufliegen. Gemuffte Rohre müssen versetzt geschichtet werden. Die Rohre sind so zu sichern, dass durch den Transport keine Druckstellen oder anderweitigen Beschädigungen entstehen. Beim Be- und Entladen loser Rohrbunde sollen Textilgurte (keine Ketten, Drahtseile usw.) verwendet werden. Das Schleifen der Rohre und Formstücke über den Boden, über Kanten und rauhe Unterlagen ist nicht gestattet. Riefen und Kratzer an der Rohroberfläche von mehr als 10% der Rohrwanddicke sind nicht zulässig. Im Bereich der Einsteck-Enden, insbesondere bei Steckmuffenverbindungen dürfen an der Oberfläche keine Unregelmässigkeiten festgestellt werden.

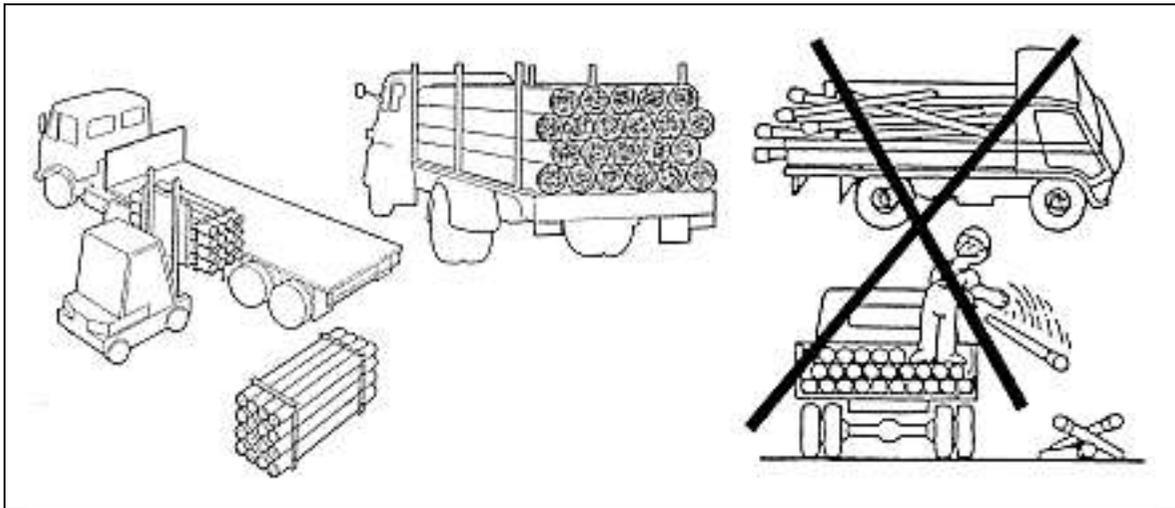


Abb. 7.1: Transport von Kunststoff-Rohren

Die angelieferten Rohre und Rohrleitungsteile sind bezüglich ihres Zustandes (Verletzungen) zu prüfen. Werkstoff, Abmessungen und Stückzahl müssen mit dem Lieferschein übereinstimmen.

Rohre und Formteile können im Freien gelagert werden. Ein Schutz gegen direkte Sonnenbestrahlung verhindert ein Verziehen der Rohre durch einseitige Längenänderung. Bei PVC-Rohren kann durch längere Sonnenbestrahlung ein Verblässen der Farbe festgestellt werden. Eine mehrmonatige intensive Sonnenexposition sollte vermieden werden.

Lose Rohrstapel dürfen folgende Höhen nicht überschreiten:

- Rohre aus PE 1,0 m
- Rohre aus PVC-U und PP 1,5 m

Sie müssen mit genügend breiten, sauberen Unterlagen (min. 75 mm Auflagebreite) und Seitenpfosten in Abständen von max. 1 m abgestützt sein, so dass die Lagerung keine bleibenden Verbiegungen, Druckstellen oder sonstige Beschädigungen verursacht. Die Rohrenden sollen nicht mehr als die Hälfte des Auflageabstandes frei überhängen. Bei Muffenrohren wird durch versetzte

Anordnung der Muffen oder mit passenden Zwischenhölzern eine geeignete Lagerung erreicht. In Rahmen verpackte Rohre können, sofern die Gewichtsbelastung auf die Rohrrahmen einwirkt und der Untergrund befestigt ist, bis zu einer Höhe von 3 m gestapelt werden (nicht auf Baustellen).

Bei der Lagerung ist darauf zu achten, dass der Kontakt mit schädigenden Stoffen (wie z.B. Lösungsmittel, Benzin, Oel, Bitumen usw.) vermieden wird. Lose Dichtringe und Elektro-Schweissfittings sind verpackt gegen Schmutz, Sonnenbestrahlung und andere Einwirkungen zu schützen.

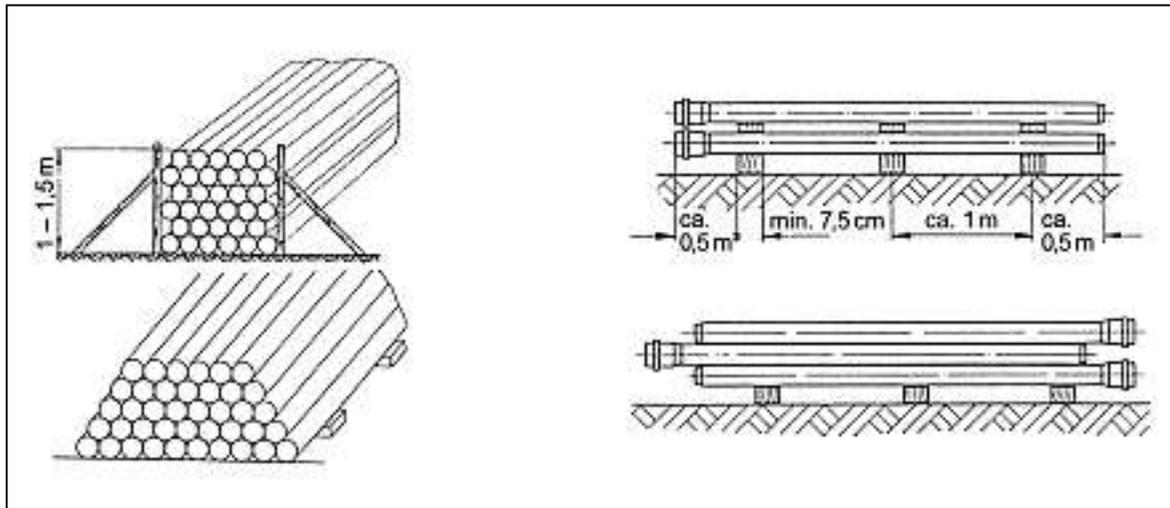


Abb. 7.2: Lagerung von Kunststoff-Rohren

7.2 Der Rohrgraben

7.2.1 Gestaltung und Form

Der Rohrgraben ist gemäss der Norm SIA 190, Kapitel 5 zu gestalten. Für Kunststoff-Rohrleitungen sind die Profiltypen U1 und V1 vorzuziehen.

Für Rohrleitungen im Bereich der Liegenschaftsentwässerung ist gemäss der Norm SN 592000 der Profiltyp U4 oder V4 (einbetonierte Rohrleitung) vorzusehen.

Die Mindestgrabenbreite beträgt (nach SN EN 1610)

- | | |
|---|---------------|
| - für Rohre bis $d_n = 225$ mm | $d_n + 40$ cm |
| - für Rohre von $d_n = 250$ bis 315 mm | $d_n + 50$ cm |
| - für Rohre von $d_n = 355$ bis 710 mm | $d_n + 70$ cm |
| - für Rohre von $d_n = 710$ bis 1200 mm | $d_n + 85$ cm |

Für die Grabarbeiten sind die Sicherheitsvorschriften der SUVA, der Behörden und die Norm SN 640 535b zu beachten.

Für die Verlegung unterirdischer Leitungen gilt zudem die Empfehlung SIA 205.

Der Rohrgraben und der umgebende Boden beeinflussen die Grösse und die Verteilung der Erd- und Verkehrslast, die auf das Rohr einwirken, und damit die Qualität der Verlegung.

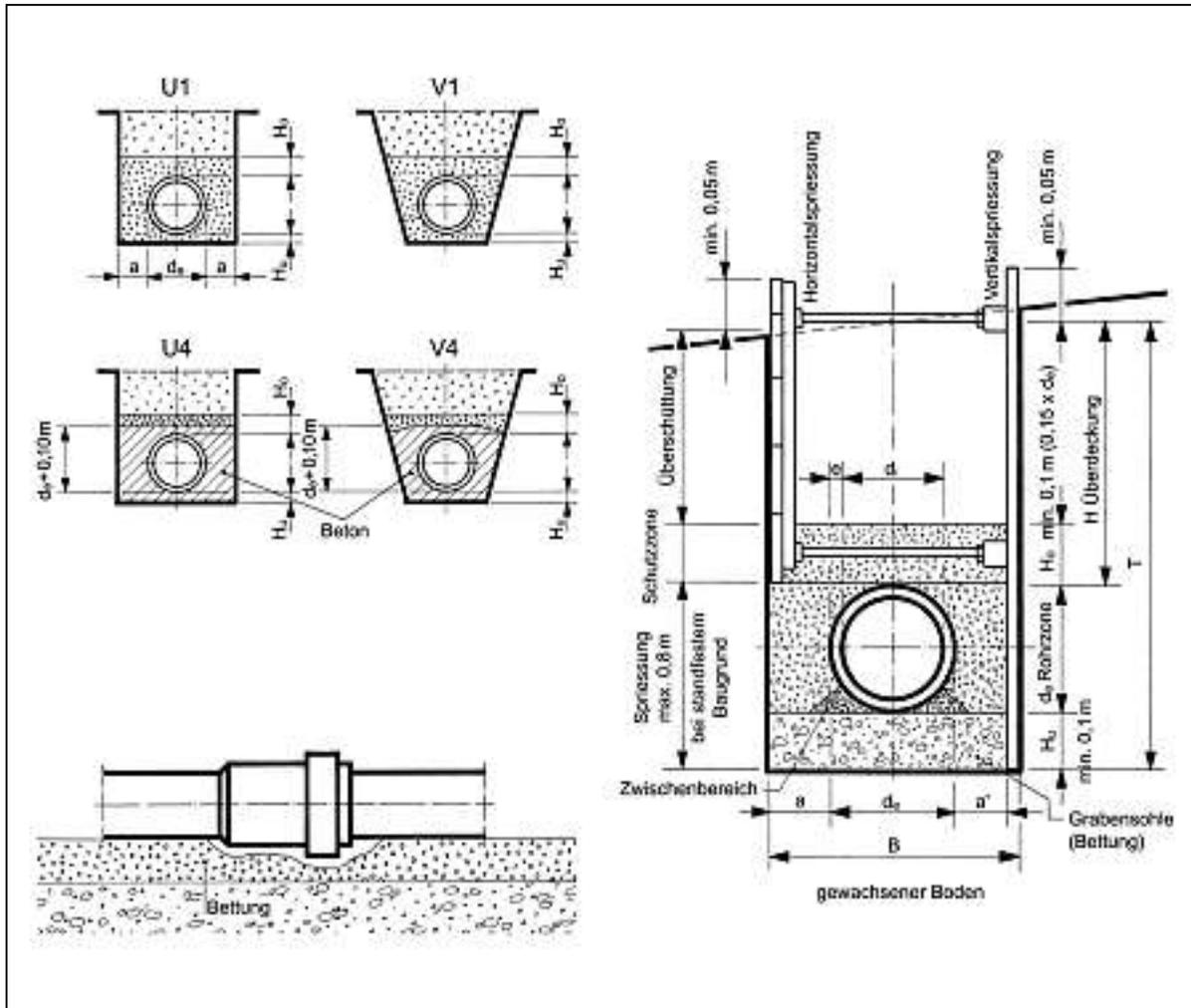


Abb.7.3: Beispiel für die Grabenausführung

Die Grabenform und die Ausführung müssen deshalb vom Planer vorgegeben werden. Sie müssen mit den Vorgaben der statischen Berechnung übereinstimmen. Die Ausführungsvorschriften sind deshalb genau einzuhalten. Werden Abweichungen zu den Annahmen bzw. den Vorgaben festgestellt, muss die Rohrstatik nachgerechnet werden.

Dabei sind vor allem zu beachten:

- Wechsel des Umhüllungsmaterials
- Veränderung der Grabentiefe
- Veränderung der Grabenform
- Verwendung von senkrechtem statt waagrechtem Verbau
- Verwendung von senkrecht eingebauten Holzbohlen statt leichten Spundwänden
- Veränderung der Grabensohle
- zu niedriger Verdichtungsgrad des Bodens in der Leitungszone

7.2.2 Grabenaushub

Beim Ausheben ist darauf zu achten, dass die Grabensohle nicht aufgelockert wird. Sollte dies trotzdem vorkommen, so ist die Sohlenpartie wieder zu verfestigen.

Wird der Aushub wieder für die Grabenverfüllung verwendet, ist darauf zu achten, dass das Bodenmaterial seine Eigenschaften nicht verliert, und dass es steinfrei ist. Zum Beispiel ist bindiger Boden vor dem Aufweichen zu schützen Abdeckung. Bei steinigem Untergrund ist die Grabensohle tiefer auszuheben (siehe Abb. 7.4)

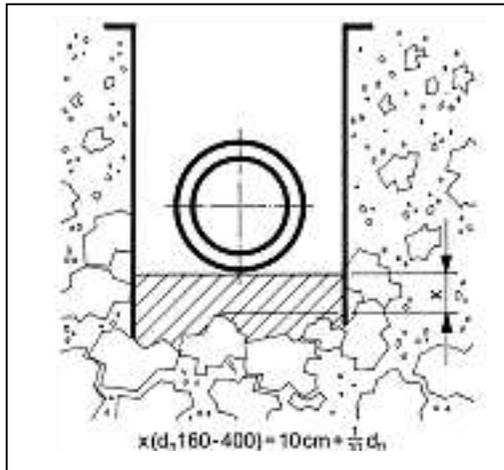


Abb. 7.4: Grabensohle bei steinigem Untergrund

7.2.3 Gefällstrecken

Bei Verlegung in Hanglagen ist die Rohrleitung und das Verfüllmaterial gegen Abgleiten zu sichern. Bei nicht kraftschlüssigen Rohrverbindungen sind je nach Gefälle alle oder ein Teil der Verbindungen mit einem Querriegel zu fixieren. Bei verschweissten Rohrleitungen oder solchen mit kraftschlüssigen Verbindungen ist die Anzahl der Querriegel lediglich vom Gefälle abhängig. Siehe Abbildung 7.5.

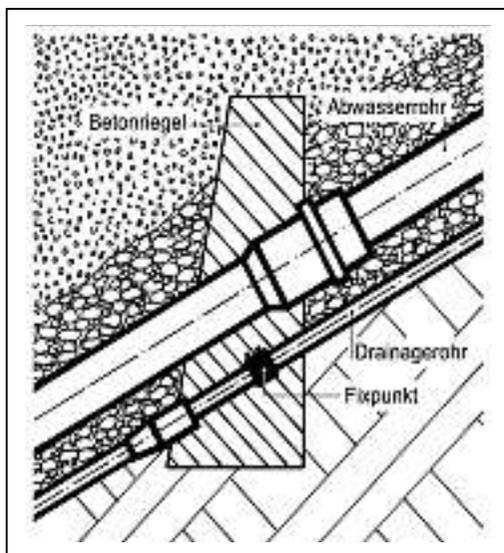


Abb. 7.5: Verlegung in Gefällstrecken

7.2.4 Grabenentwässerung

Für eine einwandfreie Rohrverlegung und um eine gute Verdichtung in der Rohrleitungszone zu erreichen, muss die Rohrsohle wasserfrei sein (eventuell Schottervorlage als Drainageschicht).

7.2.5 Grabensohle (nach SN EN 1610: Rohrbettung)

Die Rohrbettung ist mindestens 0,1 m hoch und mit einer gut verdichteten Schicht aus Sand, Betonkies 0 - 16 mm oder einem geeigneten Aushubmaterial zu erstellen. Bei einbetonierter Verlegeart ist die Sohle ebenfalls aus Beton. Es ist in jedem Fall darauf zu achten, dass für die Muffenverbindungen entsprechende Vertiefungen ausgespart werden, so dass die Rohre auf ihrer ganzen Länge auf der Sohle aufliegen. Auflager müssen entfernt werden.

7.2.6 Verfüllen des Grabens

Durch die Temperaturunterschiede, z.B. zwischen Tag und Nacht, können erhebliche Längenänderungen auftreten. Insbesondere bei nicht kraftschlüssigen Rohrverbindungen sind diese vor dem Einfüllen einer Kontrolle zu unterziehen.

Die Rohrzone (bis 0,3 m über dem Rohrscheitel) ist von Hand mit ungebrochenem Betonkies 0 - 16 mm einzufüllen und gut zu verdichten. Die restliche Verfüllung erfolgt schichtweise unter stetiger Verdichtung mit leichten Vibrationsmaschinen.

