



## FLOWTITE Rohrsysteme

Technisches Handbuch



01	<b>1 Produktionsprozess</b> _____	3
02	<b>2 Rohraufbau</b> _____	4
03	<b>3 Produktvorteile</b> _____	4
	Merkmale und Vorteile .....	4
04	<b>4 Anwendungen</b> _____	5
05	<b>5 Leistungsstandards</b> _____	6
	5.1 ASTM .....	6
	5.2 AWWA .....	6
	5.3 ISO- und EN-Normen .....	6
	5.4 Prüfung der Rohstoffe .....	6
	5.5 Eigenschaften des fertigen Rohres .....	7
	5.6 Zulassungsprüfungen .....	7
06	<b>6 Design für erdverlegte Rohrsysteme</b> _____	10
	6.1 Statische Kalkulationen von erdverlegten Rohrsystemen .....	10
	6.1.1 Zusammenfassung AWWA M-45 .....	10
	6.1.2 Zusammenfassung ATV-DVWK-A 127 .....	12
	6.2 Auftrieb .....	14
	6.3 Wasserdruckprüfung .....	14
	6.4 Druckstoß und Wasserschlag .....	14
	6.5 Belastbarkeit .....	15
	6.6 Fließgeschwindigkeit .....	15
	6.7 Beständigkeit gegen UV-Strahlen .....	15
	6.8 Poisson-Koeffizient .....	15
	6.9 Temperatur .....	15
	6.10 Wärmeausdehnungskoeffizient .....	15
	6.11 Rauigkeitskoeffizient .....	16
	6.12 Abriebfestigkeit .....	16
	6.13 Äußerer Beuldruck .....	16
	6.14 Hydraulik .....	16
	6.15 Durchfluss von Flüssigkeiten .....	16
07	<b>7 Produktpalette</b> _____	18
	7.1 Steifigkeitsklassen .....	18
	7.2 Druck .....	19
	7.3 Längen .....	19
08	<b>8 Verbinden der Rohre</b> _____	19
	8.1 Andere Verbindungssysteme .....	20
09	<b>9 Auswahl von Rohrklassifizierungen</b> _____	22
10	<b>10 Allgemeine Verlegung</b> _____	24
11	<b>11 AMISTAT</b> _____	31
12	<b>12 Anlage A: Beständigkeitsliste für Rohre</b> _____	32

# 1 Produktionsprozess

01

02

03

04

05

06

07

08

09

10

11

12

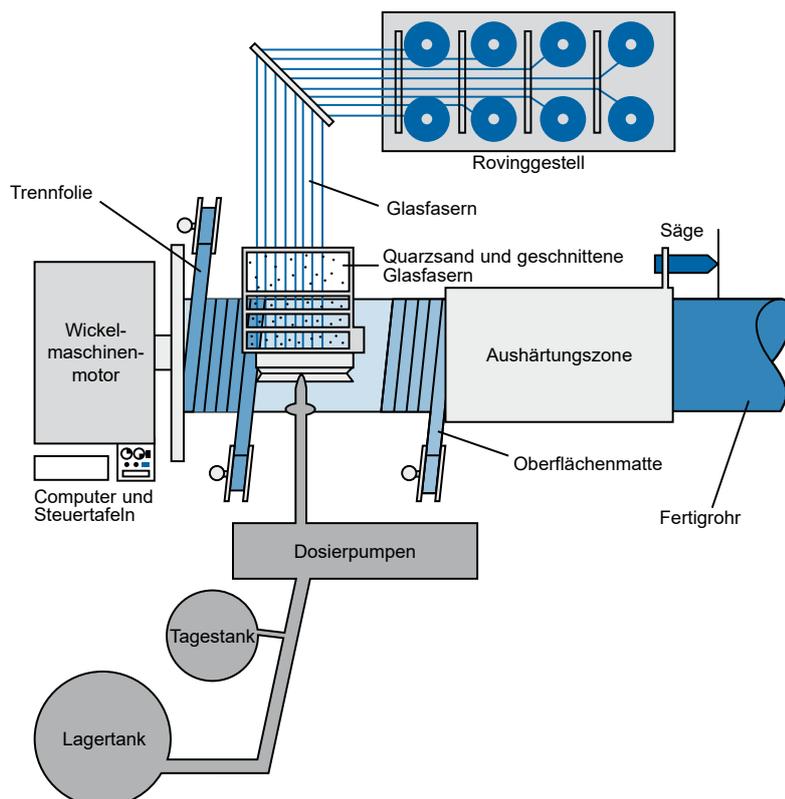
FLOWTITE Rohre werden kontinuierlich auf einem sich ständig nach vorn schiebenden Stahlkern produziert. Dieser Prozess entspricht dem aktuellen Stand der Technik. Das Herstellungsverfahren erlaubt den Einsatz von Endlosfasern in Umfangsrichtung. Bei Druckrohren oder in erdverlegten Leitungen treten die größten Beanspruchungen in dieser Richtung auf. Das Einbringen von Glasfasern in Umfangsrichtung ermöglicht die Produktion eines qualitativ hochwertigeren Rohres bei geringeren Kosten. Durch den Einsatz dieser speziell entwickelten Technologie wird ein sehr kompakter Verbundwerkstoff geschaffen, der die positiven Eigenschaften seiner drei Ausgangsstoffe in sich vereint. Geschnittene- und Endlosglasfasern sorgen im Verbund für hohe Ringsteifigkeiten und erzielen somit große axiale Festigkeiten. Zur weiteren Erhöhung der Steifigkeit wird die Wandstärke durch eine Quarzsandverstärkung nahe der neutralen Achse im Kern vergrößert. Mit dem FLOWTITE Harz-Doppelbeschickungssystem ist es möglich, spezielle resistente, innere Harzschichten für korrosionsgefährdete Anwendungen einzubringen, während die Strukturschichten und äußeren Bereiche in kostengünstigerem Harz ausgeführt werden.

Aufgrund der Vorteile des Wickelprozesses können Materialien wie Glasfaser- oder Polyestervliese zur Verbesserung der Abriebfestigkeit sowie der Rohroberfläche eingesetzt werden. Um ein gleichbleibend hohes Qualitätsniveau zu gewährleisten ist es von grundlegender Bedeutung, den Produktionsprozess sorgfältig zu kontrollieren.

Die FLOWTITE Endlosfaser-Wickelmaschine repräsentiert den neuesten in Anwendung befindlichen Stand der Technik und ist führend in der GFK-Rohrherstellung. Vereinfacht gesagt, besteht die Wickelmaschine aus einem kontinuierlichen Stahlband auf einer Spindel aus Stäben, die zu einem Zylinder verbunden sind.

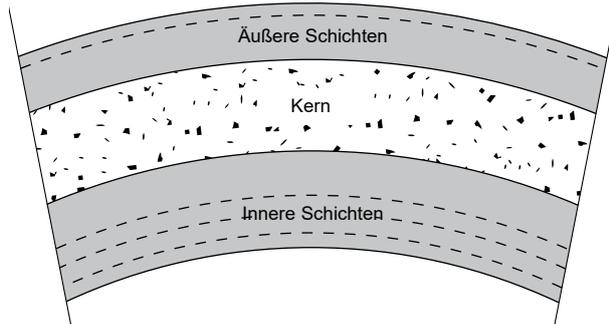
Wenn sich die Spindel dreht, zieht die Reibung das Stahlband straff und Rollenlager erlauben eine axiale Bewegung, so dass sich der gesamte Mantel spindelförmig kontinuierlich nach vorn bis zur Rückführung bewegt. Während der Formkern sich bewegt, werden die Ausgangsstoffe, präzise dosiert, aufgebracht. Elektronische Sensoren sorgen für eine ständige Rückmeldung der Produktionsparameter, so dass die verschiedenen Beschickungssysteme stets die richtige Menge an Material aufbringen. Dies stellt während der laufenden Produktion sicher, dass die notwendige Menge an Material zum Aufbau der Schichten kontinuierlich aufgebracht wird. Zuerst die Trennfolie, gefolgt von unterschiedlichen Glasfasermaterialien, umgeben von einer Polyesterharzmatrix. Die Strukturschichten enthalten nur Glas und Harz, während der Kern reinen Quarzsand enthält. Das Rohr entsteht durch das permanente Aufbringen der Ausgangsmaterialien auf dem fortlaufenden Wickelkern.

Nachdem das Rohr auf dem Wickelkern hergestellt wurde und ausgehärtet ist, wird es auf die erforderliche Länge gesägt. Die Rohrenden werden danach kalibriert, um passgenau die Kupplungen aufnehmen zu können.



Die Ausgangsstoffe für die Herstellung von Rohren sind Harz, Glasfasern und Quarzsand. Unter normalen Bedingungen werden auf Orthophtalsäure basierende Polyesterharze eingesetzt, da sie sich bei vielen Anwendungen bewährt haben.

Für die Produktion von FLOWTITE Rohren dürfen nur von FLOWTITE freigegebene Materialien verwendet werden.



Die oben abgebildete Darstellung zeigt den typischen Querschnitt eines FLOWTITE Rohres. Je nach Anwendung des Rohres unterscheiden sich Aufbringung und Lage der Schichten.

Das Prinzip der kontinuierlichen Fertigung erlaubt es, Rohre in Durchmessern von DN 300 bis DN 4000 mm herzustellen. Durchmesser von DN 100 bis DN 250 mm sind in 6 m Standardlänge verfügbar.



Die FLOWTITE Technologie ermöglicht ein Produkt im Markt, das bei geringen Kosten unseren Kunden in aller Welt langfristig Lösungen für ihre Anwendungen bietet. Durch die große Zahl positiver Merkmale bietet es den Kunden ein optimales System im Hinblick auf Installation und Unterhaltungskosten.

## Merkmale und Vorteile

### Korrosionsbeständig

- Material lange haltbar, geringer Wartungsaufwand
- Inliner, Beschichtungen, kathodischer Korrosionsschutz oder sonstige Korrosionsschutzmaßnahmen sind nicht erforderlich
- Geringe Unterhaltungskosten
- konstantes Hydraulikverhalten über einen langen Zeitraum

### Leichtgewichtig

(1/4 des Gewichtes von duktilem Guss, 1/10 des Gewichtes von Beton)

- Geringe Transportkosten (Rohre können geschachtelt werden)
- Keine teure Rohrverlegeausrüstung erforderlich

### Lange Standardlängen

(6, 12 und 18 m)

- Weniger Kupplungen verkürzen die Verlegezeit
- Geringere Lieferkosten, da mehr Rohrmeter je Transportfahrzeug

### Ausgezeichnete hydraulische Eigenschaften

- Extrem glatte Innenoberfläche
- Hazen Williams Koeffizient von ca. C = 150
- Geringe Reibungsverluste senken den Energieverbrauch von Pumpen
- Manning Koeffizient  $n = 0,009$
- Minimale Sielhautbildung reduziert Reinigungskosten
- Exzellente Abriebfestigkeit

### Präzisions-FLOWTITE-Kupplung mit Elastomerdichtung

- Eng anliegende, effiziente Kupplungen ohne Infiltration oder Exfiltration
- Leicht zu verbinden, Reduzierung der Verlegezeit
- Erlaubt geringe Lageänderungen der Rohrleitung ohne Formstücke und kompensiert unterschiedliche Setzungen

### Flexible Produktion

- Rohrdurchmesser können nach Kundenwunsch angefertigt werden, um ein Maximum an Durchfluss in Verbindung mit einfacher Installation für Reliningprojekte anzubieten
- Individuelle Rohrlängen können nach Kundenwunsch angefertigt werden, um ein Maximum an Einfachheit bei der Erdverlegung oder beim Relining zu erreichen

## 4 Anwendungen

01

02

03

04

05

06

07

08

09

10

11

12

### Hightech-Rohrdesign

- Verschiedenste Druck- und Steifigkeitsklassen werden gefertigt, um genau den Vorgaben der Ingenieure zu entsprechen
- Geringere Druckwellenfortpflanzungsgeschwindigkeit als bei anderen Materialien bedeutet geringere Kosten bei der Rohrleitungsdimensionierung infolge von Druckstößen und Wasserschlagdrücken
- Weltweit hohe und gleichbleibende Produktqualität in Übereinstimmung mit strengen Produktstandards (ASTM, AWWA, DIN-EN ...)