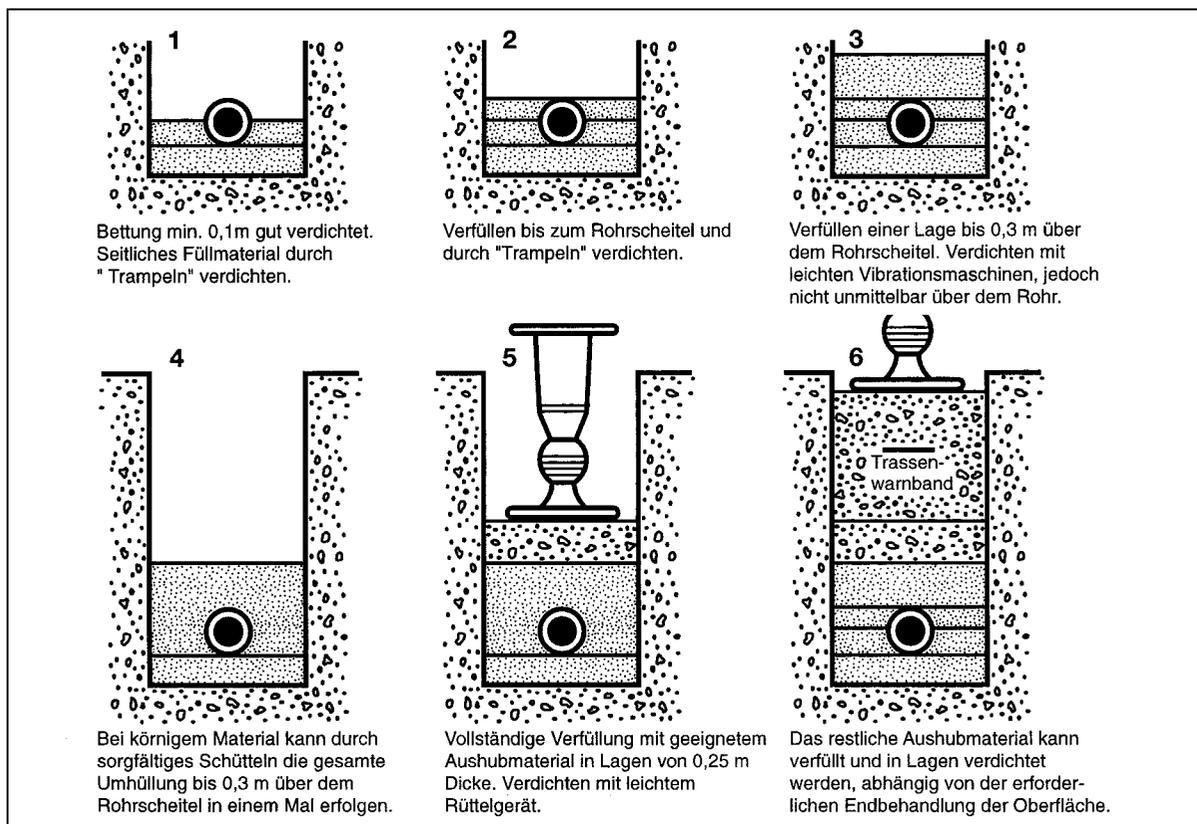


Abb. 7.6: Beispiel für die Verfüllung

7.3 Verlegung

7.3.1 Ablassen der Rohre in den Rohrgraben

Rohre, Rohrleitungsteile und Dichtungen sind vor dem Ablassen in den Rohrgraben auf Beschädigungen zu überprüfen.

Das Ablassen in den Rohrgraben erfolgt in der Regel von Hand. Bei grösseren Rohrdurchmessern sind Absenkvorrichtungen zu verwenden. Dabei ist darauf zu achten, dass die Rohre nicht beschädigt werden.

Die Rohre dürfen nicht in den Rohrgraben geworfen werden.

Bei PE-Rohrleitungen, die in grosser Länge ausserhalb des Rohrgrabens zusammengeschweisst wurden, ist beim Einführen in den Graben darauf zu achten, dass die Rohre nicht geknickt und nicht durch die Grabenkante beschädigt werden (Rollenböcke verwenden).

7.3.2 Ausrichten der Rohre

Die Rohre sind nach dem vorgeschriebenen Gefälle und der Richtung einzumessen und plangerecht zu verlegen.

7.3.3 Richtungsänderungen

Wenn Richtungsänderungen nicht innerhalb von Schächten ausgeführt werden, ist darauf zu achten, dass nur Abwinkelungen von 45° und kleiner zulässig sind (mit Formstücken).

Werden die Rohre in einer Kurve geführt, so sind folgende Einschränkungen zu beachten:

- Richtungsänderungen durch Biegen der Rohre ist bei PE-Rohren für alle Durchmesser möglich, bei PP- und PVC-Rohren jedoch nur für die Durchmesser $d_n = 110$ bis $d_n = 200$ mm und nur bei Temperaturen über 15°C.
- Um ein Einknicken zu vermeiden, darf der minimale Biegeradius gemäss den nachstehenden Tabellen nicht unterschritten werden.
- Es ist darauf zu achten, und es sind die notwendigen Massnahmen zu treffen, dass die Rohre nicht in Steckmuffen abgewinkelt werden (Biegung erst ab einer Distanz von min. $30 \times d_n$).

Minimale Biegeradien für PVC-Rohre bei ca. 20°C

d_n	minimaler Biegeradius
110	300 x d_n
125	
160	
200	

Nur bei Temperaturen über 15°C möglich!

Minimale Biegeradien für PE- und PP-Rohre bei ca. 20°C

d _n	minimale Biegeradien		
	PE S8, SDR 17	PE S12,5, SDR 26	PE, PP S16, SDR 33
110	20 x d _n	30 x d _n	40 x d _n
125			
160			
200			

Beim Biegen von PE-Rohren bei Temperaturen um 0° C ist der minimale Radius mit 2,5 zu multiplizieren.

Rohre aus PP-QD (mineralstoffverstärkte Mehrschichtrohre aus PP) gelten als nicht biegsam.

7.4 Grabenlose Verlegearten

Es wurden Verlegemethoden und Ausrüstungen entwickelt, welche die speziellen Eigenschaften der Polyethylen-Rohre ausnützen und Verlegearten ermöglichen, die Grabarbeiten weitgehend überflüssig machen..

Bei verschiedenen **Relining-Verfahren** werden PE-Rohre in bestehende aber z.B. schadhafte Rohre oder Futterrohre eingezogen. Dabei ist darauf zu achten, dass die Zugspannung im Rohr 8 N/mm² nicht überschreitet. Zudem ist bei der Verdämmung auf die Begrenzung des äusseren Überdruckes zu achten (siehe Abschnitt 6.5).

Andere grabenlose Verlegemethoden arbeiten nach dem Prinzip des Rohrvortriebs.

Genauere Angaben über diese Methoden erteilen die Systemanbieter oder die Hersteller von Kunststoffrohren.

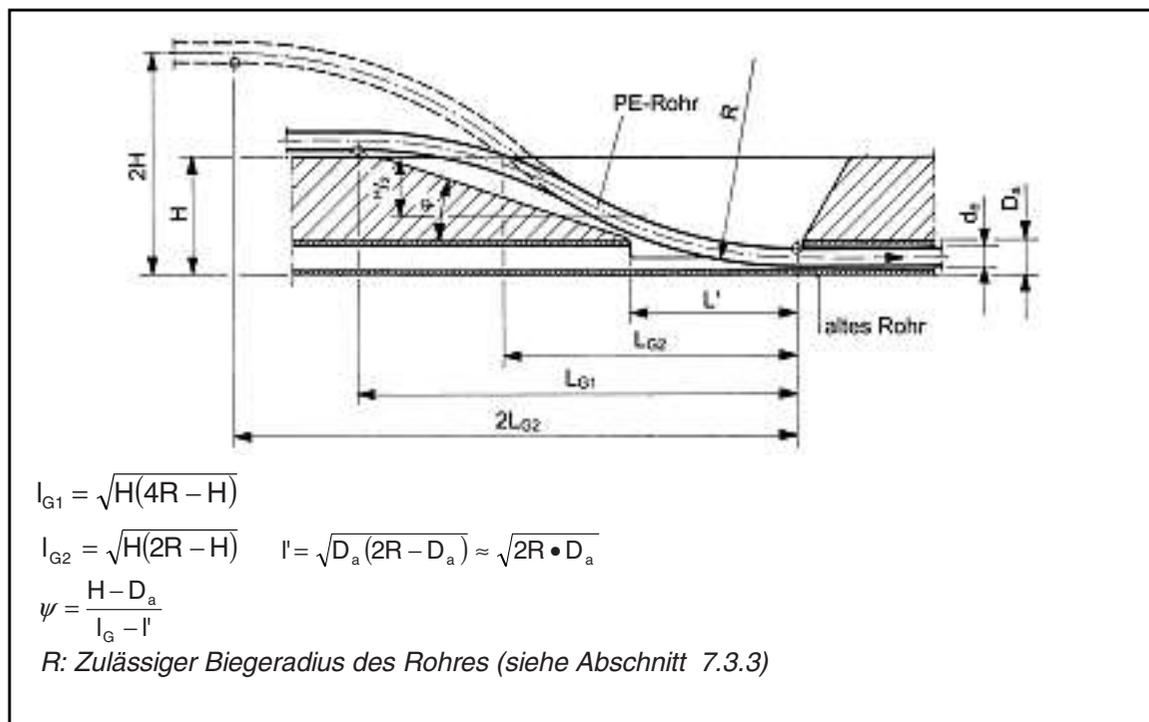


Abb. 7.7: Beispiel einer Einziehgrube für Rohr-Relining

7.5 Rohrverbindungen

7.5.1 Verbindungen mit **Steckmuffen**

Diese Verbindungsart ist für Rohre und Formstücke aus PP und PVC üblich. Sie wird aber neben den Schweissverbindungen auch für PE-Rohre angewendet. Die Steckmuffen sind entweder einseitig an den Rohren angeformt oder angeschweisst. Für das Verbinden von zwei Spitzenden werden Doppelmuffen oder Überschiebemuffen verwendet. Zur Dichtung sind in der Muffensicke Ringe (profilierte Ringe, O-Ringe) aus elastomerem Material eingelegt oder fest mit der Muffe verbunden.

Diese Verbindungen können auch von gut instruiertem Baupersonal ausgeführt werden.

Grundsätzlich muss die minimale Einstecktiefe der Steckmuffen mit der Rohrlänge und der zu erwartenden thermisch bedingten Längenänderung korrespondieren. Siehe dazu auch Abschnitt 6.7.

Die Verfahrensschritte

■ Ablängen und Ansträgen

Schnitte sind rechtwinklig zur Rohrachse auszuführen. Es empfiehlt sich der Einsatz einer feinzahnigen Säge oder eines Rohrabschneiders für Kunststoffrohre. Grate und Unebenheiten sind mit einem geeigneten Werkzeug, z.B. Feile, Zieh Klinge oder Schaber zu entfernen. Formstücke dürfen nicht gekürzt werden.

Die Oberfläche der Einsteckzone des Rohres oder Formstückes darf keine Beschädigungen aufweisen.

Die zugeschnittenen Rohrenden müssen gemäss Abb. 7.8 angeschrägt werden. Dazu sind spezielle Werkzeuge oder eine Feile zu verwenden.

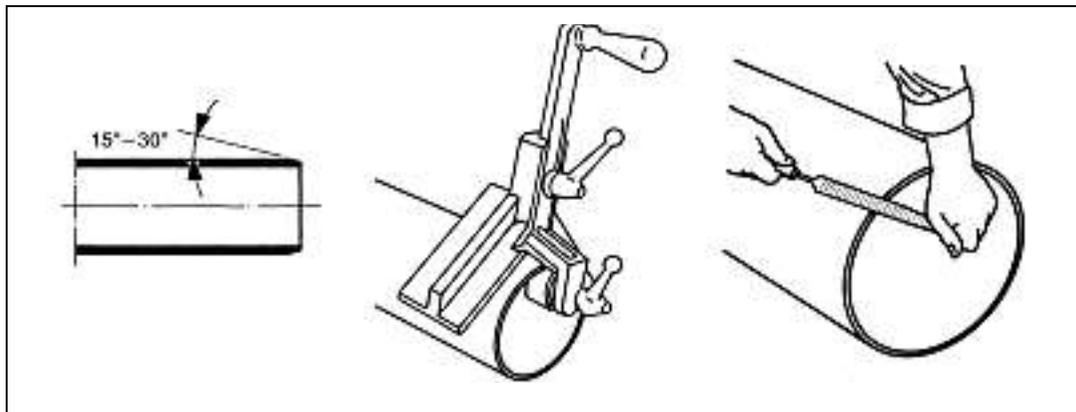


Abb. 7.8: Ansträgen des Rohrendes

■ Einlegen des Dichtringes

Reinigung des Spitzendes und der Innenfläche samt Sicke der Muffe. Der Dichtring ist mit einem Lappen zu reinigen, in der richtigen Lage in die Sicke einzulegen und auszurichten. Sitz der Dichtung überprüfen.

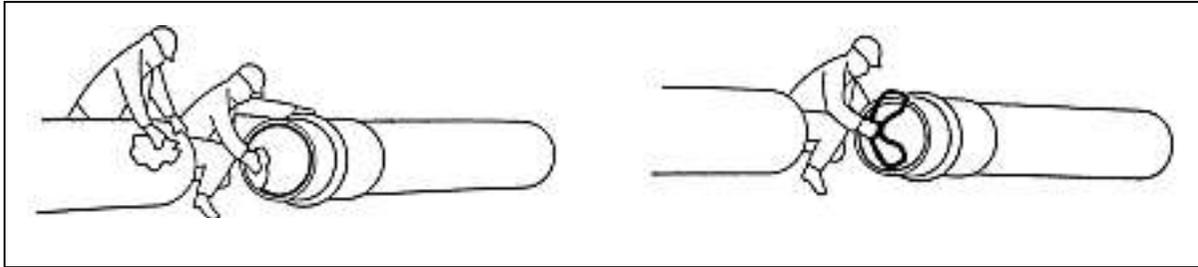


Abb. 7.9: Reinigung und Einlegen des Dichtringes

- Einstecken des Rohres oder Formstückes in die Steckmuffe
Die Einstecktiefe der Steckmuffe ist auf dem Rohr anzuzeichnen.
Das angeschrägte Spitzende und der Bereich der Stecktiefe sind mit einem Gleitmittel gemäss Herstellerangaben zu bestreichen. Als Gleitmittel dürfen keine Fette oder Oele verwendet werden.

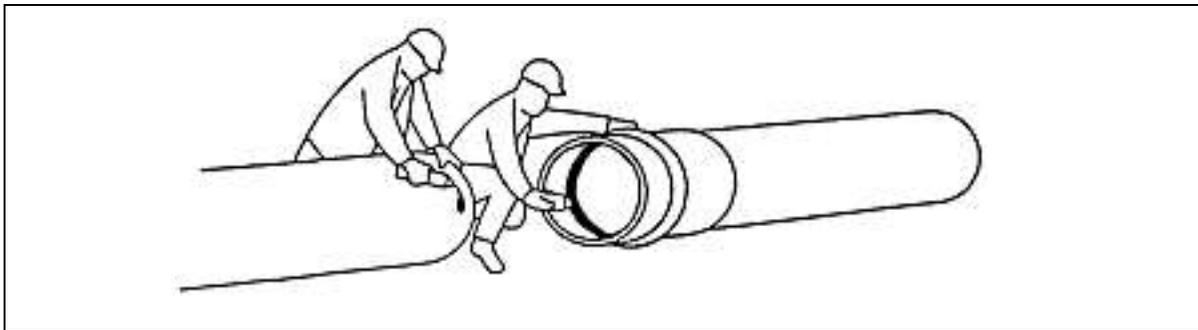


Abb. 7.10: Verwendung des Gleitmittels

Vor dem Einschieben des Rohres müssen die zu verbindenden Rohrleitungsteile in einer Linie (achsparell) liegen.
Das Einschieben erfolgt bei kleinen Durchmessern von Hand, bei grösseren Durchmessern mit Hilfsmitteln, wie Hebeln oder speziellen Einschiebegeräten.

Die Rohre sind bei erdverlegten Rohrleitungen bis zum Steckmuffenanschlag einzuschieben. Bei frei verlegten Leitungen ist die Längenänderung (ausgehend von der Montagetemperatur die Differenz zwischen tiefster und höchster zu erwartender Wandtemperatur) zu berücksichtigen.
Steckmuffenverbindungen können keine Axialkräfte aufnehmen. Es ist deshalb darauf zu achten, dass vor der Dichtheitsprüfung Endverschlüsse, Bogen und Abzweiger entsprechend gesichert werden.

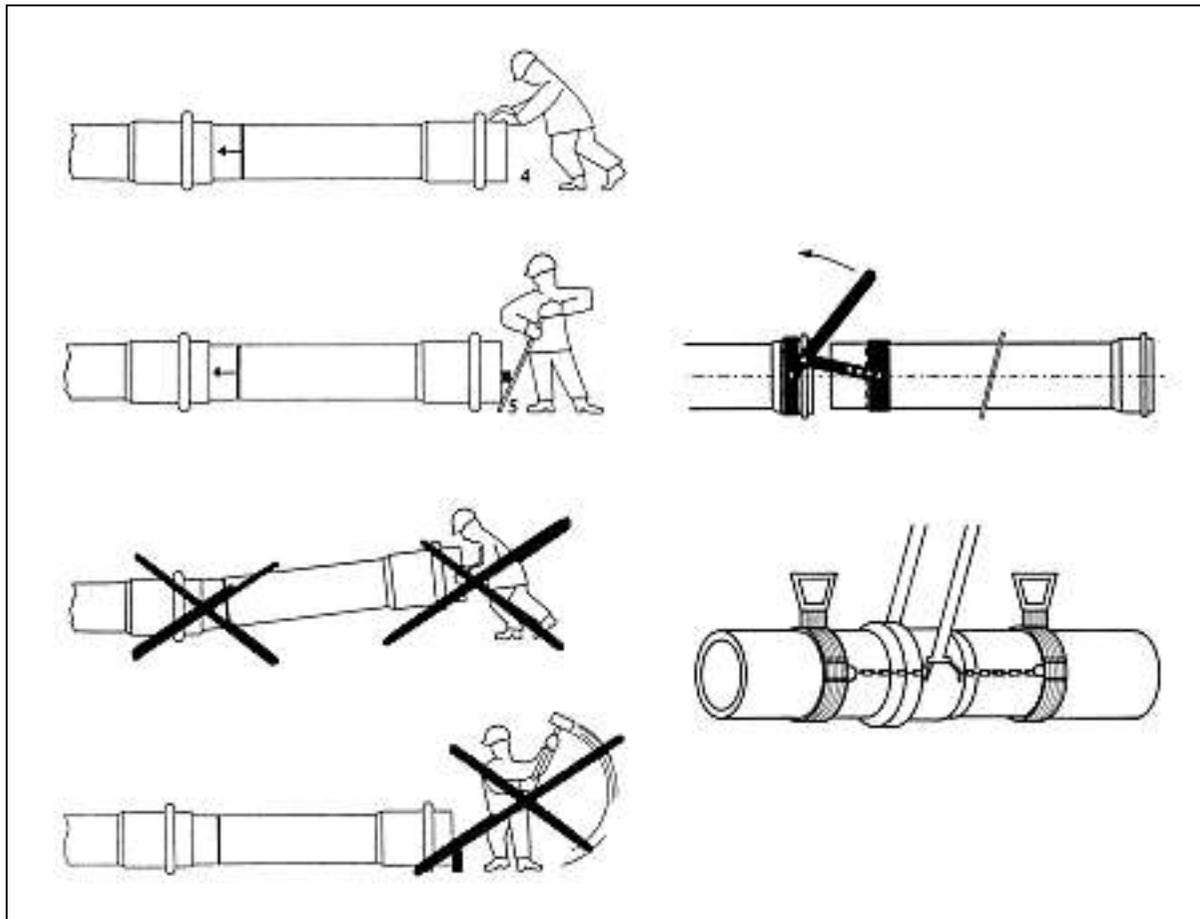


Abb. 7.11: Einschieben des Rohres in die Steckmuffe

7.5.2 Die **Heizelement-Stumpfschweissung** (PE)

Bei der Heizelement-Stumpfschweissung (auch „Spiegelschweissung“ genannt) werden die Verbindungsflächen der Rohre oder der Rohrleitungsteile mittels eines Heizelementes („Schweiss-Spiegel“) erwärmt und anschliessend unter Druck zusammengefügt.

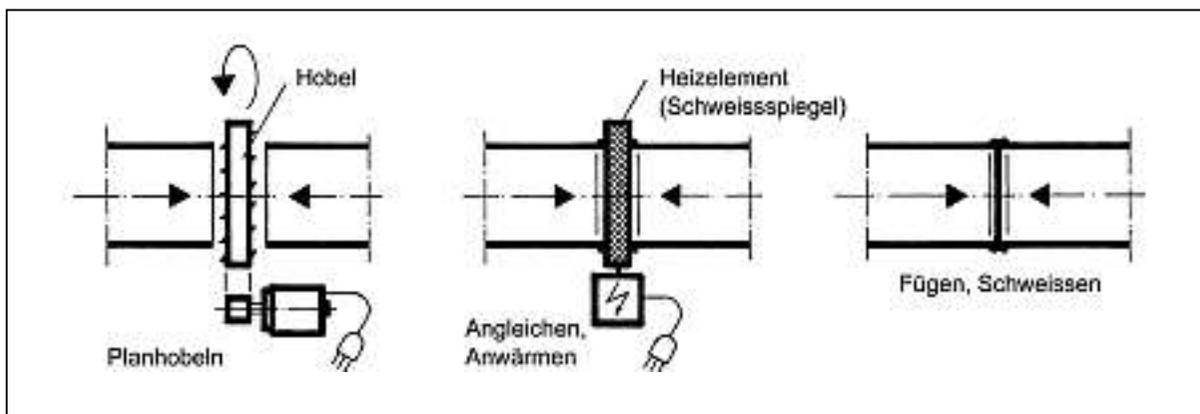


Abb.7.12: Prinzip der Heizelement-Stumpfschweissung

Entscheidend für die Verschweisbarkeit der verschiedenen Rohrwerkstoffe ist der Schmelzindex, ein Mass für die Plastifizierbarkeit des Kunststoffes. Der Schmelzindex der zu verbindenden Teile muss im Bereich von MFR 190/5 0,3 bis 1,4 g/10 min liegen.

Das Heizelement-Stumpfschweissverfahren ist in der Richtlinie DVS 2207 Teil 1 ausführlich beschrieben. Die Anforderungen an die Schweissmaschinen sind in der Richtlinie DVS 2208 Teil 1 festgelegt. „Freihandschweissungen“ sind nicht zulässig.

Die wichtigsten Verfahrensschritte (Kurzfassung in Anlehnung an DVS 2207 Teil 1, Aug. 1995):

- Zulässige Arbeitsbedingungen schaffen. Insbesondere bei entsprechender Witterung, wie Regen oder Kälte ist die Schweissstelle z.B. mittels eines Zeltens zu schützen.
- Schweissmaschine auf Funktion prüfen. Gute axiale Beweglichkeit, sauberes Heizelement, Einstellung und Überprüfung der Heizelementtemperatur
- Zu schweisende Teile ausrichten. Längere und schwerere Rohre auf Rollen lagern.
- Rohrenden gegen Luftzug verschliessen
- Bewegungsdruck bzw. Bewegungskraft an der Rohrschweissmaschine ablesen und im Schweissprotokoll vermerken
- Einstellwert für den Angleich-, Anwärm- und Fügedruck ermitteln
Richtwerte gemäss nachstehender Tabelle, Abb. 7.15, festlegen
- Verbindungsflächen eventuell mit Entfettungsmittel und Papier, das nicht fasert und nicht eingefärbt ist, reinigen und mit Planhobel bearbeiten
- Planhobel herausnehmen
- Späne im Schweissbereich entfernen (Handbesen, Pinsel, Papier)
- Planparallelität durch Zusammenfahren der Fügeflächen überprüfen
(Maximale Spaltbreite für Rohre bis und mit einem Durchmesser von 355 mm höchstens 0,5 mm; weitere Werte siehe DVS 2207 Teil 1)
- Versatz prüfen (maximal 10% der Wanddicke)
- Heizelementtemperatur in Abhängigkeit der Wanddicke prüfen (siehe Abbildung 7.16)
- Heizelement mit nicht faserndem und nicht eingefärbtem Papier reinigen
- Heizelement in Schweissposition bringen
- Angleichen der Flächen an das Heizelement bis ein Wulst gemäss nachstehender Tabelle, Abb.7.15, entsteht
- Anwärmen unter reduziertem Druck gleich oder kleiner $0,02 \text{ N/mm}^2$,
Anwärmzeit gemäss nachstehender Tabelle, Abb. 7.15
- Nach Beendigung des Anwärmens, zu schweisende Verbindungsflächen vom Heizelement lösen und dieses aus Schweissposition herausnehmen
- Die zu schweisenden Flächen innerhalb der Umstellzeit mit abnehmender Geschwindigkeit zusammenfahren; maximale Umstellzeit gemäss nachstehender Tabelle, Abb. 7.15
- Nach dem Fügen muss ein Wulst vorhanden sein. Gemäss Abbildung 7.14 muss K an jeder Stelle grösser als 0 sein (Für die weitere Beurteilung der Schweissung siehe auch Richtlinie DVS 2202 Teil 1)
- Abkühlen unter Fügedruck entsprechend nachstehender Tabelle, Abb.7.15
- Ausspannen der geschweissten Teile nach Ablauf der Abkühlzeit
- Schweissprotokoll vervollständigen

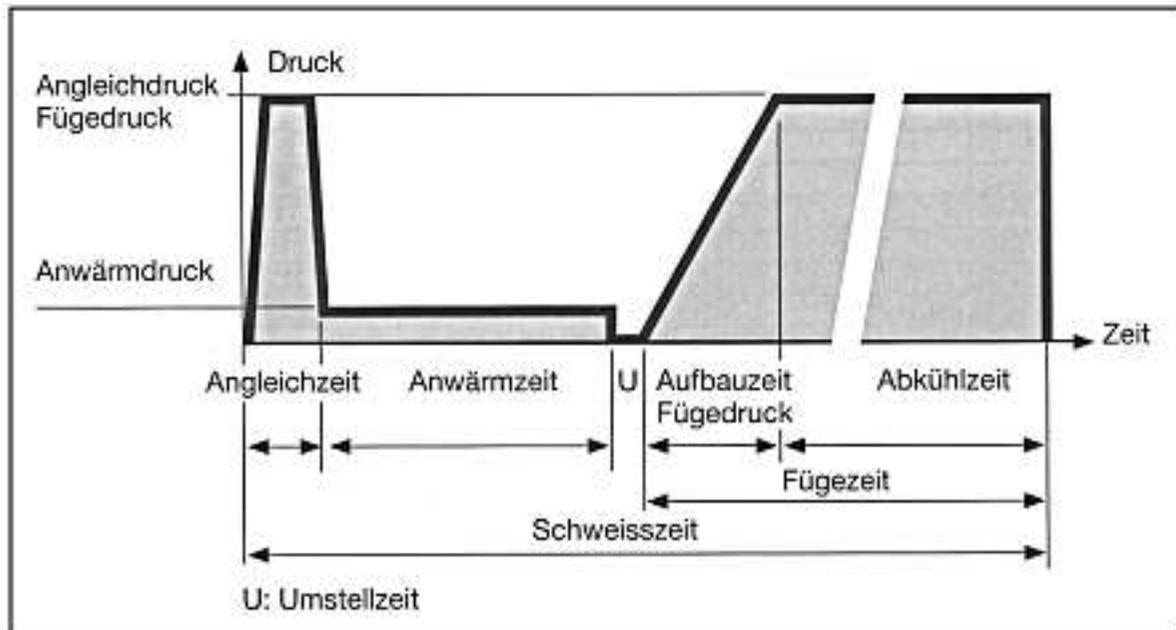


Abb. 7.13: Druck (Kraft)/Zeit-Diagramm für das Heizelement-Stumpfschweissen
 Angleichdruck $1,5 \text{ N/mm}^2$
 Anwärmdruck $0,02 \text{ N/mm}^2$
 Fügedruck $1,5 \text{ N/mm}^2$
 Angleichzeit bis Wulstbildung gemäss Tabelle Abb. 7.15
 Anwärmzeit gemäss Tabelle Abb. 7.15
 Umstellzeit gemäss Tabelle Abb. 7.15
 Aufbauzeit für Fügedruck gemäss Tabelle Abb. 7.15
 Abkühlzeit unter Fügedruck gemäss Tabelle Abb. 7.15

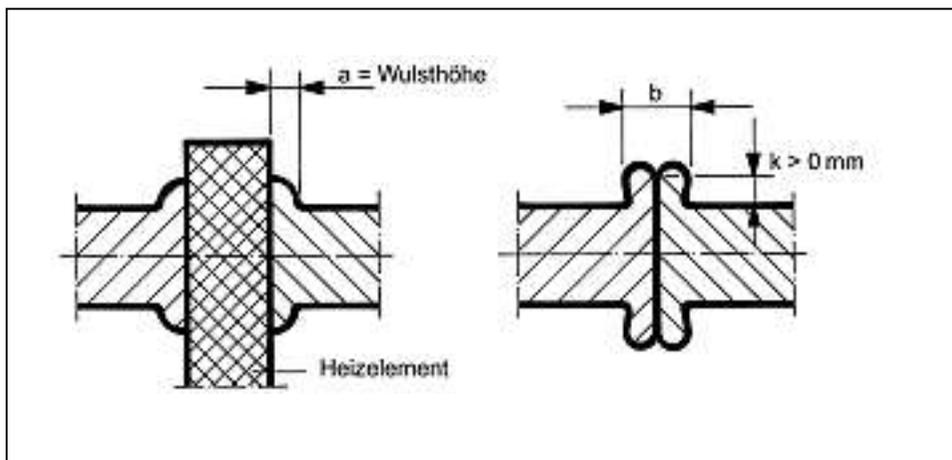


Abb. 7.14: Wulstausbildung beim Heizelement-Stumpfschweissen

Nennwanddicke	Angleichen 1)	Anwärmen 2)	Umstellen	Fügedruckaufbauzeit	Abkühlzeit unter Fügedruck
mm	mm (min.)	s	s (max.)	s	min (min.)
bis 4,5	0,5	45	5	5	6
4.5...7	1.0	45...70	5...6	5...6	6...10
7...12	1,5	70...120	6...8	6...8	10...16
12...19	2,0	120...190	8...10	8...11	16...24
19...26	2,5	190...260	10...12	11...14	24...32
26...37	3,0	260...370	12...16	14...19	32...45
37...50	3,5	370...500	16...20	19...25	45...60
50...70	4,0	500...700	20...25	25...35	60...80

- 1) Wulsthöhe am Heizelement am Ende der Angleichzeit (Angleichen bei einem Druck von 0,15 N/mm²)
2) Anwärmezeit = 10 x Wanddicke (Anwärmen unter einem Druck von kleiner oder gleich 0,02 N/mm²)

Abb. 7.15: Richtwerte für das Heizelement-Stumpfschweissen von Rohren und Rohrleitungsteilen aus PE bei einer Aussentemperatur von etwa 20°C und mässiger Luftbewegung (Zwischenwerte sind zu interpolieren)

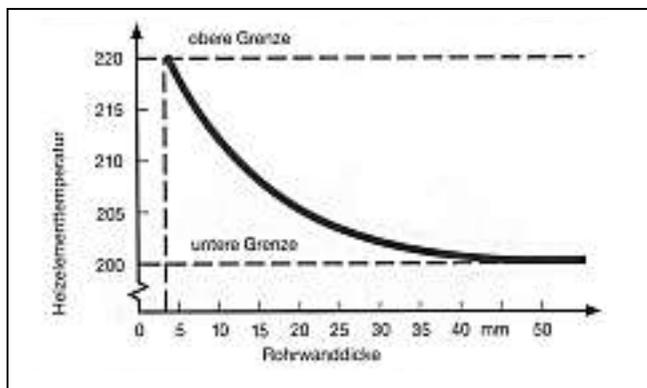


Abb. 7.16: Richtwertkurve für die Heizelement-Temperatur in Abhängigkeit der Rohrwanddicke

Heizelement-Stumpfschweissverbindungen müssen nach der Richtlinie DVS 2203 Teil 1 folgende Festigkeitswerte erreichen:

- Kurzzeit-Schweissfaktor min. 0,9
- Zeitstandzug-Schweissfaktor min. 0,8

Heizelement-Stumpfschweissungen sollten nur von entsprechend ausgebildetem Personal ausgeführt werden. Siehe dazu auch Abschnitt 8.1.

7.5.3 Verbindungen mit **Elektro-Schweissfittings** (PE)

Mit der Elektro-Schweissung (in Deutschland auch „Heizwendelschweissung“ genannt) werden Rohre untereinander oder Rohre mit Rohrleitungsteilen mittels Schweissmuffen oder Schweissfittings, welche mit integrierten Widerstands-Heizdrähten versehen sind, unter Zuführung von elektrischem Strom verbunden.

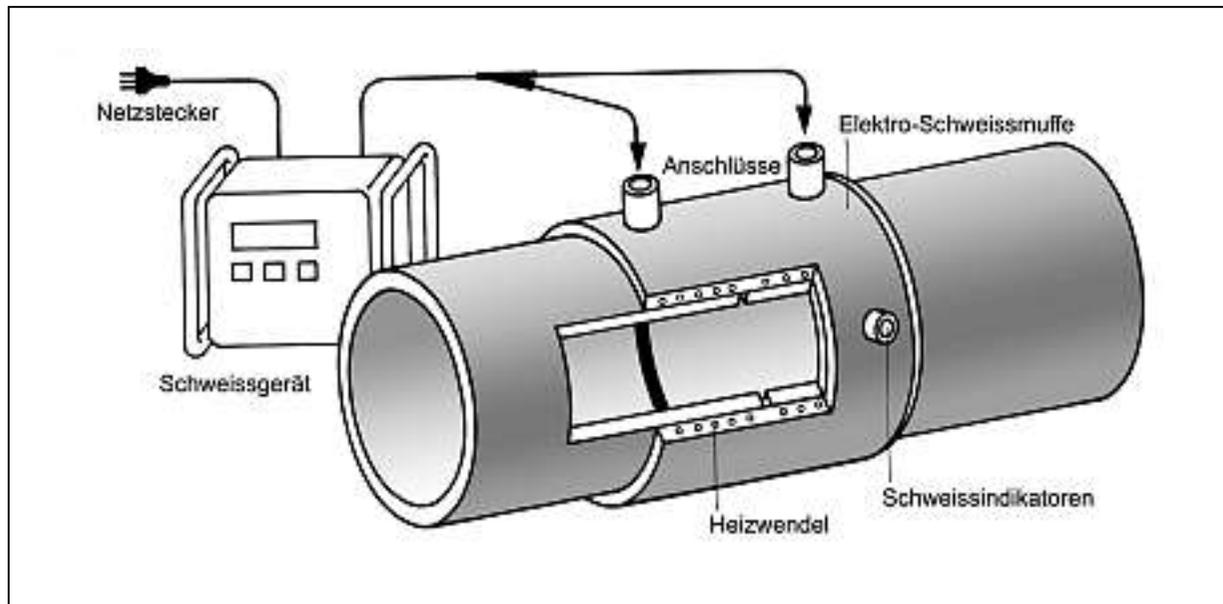


Abb. 7.17 Prinzip der Elektro-Schweißung am Beispiel einer Verbindung mit einer Elektro-Schweissmuffe

Der Schmelzbereich der zu verschweißenden Teile muss im Bereich von MFR 190/5 0,2 bis 1,4 g/10 min liegen.