GFK-Rohre von FLOWTITE werden für zahlreiche Anwendungen eingesetzt. Dazu gehören:

- Wasserleitungen (Trink- und Rohwasser)
- Abwassersammelsysteme und Transportkanäle
- Regenwasserkanäle
- Wasserkraft-Druckleitungen
- Meerwasser Ansaug- und Auslaufleitungen
- Kühlwasserzirkulationsleitungen, Ergänzungswasser- und Auslassleitungen für Kraftwerke
- Industrieanwendungen
- Relining
- Bewässerungsanlagen
- Entsalzungsanlagen
- Bergbauanwendungen
- Kühlsysteme



# 5 Leistungsstandards

FLOWTITE Rohrsysteme sind nach vielen nationalen und internationalen Normen (ATSM, AWWA, ISO, EN ect.) zertifiziert. Entsprechend dieser Normen werden GFK-Rohranwendungen, wie die Ableitung von Sanitärabwässern, und Industrieabwässer sowie die Wasserversorgung durchgeführt. Die Fertigung erfolgt in Übereinstimmung mit den vorgegebenen, normierten Leistungsanforderungen. Das bedeutet, dass die Rohrspezifikation nach der erforderlichen Leistungsfähigkeit und Versuchsanordnung festgelegt ist.

Die Begutachtung und Prüfung von Proben, die nach 24 Jahren aus einem Abwasserkanal entnommen wurden, wiesen einen tadellosen Zustand auf. Dieser Umstand sowie die standardisierte Datenanalyse von Versuchen über einen Zeitraum von ein paar Stunden bis hin zu 28 Jahren, in Verbindung mit der Regressionsanalyse, zeigen beim Ausfalltest Sicherheitsspannen, die höher sind als erwartet und bis zu 150 Jahren hochgerechnet werden können.

## 5.1 ASTM

Gegenwärtig werden verschiedene ASTM-Produktnormen befolgt, die bei einer Vielzahl von Anwendungen für Glasfaserrohre zutreffen. Sämtliche Produktnormen finden bei Rohren mit Durchmessern zwischen 200 mm und 3600 mm Anwendung und setzen voraus, dass die flexiblen Verbindungen Wasserdruckversuchen standhalten (nach ASTM D4161), die überhöhte Betriebsbedingungen simulieren. Diese Normen beinhalten viele Qualifikations- und Qualitätskontrollprüfungen. Folgende ASTM-Normen kommen zur Anwendung:

- ASTM D3262 - Gravity Sewer
- ASTM D3517 - Pressure Pipe
- ASTM D3754 - Pressure Sewer

## 5.2 AWWA

AWWA C950 ist eine der umfassendsten Produktnormen, die es für Glasfaserrohre gibt. Diese Norm für Druckwasseranwendungen umfasst komplexe Anforderungen für Rohre und Verbindungen. Sie bezieht sich überwiegend auf Qualitätskontrolle und die Qualifikationsprüfung von Prototypen. Genau wie die ASTM-Normen ist dies eine Norm zur Spezifikation der Leistungsfähigkeit eines Produktes. AWWA hat ein Handbuch, M-45, herausgegeben mit diversen Kapiteln über die Auslegung von GFK-Rohren für unterirdische und oberirdische Installationen.

Hier die von AWWA entworfenen Dokumente:

- AWWA C950 Fibreglass Pressure Pipe
- AWWA M45 Fibreglass Pipe Design Manual

## 5.3 ISO- und EN-Normen

Gegenwärtig sind einige EU-Normen in Gebrauch – wie z. B. diejenigen, die durch BSI (BS 5480), DIN (DIN 16868) und AENOR (UNE 53323-EX) entwickelt wurden. Alle diese Normen werden durch Neufassungen abgelöst, die derzeit im Rahmen der Europäischen Vereinigung entworfen werden.

EN 1796 und EN 14364 sind die neuen Normen für Wasser und Abwasseranwendungen, die in Kürze die bestehenden Normen in Europa ersetzen werden.

Die International Standards Organisation (ISO) hat zwei Normen herausgegeben: ISO 10467 für Abwasserleitungen und Entwässerungsanlagen sowie ISO 10639 für Wasser.

Amiantit beteiligt sich mit internationalen Vertretern an der Entwicklung all dieser Normen. Damit wird sichergestellt, dass die definierten Leistungsanforderungen zuverlässige Produkte generieren.

## 5.4 Prüfung der Rohstoffe

Die Rohstoffe für die Rohrherstellung werden von zertifizierten Lieferanten bezogen, die alle FLOWTITE Qualitätsanforderungen erfüllen. Zusätzlich werden Proben aller Rohstofflieferungen vor der Verwendung geprüft. Diese Prüfungen stellen sicher, dass die Vormaterialien mit den festgelegten Spezifikationen übereinstimmen. Die Ausgangsmaterialien sollten, gemäß den FLOWTITE Qualitätsanforderungen, in einer Art und Weise vorab geprüft sein, dass ihre Eignung für die Produktion und für das Endprodukt nachgewiesen ist.

Ausgangsmaterialien für die Rohrproduktion:

- Glas
- Harz
- Katalysator
- Quarzsand
- Beschleuniger

Nur von FLOWTITE geprüfte Ausgangsmaterialien dürfen bei der Produktion von FLOWTITE Rohren verwendet werden.

### Glas

Glasfasern werden durch „Tex“ spezifiziert und definieren sich als Gewicht in Gramm je 1000m Länge. Fortlaufende Glasfasern werden in Umfangsrichtung in unterschiedlichen Tex für die Produktion von FLOWTITE Rohren eingesetzt. Direkt an der Produktionsmaschine geschnittene Glasfasern gewährleisten Festigkeit in unterschiedliche Richtungen.

### Harz

Für den Wickelprozess wird nur qualitativ hochwertiges Harz eingesetzt. Es wird in der Regel in Tanks oder Gebinden angeliefert und in Tagestanks an der

Wickelmaschine vorbereitet. Die normale Verarbeitungstemperatur beträgt 25 °C. Das Harz wird vom Hersteller geliefert und kann vor der Verwendung an der Wickelmaschine mit Styrol versetzt werden, um die von FLOWTITE definierte und akzeptierte Viskosität zu erreichen.

#### Katalysator

Die richtige Menge Katalysator wird dem Harz zur Aushärtung beigegeben, kurz bevor es auf die Wickelform aufgebracht wird. Für den Herstellungsprozess von FLOWTITE Rohren werden nur zugelassene Katalysatoren eingesetzt.

#### Quarzsand

Quarzsand befindet sich im Kern des Rohrquerschnitts und in den inneren Schichten der Kupplungen. Der Quarzsand muss die FLOWTITE Anforderungen für zugelassene Ausgangsmaterialien erfüllen.

#### Beschleuniger

Der Beschleuniger wird mit dem in Tagestanks gelagerten Harz gemischt. Es wird durch die Hersteller in verschiedenen Konzentrationen geliefert und gegebenenfalls mit Styrol verdünnt, um die erforderliche Konzentration für die Produktion der FLOWTITE Rohre zu erreichen.

#### Physikalische Eigenschaften

Die Ringzug- und Axialzugfestigkeit der hergestellten Rohre wird kontrolliert. Zusätzlich werden Rohrsteifigkeits- und Verformungsprüfungen in Übereinstimmung mit den internen FLOWTITE Qualitätsvorschriften durchgeführt. Der Rohraufbau und die Zusammensetzung der Rohre werden ebenfalls geprüft.

## 5.5 Eigenschaften des fertigen Rohres

Die Qualitätskontrolle von Flowtite umfasst eine Reihe von Tests. Rohre können mit folgenden Tests geprüft werden:

- Optische Kontrolle
- Laminathärte
- Wandstärke
- Rohrlänge
- Durchmesser
- Hydrostatische Dichtheitsprüfung
- Rohrsteifigkeit
- Verformung ohne Beschädigung oder strukturelles Versagen
- Ringzug- und Axialzugfestigkeit
- Zusammensetzung des Laminats

## 5.6 Zulassungsprüfungen

Ein gemeinsames Element aller Normen ist der Nachweis zur Erfüllung der Mindestanforderungen durch den Rohrhersteller. Im Falle von GFK beziehen sich diese Mindestanforderungen auf das Kurzzeit- und auf das Langzeitverhalten der Rohre.

Die wichtigsten, in den oben genannten Normen meist übereinstimmenden, Anforderungen sind die Prüfung der Verbindung, die Anfangsringverformung, die langfristige Ringbiegezugfestigkeit sowie das langfristige Verhalten im Hinblick auf Druck- und Korrosionsbelastung. FLOWTITE Rohrsysteme werden strengen Prüfungen unterzogen, um diese Normvorgaben einzuhalten.

#### Prüfung Langzeitverhalten

Die Normen für Glasfaserrohre basieren auf der Annahme, dass das Material unter Beanspruchung auch Änderungen der mechanischen Eigenschaften aufweist. Das Produktdesign basiert üblicherweise auf projektierten Werten für die Materialfestigkeit im Laufe von 50 Jahren. Um die Langzeiteigenschaften des Rohres zu bestimmen, werden mindestens 18 Prüfstücke vorbereitet und den Tests unterzogen. Ein Ausfall wird innerhalb von 10.000 Stunden mit einer akzeptablen Streuung über diese Zeitspanne einbezogen und ausgewertet. Die Ergebnisse werden unter Verwendung eines doppellogarithmischen Koordinatensystems bewertet, um den Wert für 50 Jahre zu extrapolieren. Über die Jahre wurde eine enorme Zahl von Prüfergebnissen auf der Grundlage der ASTM-Normen gesammelt. Über 600 Prüfergebnisse werden gegenwärtig analysiert, wobei man für die Zeit bis zum Ausfall Werte von wenigen Stunden bis hin zu 28 Jahren erhält. Die Auswertung der Daten zeigt ein interessantes bi-lineares Verhalten anstelle der, durch zeitlich kürzere Prüfergebnisse und weniger umfangreiche Datensätze erwarteten, geradlinigen Regression. Die Ergebnisse belegen, dass die standardisierte Methode in der Tat konservativ ist und dass mit diesen zusätzlichen Informationen die Sicherheitsmargen nachweislich höher sind als erwartet und bis zu 150 Jahren hochgerechnet werden können. FLOWTITE Rohre entsprechen somit den Anforderungen einiger Institutionen, die eine Lebensdauer von über 100 Jahren für Rohre fordern.