Dieses Schweißverfahren ist in der Richtlinie DVS 2207 Teil 1 beschrieben. Da die Schweißgeräte und die Schweißfittings (Elektro-Schweissmuffen, Elektro-Schweisschellen) fabrikatabhängige Eigenschaften aufweisen, sind vor der Verwendung unbedingt die Verarbeitungsanweisungen der Hersteller zu beachten. Insbesondere ist darauf zu achten, dass das Schweißgerät systemmässig auf die zu verwendenden Schweißfittings abgestimmt ist. Die Schweißungen dürfen nur von ausgebildetem Personal durchgeführt werden (siehe dazu auch Abschnitt 8.1).

Wichtige Verfahrensschritte für Rohrverbindungen mit Elektro-Schweissmuffen und Elektro-Schweisschellen:

- Zulässige Arbeitsbedingungen schaffen. Insbesondere bei entsprechender Witterung (Regen und Kälte) ist die Schweißstelle z.B. mittels eines Zeltes zu schützen
- Schweißgerät an das Netz oder den Wechselstromgenerator anschliessen und auf Funktion prüfen (Elektrische Spannung, Leistungsfähigkeit des Generators usw.)
- Rohrenden rechtwinklig zur Rohrachse schneiden. Die Schweißzone reinigen und spanabhebend (ca. 0,15 mm tief) bearbeiten. Vom Hersteller empfohlene Geräte verwenden (kein Schmirgeltuch!)
- Bearbeitete Rohroberfläche unmittelbar vor der Montage mit Entfettungsmittel reinigen. Vom Hersteller empfohlene PE-Reinigungsmittel mit nicht faserndem und nicht eingefärbtem Papier verwenden

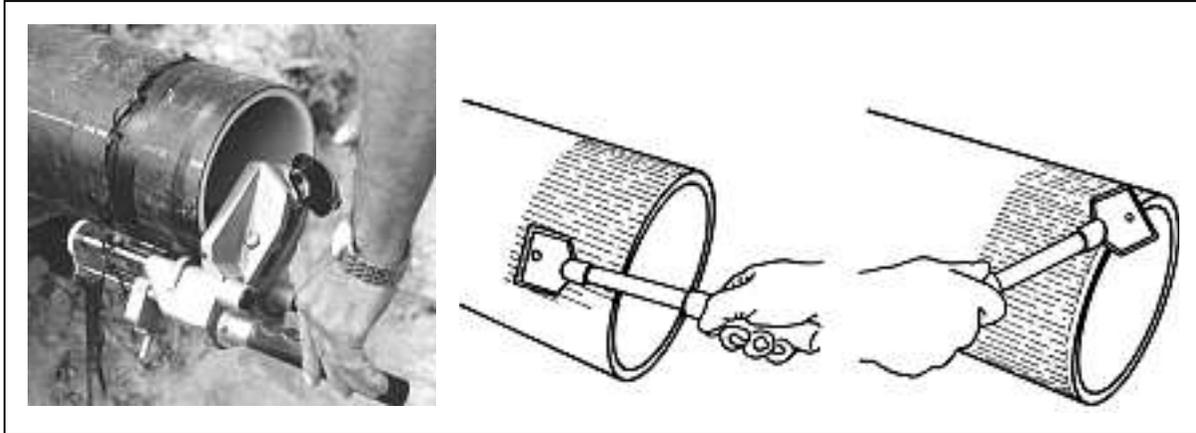


Abb. 7.18: Abarbeitung der Schweisszone

- Die Schweissfittings in der Verpackung lassen bis unmittelbar vor der Montage (Gefahr der Verschmutzung und Schädigung durch UV-Strahlung). Reinigung der Schweisszone an den Schweissfittings gemäss Angaben des Herstellers
- Montage der Schweissfittings. Zur Schweissung vorbereitete, gereinigte, trockene und bearbeitete Fügeflächen sauber halten und nicht berühren (Schmutz, Handschweiss usw.). Einstecktiefe durch Markierung oder andere geeignete Vorrichtung kontrollieren
- Fixierung der zu verschweisenden Teile durch Verwendung von Rohrklammern oder Rohrhaltevorrichtungen. Ist die Verwendung von solchen Hilfsgeräten aus Platzgründen nicht möglich, so ist der Schweißer verpflichtet, die ruhige und spannungsfreie Lage der Verbindungsteile während der Schweissung und der Abkühlung durch anderweitige Massnahmen zu sichern
- Verbindung zwischen Schweissgerät und Schweissfitting herstellen (kein Zug auf Schweisskabel!). Eingabe der Schweissparameter bei nicht selbst erkennenden Schweissystemen mittels Strichcode. Auslösung des Schweissvorganges gemäss der Bedienungsanleitung für das Schweissgerät
- Schweissablauf nach Angabe des Herstellers überwachen und überprüfen
- Nach Beendigung des Schweissvorgangs Kabel vom Schweissfitting entfernen
- Während der Abkühlzeit Schweissverbindung in den Fixierungen halten. Die Verbindung darf während der Abkühlzeit weder bewegt noch mechanisch belastet werden. Die Abkühlzeiten werden von den Schweissfitting-Herstellern angegeben.

Fehlen solche Angaben, gelten folgende Richtwerte:

Abkühlzeit bis zur mechanischen Belastung oder Anbohrung		
d_n 63	d_n 75 bis 160	$\geq d_n$ 180
15 min	30 min	60 min

Zeit bis zur Dichtheitsprüfung	
d_n 40 bis 90	d_n 110 bis 315
60 min	120 min

- Fitting kennzeichnen mit Name des Schweissers, Datum und Zeit des Schweissvorganges
- Schweissprotokoll ausdrucken oder von Hand erstellen (siehe dazu Richtlinie VKR RL-02)

7.5.4 Andere Schweissverfahren

Für die Herstellung spezieller Rohrkonstruktionen und für Kunststoffschächte aus PE und PP wird werkstattmässig das **Extrusionsschweissen** verwendet. Das Verfahren ist in der Richtlinie DVS 2207 Teil 4 beschrieben. Dieses Verfahren kann nur von speziellen Firmen mit entsprechend ausgebildetem Personal (Kunststoff-Apparatebauer) ausgeführt werden.

Extrusionsschweissungen auf der Baustelle sind sehr sorgfältig zu planen und entsprechend umsichtig durchzuführen. Im Bereich der städtischen Abwasserleitungen in Zürich ist die Extrusionsschweissung untersagt.

Die im Kunststoff-Apparatebau häufig verwendete **Warmgasschweissung** mit Zusatzmaterial wird üblicherweise im Rohrleitungsbau nicht angewendet.

7.5.5 Verbindungen mittels **Klebertechnik** (PVC-U)

Diese Technik findet im Abwasserbereich nur für PVC-U-Rohrleitungen Anwendung. Es werden Aufklebemuffen für die weitere Verwendung von Rohrabschnitten oder Klebschellen für nachträglich einzubauende Abzweige verwendet. Die einzelnen Verfahrensschritte sind:

a. Aufklebemuffe:

- Entfernen des Sägegrates
- Reinigen des Einsteck-Endes aussen und der Muffen-Innenseite von Schmutz und Ausreiben mit speziellem PVC-Reiniger
- Aufbringen des THF-Klebstoffes (z.B. Tangit) auf die gereinigten Flächen
- Aufschieben der Aufklebemuffe auf das Rohr bis zum Anschlag
- Abwischen des überschüssigen Klebstoffes, um ein unbeabsichtigtes Anlösen des Rohres zu vermeiden

b. Klebstutzen

- Anzeichnen der herauszuschneidenden Öffnung in der bereits verlegten Rohrleitung mit Hilfe einer Schablone oder durch Aufsetzen der Klebeschelle und Anzeichnen durch den Anschlussstutzen
- Anzeichnen der äusseren Begrenzung der Klebefläche
- Aussägen der Öffnung mit einer Stichsäge, Entfernung des Sägegrates mit Schaber, Messer oder Feile
- Reinigen des Rohres im Bereich der Klebefläche aussen und der Klebeschelle innen mit speziellem PVC-Reiniger
- Bestreichen der Klebeflächen mit THF-Klebstoff
- Anbringen der Klebschelle innerhalb von 1 Minute nach Beginn des Aufbringens des Klebstoffes
- Anpressen der Klebschelle mit stufenlos verstellbaren Bändern oder Schlauchbindern

Die Abbindezeit des Klebstoffes beträgt ca. 1 Stunde (Entfernung der Haltebänder erst nach 1 Stunde). Eine Belastung der Rohrleitung (z.B. Dichtheitsprüfung sollte jedoch erst nach 3 bis 4 Stunden vorgenommen werden).

7.5.6 Mechanische Verbindungen

Für Rohrleitungsteile, die von Zeit zu Zeit aus betrieblichen Gründen ausgebaut werden, können leichte **Flanschverbindungen** eingesetzt werden. In der Regel wird diese Verbindungsart nur für PE-Rohrleitungen angewendet.

Es werden dabei lose Flanschen aus Metall oder mit Metalleinlagen verstärkte Kunststoff-Flanschen verwendet. Diese stützen sich auf einen Vorschweissbund, der am Rohr mittels Heizelement-Stumpfschweissung oder Klebung befestigt ist. Als Dichtmittel werden Flachdichtungen eingesetzt. Flachdichtungen mit Metalleinlagen können besser zentriert und damit leichter montiert werden.

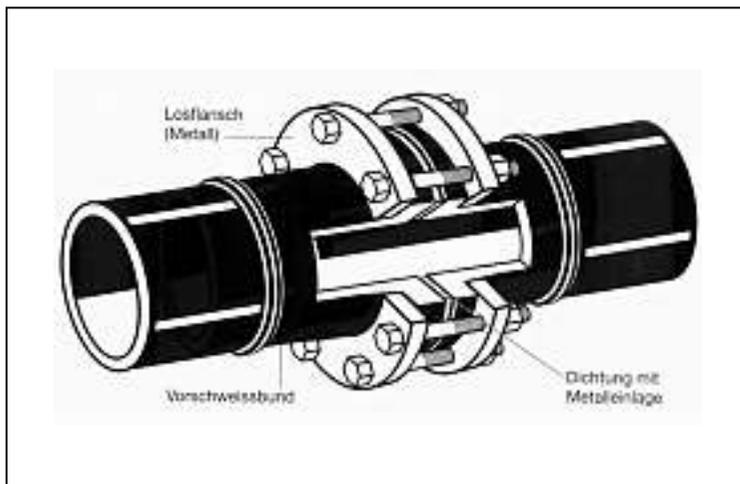


Abb. 7.19: Ausführungsbeispiel einer Flanschverbindung

Wichtige Hinweise:

- Korrosionsschutz für metallische Teile (Flansch, Schrauben) beachten.
- Flachdichtungen mit Gewebeverstärkung oder mit Metalleinlagen verwenden (formstabile Dichtungen); Härte ca. 65° Shore A.
- Dichtflächen vor dem Zusammenschrauben reinigen
- Unter den Schrauben und Muttern je eine Unterlagsscheibe einsetzen
- Schrauben kreuzweise mittels Drehmomentschlüssel gemäss Herstellerangaben anziehen
- Dichtflächenabweichungen und Längenabweichungen können nicht mit verstärktem Anziehen der Schrauben korrigiert werden (Die Verbindung muss spannungsfrei montiert werden können)
- Flanschverbindungen im Erdreich sollten vermieden werden.

Für provisorische Verbindungen und für Notfall-Reparaturen eignen sich **Verbindungsbriden**.

Es gibt längskraftschlüssige und nicht längskraftschlüssige Ausführungen. Rohrbriden müssen bei PE- und PP-Rohren immer mit Stützhülsen verwendet werden.

Für die Montage der Rohrbriden ist die Herstelleranweisung massgebend.

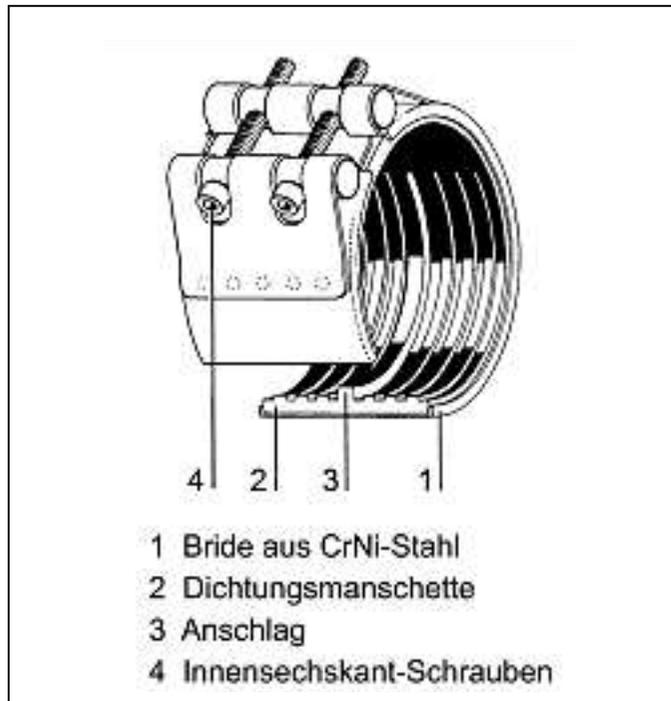
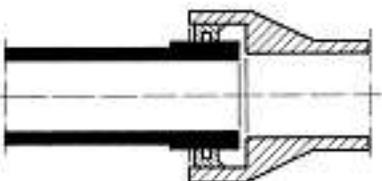


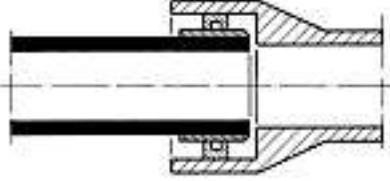
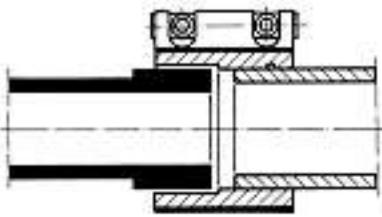
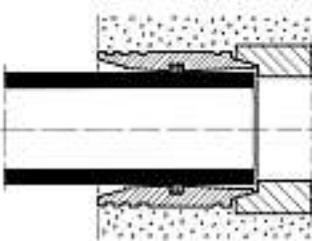
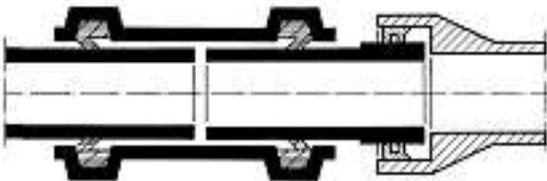
Abb. 7.20: Beispiel einer Rohrbride

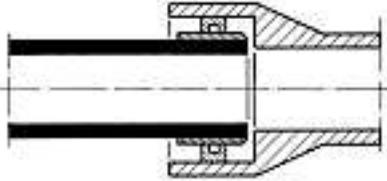
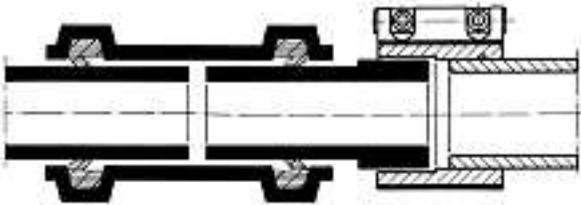
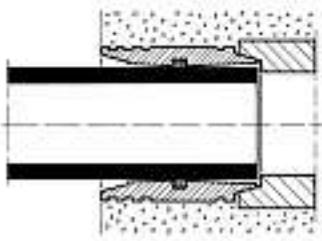
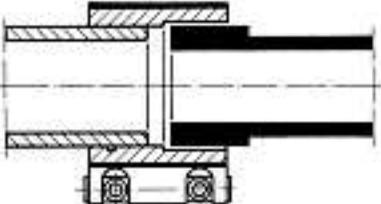
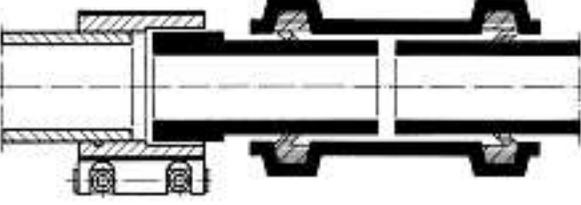
7.6 Übergänge und Anschlüsse

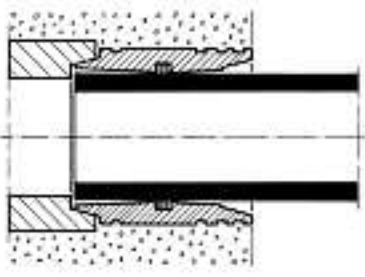
7.6.1 Übergänge an Rohrleitungen aus andern Werkstoffen

Die folgende Darstellung zeigt verschiedene Lösungen für die Verbindung unterschiedlicher Rohrwerkstoffe (in Richtung des Abwasserlaufes).

von Werkstoff	...auf Werkstoff	Darstellung und Beschreibung der Verbindung	Bemerkungen
PE	PVC, PP	Steckmuffe 	Wegen verschiedenen Toleranzen der Aussendurchmesser kann das Einschieben von PE-Rohren in Steckmuffen aus PVC oder PP schwergängig sein.
	STZ Muffe	PE-Stutzen 	Für $d_n = 110-315$ mm mit speziellem PE-Stutzen.

von Werkstoff	...auf Werkstoff	Darstellung und Beschreibung der Verbindung	Bemerkungen
PE	STZ Muffe	Ü-Ring 	Für $d_n = 110-160$ mm mit Übergangring (Ü-Ring). Bei Montage STZ-Muffe, Ü-Ring und PE-Rohr mit Gleitmittel bestreichen.
	STZ glattendig	STZ-Bride 	Für $d_n = 110-315$ mm mit speziellem PE-Stutzen
	Beton	Schachtfutter 	Schachtfutter-Anschluss am Betonrohr ausmörteln. Ganze Verbindungsstelle einbetonieren. Andere Verbindungsmöglichkeiten: - Schrumpfmuffe (PE) - Übergangsstück KGEZ (PVC-U), PE-Rohr mit Schiebemuffe anschliessen)
PP und PVC	PE PVC bzw. PP	Steckmuffe 	Andere Verbindungsmöglichkeit: - Überschiebemuffe
	STZ Muffe	PE-Stutzen 	Für $d_n = 110-315$ mm mit speziellem PE-Stutzen. Übergang von PE auf PP oder PVC-U mit Überschiebemuffe.

von Werkstoff	...auf Werkstoff	Darstellung und Beschreibung der Verbindung	Bemerkungen
PP und PVC	STZ Muffe	Ü-Ring 	Für $d_n = 110-160$ mm mit Übergangring (Ü-Ring). Bei Montage STZ-Muffe, Ü-Ring und PE-Rohr mit Gleitmittel bestreichen.
	STZ glattendig	STZ-Bride 	Für $d_n = 110-315$ mm mit speziellem PE-Stutzen. Übergang auf PP oder PVC-Rohr mit Überschiebemuffe. Andere Verbindungsmöglichkeit: - Übergangsstück KGUSM (PVC-U)
	Beton	Schachtfutter 	Schachtfutter-Anschluss am Betonrohr ausmörteln. Ganze Verbindungsstelle einbetonieren. Andere Verbindungsmöglichkeiten: - Schrumpfmuffe (PE), PP oder PVC-U-Rohr mit Schiebemuffe anschliessen - Übergangsstück KGEZ (PVC-U)
STZ glattendig	PE	STZ-Bride 	Für $d_n = 110-315$ mm mit speziellem PE-Stutzen
	PP und PVC	STZ-Bride 	Für $d_n = 110-315$ mm mit speziellem PE-Stutzen. Übergang auf PP oder PVC-Rohr mit Überschiebemuffe. Andere Verbindungsmöglichkeit: - Übergangsstück KGUSM (PVC-U)

von Werkstoff	...auf Werkstoff	Darstellung und Beschreibung der Verbindung	Bemerkungen
Beton	PE, PP und PVC	Schachtfutter 	Schachtfutter-Anschluss am Betonrohr ausmörteln. Ganze Verbindungsstelle einbetonieren. Andere Verbindungsmöglichkeiten: - Schrumpfmuffe (PE), PP oder PVC-U-Rohr mit Schiebemuffe anschliessen - Übergangsstück KGEZ (PVC-U)

7.6.2 Anschlüsse an die Gebäudeentwässerung.

In der Regel erfolgt der Übergang von der Gebäudeentwässerung auf die Grundstückentwässerung im Anschlusschacht.

Erfolgt der Übergang vom Gebäudeentwässerungsrohr auf die Grundstückentwässerung direkt mit unterschiedlichen Rohrwerkstoffen, sind die im Abschnitt 7.6.1 erwähnten Übergangsstücke einzusetzen.

7.6.3 Anschlüsse an Kanalisationen und nachträgliche Anschlüsse

Je nach Werkstoff der Kanalleitung und der anzuschliessenden Grundstückentwässerungsleitung sind spezielle Anlussteile bzw. Anlusstechniken anzuwenden.

Bei Kanalleitungen aus **Beton** wird in der Regel ein spezielles Anlusstück im Winkel von 90° oder 45° in das Betonrohr eingesetzt. Dieses Teil besitzt eine Einsteckmuffe mit O-Ring-Dichtung, die auf die Aussendurchmesser der PE-, PP- und PVC-Rohre abgestimmt ist.

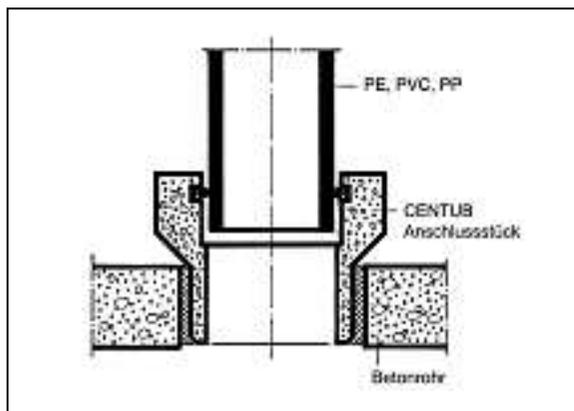
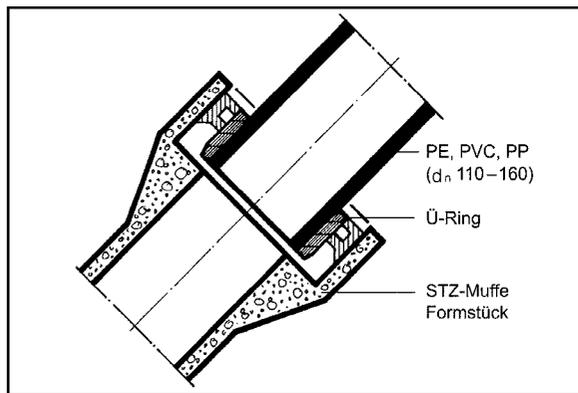


Abb. 7.21: Anschluss auf Kanalrohre aus Beton

Bei Anschlüssen auf Kanalrohre aus **Steinzeug** wird entweder an die Steinzeugmuffe eines Abzweigers oder an den in das Steinzeugrohr eingelassenen Stutzen

angeschlossen. Die Verbindung der Steinzeugmuffe mit dem Kunststoffrohr erfolgt:

- für PE-Rohre mittels einem auf den Innendurchmesser der Steinzeugmuffe abgestimmten speziellen PE-Rohrstück (d_n 110 - 315 mm) oder mit dem speziellen Übergangring (Ü-Ring) für d_n 110 - 160 mm.
- für PP- und PVC-Rohre ebenfalls mit dem Übergangring (Ü-Ring) oder mittels dazwischen eingebautem, speziellem PE-Rohrstück.



Bei Kanalrohren aus **PVC** erfolgt der Anschluss über handelsübliche Abzweige mit Steckmuffe oder nachträglich mittels Klebstutzen und Steckmuffe.

Bei Kanalrohren aus **glasfaserverstärktem Polyester** (UP-GF, GUP) wird der Anschluss für Rohre aus PE, PP und PVC-U mit einem Stutzen mit integriertem Rohrstück mit Steckmuffe aus PP, PVC-U oder PE hergestellt. Der Übergang auf PE kann auch mit integriertem Rohrstutzen aus PE zur Verbindung mit einer Elektro-Schweissmuffe ausgeführt werden.

Nachträgliche Anschlüsse an PE-Rohre:

- Einsetzen eines Abzweigers mittels Elektro-Schweissmuffen oder Doppelmuffen

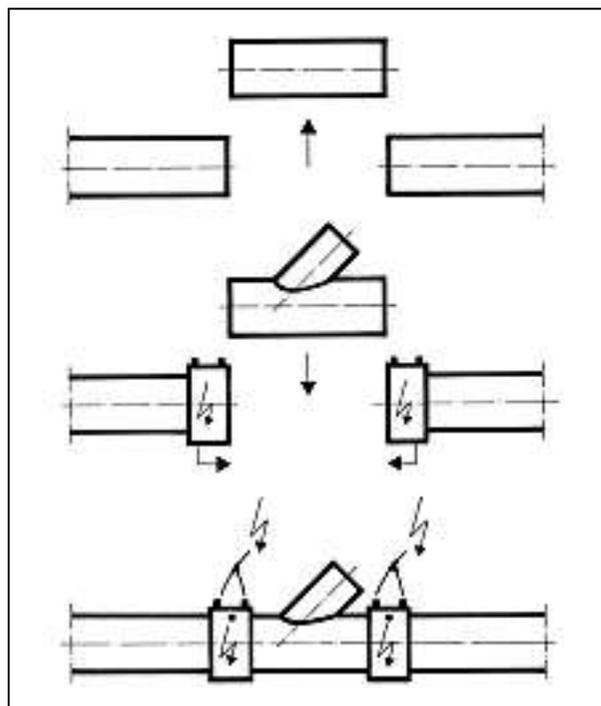


Abb. 7.23: Einsetzen eines PE-Abzweigers

- Für einige Durchmesserkombinationen sind Elektro-Schweisssättel erhältlich. Diese sind gemäss Abschnitt 7.5.3 zu montieren und zu verschweissen.



Abb. 7.24: Elektro-Schweisssattel

- Bei grösseren Rohrdurchmessern (wenn keine Formstücke vorhanden sind) kann mittels Extrusionsschweissung ein Rohrstutzen aufgeschweisst werden. Diese Arbeit ist jedoch nur durch speziell ausgebildetes Personal auszuführen. Zudem sind die zum Teil speziellen Verfahrensbeschränkungen einzelner Werke (z.B. Entsorgung+Recycling Zürich) zu beachten.

Nachträgliche Anschlüsse an PE-, PP- und PVC-U-Rohre:

- Einsetzen eines Abzweigers mittels Überschiebemuffen
- Aufsetzen einer Klebschelle gemäss Abschnitt 7.5.5 (nur PVC-U)

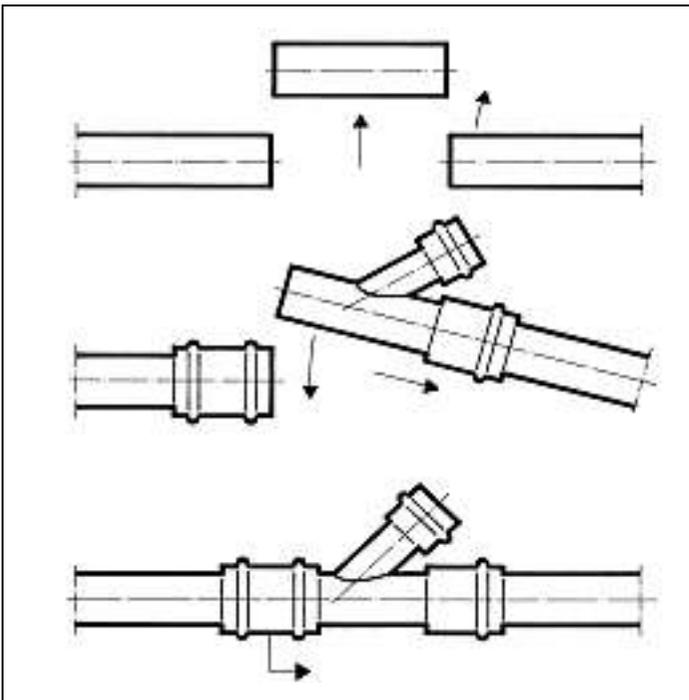


Abb. 7.25: Einsetzen eines Abzweigers (PVC, PP)

- Einsetzen einer Sattelverschraubung. Auf Grund seiner Konstruktion wird dieser Sattel bei grosser Hauptleitung und relativ kleiner Anschlussleitung eingesetzt. Der schraubbare Anschlusssattel ist zur Zeit verfügbar für Hauptleitungen von d_n 250 bis 500 mm, der Abgang hat einen Durchmesser von 200 mm.



Abb. 7.26: Sattelverschraubung

7.6.4 Anschlüsse an Schächte

Anschlüsse an **Betonschächte** erfolgen immer mittels Verwendung von sogenannten Schachtfuttern. Bei verschweissten und einbetonierten PE-Rohrleitungen sind vor der Schachteinführung Fixpunkte vorzusehen.

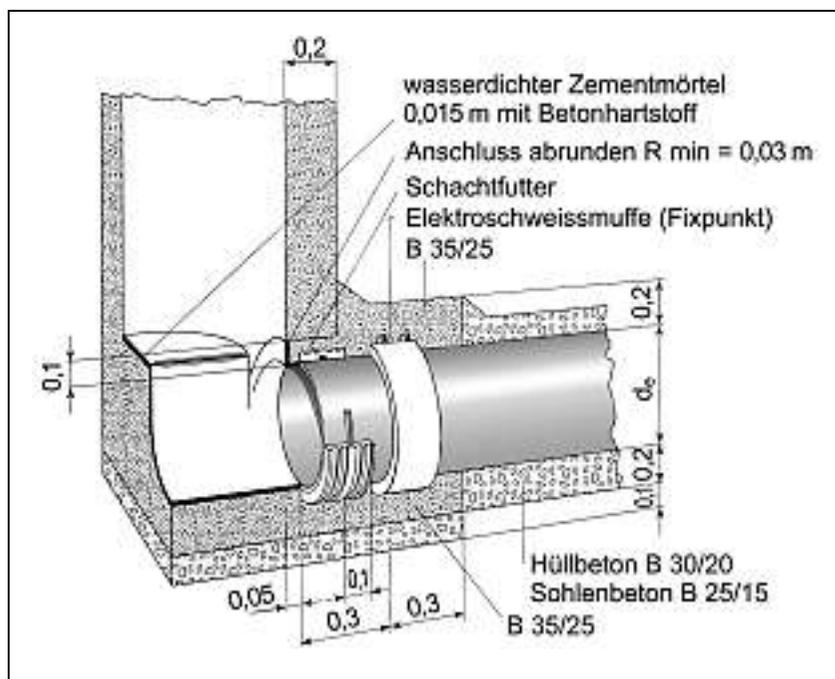


Abb. 7.27: Anschlussvarianten bei Betonschächten

Der Anschluss an **Schächte aus Kunststoff** erfolgt in der Regel mit Steckmuffen. Für Konstruktionen aus PE und Rohren aus PE können auch Elektro-Schweissmuffen für den Anschluss an die Stutzen des Kunststoff-Schachtes verwendet werden.

7.7 Rohrbefestigungen und Abstützungen

- Für rein erdverlegte Leitungen sind in der Regel weder Rohrbefestigungen noch Rohrabstützungen notwendig.
- Bei einbetonierten Rohrleitungen (z.B. in Fundamentplatten, Brückenkörpern usw.) sind die Rohre so zu befestigen, dass sie auch unter der Belastung des Auftriebs ihre Lage nicht verändern. Beim Einbetonieren sind zudem die statischen Belastungen durch die Betonüberdeckung (Betondruck, Steiggeschwindigkeit, Konsistenz des Betons) und die Abbinde Temperaturen des Betons zu berücksichtigen.
- Für frei verlegte Rohrleitungen sind die Rohrbefestigungen und Rohrauflagen so zu bemessen, dass folgende Kräfte aufgenommen werden:
 - Gewicht der Rohrleitung und des Mediums bei Vollfüllung
 - Schiebekräfte bei Montage mit Steckmuffen (siehe Abschnitt 6.8.1)
 - Kräfte (Momente), erzeugt durch Biegeschenkel
 - Längs- und Querkräfte bei fest eingespannten Rohren (siehe Abschnitt 6.8.3)
 - Kräfte hervorgerufen durch Innendruck anlässlich der Dichtheitsprüfung (siehe Abschnitt 8.4)

Insbesondere sind die Fixpunkt-Schellen bei starr montierten (fest eingespannten) Rohren bezüglich ihrer festigkeitsmässigen Auslegung zu berechnen.