#### Prüfung der Korrosionsbeständigkeit

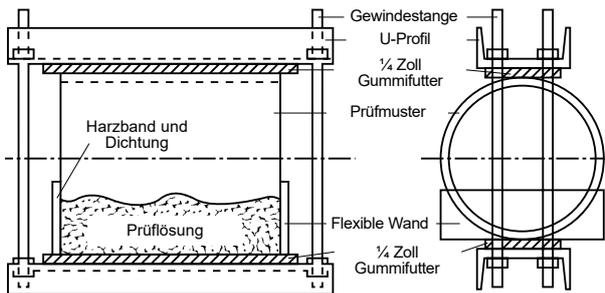
Eine einzigartige und wichtige Leistungsanforderung an GFK-Kanalrohre ist die Prüfung der chemischen Beständigkeit in verformtem Zustand und unter Belastung. Die Prüfung der Korrosionsbeständigkeit erfolgt an mindestens 18 Rohrprüfstücken, die unterschiedlich verformt und konstant belastet werden. Die Innenoberfläche der Rohrprüfstücke wird nun 1,0 N (5 Gew.-%) Schwefelsäure ausgesetzt, um die Bedingungen einer unterirdisch verlegten Fäkal-Abwasserleitung zu simulieren. Es hat sich gezeigt, dass dieser Ansatz für die maximal auftretenden Belastungen in Abwasserkanälen repräsentativ ist – einschließlich derjenigen Bedingungen, die im Mittleren Osten angetroffen werden. Auch hier wurden schon viele FLOWTITE Rohre erfolgreich verlegt.

Für jedes Prüfstück wird der Zeitraum bis zum Versagen (Leckage) gemessen. Die extrapolierte Mindestanforderung bis zum Ausfall bei 50 Jahren muss bei einer Regressionsanalyse der Ausfalldaten nach der Methode der kleinsten Quadrate gleich denjenigen Werten sein, die für jede Steifigkeitsklasse in der Norm festgelegt ist. Der erhaltene Wert wird dann mit dem Rohrdesign abgeglichen, um die Sicherheitsparameter bei der Installation von GFK-Rohren je nach Anwendung festzulegen. Normalerweise sind dies 5 % bei der langfristigen Verformung unterirdisch verlegter Rohre.

Gemäß den ASTM-Normen muss beispielsweise der Mindestwert für den Korrosionswiderstand wie folgt sein:

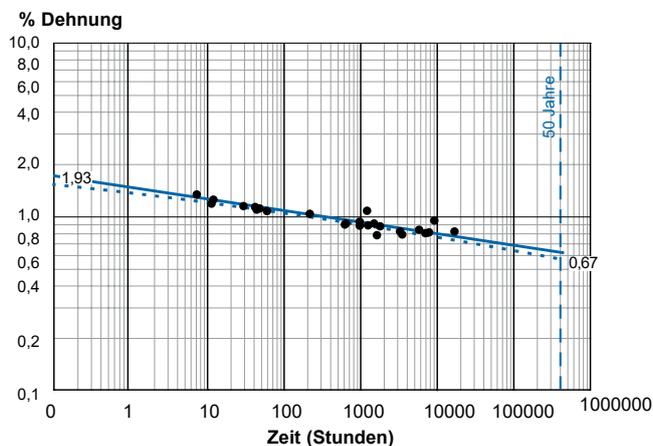
Steifigkeitsklasse	S <sub>cy</sub> Dehnung, %
SN 2500	,49 (t/d)
SN 5000	,41 (t/d)
SN 10000	,34 (t/d)

**Tabelle 5-1 Mindestwert für die Korrosionsbeständigkeit**



**Bild 5-1 Prüfapparatur für Korrosionswiderstand**

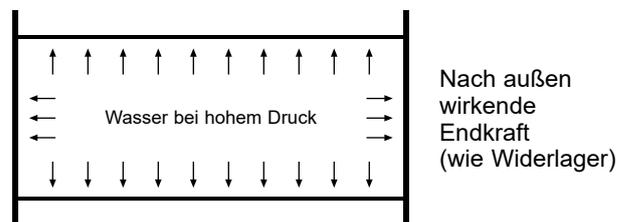
Der für fünfzig Jahre vorhergesagte Wert für den Dehnungsverlauf beträgt, so wie durch FLOWTITE veröffentlicht, 0,67 %.



**Bild 5-2 FLOWTITE Diagramm für den Dehnungsverlauf**

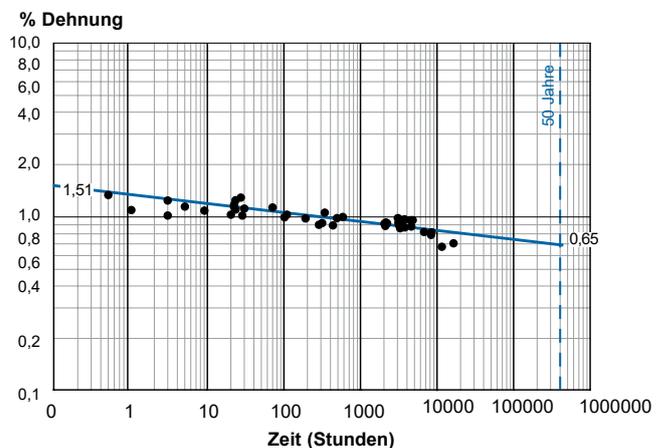
## Hydrostatische Auslegungsgrundlage – HDB (Hydrostatic Design Basis)

Eine weitere wichtige Qualifikationsprüfung ist die Erstellung der Hydrostatischen Auslegungsgrundlage. Diese Prüfung erfordert eine Wasserdruckprobe bis zum Ausfall (Leckage) für viele Rohrprüfstücke bei einer Vielzahl konstanter, sehr hoher Druckstufen. Wie bei der eben beschriebenen Prüfung auf Korrosionswiderstand werden die ermittelten Daten auf der Grundlage eines doppellogarithmischen Koordinatensystems als Verhältnis von Druck (oder Ringzugbeanspruchung) zu Zeit bis hin zum Ausfall bewertet und dann auf 50 Jahre extrapoliert. Der hochgerechnete Leckagedruck (Beanspruchung) bei 50 Jahren, auch HDB genannt, muss größer sein als die Druckklasse (Beanspruchung bei dem jeweils festgelegten Druck) unter Berücksichtigung des Sicherheitsfaktors (*siehe Bild 2*). Aufgrund von Lastkombinationen, also des Zusammenwirkens von Innendruck und äußeren Bodenlasten, ist der eigentliche langfristige Sicherheitsfaktor gegen Druckversagen allein höher als dieser Sicherheitsfaktor. Diese Qualifikationsprüfung hilft bei der Absicherung der langfristigen Leistungsfähigkeit des Rohres bei Betrieb unter Druck.



**Bild 5-3 Auswirkungen von Langzeitdruckeinwirkung auf die Lebensdauer des Rohres**

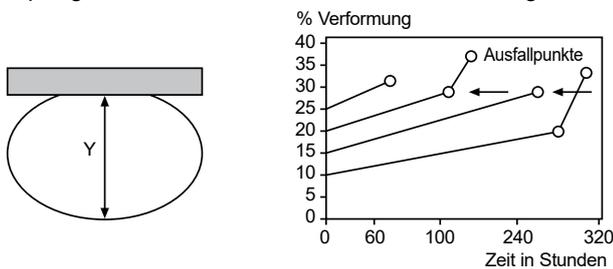
Der vorhergesagte HDB - Beanspruchungswert für 50 Jahre beträgt, so wie durch FLOWTITE veröffentlicht, 0,65 %.



**Bild 5-4 FLOWTITE Diagramm für langfristige Druckbeanspruchung**

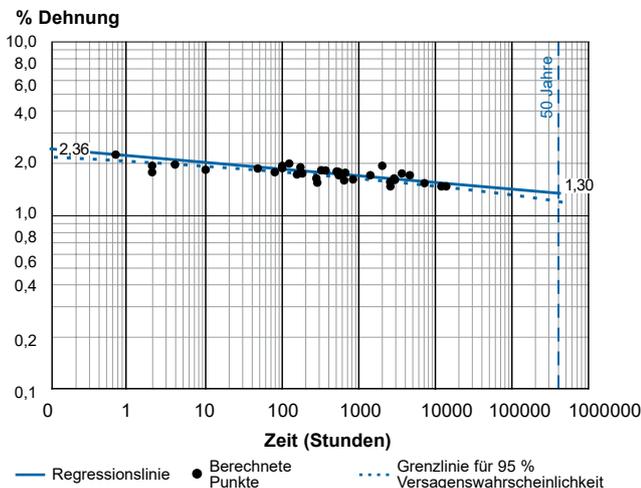
## Langfristige Ringbiegung

Die Kapazität eines GFK-Rohres im Hinblick auf die langfristige (50 Jahre) Ringverformung oder Ringbiegung (Beanspruchung) bei Betrieb in einer wasserhaltigen Umgebung oder unter ständiger Last muss der Stufe A entsprechen, so wie in der Prüfung der ursprünglichen Ringverformung festgelegt. Diese Anforderung ist in den ISO- und in den EN-Normen definiert. AWWA C950 fordert die Durchführung dieser Prüfung, wobei der sich ergebende Vorhersagewert für 50 Jahre beim Design des Rohres zu verwenden ist. FLOWTITE Rohre werden unter Verwendung der Richtlinien von ASTM D5365 „Long-Term Ring Bending Strain of Fibreglass Pipe“ getestet und erfüllen sämtliche Anforderungen.



**Bild 5-5 Auswirkungen von Langzeitbiegung in Wasser auf die Lebensdauer des Rohres**

Der errechnete langfristige Wert der Ringbiegung für 50 Jahre beträgt, so wie durch FLOWTITE veröffentlicht, 1,3 %.

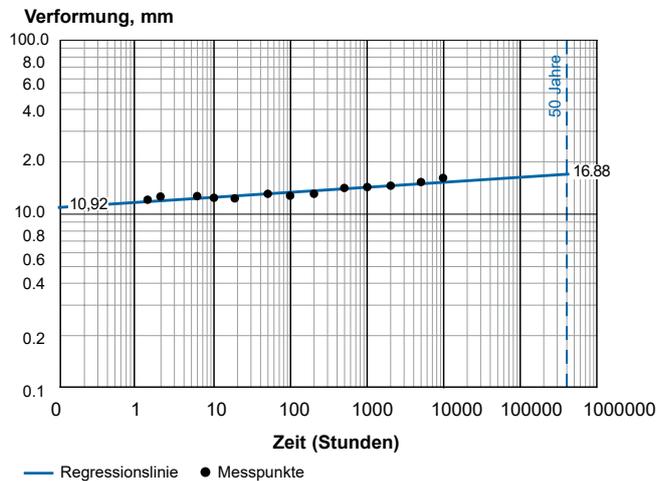


**Bild 5-6 FLOWTITE Linie für langfristige Ringbiegung**

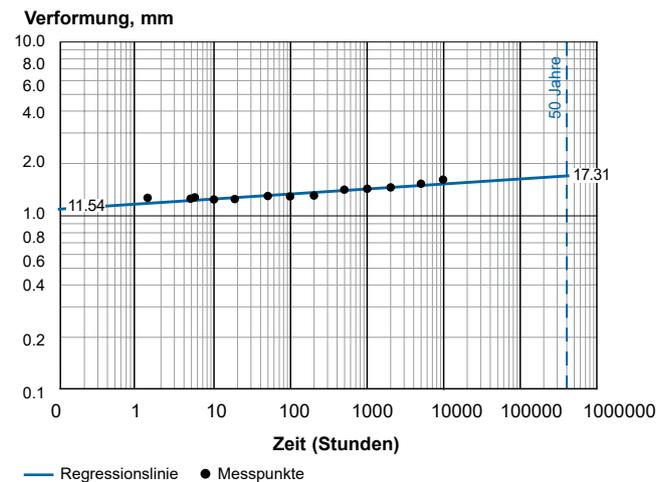
## Langzeit Steifigkeit – Material Kriechverhalten

Die Langzeit Steifigkeit von FLOWTITE Rohren mit einem Verfahrensvorschrift gemäß den Vorgaben der ISO 10468 durchgeführt und wurden entsprechend der ISO 10928 Methode B analysiert. Bei diesem Versuch werden zwei Rohrmuster mit einer Anfangssteifigkeit von 5800 Pa getestet und anschließend der durchschnittliche Kriechfaktor und die Steifigkeit auf 50 Jahre errechnet. Der Kriechfaktor ist das Verhältnis zwischen der spezifischen 50 Jahres-Ringsteifigkeit und der Anfangssteifigkeit. Der durchschnittlich im Labor ermittelte Kriechfaktor beläuft sich auf 0,75. Dieses Ergebnis bezieht sich auf die Langzeitsteifigkeit eines

Rohres mit der Nennsteifigkeit SN 5000, dies entspricht 3750 Pa und erlaubt bei statischen Berechnungen die Verwendung eines Langzeitsteifigkeitswertes der höher liegt als 60 % der Anfangssteifigkeit.