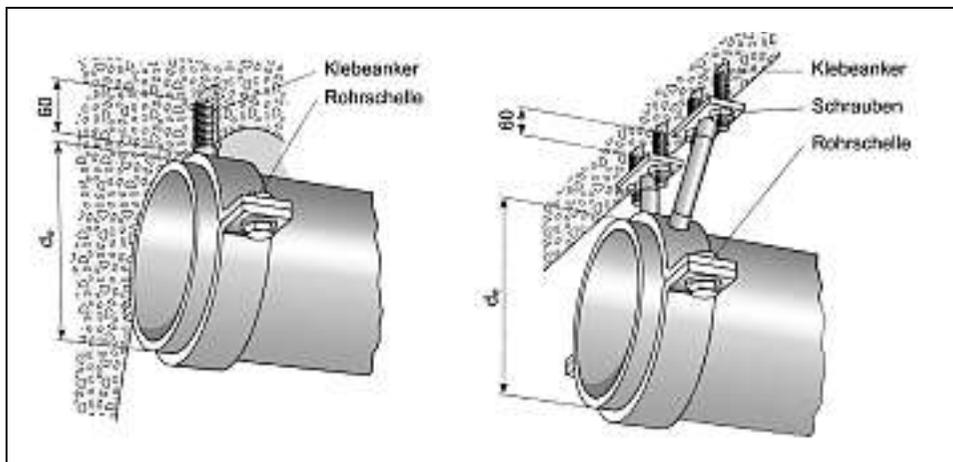


Abb. 7.28: Beispiele für Gleitschellen

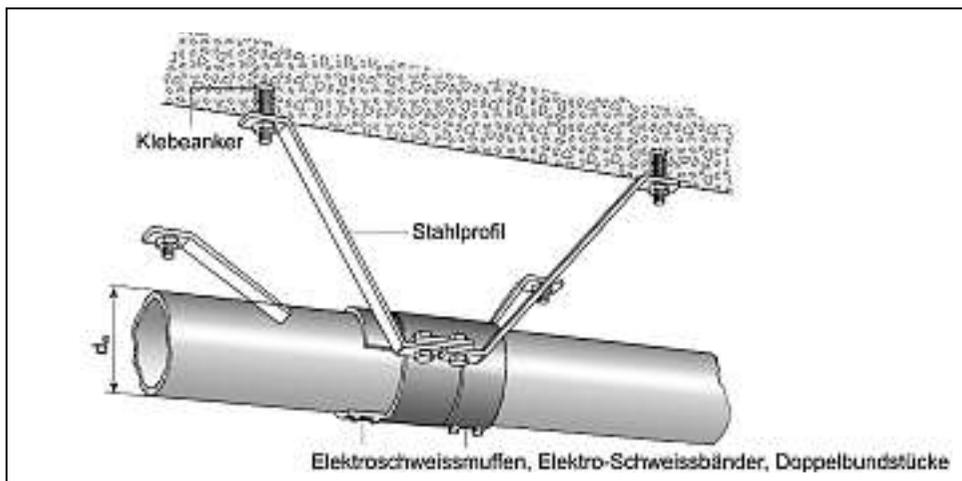


Abb. 7.29: Beispiel für Fixpunkt-Rohrschelle

7.8 Frei montierte Rohrleitungen (Hinweise)

Die nachfolgenden Ausführungen geben einige wichtige Hinweise für die Auslegung und Montage frei verlegter Rohrleitungen aus Kunststoff. Eine ausführliche Beschreibung findet sich in der Richtlinie DVS 2210 Teil 1.

Wichtigste Kriterien für frei verlegte Rohrleitungen aus Kunststoff sind:

- Steuerung der thermisch bedingten Längenänderung
 - durch Verwendung von Steck- (Dehnungs-) Muffen
 - mittels Biegeschenkel
 - durch starre Montage der Rohrleitung
- Bestimmung der auftretenden Kräfte auf die Rohrbefestigungen und das Bauwerk
- Abstand der Rohrbefestigungen
- Je nach Werkstoff: Schutz vor Sonneneinstrahlung (Wärme und UV), mechanischer Schutz usw.

Bei Verwendung von **Steck- (Dehnungs-) Muffen** ist die mögliche Längenänderung eines Rohrabschnitts durch die Einstecktiefe bestimmt (in Abhängigkeit der Rohrlänge und der zu erwartenden Temperaturdifferenzen der Rohrwandung). Die Muffen und Rohre müssen so gehalten werden, dass kein Verkanten stattfindet, und die Muffen in ihrer Lage festgehalten werden. Siehe dazu auch Abschnitt 6.7.

Konstruktionen mit **Biegeschenkeln** (nur Rohrleitungssysteme aus PE) sind bezüglich ihrer Längen und der auf die Rohrbefestigungen einwirkenden Kräfte zu berechnen. Siehe dazu auch Abschnitte 6.7 und 6.8.2.

Die auftretenden Kräfte bei **starr montierten Rohrleitungen** aus PE können erheblich sein. Berechnung siehe Abschnitt 6.8.3. Beispiele von Rohrbefestigungskonstruktionen sind im Abschnitt 7.7 dargestellt.

Die auftretenden **Kräfte auf die Rohrhalterungen** und auf das Bauwerk sind in der Regel zu berechnen. Siehe dazu auch Abschnitt 6.8

Die Abstände der **Rohrbefestigungen** sind abhängig von der Rohrwandtemperatur und bei starr montierten Leitungen von den möglichen Querkräften. Bei Abflussleitungen ist auf das Restgefälle (kein Gegengefälle) zu achten. Als Regel kann für horizontale Rohrleitungen ein Rohrhalterungsabstand von max. 10 mal d_n und für vertikale Leitungen von 15 mal d_n angenommen werden.

Es ist je nach Montageart und verwendetem Rohrwerkstoff abzuklären, ob die Leitung z.B. gegen Wärme, gegen Einfrieren und/oder gegen UV-Strahlung geschützt werden muss. Im Gegensatz zu PE-Rohrleitungen sollten PVC- und PP-Rohrleitungen nicht über längere Zeit der direkten Sonnenbestrahlung ausgesetzt werden.

8 Qualitätssicherung und Prüfung

8.1 Anforderungen an das Montage- und Verlegepersonal

Das für die Montage und Verlegung von Kunststoffrohrleitungen vorgesehene Personal muss entsprechend der vorzunehmenden Arbeiten ausgebildet und instruiert sein. Dies gilt im besonderen Masse auch für scheinbar „einfach“ auszuführende Arbeiten, wie z.B. das Verlegen von Abwasserleitungen mit Steckmuffen.

Für speziellere Arbeiten, wie das Schweißen von Kunststoff-Rohrleitungen, sollten nur geschulte Mitarbeiter, die im Besitz eines entsprechenden Ausbildungszertifikates (gültiger „Schweisserpass“) sind, zugelassen werden.

Entsprechende Kurse werden in der Schweiz angeboten durch:

- VKR, Verband Kunststoff-Rohre und -Rohrleitungsteile
Schachenallee 29, 5000 Aarau
Tel 062 834 00 60, Fax 062 834 00 61, info@vkr.ch, www.vkr.ch
Kurse im KATZ (Kunststoff Ausbildungs- und Technologie-Zentrum), Aarau
(Kurse in der französisch sprechenden Schweiz auf Anfrage)

- SVS, Schweizerischer Verein für Schweisstechnik
St. Alban-Rheinweg 222, 4052 Basel
Tel 061 317 84 84, Fax 061 317 84 80
Kurse im SVS in Basel

Instruktionen und Einführungen in die Handhabung neuer Geräte, Maschinen und Rohrleitungsprodukte erteilen auch verschiedene Herstellerfirmen. Adressen siehe Anhang A3.

8.2 Qualitätsmanagement-Systeme

Die meisten Hersteller von Kunststoff-Rohren und -Rohrleitungsteilen besitzen ein zertifiziertes Qualitätsmanagement-System nach der Norm SN EN ISO 9001. Einige sind zusätzlich auch nach der Norm SN EN ISO 14001, dem Umweltmanagement-System, zertifiziert.

Diese Managementsysteme verfolgen das Ziel, die Unternehmung so zu organisieren, dass ein vorgegebenes Qualitätsniveau erzielt werden kann, dass alle Massnahmen dazu dokumentiert werden, und dass ein System zur ständigen Verbesserung eingeführt und unterhalten wird. Entsprechend sind die Ziele für eine umweltgerechte Produktion definiert.

8.3 Zulassungen

Die Arbeitsgemeinschaft Liegenschaftsentwässerung (suissetec-VSA) erteilt für Produkte der Liegenschaftsentwässerung, welche die Anforderungen der Norm SN 592012 erfüllen, eine sogenannte Zulassungsempfehlung. Einzelne Gemeinden und Kantone setzen die Zulassungsempfehlung für Produkte, die auf ihrem Hoheitsgebiet verwendet werden, voraus.

Die Anforderungen richten sich in erster Linie nach den europäischen Normen (SN EN), die auch in der Schweiz gültig sind. Um den hohen Qualitätsstandard schweizerischer Abwasseranlagen zu halten, sind zusätzliche Anforderungen festgelegt worden, welche die europäischen Normen ergänzen.

Die Produkte werden vor ihrer ersten Inverkehrsetzung durch ein unabhängiges Prüfinstitut geprüft. Zudem werden regelmässig Überwachungsprüfungen durchgeführt.

Rohre und Rohrleitungsteile, die eine Zulassungsempfehlung der Arbeitsgemeinschaft Liegenschaftsentwässerung besitzen, haben eine Zulassungsnummer und sind registriert. Sie können zudem das Qualitätszeichen Qplus tragen.



Weitere Auskünfte erteilt die Arbeitsgemeinschaft Liegenschaftsentwässerung (suissetec/VSA)

Auf der Mauer 11, 8001 Zürich, Tel 043 244 73 97, Fax 043 244 73 98

E-mail: zulassung@zulassung.ch, Internet: www.zulassung.ch

8.4 Prüfung der Dichtheit

Grundstückentwässerungen und Kanalisationen müssen von den zuständigen Stellen geprüft und abgenommen werden.

Zu den Pflichten des Rohrleitungsverlegers gehört auch eine Dichtheitsprüfung. Die Dichtheitsprüfung ist im Rahmen der Schlusskontrolle an der fertig erstellten Entwässerungsanlage durchzuführen. Über die Durchführung von Dichtheitsprüfungen im Rahmen der Baukontrollen, das heisst vor dem Einbetonieren bzw. vor dem Verfüllen des Grabens, entscheidet die zuständige Stelle.

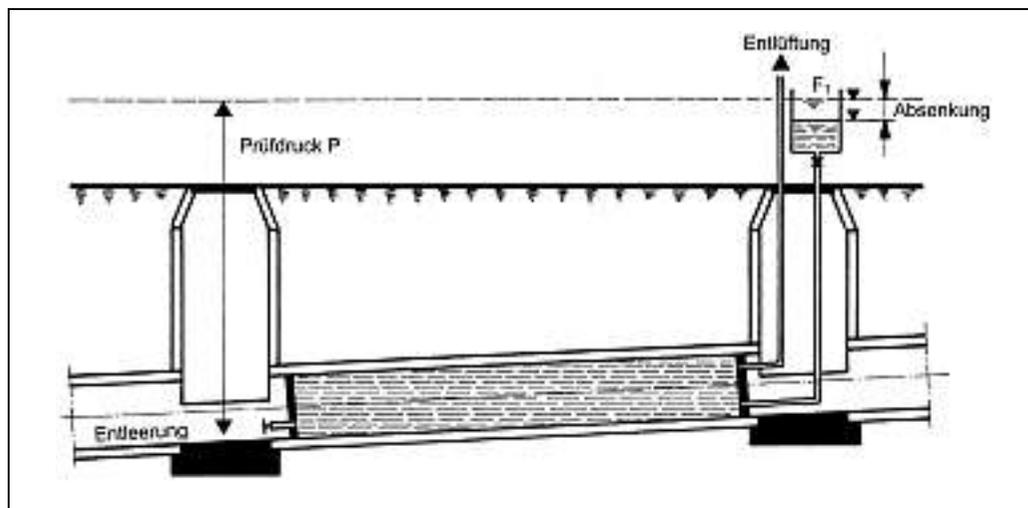


Abb. 8.1: Anordnung für die Dichtheitsprüfung

Prüfung mit Wasser (Verfahren „W“)

- Die zu prüfende Rohrleitung muss im offenen Graben in Längsrichtung gut fixiert sein und, wenn nötig, gegen die Grabenwände abgestützt werden. Insbesondere sind die Abschlussdeckel, die Bogen und Abzweiger zu sichern.
- Vor der eigentlichen Dichtheitsprüfung ist die Rohrleitung mindestens während einer Stunde gefüllt zu halten. Beim Füllen ist darauf zu achten, dass der zulässige Prüfdruck nicht überschritten wird. Zudem ist darauf zu achten, dass die Leitung vollständig entlüftet wird, da sonst das Prüfergebn verfälscht wird.
- Der Prüfdruck beträgt, bezogen auf den tiefsten Punkt, 0,5 bar (50 kPa), mindestens aber an jeder Stelle 0,1 bar (10 kPa).
- Die Prüfdauer beträgt 30 Minuten. Während dieser Zeit ist der Prüfdruck mit einer Genauigkeit von 0,01 bar (1 kPa) durch Nachfüllen aufrecht zu halten.
- Die Prüfung gilt als bestanden, wenn das Volumen des zugefügten Wassers die folgenden Werte nicht übersteigt:
 - 0,10 Liter/m² in 30 Minuten für Rohrleitungen
 - 0,20 Liter/m² in 30 Minuten für Schächte
 - 0,05 Liter/m² in 60 Minuten für Rohrleitungen und Schächte in Grundwasserschutzzonen

Mit „m²“ ist die benetzte innere Oberfläche der zu prüfenden Rohrleitung in Quadratmeter gemeint.

- Bei der Interpretation der Prüfergebnisse ist bei Kunststoff-Rohrleitungen der Volumenänderung bei Temperaturwechseln Rechnung zu tragen.
- Die zulässige Wasserzugabe bei einem abweichenden Prüfdruck ist mit dem Korrekturwert k anzupassen:

$$k = \sqrt{\frac{p}{50}}$$

- k Korrekturfaktor
- p effektiver Prüfdruck in kPa

Prüfung mit Luft (Verfahren „L“)

Die Prüfung mit Luft entspricht dem Verfahren „W“ mit der Prüfanforderung von 0,01 Liter/m² und 30 Minuten. Sie darf nicht in Grundwasserschutzzonen angewendet werden. Die Details sind der Norm SIA 190 zu entnehmen.

Druckabwasserleitungen sind gemäss der Richtlinie VKR RL 02 zu prüfen.

8.5 Prüfung der Schweissverbindungen

Die nachträgliche Prüfung von Schweissverbindungen kann nur durch visuelle Beurteilung erfolgen. Es ist daher unerlässlich, dass bereits die verwendeten Maschinen und Geräte vor ihrem Gebrauch auf ihre Funktionstüchtigkeit geprüft werden. Zudem ist die Schweissausführung sporadisch zu überwachen. Für die Schweissarbeiten ist nur entsprechend geschultes und instruiertes Personal einzusetzen (siehe auch Abschnitt 8.1).

■ **Heizelement-Stumpfschweißungen:** Die Prüfung erfolgt durch Beurteilung der Schweisswulste gemäss Richtlinie DVS 2202 Teil 1. Einige immer wieder beobachtete Fehler sind in der Abbildung 8.2 dargestellt:

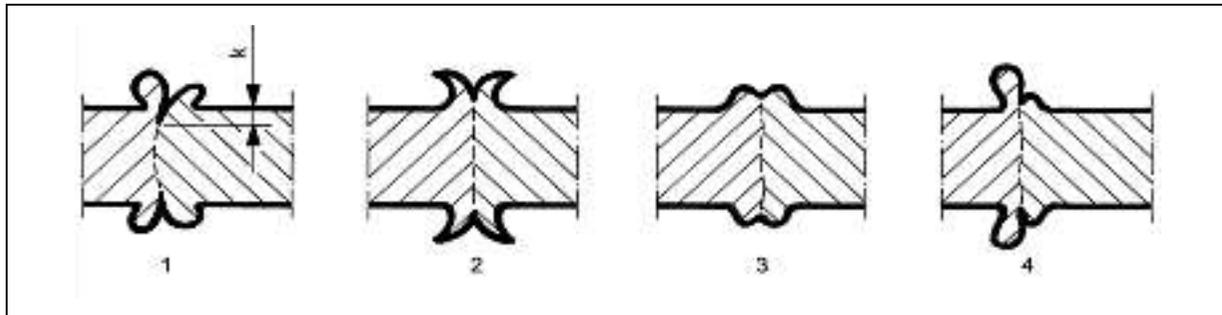


Abb. 8.2: Fehler an Heizelement-Stumpfschweisverbindungen (Beispiele)

- 1 Kerbgrund im Grundwerkstoff
- 2 zu hoher Fügedruck
- 3 falsche Anwärmzeit oder zu geringer Fügedruck
- 4 ungleicher Schmelzindex

■ **Schweißungen mit Elektro-Schweissteilen** (Muffen, Schweissstättel): Die Prüfung der Schweissanzeige zeigt lediglich an, dass das Element verschweisst wurde. Eine weitergehende Beurteilung ist auf Grund des erstellten Schweissprotokolls möglich.

8.6 Abnahmen

Die Abnahme einer fertiggestellten Abwasserleitung erfolgt nach der Norm SIA 118.

Teilabnahmen und Vorprüfungen vor dem endgültigen Eindecken können durch den Auftraggeber angeordnet werden.

Für die Abnahme müssen vorliegen:

- Protokolle der Dichtheitsprüfung
- Protokolle der Schweissarbeiten
- Fernsichtaufnahmen von nicht begehbaren Kanälen mit Aufzeichnungen auf Videobändern
- Resultate weiterer Prüfungen (soweit im Auftrag beschrieben)

Leitungen und Schächte sind vor der Abnahme zu reinigen.

Die Abnahme umfasst in der Regel folgende Überprüfungen:

- Gefälle
- Innendurchmesser, Querschnittverformung
- Beschädigungen
- Dichtheit, eindringendes Grundwasser
- Steckmuffen, vorstehende Dichtungen
- Ablagerungen
- Instandstellung der Oberfläche
- Überprüfung der Protokolle

9 Betrieb

9.1 Überwachung und Reinigung

Abwasserleitungen müssen, um einen störungsfreien Betrieb zu gewährleisten, periodisch überwacht und gereinigt werden:

- Abwasseranlagen sind periodisch durch den Werkeigentümer zu inspizieren, zu reinigen, auf richtige Funktion zu überprüfen und zu unterhalten. Abwasserleitungen aus Kunststoff können mittels Hochdruckeinrichtungen gereinigt werden, wobei, auf Grund der glatten Oberflächen, ein geringerer Spüldruck erforderlich ist.
- Kanalisationen sind alle 10 Jahre mittels Kanalfernsehen oder Begehung auf ihren baulichen Zustand zu inspizieren.
- Kanalisationen in der Grundwasser-Schutzzone sind jährlich zu inspizieren. Falls Leckverluste erkennbar sind, müssen Dichtheitsprüfungen durchgeführt werden.

Weitere Angaben enthalten die Normen SIA 190 und SN 592000 sowie die VSA-Richtlinie für den Unterhalt von Leitungen und Anlagen der Kanalisation und Grundstückentwässerung.

9.2 Reparaturen

Beschädigungen von Rohrleitungen aus Kunststoffen erfolgen vorwiegend durch mechanische Einwirkungen von aussen. Die beschädigten Stellen sind auszuschneiden und durch neue Rohrleitungsteile zu ersetzen:

- Bei Rohren aus **PP und PVC-U** wird das auszuwechselnde Rohrteil durch ein Neues ersetzt und mittels Überschiebemuffen mit der bestehenden Rohrleitung verbunden.
- Kleinere Beschädigungen an **PE**-Rohrleitungen können mittels sogenannten Reparaturschellen repariert werden. Grössere Beschädigungen werden, wie oben beschrieben, ausgeschnitten und durch ein neues Rohrstück ersetzt. Die Verbindung mit den bestehenden Rohren kann durch Elektro-Schweissmuffen oder Überschiebemuffen erfolgen.

9.3 Sanierungsverfahren (Hinweise)

Zur Sanierung von Abwasserleitungen aus Beton, Steinzeug, Guss usw. können verschiedene Verfahren eingesetzt werden. Sofern trotz Querschnittreduktion die hydraulischen Anforderungen genügen, kann z.B. das Reliningverfahren zur Anwendung gelangen. Dabei wird ein Kunststoffrohr (vorwiegend aus PE) in das zu sanierende Rohr eingezogen.

Über weitere Verfahren orientiert der Dokumentationsordner des VSA: „Erhaltung von Kanalisationen“.

10 Sicherheit

Für grössere Arbeiten ist gemäss Norm SIA 190 ein Sicherheitsplan mit Sicherheitszielen und zu berücksichtigenden Gefährdungsbilder zusammenzustellen. Es ist festzulegen, mit welchen Massnahmen den beschriebenen Gefahren begegnet werden kann. Wichtige Schutzziele sind vor allem der Schutz von Leib und Leben der Ausführenden und Drittpersonen, die Einsturzsicherheit von Bauwerken und der Schutz von unter- und oberirdischen Gewässern sowie des Bodens.

Bestimmte Schutz- und Verhaltensmassnahmen sind in Gesetzen und Verordnungen festgelegt. Wichtige Hinweise finden sich auch in den Publikationen der SUVA und des BUWAL.

Einige Hinweise zu möglichen Gefährdungen sind in den folgenden Abschnitten beschrieben.

10.1 Sicherheit gegen elektrischen Schlag

Die Sicherheitsmassnahmen bei der Verwendung elektrischer Maschinen und Geräte verhindert schwere Verletzungen oder gar Todesfälle.

- Vor der Inbetriebnahme elektrischer Geräte sind **Kabel und Steckverbindungen** auf Beschädigung zu überprüfen. Geräte mit beschädigten Steckern und/oder Kabeln dürfen nicht an das Stromnetz angeschlossen werden.
- Elektrische Anschlüsse (Steckdosen) im Freien müssen mit einem **Fehlerstromschalter** (FI-Schalter) mit einem maximalen Auslösestrom von 30 mA ausgerüstet sein. Wird die Stromzuführung mittels Verlängerungskabel aus dem Innern eines Hauses hergestellt, ist ein entsprechender Fehlerschutzschalter unmittelbar nach der Steckdose dazwischen zu schalten. Wird der Fehlerstromschalter beim Einstecken eines Gerätes ausgelöst, muss davon ausgegangen werden, dass das Gerät defekt ist und nicht in Betrieb gesetzt werden darf.
- Elektrische Geräte dürfen nicht direkt dem Regen ausgesetzt sein, und sie dürfen nicht im Wasser stehen oder liegen.
- Bei der Verwendung von **Kabelrollen** ist auf einen genügenden Leiterquerschnitt zu achten. In jedem Fall ist die Kabelrolle immer ganz abzurollen, damit eine unzulässige Erwärmung vermieden werden kann.
- Im Übrigen sind die Vorschriften des SEV bzw. der SUVA zu beachten.

10.2 Sicherheit beim Grabenbau

Massgebend für Arbeiten in und um den Rohrgraben sind:

- die Verordnung über die Unfallverhütung beim Graben- und Schachtbau sowie bei ähnlichen Arbeiten und
- die Bauarbeitenverordnung.

Bei Grabenarbeiten müssen alle Massnahmen getroffen werden, die notwendig sind, um die Sicherheit der Arbeitenden zu gewährleisten. Dazu gehört z.B. die

Einhaltung von Mindestbreiten der Gräben und der fachkundige Einbau der Verspriessungen (Beachtung der vorgeschriebenen Dicke der Bretter).
Beim Anschluss an bestehende Kanalleitungen ist dem möglichen Austritt von Kanalgasen Beachtung zu schenken. Kanalgase können auch beim Einstieg in Schächte und beim Begehen von Kanalleitungen Schutzmassnahmen erfordern.

Anhang A1: Rohrabmessungen

A1.1 Vollwandige Rohre aus **Polyethylen (PE)** nach EN 12666

Nomineller Aussen- durchmesser	Nennweite 1)	Nominelle Wanddicke (= minimale Wanddicke)			
		Rohrserie	S 16	S 12,5	S 10
<i>SDR</i>		SDR 33	SDR26	SDR 21	SDR17
<i>Steifigkeitsklasse</i>		SN 2	SN 4	SN 8	SN 8
<i>Bemerkungen</i>				2)	3)
d_n	DN	e_n	e_n	e_n	e_n
mm	mm	mm	mm	mm	mm
110	100	3,4	4,2	5,3	6,6
125	125	3,9	4,8	6,0	7,4
160	150	4,9	6,2	7,7	9,5
200	200	6,2	7,7	9,6	11,9
250	250	7,7	9,6	11,9	14,8
315	300	9,7	12,1	15,0	18,7
355		10,9	13,9	16,9	21,1
400		12,3	15,3	19,1	23,7
450		13,8	17,2	21,5	26,7
500		15,3	19,1	23,9	29,7
630		19,3	24,1	30,0	37,4
800		24,5	30,6	38,1	47,4

 Für diese Rohre bestehen in der Schweiz Zulassungsempfehlungen der Arbeitsgemeinschaft Liegenschaftsentwässerung /suissetec/VSA).

- 1) Nennweite nach SN 592 000 (Ausgabe 2002)
- 2) Die Rohrserie S10 wurde in die europäische Norm EN 16666 aufgenommen. Diese ist aber in der Schweiz (noch) nicht eingeführt. Werden aus statischen oder andern Gründen dickerwandige Rohre benötigt, können Rohre der Rohrserie S 8, SDR 17 eingesetzt werden.
- 3) Die Rohrserie S 8 ist nicht in der Norm EN 12666 aufgeführt.

A1.2 Vollwandige Rohre aus **Polyvinylchlorid (PVC-U)** nach SN EN 1401

Nomineller Aussen- durch- messer	Nennweite 1)	Nominelle Wanddicke (= minimale Wanddicke)				
		S 40	S 25	S 20	S 16,5	S 16
<i>Rohrserie</i>		SDR 81	SDR 51	SDR 41	SDR 34	SDR 33
<i>SDR</i>						
<i>Steifigkeitsklasse</i>			SN 2	SN 4	SN 8	SN 8
<i>Bemerkungen</i>		2)	3)		4)	5)
d_n	DN	e_n	e_n	e_n	e_n	e_n
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
110	100		3,0	3,2	3,2	3,4
125	125		3,0	3,2	3,7	3,9
160	150		3,2	4,0	4,7	4,9
200	200		3,9	4,9	5,9	6,2
250	250	3,1	4,9	6,2	7,3	7,7
315	300	3,9	6,2	7,7	9,2	9,7
355		4,4	7,0	8,7	10,4	10,9
400		5,0	7,9	9,8	11,7	12,3
450		5,6	8,8	11,0	13,2	13,8
500		6,2	9,8	12,3	14,6	15,3
630			12,3	15,4	18,4	19,3
800			15,7	19,6		

 Für diese Rohre bestehen in der Schweiz Zulassungsempfehlungen der Arbeitsgemeinschaft Liegenschaftsentwässerung (suissetec/VSA)

- 1) Nennweiten nach SN 592 000 (Ausgabe 2002)
- 2) Die Rohrserie S 40 nach der nicht mehr gültigen Norm VSM 18332 darf nur für spezielle Zwecke eingesetzt werden, wie z. B für „verlorene“ Schalungen. Sie ist in der Norm SN EN 1401 nicht erwähnt.
- 3) Die Rohrserie S 25 ist in der Schweiz für Grundstückentwässerungen üblich. Sie folgt der Norm EN 1401. Nach dieser Norm dürfen diese Rohre, im Gegensatz zur schweizerischen Normung, nicht im Bereich unterhalb des Hauses eingesetzt werden (nur Anwendungsgebiet U).
- 4) Die Rohrserie S 16,5 nach EN 1401 ist in der Schweiz (noch) nicht eingeführt.
- 5) Die Rohrserie S 16 nach der nicht mehr gültigen Norm VSM 18332 wird bei grösseren mechanischen Belastungen eingesetzt. Sie ist in der Norm SN EN 1401 nicht erwähnt.

A1.3 Rohre aus Polypropylen (PP)

Nomineller Aussen- durchmesser	Nennweite 1)	Nominelle Wanddicke (=minimale Wanddicke)		
		vollwandige Rohre		mineralstoffverstärkte Mehrschichtrohre
Rohrserie		S 16	S 11,2	
SDR		SDR 33	SDR 23,4	
Steifigkeitsklasse		SN 4	SN 8	SN 8
Bemerkungen		2)	2)	3)
d _n	DN	e _n	e _n	e _n
mm	mm	mm	mm	mm
110	100	3,4	4,7	
125	118	3,9	5,4	
160	150	4,9	6,9	5,5
200	200	6,2	8,6	6,8
250	250	7,7	10,7	8,6
315	300	9,7	13,5	10,7
355		10,9	15,2	
400		12,3	17,1	13,5
450		13,8	19,2	
500		15,3	21,4	16,8

 Für diese Rohre bestehen in der Schweiz Zulassungsempfehlungen der Arbeitsgemeinschaft Liegenschaftsentwässerung (suissetec/VSA).

- 1) Nennweite nach SN 592 000
- 2) Diese Rohre entsprechen der Norm SN EN 1852
- 3) Rohre mit strukturiertem Wandaufbau (verstärkte Mittelschicht) nach dem europäischen Normentwurf prEN13476.

Anhang A2: Liste der Normen, Richtlinien und Vorschriften

A2.1 Normen und normenähnliche Publikationen

Nummer	Titel	Bemerkung	Bez.quelle
Schweizerische Normen			
SN 592000	Planung und Erstellung von Anlagen für die Liegenschaftsentwässerung	Ausgabe 2002	suissetec
SN 592010	Qualitätssicherung in der Liegenschaftsentwässerung - Reglement zur Erlangung der Zulassungsempfehlung	Ausgabe 2002	suissetec
SN 592012	Qualitätssicherung in der Liegenschaftsentwässerung - Rohre, Formstücke, Verbindungen und andere Rohrleitungsteile - Bau-, Funktions- und Prüfnorm	Ausgabe 2003	suissetec
SN 640535b	Grabarbeiten, Ausführungsvorschriften		SNV
SIA 118	Allgemeine Bedingungen für Bauarbeiten		SIA
SIA 160	Einwirkungen auf Tragwerke		SIA
SIA 190	Kanalisationen		SIA
SIA 190.016	Entwässerungssysteme ausserhalb von Gebäuden - Teil 1: Allgemeines und Definitionen	identisch mit SN EN 752, Teil 1	SIA
SIA 190.090	Allgemeine Anforderungen an Bauteile von pneumatisch betriebenen Abwasserdruckleitungen		SIA
SIA 190.101	Statische Berechnung von erdverlegten Rohrleitungen unter verschiedenen Belastungsbedingungen - Teil 1: Allgemeine Anforderungen	identisch mit SN EN 1295	SIA
SIA 190.201	Allgemeine Anforderungen an Bauteile für Abwasserkanäle und -leitungen für Schwerkraftentwässerungssysteme	identisch mit SN EN 476	SIA
SIA 190.202	Allgemeine Anforderungen an Bauteile von hydraulisch betriebenen Abwasserdruckleitungen	identisch mit SN EN 773	SIA
SIA 190.203	Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen	identisch mit SN EN 1610	SIA
SIA 195	Rohrvortrieb		SIA
SIA 195.001	Grabenlose Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen		SIA
SIA 205	Verlegung von unterirdischen Leitungen		SIA
SIA 431	Entwässerung von Baustellen		SIA
Europäische und internationale Normen (teilweise in das schweizerische Normenwerk übernommen) [1]			
SN EN 476	Allgemeine Anforderungen an Bauteile für Abwasserkanäle und -leitungen für Schwerkraftentwässerungssysteme		SNV
SN EN 681	Elastomer-Dichtungen - Werkstoffanforderungen für Rohrleitungsdichtungen für Anwendungen in der Wasserversorgung und Entwässerung	mehrere Teile	SNV
SN EN 752	Entwässerungssysteme ausserhalb von Gebäuden	mehrere Teile	SNV
SN EN 773	Allgemeine Anforderungen an Bauteile von hydraulisch betriebenen Abwasserdruckleitungen		SNV

Nummer	Titel	Bemerkung	Bez.quelle
SN ENV 1046	Kunststoff-Rohrleitungs- und Schutzrohrsysteme - Systeme ausserhalb der Gebäudestruktur zum Transport von Wasser und Abwasser - Verfahren zur ober- und unterirdischen Verlegung		SNV
SN EN 1091	Unterdruckentwässerungssysteme ausserhalb von Gebäuden - Leistungsanforderungen		SNV
SN EN 1295	Statische Berechnung von erdverlegten Rohrleitungen unter verschiedenen Belastungsbedingungen	mehrere Teile	SNV
SN EN 1401	Kunststoff-Rohrleitungssysteme für erdverlegte drucklose Abwasserkanäle und -leitungen - Weichmacherfreies Polyvinylchlorid (PVC-U)	mehrere Teile	SNV
SN EN 1456	Kunststoff-Rohrleitungssysteme für erdverlegte und nicht erdverlegte Abwasserdruckleitungen - Weichmacherfreies Polyvinylchlorid (PVC-U)	mehrere Teile	SNV
SN EN 1610	Verlegung und Prüfung von Abwasserkanälen und -leitungen.		SNV
SN EN 1671	Druckentwässerungssysteme ausserhalb von Gebäuden		SNV
SN EN 1778	Charakteristische Kennwerte für geschweisste Thermoplast-Konstruktionen - Bestimmung der zulässigen Spannungen und Moduli für die Berechnung von Thermoplast-Bauteilen		SNV
SN EN 1852	Kunststoff-Rohrleitungssysteme für erdverlegte Abwasserkanäle und -leitungen - Polypropylen (PP)	mehrere Teile	SNV
SN EN ISO 9000	Qualitätsmanagementsysteme - Grundlagen und Begriffe		SNV
SN EN ISO 9001	Qualitätsmanagementsysteme - Anforderungen		SNV
SN EN ISO 9004	Qualitätsmanagementsysteme - Leitfaden zur Leistungsverbesserung		SNV
SN EN 12050	Abwasserhebeanlagen für die Gebäude- und Grundstückentwässerung - Bau- und Prüfgrundsätze	mehrere Teile	SNV
SN EN 12666	Kunststoff-Rohrleitungssysteme für erdverlegte Abwasserkanäle und -leitungen - Polyethylen (PE)	mehrere Teile	SNV
EN 12814	Prüfen von Schweissverbindungen aus thermoplastischen Kunststoffen	mehrere Teile	SNV
EN 13244	Kunststoff-Rohrleitungssysteme für erd- und oberirdisch verlegte Druckrohrleitungen für Brauchwasser, Entwässerung und Abwasser - Polyethylen (PE)	mehrere Teile	SNV
EN 13476	Kunststoff-Rohrleitungssysteme aus Thermoplasten für drucklose erdverlegte Abwasserkanäle und -leitungen - Rohrleitungssysteme mit strukturierter Wandung aus weichmacherfreiem Polyvinylchlorid (PVC-U), Polypropylen (PP) und Polyethylen (PE)	mehrere Teile	SNV
EN 13566	Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Renovierung von erdverlegten drucklosen Entwässerungsnetzen (Freispegelleitungen)	mehrere Teile	SNV