**Bild 5-7 Langzeitsteifigkeit FLOWTITE Rohr SN 5000, PN 16**



**Bild 5-8 Langzeitsteifigkeit FLOWTITE Rohr SN 5000, PN 6**

## Prüfung der Verbindungen

Diese wichtige Zulassungsprüfung wird bei Prototypen von Doppelsteckmuffen durchgeführt, die durch Elastomerdichtungen abgedichtet werden. Die Prüfung wird gemäß ASTM D4161, EN 1119 und ISO 8639 durchgeführt. Sie umfasst einige der strengsten Anforderungen an die Leistungsfähigkeit von Verbindungen in der Rohrindustrie und gilt für Rohre aus beliebigen Materialien in Rahmen der Druck- und Durchmesserbereiche von FLOWTITE Rohren. Diese Normen fordern, dass flexible Verbindungen Wasserdruckprüfungen standhalten, die Bedingungen für Mehrfachverwendungen simulieren. Die Prüfungen werden unter Drücken durchgeführt, die doppelt so hoch sind wie die ausgewiesene Druckklasse. Freispiegelleitungen werden mit 1 bar geprüft. Die Verbindungskonfigurationen umfassen die gerade Ausrichtung, ein Maximum an Abwinkelung und unterschiedliche Biegelasten. Eine Teilvakuumprüfung und zyklische Druckversuche sind gleichfalls Teil der Prüfung.

# 6 Design für erdverlegte Rohrsysteme

01

02

03

04

05

06

07

08

09

10

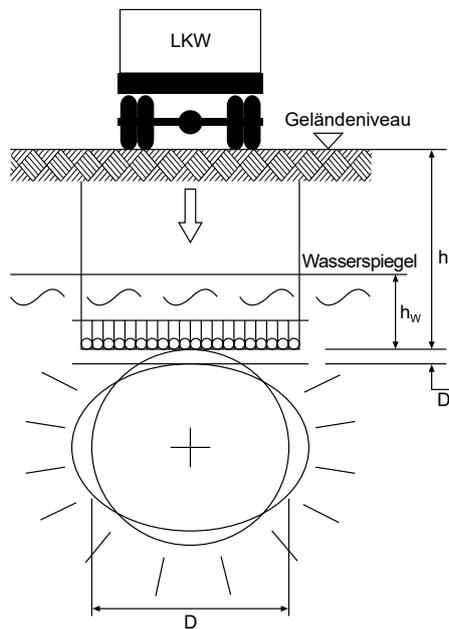
11

12

Die ANSI / AWWA-Norm C950-95 und das AWWA-Handbuch M45 enthalten die Grundlagen für das FLOWTITE Design von erdverlegten Systemen. Glasfaserrohre sind flexibel und erlauben größere Deformationen. Vertikale Lasten (Boden, Verkehr und Wasser) verursachen eine Verformung, die von der Bodenverdichtung rund um das Rohr sowie von der Ringsteifigkeit des Rohres abhängig ist.

FLOWTITE Rohre sind in den meisten Böden flexibel. Besondere Aufmerksamkeit ist dem Aushub, der seitlichen Verfüllung sowie der Hinterfüllung des Grabens zu schenken. Die Verfüllung liefert die erforderliche Stützung des Rohres. Verformung und eventuelle Beschädigung des Rohres durch den Boden und/oder durch Verkehr wird verhindert. Die Widerstandsfähigkeit gegenüber horizontaler Bewegung des Rohres ist von der Bodenart, seiner Dichte und von seinem Feuchtigkeitsgehalt abhängig. Je größer der Erdwiderstand, desto geringer die Rohrverformung und -bewegung.

Das folgende Bild zeigt die Lastverteilung und die Mobilisierung der Bodenreaktion, verursacht durch die Bodenverdichtung im Zusammenwirken der Flexibilität und der Verformung des Rohres.



**Bild 6-1 Verhalten eines Rohres unter Verkehrslast**

Da die Auslegung auf AWWA M-45 basiert, fügen wir nunmehr eine Zusammenfassung von Kapitel 5 dieser Norm an. Da es sich um flexible Rohre handelt, werden die GFK-Rohre verformt und leiten die Auflast in das Verfüllmaterial der stärker belasteten Seiten. Daraus ergeben sich folgende Konsequenzen:

- Das Seitenverfüllmaterial muss die Last von Hinterfüllung, Verkehr etc. tragen.
- Das Rohr erhält weniger Last.
- Das Rohr erfüllt seinen Zweck - den leakagefreien Transport von Flüssigkeiten - ohne Beeinträchtigungen.

Starre Rohre sind immer stärker und steifer als die Böden; aus diesem Grund konzentriert sich die Last auf das Rohr. Das Rohr muss diese Last auch über lange Zeiträume hinweg tragen. Im Falle von späteren Bodenbewegungen kann sich diese Beanspruchung sogar noch erhöhen.

Die flexiblen Rohre reagieren dynamisch, sie führen die Belastungen in das Seitenverfüllmaterial ab.

Der Boden setzt sich, um die Last zu tragen.

Studien an Abwasser- und Druckleitungen zeigen, dass die Anzahl von Mängeln bei starren Rohren höher ist als bei flexiblen Rohren.

## 6.1 Statische Kalkulationen von erdverlegten Rohrsystemen

### 6.1.1 Zusammenfassung AWWA M-45

AWWA C-950-86 wurde geändert und in zwei Teile gegliedert:

- C950 – Dieser Teil ist nunmehr eine Leistungsnorm wie ASTM.
- AWWA M-45 – Dieser Teil ist nun ein Design-Handbuch. In Kapitel 5 wird die Methode für das Design von erdverlegten Glasfaserrohren beschrieben.

#### Berechnungen zum Design

- Berechnung der Druckklasse:

$$P_c \leq \frac{HDB \cdot 2 \cdot t \cdot E_h}{FS \cdot D}$$

$E_h$  = E- Modul aus Ring-Zug-Innenbeanspruchung

$t$  = Wandstärke des Rohres

Der Betriebsdruck sollte geringer sein als der Nominaldruck  $P_c$ ;  $P_w \leq P_c$

$P_w$  = Betriebsdruck oder geplanter Betriebsdruck

- Druckstoß:

Der Druckstoß beträgt 40 % von  $P_w$ , also

$$P_c \geq \frac{P_w + P_s}{1,4}$$

- Ringbiegung:

$$\varepsilon_b = D_f (D_y/D) \cdot (t_f/D) \leq (S_b/FS)$$

$D_f$  = Faktor für die Verzögerung der Verformung  
 $D_y/D$  = zulässige Langzeitverformung  
 $S_b$  = Langzeitbiegebeanspruchung für das Rohr  
 $FS$  = Sicherheitsfaktor = 1,5  
 $\varepsilon_b$  = maximale Ringbiegebeanspruchung aufgrund der Verformung

- Die Verformung wird wie nachfolgend gezeigt berechnet:

$$D_y/D = \frac{(D_r \cdot W_c + W_L) \cdot K_x}{(149 \cdot PS + 6100 \cdot M_s)}$$

$W_c$  = vertikale Erdlast  $N/m^2 = \gamma_s \cdot H$ ; dabei ist  $\gamma_s$  die Wichte des Bodens und  $H$  die Verlegetiefe  
 $W_L$  = Verkehrslast auf dem Rohr  
 $M_s$  = Verformungsmodul des Bodengemischs  
**PS ist die Rohrsteifigkeit und nicht die Ringsteifigkeit.**

$D_L$  = Verzögerungsfaktor für die Verformung, normalerweise angenommen mit 1,5  
 $K_x$  = Einbettungskoeffizient, normalerweise angenommen mit 0,1  
 Um den Wert von  $M_s$  zu bestimmen, sollten separate Werte von  $M_{sn}$  für ungestörten und  $M_{sb}$  für Rückverfüllmaterial bestimmt und dann kombiniert werden.  
 $M_s = S_c \cdot M_{sb}$   
 $S_c$  = Stützung durch Boden  
 $M_{sb}$  = Verformungsmodul der Rohrverfüllungszonen  
 $M_{sn}$  = Verformungsmodul des ungestörten Bodens

- Kombinierte Belastung

Unter kombinierter Belastung ist die Kombination von Biegung und Zugspannung zu verstehen. Die Biegung ergibt sich aus der Verformung, und die Zugspannung ergibt sich aus dem Innendruck.

$$\varepsilon_{pr} / HDB \leq \{1 - (\varepsilon_b \cdot r_c / S_b)\} / FS_{pr}$$

und

$$\varepsilon_b \cdot r_c / (S_b) \leq \{1 - (\varepsilon_{pr} / HDB)\} / FS_b$$

mit  $FS_{pr} = 1,8$  und  $FS_b = 1,5$

$\varepsilon_{pr} = P_w \cdot D / (2 \cdot t \cdot E_r)$  und  $\varepsilon_b = D_f (\delta d / D) (t_f / D)$   
 mit  $r_c = 1 - P_w / 3000$  wobei  $P_w \leq 3000$  kPa  
 $\delta d / D$  = maximal zulässige Verformung und nicht die berechnete Verformung

- Beulbeanspruchung

Der zulässige Beuldruck  $q_a$  wird durch die folgende Gleichung bestimmt:

$$q_a = \frac{(1,2 \cdot C_n (E))^{0,333} (\varphi_s \cdot 10^6 \cdot M_s \cdot k_\eta)^{0,667} \cdot R_h}{(FS) r}$$

Dabei ist

$q_a$  = der zulässige Beuldruck in kPa  
 $FS$  = Design-Faktor = 2,5

$C_n$  = skalarer Faktor für die Kalibrierung, um einige nicht lineare Effekte zu berücksichtigen = 0,55

$\varphi_s$  = Faktor, um Varianzen in der Steifigkeit des umliegenden Bodens zu berücksichtigen, empfohlen = 0,9

$k_\eta$  = Modulkorrektur für den Poisson-Koeffizienten,  $\eta$  des Bodens =  $(1 + \eta)(1 - 2\eta)/(1 - \eta)$   
 Fehlen spezielle Informationen, ist es üblich,  $\eta = 0,3$  anzunehmen, dann ist  $k_\eta = 0,74$

$R_h$  = Korrekturfaktor für die Verfülltiefe =  $11,4 / (11 + D / 1000 \cdot h)$

Dabei ist  $h$  = Höhe der Bodenoberfläche über dem höchsten Punkt des Rohres.

Eine Alternative für die vorstehende Gleichung ist:

$$q_a = \left(\frac{1}{FS}\right) [1,2 C_n (0,149 PS)^{0,333} (\varphi_s 10^6 M_s k_\eta)^{0,67}]$$

Die Erfüllung der Anforderungen für die Beulbeanspruchung wird für typische Rohrinstallationen durch die Verwendung der folgenden Gleichung gewährleistet:

$$[\gamma_w h_w + R_w (W_c)] \cdot 10^{-3} + P_v \leq q_a$$

Dabei gilt:

$\gamma_w$  = spezifisches Gewicht des Wassers = 9800 N/m<sup>3</sup>  
 $P_v$  = inneres Vakuum (z. Bsp. der Atmosphärendruck minus den absoluten Druck innerhalb des Rohres) in kPa

$R_w$  = Auftriebsfaktor des Wassers =  $1 - 0,33(h_w/h)$  ( $0 \leq h_w \leq h$ )

$h_w$  = Höhe des Wasserspiegels über dem höchsten Punkt des Rohres in m

Wenn Verkehrslasten zu berücksichtigen sind, wird die Erfüllung der Anforderungen für die Beulbeanspruchung wie folgt gewährleistet:

$$[\gamma_w h_w + R_w (W_c) + W_L] \cdot 10^{-3} \leq q_a$$

Normalerweise werden bewegliche Lasten und das innere Vakuum nicht gleichzeitig berücksichtigt.

Das Dokument beinhaltet verschiedene Rohrdesigns. Es ist ratsam, die Beispiele manuell zu erstellen, so dass der Lernende ein Gefühl für diese Norm bekommt.

## 6.1.2 Zusammenfassung ATV-DVWK-A 127

Die Berechnung einer Rohrstatik nach dem Arbeitsblatt A 127 der ATV-DVWK lässt sich allgemein in zwei Schritte teilen:

- Berechnung der Lastverteilung am Rohrumfang
- Führung der Nachweise: Verformungs-, der Stabilitäts- und der Dehnungsnachweis.

### Lastverteilung am Rohrumfang

$$q_v = \lambda_{RG} * p_E + p_v$$

mit

$q_v$  = vertikale Bodenspannung am Rohr

$\lambda_{RG}$  = Konzentrationsfaktor über dem Rohr;  
Berücksichtigung des biegeweichen ( $\lambda_{RG} < 1$ ) oder des biegesteifen ( $\lambda_{RG} > 1$ ) Verhaltens des Rohr-Boden-Systems

$p_E$  = Bodenspannung am Rohrscheitel infolge Erdlast

$$p_E = \kappa * \gamma_B * h$$

$\kappa$  = Abminderungsfaktor für die Grabenlast nach der **Silotheorie** zur Berücksichtigung der Reibungskräfte an den Grabenwänden, welche zur Abminderung der Bodenspannungen führen können.

$\gamma_B$  = Wichte des Bodens

$h$  = Überdeckungshöhe über Rohrscheitel

$p_v$  = Bodenspannung aus Verkehrslast in Ebene des Rohrscheitels inkl. Stoßbeiwert

$$p_v = \varphi * p$$

$\varphi$  = Stoßbeiwert Verkehrslasten

$p$  = Bodenspannung infolge Verkehrslast

$$q_h = K_2 * (\lambda_B * p_E + \gamma_B * \frac{d_a}{2})$$

mit

$q_h$  = horizontale Bodenspannung am Rohr

$K_2$  = Erddruckbeiwert

$d_a$  = Rohraußendurchmesser

$\lambda_B$  = Konzentrationsfaktor neben dem Rohr

$$q_h^* = \frac{c_{n,qv} * q_v + c_{n,qh} * q_h}{V_{RB} - c_{n,qh}}$$

\* Indikator für die Gleichung gemäß der ATV-DVWK-A 127

mit

$q_{in}^*$  = Bettungsreaktionsdruck, nur bei biegeweichen Rohrbodensystemen

$c_{(i)}$  = Verformungsbeiwerte, abhängig vom Auflagerwinkel

$V_{RB}$  = Steifigkeitsverhältnis; ist dieses  $< 1$ , so gilt das Rohr-Bodensystem als biegeweich

$$V_{RB} = \frac{8 * S_0}{S_{Bh}} \text{ mit}$$

$S_0$  = Rohrsteifigkeit

$S_{Bh}$  = horizontale Bettungssteifigkeit

### Verformungsnachweis

Nach A 127 ist im Allgemeinen maximal eine Langzeit-Verformung von zul  $\delta_v = 6\%$  zulässig. Bitte nehmen Sie Rücksprache mit dem Rohrhersteller für Berechnungen bei kleinen Nennweiten  $DN \leq 250$  und bei Fällen  $> 5\%$  Verformung.

Die vorhandene Verformung wird wie folgt ermittelt:

$$\text{vorh } \delta_v = \frac{\Delta d_v}{d_m} * 100\% < \text{zul. } \delta_v$$

mit

$d_m$  = mittlerer Rohrdurchmesser

$\Delta d_v$  = vertikale Durchmesseränderung infolge äußerer Lasten

$$\Delta d_v = \frac{2 * r_m}{8 * S_0} * (c_{v,qv} * q_v + c_{v,qh} * q_h + c_{v,qh} * q_h)$$

mit  $c_{(i)}$ ,  $q_{(i)}$ : s.o.

### Stabilitätsnachweis

#### Stabilitätsnachweis Erd- und Verkehrslasten

$$\gamma_{qv} = \frac{\text{krit } q_v}{q_v} > \text{erf } \gamma$$

mit

erf  $\gamma$  = erforderlicher Sicherheitsbeiwert

$q_v$  = vertikale Bodenspannung am Rohr, s.o.

krit  $q_v$  = kritische vertikale Gesamtlast

$$V_{RB} \leq 0,1: \text{ krit } q_v = 2 * \kappa_{v2} * \sqrt{8 * S_0 * S_{Bh}}$$

$$V_{RB} > 0,1: \text{ krit } q_v = \kappa_{v2} * (3 + \frac{1}{3 * V_{RB}}) * 8 * S_0$$

$S_0$ ,  $S_{Bh}$ ,  $V_{RB}$ : s.o.

$\kappa_{v2}$  = Abminderungsfaktor aufgrund Bodenverhalten und Vorverformungen

#### Stabilitätsnachweis äußerer Wasserdruck

$$\gamma_{pa} = \frac{\text{krit } p_a}{p_a} > \text{erf } \gamma$$

mit

erf  $\gamma$  = erforderlicher Sicherheitsbeiwert

$p_a$  = äußerer Wasserdruck

$$p_a = \gamma_W * h_W \text{ mit}$$

$\gamma_W$  = Wichte des Wassers

$h_W$  = maximaler Grundwasserstand über Rohrsohle

krit  $p_a$  = kritischer äußerer Wasserdruck  
 krit  $p_a = \kappa_a \cdot \alpha_D \cdot \delta \cdot S_0$  mit  
 $\kappa_a$  = Abminderungsfaktor aufgrund  
 Vorverformungen  
 $\alpha_D$  = Durchschlagsbeiwert  
 $S_0$  = Rohrsteifigkeit

### Stabilitätsnachweis gegen gleichzeitig wirkende vertikale Gesamlast und äußerer Wasserdruck

$$\gamma = \frac{1}{\frac{q_{v,A}}{\text{krit } q_v} + \frac{p_a}{\text{krit } p_a}} < \text{erf } \gamma$$

mit  
 erf  $\gamma$  = erforderlicher Sicherheitsbeiwert  
 $q_{v,A}$  =  $q_v$  bei maximalem Grundwasserstand  
 (unter Berücksichtigung des Auftriebs)  
 krit  $q_v$ ,  $p_a$ , krit  $p_a$ : s.o.

### Dehnungsnachweis

Der Dehnungsnachweis wird für die drei Stellen Scheitel, Kämpfer und Sohle jeweils für die Rohrrinnen- und die Rohraußenwand – insgesamt also sechs Mal – geführt. Insbesondere bei höherem Innendruck wird abweichend ein (hier nicht dargestellter) nach Lastfällen getrennter Nachweis erforderlich, so dass bis zu 18 einzelne Dehnungsnachweise anfallen.

$$\gamma = \frac{\varepsilon_p}{\varepsilon} > \text{erf } \gamma$$

### Mit den folgenden drei Dehnungswerten:

$$\varepsilon = \frac{s}{2 \cdot r_m \cdot \alpha_D \cdot S_0} \cdot \left( \frac{s \cdot N}{6} \pm M \cdot \alpha_K \right)$$

mit  
 $N$  = Summe der Normalkräfte  
 $M$  = Summe der Biegemomente  
 $S_0$  = Rohrsteifigkeit  
 $s$  = Wanddicke Rohr  
 $\alpha_K$  = Korrekturfaktor Krümmung Rohrwand  
 $r_m$  = mittlerer Rohrradius

**Hinweis:** Die Kräfte und Momente werden jeweils für Scheitel-, Kämpfer- und Sohlbereich gesondert berechnet.

$\varepsilon_R$  Rechenwert der Randfasergrenzdehnung  
 $\varepsilon_R = \pm 4,28 \cdot \frac{s}{d_m} \cdot \left( \frac{\Delta d_{\text{Bruch}}}{d_m} \right)$

mit:  
 $s$  = Wanddicke Rohr  
 $d_m$  = mittlerer Rohrdurchmesser  
 $\frac{\Delta d_{\text{Bruch}}}{d_m}$  = Rechenwert zur Bestimmung von  $\varepsilon_R$

Nennringsteifigkeit N/m <sup>2</sup>	$\Delta d_{\text{Bruch}} / d_m$ in %	
	Kurzzeit	Langzeit
SN 2500	25	15
SN 5000	20	12
SN 10000	15	9

**Tabelle 6-1 Ausschnitt**

$\varepsilon_R$  = gewichteter Rechenwert der Randfasergrenzdehnung  
 $\varepsilon_R = \frac{p_E \cdot \varepsilon_{RL} + p_V \cdot \varepsilon_{RK}}{p_E + p_V}$

mit:  
 $\varepsilon_{RL}$  = Rechenwert der Randfasergrenzdehnung (Langzeit), s.o.  
 $\varepsilon_{RK}$  = Rechenwert der Randfasergrenzdehnung (Kurzzeit), s.o.  
 $p_E$  = Bodenspannung infolge Erdlast, s.o.  
 $p_V$  = Bodenspannung infolge Verkehrslast, s.o.

### Erforderlicher Sicherheitsbeiwert

Der erforderliche Global-Sicherheitsbeiwert erf  $\gamma$  für die Sicherheitsklasse A (Regelfall) beträgt bei glasfaserverstärkten Kunststoffrohren gemäß ATV-DVWK-A 127 für den Dehnungsnachweis 2,0. Sofern die Vorverformungen über die Abminderungsfaktoren  $\kappa_{v2}$  und  $\kappa_a$  berücksichtigt wurden, gilt für den Stabilitätsnachweis ebenfalls erf  $\gamma = 2,0$  gemäß des ATV-DVWK-A 127.