Nummer	Titel	Bemerkung	Bez.quelle
EN 13598	Kunststoff-Rohrleitungssysteme für erdverlegte drucklose Abwasserkanäle und -leitungen - Weichmacherfreies Polyvinylchlorid (PVC-U), Polypropylen (PP) und Polyethylen (PE) - Anforderungen an Schächte und Zubehörteile		SNV
EN 13689	Leitfaden zur Klassifizierung und Planung von Kunststoff-Rohrleitungssystemen für Renovierung		SNV
EN ISO 14001	Umweltmanagement-Systeme - Spezifikation mit Anleitung zur Anwendung		SNV
EN 14758-1	Plastics piping systems for non-pressure underground drainage and sewerage - Polypropylene with mineral modifiers (PP-M) Part 1: Specifications for pipes, fittings and the system	zur Zeit Entwurf, nur in englischer Sprache	SNV
ISO 4065	Rohre aus Thermoplasten - Universelle Wanddickentabelle		SNV
ISO/TR 7620	Werkstoffe auf Kautschukbasis; Chemikalienbeständigkeit	in englischer Sprache	SNV
ISO/TR 10358	Kunststoffrohre und -Formstücke; zusammengefasste Klassifikationstafel für chemische Beständigkeit	in englischer Sprache	SNV
Richtlinien, Merkblätter, diverse Normen usw.			
VSA-RL	Genereller Entwässerungsplan (GEP) - Richtlinie für die Bearbeitung und Honorierung		VSA
VSA-RL	Unterhalt von Kanalisationen - Richtlinie für den Unterhalt von Leitungen und Anlagen der Kanalisation und der Grundstückentwässerung, inkl. rev. Anhang 2		VSA
VSA-RL	Dichtheitsprüfungen an Abwasseranlagen		VSA
VKR RL-02	Anwendung von Kunststoff-Rohrsystemen - Erdverlegte Druckrohrleitungen aus Polyethylen PE80 und PE100 - Leitfaden und Verlegerichtlinien		VKR
DIN 32502	Fehler an Schweissverbindungen aus Kunststoffen; Begriffe, Benennungen, Erklärungen		SNV
DVS 1902 T2	Schweissen von Kunststoffen in der Hausinstallation - Rohre und Fittings - Schweissverfahren - Befund von Schweissverbindungen		SNV DVS
DVS 2202 T1	Fehler an Schweissverbindungen aus thermoplastischen Kunststoffen - Merkmale, Beschreibung, Bewertung		SNV DVS
DVS 2203 T1	Prüfen von Schweissverbindungen aus thermoplastischen Kunststoffen - Prüfverfahren und Anforderungen		SNV DVS
DVS 2207 T1	Schweissen von thermoplastischen Kunststoffen - Heizelementschweissen von Rohren, Rohrleitungsteilen und Tafeln aus PE-HD		SNV DVS
DVS 2207 T4	Schweissen von thermoplastischen Kunststoffen - Extrusionsschweissen - Tafeln und Rohre		SNV DVS

Nummer	Titel	Bemerkung	Bez.quelle
DVS 2208 T1	Schweissen von thermoplastischen Kunststoffen - Maschinen und Geräte für das Heizelementstumpfschweissen von Rohren, Rohrleitungsteilen und Tafeln		SNV DVS
DVS 2210 T1	Industrierohrleitungen aus thermoplastischen Kunststoffen - Planung und Konstruktion - Oberirdische Leitungen		SNV DVS
ATV A 127	Richtlinie für die statische Berechnung von Entwässerungskanälen und -leitungen		ATV
Entsorgung+Recycling, Zürich	Kanalisation - Rohrsysteme aus Hartpolyethylen im öffentlichen Grund auf dem Gebiet der Stadt Zürich, Richtlinien für den Bau und die Abnahme		E+R ZH
Entsorgung+Recycling, Zürich	Entwässerungsanlagen		E+R ZH
[1] Die aufgeführten Normen sind zum Teil erst als Normentwürfe verfügbar			

A2.2 Gesetze und Verordnungen des Bundes (Auswahl)

Nummer	Titel	Bemerkung	Bez.quelle
734.1	Schwachstromverordnung		B
746.2	Verordnung über Sicherheitsvorschriften für Rohrleitungen		B
814.01	Umweltschutzgesetz, USG		B
814.011	Umweltverträglichkeitsprüfung, UVPG		B
814.012	Störfallverordnung, StFV		B
814.013	Verordnung über umweltgefährdende Stoffe, Stoffverordnung, StoV		B
814.12	Verordnung über die Belastung des Bodens, VBBo		B
814.20	Gewässerschutzgesetz, GSchG		B
814.201	Gewässerschutzverordnung, GSchV		B
814.202	Verordnung über den Schutz der Gewässer vor wassergefährdenden Flüssigkeiten		B
814.274.62	Gewässerschutz bei Leitungen für flüssige und gasförmige Stoffe		B
814.600	Technische Verordnung über Abfälle, TVA		B
614.600	Technische Verordnung über den Verkehr mit Sonderabfällen		B
819.1	Bundesgesetz über die Sicherheit von technischen Einrichtungen und Geräten, STEG		B
819.11	Verordnung über die Sicherheit von technischen Einrichtungen und Geräten, STEV		B
819.115	Verordnung über die Verfahren der Konformitätsbewertung von technischen Einrichtungen und Geräten		B
819.832	Verhütung von Betriebsunfällen		B
822.11	Arbeitsgesetz, ArG		B
822.111	Verordnung 1 zum Arbeitsgesetz, ArGV 1		B
822.112	Verordnung 2 zum Arbeitsgesetz, ArGV 2		B

Nummer	Titel	Bemerkung	Bez.quelle
822.113	Verordnung 3 zum Arbeitsgesetz, Gesundheitsvorsorge, ArGV 3		B
822.114	Verordnung 4 zum Arbeitsgesetz, ArGV 4		B
832.311.11	Verordnung über die Unfallverhütung beim Graben- und Schachtbau sowie ähnlichen Arbeiten	SUVA Best. Nr. 1675	SUVA B
832.311.141	Bauarbeitenverordnung, BauAV		B
832.312.15	Kranverordnung		B
933.0	Bauproduktengesetz, BauPG		B
Gesetze und Verordnungen der Kantone und Gemeinden: Generell sind zu beachten			
- Kantonale Vollzugsgesetze und -verordnungen zu Bundesgesetzen			
- Gewässerschutzvorschriften der Kantone			
- Baupolizei-Vorschriften der Kantone und Gemeinden			

A2.3 Andere Publikationen und Vorschriften

Nummer	Titel	Bemerkung	Bez.quelle
BUWAL	Wegleitung zur Ausscheidung von Gewässerschutzbereichen, Grundwasserschutzzonen und Grundwasserschutzzonen		BUWAL
BUWAL	Wegleitung für die Vorbehandlung und Entsorgung von Abwässern aus Auto- und Transportgewerbe		BUWAL
BUWAL	Wegleitung für die Abwasser-, Abfall- und Abluftentsorgung bei Lösungsmittel-Reinigungsanlagen für Textilien		BUWAL
BUWAL	Wegleitung für die Ableitung von Abwässern von Verkehrswegen		BUWAL
SUVA 2037.D	Erst denken - dann handeln! Verhütung von Beschädigungen an unterirdisch verlegten Kabeln und Rohrleitungsanlagen	[2]	SUVA
SUVA 2153.D	Ex-Zonen - Grundsätze des Explosionsschutzes mit Beispielsammlung	[2]	SUVA
SUVA 44062.D	Sicheres Einsteigen und Arbeiten in Schächten, Gruben und Kanälen	[2]	SUVA
SUVA 66079.D	Qualitätsmanagement: Sicherheit verbessern - Kosten senken. Integrale Sicherheitspläne für Bauten und Anlagen	[2]	SUVA
SUVA 66093.D	Neue Verordnung für mehr Sicherheit auf dem Bau	[2]	SUVA
SUVA 88183.D	Checkliste: Sicherheit und Gesundheitsschutz - ein wichtiges Thema in der Projektorganisation ihres Bauvorhabens	[2]	SUVA
SUVA 88191.D	Vereinbarung über die Gewährleistung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes während der Ausführung von Bauarbeiten	[2]	SUVA
SUVA 109	Soll der Graben zum Grabe werden?	[2]	SUVA
SEV, div	Vorschriften des SEV		SEV
VKF, div	Brandverhütungsvorschriften		VKF
[2] Checklisten der SUVA über Sicherheitsvorschriften sind unter www.suva.ch abrufbar.			

A2.4 Bezugsquellen

Abk.	Publikation	Bezugsadresse
B	Gesetze und Verordnungen des Bundes	Eidgenössische Drucksachen- und Materialzentrale EDMZ Holzikofenweg 36, 3003 Bern Tel 031 325 50 50, Fax 031 325 50 58 www.admin.ch/ch/d/sr/
-	Gesetze und Verordnungen von Kantonen und Gemeinden	bei den entsprechenden kantonalen Behörden und Gemeindeverwaltungen
BUWAL	Wegleitungen des BUWAL	Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft Papiermühlestrasse 172, 3003 Bern Postadresse 3003 Bern Tel 031 322 93 11
SUVA	Vorschriften und Empfehlungen der SUVA	Schweizerische Unfallversicherungsanstalt Postfach, 6002 Luzern Tel 0848 830 831 www.suva.ch
SEV	Vorschriften des SEV	Electrosuisse, SEV Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik Luppenstrasse 1, 8320 Fehraltorf Tel 01 956 11 11, Fax 01 956 11 22
VKF	Brandverhütungsvorschriften	Vereinigung kantonaler Feuerversicherungen Postfach, 3001 Bern Tel 031 320 22 22, Fax 031 320 22 99
SNV	SN-, EN SN- und EN-Normen ISO-Normen DIN-Normen Richtlinien und Merkblätter des DVS	Schweizerische Normen-Vereinigung SNV Bürglistrasse 29, 8400 Winterthur Verkauf: Tel 052 224 54 54, Fax 052 224 54 82 info@snv.ch
suissetec	SN-Normen, die von suissetec/VSA herausgegeben werden	Schweizerisch-Liechtensteinischer Gebäudetechnikverband Postfach, 8023 Zürich Tel 01 269 74 00, Fax 01 269 74 99 www.suissetec.ch
SIA	SIA-Normen	Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein SIA Postfach, 8039 Zürich Normenverkauf: Tel 061 467 85 74, Fax 061 467 85 76 auslieferung@schwabe.ch
VSA	VSA-Richtlinien	Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute Postfach, 8026 Zürich Tel 01 241 25 85 www.vsa-info.ch
DVS	DVS-Richtlinien und -Merkblätter	siehe SNV oder Deutscher Verlag für Schweisstechnik DVS-Verlag GmbH Postfach 10 19 65, DE-40010 Düsseldorf Tel 0049 211 15 91 0, Fax 0049 211 15 91 200
ATV	ATV-Arbeitsblätter	Abwassertechnische Vereinigung e.V. ATV Theodor-Heuss-Allee 17, DE-53773 Hennef Tel 0049 2242 872 0, Fax 0049 2242 872 135 101623.1642@compuserve.com
E+R ZH	Diverse Publikationen	Entsorgung + Recycling Bereich Abwasser Bändlistrasse 108 8064 Zürich Tel 01 645 55 55, Fax 01 645 55 56

Anhang A3 Lieferantennachweis

Übersicht über das Angebot für drucklos betriebene Kunststoff-Rohrleitungen in der Schweiz (VKR-Mitglieder)

	Vollwandrohre mit einseitiger Muffe	Vollwandrohre, glattendig	Mehrschichtrohre mit einseitiger Muffe	Strukturierte Rohre der Typen A1b, A2 oder B	Formstücke, inkl. Doppel- und Überschiebemuffen	Elektro-Schweissmuffen, elektr. schweiszbare Sattelstücke	Übergangsverbindungen	Doppelrohrleitungen	Schächte
CANPLAST SA canalisations plastiques Z. I. Mont-de-Faux 8 1029 Villars-Ste-Croix T 021 637 37 77 F 021 637 37 78 www.canplast.ch	PE PVC	PE PVC	PVC	PE	PE PVC		X	PE PVC	PE PVC
GEBERIT Vertriebs AG Postfach 1575 CH-8640 Rapperswil T 055 221 61 11 F 055 212 42 69 www.geberit.com		PE			PE	PE	X		
GLYNWED AG Rundbuckstrasse 6 Postfach 30 8212 Neuhausen 2 T 052 674 07 11 F 052 674 07 10 www.glynwed.ch		PE			PE	PE	X	PE	
HAKA.GERODUR AG Giessenstrasse 3 8717 Benken T 055 293 25 25 F 055 293 25 26 www.hakagerodur.ch	PE	PE			PE		X	PE	PE
INTERTECOM AG Bergstrasse 23 8702 Zollikon T 01 391 92 69 F 01 391 35 63		PE			PE		X		

	Vollwandrohre mit einseitiger Muffe	Vollwandrohre, glattendig	Mehrschichtrohre mit einseitiger Muffe	Strukturierte Rohre der Typen A1b, A2 oder B	Formstücke, inkl. Doppel- und Überschiebemuffen	Elektro-Schweissmuffen, elektr. schweisssbare Sattelstücke	Übergangsverbindungen	Doppelrohrleitungen	Schächte
JANSEN AG Industriestrasse 34 9463 Oberriet T 071 763 91 11 F 071 761 27 38 www.jansen.com	PE PP	PE	PP PVC		PE PP PVC	PE	X	PE	PE
Jürg Reist AG Miesernweg 5 4632 Trimbach T 062 289 40 60 F 062 289 40 61 www.juergreist-ag.ch		PE			PE	PE	X		PE PVC
MAUDERLI AG Industriestrasse 6105 Schachen LU T 041 497 34 34 F 041 497 34 37 www.mauderli.ch	PE PP PVC	PE PP PVC	PP	PVC	PE PP PVC	PE PP	X	PE PP	PE PP PVC
Plastag SA Case postale 52 1312 Eclépens T 021 866 06 66 F 021 866 06 65 www.plastag.ch	PE PVC	PE			PE PVC		X	PE	PE PVC
Ruma AG Netzibodenstrasse 34 4133 Pratteln T 061 815 95 55 F 061 811 34 33 www.ruma.ch	PE	PE PP		PE	PE	PE	X	PE PP	PE PP
Streng Plastic AG Dielsdorferstrasse 21 8155 Niederhasli T 01 852 33 33 F 01 852 33 34 www.streng-plastic.com	PE PVC	PE			PE PVC	PE PP	X		

	Vollwandrohre mit einseitiger Muffe	Vollwandrohre, glattendig	Mehrschichtrohre mit einseitiger Muffe	Strukturierte Rohre der Typen A1b, A2 oder B	Formstücke, inkl. Doppel- und Überschiebemuffen	Elektro-Schweissmuffen, elektr. schweiszbare Sattelstücke	Übergangsverbindungen	Doppelrohrleitungen	Schächte
Wavin Swisspipe AG Industriestrasse 14 4553 Subingen T 032 614 49 77 F 032 614 49 78 www.wavin.ch		PE			PVC	PE	X		
Wernli + Partner AG Einschlagweg 32 4632 Trimbach T 062 293 20 23 F 062 293 20 24	PE	PE		PE	PE	PE	X	PE	PE

Abkürzungen:

- PE Rohre und/oder Formstücke aus Polyethylen, PE
- PP Rohre und/oder Formstücke aus Polypropylen, PP (z.T. auch mineralverstärkte Ausführungen)
- PVC Rohre und/oder Formstücke aus Polyvinylchlorid, PVC-U
- X Übergangsverbindungen vorhanden

Rohre und Formstücke aus glasfaserverstärkten Kunststoffen:
HOBAS Rohre AG, Klärstrasse 3, 4617 Gunzgen, T 062 216 38 66, F 062 216 42 15,
www.hobas.com

Verband Kunststoff-Rohre und -Rohrleitungsteile, VKR
Schachenallee 29, CH-5000 Aarau
T 062 834 00 60, F 062 834 00 61, www.vkr.ch

Bildnachweis

<i>Titelbild</i>	<i>Konzept Ch. Keller, JANSEN AG</i>
<i>5.1</i>	<i>Zeichnung Ch. Keller, JANSEN AG</i>
<i>5.7, 5.9, 5.10</i>	<i>Foto JANSEN AG</i>
<i>5.8 links</i>	<i>Foto HSP</i>
<i>5.8 rechts</i>	<i>Foto GEBERIT AG</i>
<i>5.9, 5.10</i>	<i>Foto JANSEN AG</i>
<i>5.13 oben links</i>	<i>Foto Streng Plastic AG</i>
<i>5.13 unten links</i>	<i>Foto GLYNWED AG</i>
<i>5.13 rechts</i>	<i>Foto GEBERIT AG</i>
<i>5.14</i>	<i>Foto GLYNWED AG</i>
<i>5.15 links</i>	<i>Foto Georg Fischer Rohrleitungssysteme AG</i>
<i>5.15 rechts</i>	<i>Foto W. Künnecke</i>
<i>5.17, 7.18 links, 7.24</i>	<i>Foto GLYNWED AG</i>
<i>7.26</i>	<i>Foto JANSEN AG</i>
<i>7.27, 7.28, 7.29</i>	<i>Zeichnung Entsorgung+Recycling, Zürich</i>
<i>Alle andern Zeichnungen:</i>	<i>BRAMA KO GmbH</i>

VKR



Verband Kunststoff-Rohre
und -Rohrleitungsteile

Anwendung von Kunststoff-Rohrsystemen
**Erdverlegte, drucklos betriebene Rohrleitungen
aus Polyethylen (PE), Polypropylen (PP)
und Polyvinylchlorid (PVC-U)**
Leitfaden und Verlegerichtlinie

VKR
RL 03
03-d