## 6.2 Auftrieb

Befindet sich der Grundwasserspiegel (oder Wasserstand) auf Geländeniveau, dann ist die Prüfung auf Auftrieb erforderlich. Die kombinierte Last,  $F_{ab}$ , (N/m) - aufgrund der Summe der Lasten des Bodens,  $W_s$ , (N/m) plus Gewicht des Rohres,  $W_p$ , (N/m) sowie dessen Inhalt,  $W_i$ , (N/m) - muss größer sein als die Auftriebskraft nach oben,  $F_{auf}$ :

$$W_s + W_p + W_i = F_{ab}$$

dabei gilt:

$$W_s = OD \cdot \gamma_s \cdot \left(1 - \frac{h_w}{3h}\right)$$

$$\text{und } F_{ab} \geq F_{auf}$$

wobei

$$F_{auf} = \frac{\pi}{4} \cdot OD^2 \cdot \gamma_w$$

In der obigen Gleichung sind

$h_w$  = Höhe des Wasserspiegels über dem Rohrscheitel (m)

$h$  = Höhe des Bodens über dem Rohrscheitel (m)

$\gamma_w$  = spezifische Dichte des Wassers ( $\text{kg/m}^3$ )

## 6.3 Wasserdruckprüfung

Maximaler Werksprüfdruck = 2,0 x PN (Druckklasse)

Maximaler Feldprüfdruck = 1,5 x PN (Druckklasse)

Die Prüfung von Druck und Durchmesser ist abhängig von der Kapazität werksindividueller Druckprüfeinrichtungen.

## 6.4 Druckstoß und Wasserschlag

Unter Wasserschlag oder Druckstoß versteht man die Erhöhung oder den Abfall des Drucks aufgrund einer abrupten Änderung der Fließgeschwindigkeit innerhalb des Rohrsystems. Der übliche Grund für diese Durchflussänderungen ist das schnelle Schließen oder Öffnen von Ventilen oder das plötzliche Inbetriebsetzen oder Stoppen von Pumpen, z. B. während eines Stromausfalls. Die wichtigsten Faktoren, die den Wasserschlagdruck in einem Rohrsystem beeinflussen, sind die Veränderung in der Fließgeschwindigkeit, die Höhe der Geschwindigkeitsänderung (Zeit für das Schließen des Ventils), die Kompressionsfähigkeit der Flüssigkeit, die Steifigkeit der Rohre in Umfangsrichtung sowie der Aufbau des Rohrsystems.

Der für FLOWTITE Rohre geschätzte Wasserschlagdruck beträgt ca. 50 % des Druckes für Rohre aus Stahl und Gusseisen unter ähnlichen Bedingungen. FLOWTITE Rohre haben eine Druckstoßtoleranz in Höhe von 40 % des Nenndruckes. Ein annäherndes Verhältnis für die maximale Druckänderung an einem vorgegebenen Punkt innerhalb einer gerade verlaufenden Rohrleitung mit zu vernachlässigendem Reibungsverlust kann mit der folgenden Formel berechnet werden:

$$\Delta H = (w \Delta v) / g$$

Dabei gilt:

$\Delta H$  = Druckänderung (m)

$w$  = Fortpflanzungsgeschwindigkeit Druckwellen (m/s)

$\Delta v$  = Änderung der Fließgeschwindigkeit (m/s)

$g$  = Erdbeschleunigung ( $\text{m/s}^2$ )

DN	300-400	450-800	900-2500	2800-3000
<b>SN 2500</b>				
PN 6	365	350	340	330
PN 10	435	420	405	390
PN 16	500	490	480	470
<b>SN 5000</b>				
PN 6	405	380	370	360
PN 10	435	420	410	
PN 16	505	495	480	
PN 25	575	570	560	
<b>SN 10000</b>				
PN 6	420	415	410	400
PN 10	435	425	415	
PN 16	500	495	485	
PN 25	580	570	560	
PN 32	620	615	615	

**Tabelle 6-2 Fortpflanzungsgeschwindigkeit Druckwellen für FLOWTITE Rohre (m/s)**

DN	100	125	150	200	250
<b>SN 10000</b>					
PN 6	580	560	540	520	500
PN 10	590	570	560	540	520
PN 16	640	620	610	600	590

**Tabelle 6-3 Fortpflanzungsgeschwindigkeit Druckwellen für Rohre mit geringem Durchmesser**

**! Anmerkung:** Obige Werte wurden um maximal 2 % gerundet. Bitte setzen Sie sich mit Ihrem FLOWTITE Zulieferer in Verbindung, wenn für eine Berechnung genauere Werte benötigt werden.

## 6.5 Belastbarkeit

Für Planungszwecke können die folgenden Werte für die Ringzug- sowie für die Axialzugbeanspruchung verwendet werden.

DN	PN1	PN6	PN10	PN16	PN20	PN25	PN32
300	60	360	600	960	1200	1500	1920
350	70	420	700	1120	1400	1750	2240
400	80	480	800	1280	1600	2000	2560
450	90	540	900	1440	1800	2250	2880
500	100	600	1000	1600	2000	2500	3200
600	120	720	1200	1920	2400	3000	3840
700	140	840	1400	2240	2800	3500	4480
800	160	960	1600	2560	3200	4000	5120
900	180	1080	1800	2880	3600	4500	5760
1000	200	1200	2000	3200	4000	5000	6400
1100	220	1320	2200	3520	4400	5500	7040
1200	240	1440	2400	3840	4800	6000	7680
1400	280	1680	2800	4480	5600	7000	8960
1600	320	1920	3200	5120	-	-	-
1800	360	2160	3600	5760	-	-	-
2000	400	2400	4000	6400	-	-	-
2200	440	2640	4400	-	-	-	-
2400	480	2880	4800	-	-	-	-
2600	520	3120	-	-	-	-	-
2800	560	3360	-	-	-	-	-
3000	600	3600	-	-	-	-	-

**Tabelle 6-4 Ringzugfestigkeit**

Ursprüngliche Mindestbeanspruchung (in Umfangsrichtung), N/mm Länge.

DN	PN1	PN6	PN10	PN16	PN20	PN25	PN32
300	95	115	140	150	170	190	220
350	100	125	150	165	190	215	255
400	105	130	160	185	210	240	285
450	110	140	175	205	235	265	315
500	115	150	190	220	250	290	345
600	125	165	220	255	295	345	415
700	135	180	250	290	340	395	475
800	150	200	280	325	380	450	545
900	165	215	310	355	420	505	620
1000	185	230	340	390	465	560	685
1100	195	245	360	420	505	600	715
1200	205	260	380	460	560	660	785
1400	225	290	420	530	630	760	1015
1600	250	320	460	600	-	-	-
1800	275	350	500	670	-	-	-
2000	300	380	540	740	-	-	-
2200	325	410	595	-	-	-	-
2400	350	440	620	-	-	-	-
2600	375	470	-	-	-	-	-
2800	410	510	-	-	-	-	-
3000	455	545	-	-	-	-	-

**Tabelle 6-5 Axialzugfestigkeit**

Ursprüngliche Mindestbeanspruchung (in Längsrichtung), N/mm Umfang.

## 6.6 Fließgeschwindigkeit

Die empfohlene maximale Fließgeschwindigkeit beträgt 3,0 m/s. Es können Geschwindigkeiten von bis zu 4,0 m/s angenommen werden, wenn das Wasser sauber ist und keinerlei abrasive Stoffe enthält. Eine Referenzliste für Projekte, bei denen Fließgeschwindigkeiten von über 4,0 m/s dokumentiert wurden, ist verfügbar.

## 6.7 Beständigkeit gegen UV-Strahlen

Es gibt keinen Hinweis darauf, dass die Einwirkung von ultravioletem Licht die Lebensdauer von FLOWTITE Rohren beeinträchtigt. Lediglich die äußerste Oberfläche ist durch eine Entfärbung betroffen. Wenn gewünscht, kann das bauausführende Unternehmen die Außenhaut von FLOWTITE Rohren mit einem Anstrich versehen. Dies bedeutet jedoch, dass in Zukunft Wartungsarbeiten erforderlich werden. Bei unseren langjährigen und vielfältigen Erfahrungen mit dem Einsatz von oberirdisch verlegten Rohren im Mittleren Osten unter feuchten und wüstenähnlichen Bedingungen sowie in Skandinavien mit dunklen und kalten Wintern hat FLOWTITE seit über 30 Jahren keinen Nachweis einer strukturellen Beeinträchtigung der Rohre durch die Einwirkung der UV-Strahlung gefunden.

## 6.8 Poisson-Koeffizient

Der Poisson-Koeffizient wird durch den Bau des Rohres beeinflusst. Für FLOWTITE Rohre bewegt sich der Koeffizient für Beanspruchungen in Umfangsrichtung und das axiale Ansprechverhalten zwischen 0,22 und 0,29. Für die axiale Beanspruchung und das umfangsbezogene Ansprechverhalten ist der Poisson-Koeffizient etwas niedriger.

## 6.9 Temperatur

In Abhängigkeit von der Betriebstemperatur und der Art des Harzes, das bei der Herstellung der Rohre und Formstücke verwendet wurde, kann die Druckklasse bei hohen Temperaturen beeinflusst werden. Für detailliertere Angaben setzen Sie sich bitte mit Ihrem örtlichen Hersteller in Verbindung. Auf Anfrage sind spezielle maßgeschneiderte Lösungen für Hochtemperaturanwendungen möglich.

## 6.10 Wärmeausdehnungskoeffizient

Der Wärmeausdehnungskoeffizient für die axiale Ausdehnung und Kontraktion von FLOWTITE Rohren beträgt 24 bis 30 x 10<sup>-6</sup> cm/cm/°C.

## 6.11 Rauigkeitskoeffizient

Auf der Grundlage von Versuchen, die an FLOWTITE Rohren in bestehenden Anlagen durchgeführt wurden, wird der Colebrook-White Koeffizient mit 0,029 mm angegeben. Dies entspricht einem Koeffizienten nach Hazen-Williams von ca. C = 150. Der Manning-Koeffizient ist n = 0,009.

Um dem Planer bei der Einschätzung des Druckabfalls unter Verwendung von FLOWTITE Rohren zu helfen, wurden die unten stehenden Zeichnungen beigelegt.

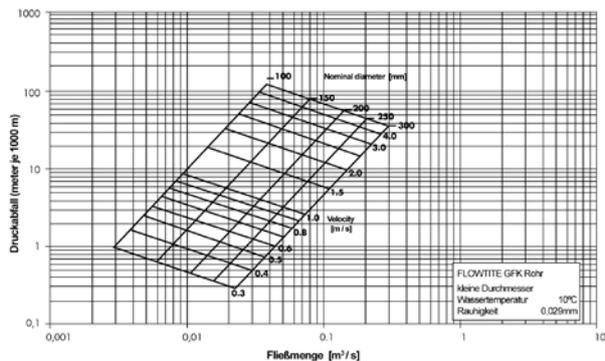


Bild 6-2 Druckabfall – kleine Durchmesser

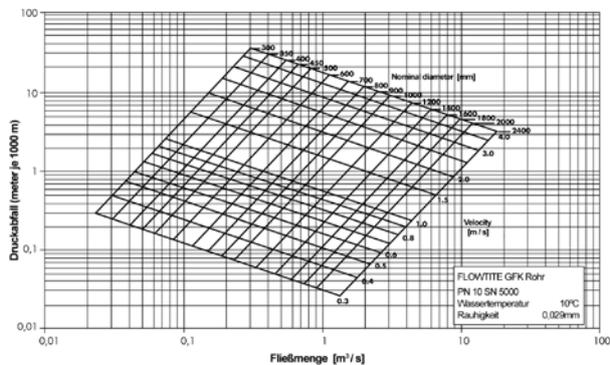


Bild 6-3 Druckabfall – große Durchmesser

## 6.12 Abriebfestigkeit

Die Abriebfestigkeit entspricht den Auswirkungen, die Sand oder ähnliche Materialien auf die Innenoberfläche des Rohres haben. Da es weltweit kein standardisiertes Prüfverfahren oder eine entsprechende Rangreihenmethode gibt, wurden die FLOWTITE Rohre unter Verwendung der Darmstädter Methode bewertet. Die Ergebnisse werden in großem Maße durch die Art des Abriebmaterials beeinflusst, das während des Tests verwendet wurde. Bei der Verwendung von Kies entsprechend der Ausführung, die an der Universität Darmstadt eingesetzt wurde, beträgt der durchschnittliche Abriebverlust von FLOWTITE Rohren 0,34 mm bei 100.000 Zyklen.

## 6.13 Äußerer Beuldruck

An den Stellen, wo Rohre äußerem Druck ausgesetzt sind (z. B. bei Tanks, Auftriebssystemen, unter Wasser etc.), kann die Beuldruckfestigkeit wichtig werden.

Kleinster maximaler Beuldruck in bar:

$$P_B = 2,5 \cdot \frac{E_H}{1 - \mu_{XY}^2} \cdot \frac{t}{r_m} \cdot \left( \frac{r_m}{r_m} \right)^3$$

Zur Berechnung des Beuldruckes verwendet man die Formel für dünnwandige Rohre ( $r/t > 10$ ). Er ist weiterhin abhängig vom Verhältnis zwischen Durchmesser und Abstand der Versteifungen.

**! Anmerkung:** Die Verwendung von 75 % des kleinsten maximalen Beuldruckes als Wert für den äußeren Druck wird im Allgemeinen für industrielle Anwendungen problemlos akzeptiert.

Für Rohre die unter Wasser verwendet werden, wie z.B. auf dem Meeresboden verlegte Leitungen, sollten 30 % des kleinsten maximalen Beuldruckes angesetzt werden.

## 6.14 Hydraulik

FLOWTITE Rohre haben eine Menge hydraulischer Eigenschaften, die in Summe zu einem geringeren Druckabfall, zur Minimierung von Pumpenergie sowie zur Verbesserung des Durchflusses führen. Die Fließeigenschaften von FLOWTITE Rohren können in verschiedener Hinsicht mit denen von Stahl verglichen werden.

## 6.15 Durchfluss von Flüssigkeiten

FLOWTITE Rohre bieten eine Reihe von Vorteilen im Vergleich zu Rohren aus Stahl.

Diese Vorteile sind:

- Eine glatte Innenoberfläche – dies führt zu geringerem Druckverlust bzw. zu einem geringeren erforderlichen Pumpdruck. Daraus ergeben sich bedeutende Kosteneinsparungen.
- Die Innenoberfläche bleibt während der gesamten Lebensdauer glatt und ermöglicht so einen gleichbleibend geringen Druckabfall.
- Der Innendurchmesser von FLOWTITE Rohren ist größer als bei Stahl- oder Thermoplastrohren; dies führt zu einer größeren Durchflusskapazität, einer geringeren Fließgeschwindigkeit und einem geringeren Druckverlust.

### 6.15.1 Druckreduzierung

Die glatte Innenoberfläche von FLOWTITE Rohren im Vergleich zu Stahl ist ein großer Vorteil bei der Reduzierung des Druckverlustes.

Über viele Jahre hinweg haben Wasserbauingenieure den Hazen-Williams-Faktor als Indikator für die Glätte und die gute Leistungsfähigkeit von Rohren verwendet. Der Hazen-Williams-Faktor für FLOWTITE ist = 150. FLOWTITE Rohre haben einen weiteren Vorteil, da sich die Rauheit der Innenoberfläche mit fortschreitender Zeit nicht verändert. Die Rauheit der Innenoberfläche von Rohren aus Stahl oder Gusseisen erhöht sich mit der Zeit aufgrund der inneren Korrosion sowie durch chemische Angriffe – dies ist bei FLOWTITE Rohren nicht der Fall.

### 6.15.2 Berechnungen für Druckabfall / Druckverlust

Sämtliche Methoden und Formeln, die für Stahlrohre verwendet werden, können auch bei FLOWTITE Rohren eingesetzt werden, wenn Punkte wie die glatte Innenoberfläche, Abmessungen und Materialeigenschaften berücksichtigt werden. Gleichung nach Hazen-Williams, anwendbar auf Wasserrohre unter der Bedingung komplett turbulenter Strömung:

$$h_f = 240 \cdot 10^6 (100/C)^{1,85} (Q^{1,85}/d^{4,87})$$

Dabei ist:  $h_f$  = Reibungsfaktor m Wasser / 100 m  
 $Q$  = Durchflussrate in l / sec  
 $ID$  = Innendurchmesser des Rohres, m  
 $C$  = Rauheitskoeffizient nach Hazen-Williams = 150 (typischer Wert für Glasfaserrohre)  
 $L$  = Länge der Rohrleitung, m

Der Druckabfall für jegliche Flüssigkeit beträgt

$$P = (h_f)(SG)/0,102$$

Dabei gilt:  $P$  = Druckverlust, kPa  
 $SG$  = spezifisches Gewicht der Flüssigkeit

### 6.15.3 Gleichung nach Manning

Die Gleichung nach Manning wird für Wasserrohre mit Teilfüllung verwendet. Dies ist normalerweise bei Freispiegelleitungen, Abflussleitungen und Abwasserkanälen der Fall, bei denen das Fließen nur durch Gefälle hervorgerufen wird.

$$Q_m = (1000/n) (S)^{0,5} (A) R^{0,667}$$

Dabei ist:  $Q_m$  = Durchflussrate, l / sec  
 $S$  = hydraulisches Gefälle des Abhangs =  $(H_1 - H_2)/L$

$H_1$  = Erhebung stromaufwärts, m  
 $H_2$  = Erhebung stromabwärts, m  
 $L$  = Länge der Rohrleitung, m  
 $A$  = Querschnittsfläche der Rohre, m<sup>2</sup>  
 $R$  = hydraulischer Radius, m =  $A/W_p$   
 $W_p$  = benetzter Umfang des Rohres, m  
 $n$  = Rauigkeitsfaktor nach Manning = 0.009 typisch für Glasfaserrohre

### 6.15.4 Gleichungen für Flüssigkeiten in Rohrleitungen

Allgemeine Gleichung: Gleichung nach Darcy-Weisbach. Die Gleichung nach Darcy-Weisbach wird auf alle Flüssigkeiten für Rohre mit kompletter Füllung angewandt.

$$H_f = fL (v^2)/2(ID) g$$

Dabei ist:  $H_f$  = Druckabfall, Pa (N/m<sup>2</sup>)  
 $g$  = Erdbeschleunigung = 9,81m/s<sup>2</sup>  
 $f$  = Reibungsfaktor  
 $L$  = Länge der Rohrleitung, m  
 $v$  = Fließgeschwindigkeit, m/s  
 $ID$  = Rohrrinnendurchmesser, m

### 6.15.5 Formeln für den Reibungsfaktor

Der Reibungsfaktor ist eine Funktion von folgenden Faktoren:  
 Flüssigkeitsdichte,  
 Innendurchmesser des Rohres,  
 Fließgeschwindigkeit,  
 Dynamische Viskosität der Flüssigkeit.

Die Gesamtheit dieser vier Eigenschaften bildet die so genannte Reynolds-Zahl  $R_e$

$$R_e = \frac{vID}{\mu}$$

Dabei ist:  $v$  = Fließgeschwindigkeit, m/s  
 $ID$  = Innendurchmesser des Rohres, m  
 $\mu$  = dynamische Viskosität der Flüssigkeit, Ns/m<sup>2</sup> (Pa s)

Wenn  $R_e < 2000$ , liegt laminares Strömen vor, dann

$$f = \frac{64}{R_e}$$

Wenn  $R_e > 4000$ , liegt turbulentes Strömen vor, dann

$$1/f_t^{0,5} = -2 \log((e/ID)/3,7) + 2,51/(R_e)(f_t^{0,5})$$

Dabei ist:  $f$  = Reibungsfaktor  
 $k$  = Absolute Rauheit der Innenoberfläche, m

ID = Innendurchmesser des Rohres, m  
 $R_e$  = Reynolds-Zahl

Diese Gleichung erfordert eine iterative Lösung. Eine Vereinfachung dieser Formel mit einer Genauigkeit von innerhalb 1% ist:

$$f_t = (1,8 \log(R_e/7))^{-2}$$

### 6.15.6 Druckabfall in Formstücken

Der Gesamtdruckabfall in Formstücken kann unter Verwendung der folgenden Gleichung berechnet werden:

$$= \Sigma k \cdot (v^2/2g)$$

Dabei gilt Folgendes:

- k = Verlustbeiwert für jede Art und Konfiguration von Formstücken
- v = Fließgeschwindigkeit in der Rohrleitung, m/s

### 6.15.7 Gleichung nach Darcy für „geringere Verluste“

Für die Berechnung von Verlusten in Rohrleitungssystemen sowohl mit Rohrreibung als auch mit geringeren Verlusten verwenden Sie bitte die folgende Gleichung:

$$(\Sigma k + f_t (L/ID))(v^2/2g)$$

Dabei gilt Folgendes:

- $\Sigma(k)$  = Summe der Verlustbeiwerte „k“ für die Formstücke im Rohr
- v = Fließgeschwindigkeit
- g = Erdbeschleunigung

Beschreibung	k-Faktoren
90 Grad, Standard-Krümmen	0,400
0 – 30 Grad, Ein-Segment	0,150
45 – 60 Grad, Zwei-Segment	0,240
T-Stück, direkter Strom	0,400
T-Stück, Fluss zum Abzweig	1,400
T-Stück, Fluss vom Abzweig	1,700
Reduzierstück – einstufig	0,075
Reduzierstück – zweistufig	0,075

Tabelle 6-6 Verlustbeiwert für Formstücke

## 7 Produktpalette

FLOWTITE Rohrsysteme werden in Nennweiten von DN 100 bis DN 4000 geliefert.

Größere oder Zwischendurchmesser stehen auf Anfrage zur Verfügung.

Die **Standard-Nenn Durchmesser** in mm sind hier genannt:

100 · 150 · 200 · 250 · 300 · 350 · 400 · 450 · 500 · 600 · 700 · 800 · 900 · 1000  
 1100 · 1200 · 1400 · 1600 · 1800 · 2000 · 2200 · 2400 · 2600 · 2800 · 3000

Die lokal produzierten Standarddurchmesser variieren je nach Produktionsanlage. Für detaillierte Informationen wenden Sie sich bitte an Ihre örtliche Niederlassung. Größere Durchmesser von DN 3000 bis DN 4000 und andere Durchmesser sind auf Nachfrage erhältlich.

### 7.1 Steifigkeitsklassen

Die Steifigkeit ist definiert als die Fähigkeit eines Rohres, äußeren Lasten und negativen Drücken (Unterdrücken) zu widerstehen. Es ist eine Angabe seiner Festigkeit.

Es handelt sich um den gemessenen Widerstand bei Verformung eines Ringprüfstückes durch eine Prüfung, die mit internationalen Normen übereinstimmt. Es ist der Wert, den man erhält, wenn man die Kraft, die für die Verformung des Prüfstückes um 3 % (ISO-Norm) nötig ist, durch die Einheitslänge des Prüfstückes teilt. Die CEN- und die ISO-Normen definieren Steifigkeit wie folgt:

$$S = \frac{EI}{d_m^3}$$

Dabei gilt Folgendes:

- S = Steifigkeit des Rohres, durch Prüfung bestimmt
- E = Elastizitätsmodul
- I = Trägheitsmoment 2. Grades in m<sup>4</sup> pro m

$$I = \frac{t^3}{12}$$

Dabei ist: t = Rohrwandstärke.

Gemäß den amerikanischen ASTM-Normen wird die Steifigkeit bei 5 % Verformung gemessen und als  $\frac{F}{\Delta_y}$  in psi ausgedrückt; es ist die Steifigkeit des Rohres und nicht die weiter oben erwähnte spezifische tangential anfängliche Steifigkeit „S“, bei der gilt: F = Last pro Länge in Pfund pro Zoll.  $\Delta_y$  ist die vertikale Verformung in Zoll. FLOWTITE Rohrsysteme weisen die folgende spezifische anfängliche Steifigkeit (EI/D<sup>3</sup>), ausgedrückt in N/m<sup>2</sup>, auf.

# 8 Verbinden der Rohre

- 01
- 02
- 03
- 04
- 05
- 06
- 07
- 08
- 09
- 10
- 11
- 12

Steifigkeitsklasse SN	Steifigkeit (N/m <sup>2</sup> )	Steifigkeit (ASTM) (psi)
2500	2500	18
5000	5000	36
10000	10000	72

**Tabelle 7-1 Standard-Steifigkeitsklassen**

Andere Steifigkeitsklassen sind auf Anfrage lieferbar. Wir liefern weiterhin anwendungsspezifische Rohrsysteme mit einer speziell auf die Erfordernisse des Projekts zugeschnittenen Steifigkeit.

## 7.2 Druck

Unsere FLOWTITE Rohre können in den hier aufgelisteten Druckklassen geliefert werden.

Druckklasse PN	Druckklasse (bar)	Oberer Grenzwert für den Durchmesser
1 (drucklos)	1	3000
6	6	3000
10	10	2400
16	16	2000
20	20	1400
25	25	1400
32	32	1400

**Tabelle 7-2 Standard-Druckklassen**

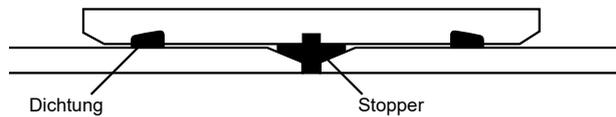
Nicht alle Druckklassen sind in allen Durchmessern und Steifigkeiten lieferbar. Für ausführliche Informationen setzen Sie sich bitte mit Ihrem örtlichen FLOWTITE Hersteller oder mit der Amiantit-Gruppe in Verbindung. Ebenfalls erhältlich sind kundenspezifische Rohre mit Druckklassen, die auf die Erfordernisse eines Projektes zugeschnitten sind.

Die Druckbemessung für Rohre wurde in Übereinstimmung mit den Angaben internationaler Normen durchgeführt. Sie erfolgt bei vollem Betriebsdruck, auch wenn die Rohre bis zur empfohlenen Höchsttiefe verlegt worden sind, sowie unter Berücksichtigung der in diesen Normen vorgegebenen Verfahren in Verbindung mit den kombinierten Lasten.

## 7.3 Längen

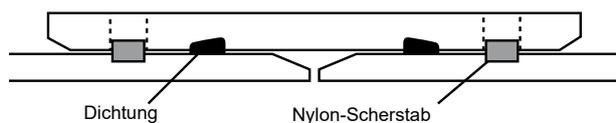
FLOWTITE Rohrsysteme können für spezielle Aufträge auch in anderen Längen geliefert werden. Die Standardlängen von FLOWTITE Rohren betragen 6 bzw. 12 m. Kundenspezifische Längen von bis zu 24 m sind auf Anfrage lieferbar. Durchmesser geringer als 300 mm, sind nur in Standardlängen von 6 Meter erhältlich.

FLOWTITE Rohre werden üblicherweise mit FLOWTITE GFK-Kupplungen verbunden. Alle FLOWTITE GFK-Rohrlösungen verfügen über ein erprobtes Verbindungssystem, das die Funktionsfähigkeit des Systems über dessen gesamte, zu erwartende Lebensdauer gewährleistet. Das System bietet weiterhin Lösungen für Übergänge zu anderen Materialien wie z. B. die Anschlüsse für Ventile oder andere Zubehörteile. Die Rohre werden üblicherweise unter Verwendung der FLOWTITE GFK-Kupplungen auf der Grundlage des REKA Systems verbunden. Rohre und Kupplungen können alternativ getrennt oder auf einem der Spitz-Enden des Rohres vormontiert, geliefert werden. Die FLOWTITE Kupplung besitzt zur Abdichtung einen Elastomerdichtung. Die Dichtung sitzt in einer präzisionsgefrästen Nut an beiden Seiten der Kupplung und dichtet gegen das Spitzende des Rohres ab. Das System hat sich seit 75 Jahren im Einsatz bewährt.



**Bild 8-1 Standard-GFK-Kupplung**

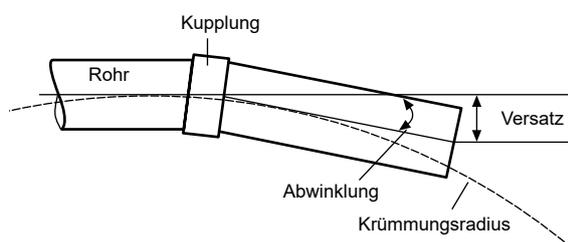
Druckrohrsysteme mit asymmetrischen, axialen Druckkräften benötigen den Einbau von Widerlagern oder die Verwendung von zugfesten Verbindungssystemen. Bei Standardrohrsystemen werden Widerlager verwendet, um die Kräfte in den Boden zu leiten. Eine andere Methode sieht die Verwendung von biaxialen Rohren und/oder das Scherstab-Verbindungssystem vor, welche die Axialkräfte zuverlässig übertragen. Dies macht den Einbau von Betonwiderlagern oft überflüssig, und die Investition wird dadurch zeit- und kosteneffektiver.



**Bild 8-2 Standard-Scherstab-Verbindung**

### Abwinklung bei Verbindungen

Die Verbindungen sind eingehend geprüft und in Einklang mit ASTM D4161, ISO DIS8639 und EN 1119. Die maximale Abwinklung (Versatz), gemessen als die Richtungsänderung der Mittellinien zweier anstoßender Rohre, darf die in der folgenden Tabelle angegebenen Werte nicht überschreiten.



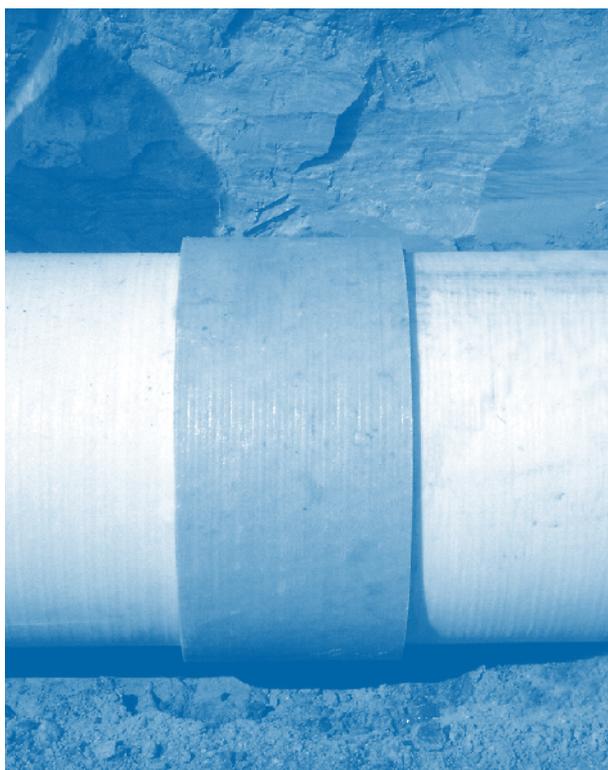
**Bild 8-3 Versatz und Biegeradius**

Nenn Durchmesser des Rohres (mm)	Druck (PN) in bar			
	bis zu 16	20	25	32
		Maximale Abwinklung (Grad)		
DN ≤ 500	3,0	2,5	2,0	1,5
500 < DN ≤ 800	2,0	1,5	1,3	1,0
800 < DN ≤ 1800	1,0	0,8	0,5	0,5
DN > 1800	0,5	NA	NA	NA

Tabelle 8-1 Abwinklung von Doppelmuffenkupplungen

Winkelabweichung (Grad)	Maximaler Versatz (mm) Rohrlänge			Krümmungsradius (m) Rohrlänge		
	3 m	6 m	12 m	3 m	6 m	12 m
				3 m	6 m	12 m
3,0	157	314	628	57	115	229
2,5	136	261	523	69	137	275
2,0	105	209	419	86	172	344
1,5	78	157	313	114	228	456
1,3	65	120	240	132	265	529
1,0	52	105	209	172	344	688
0,8	39	78	156	215	430	860
0,5	26	52	104	344	688	1376

Tabelle 8-2 Versatz und Biegeradius



## 8.1 Andere Verbindungssysteme

### GFK-Flansche

Das Standardlochbild, nach dem unsere Flansche hergestellt werden, ist in Übereinstimmung mit ISO2084. Andere Abmessungssysteme für Schrauben, wie AWWA, ANSI, DIN und JIS, können ebenfalls geliefert werden. Losflansche und Festflansche sind für sämtliche Druckklassen lieferbar.

### Flanschverbindung mit O-Ring-Dichtung

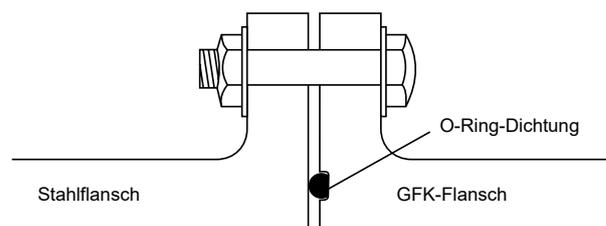


Bild 8-4 Flanschverbindung

### Festflansch

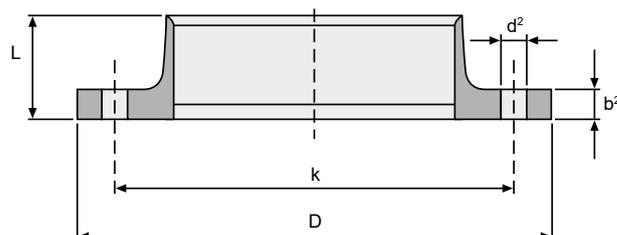


Bild 8-5 Festflansch

### Losflansch

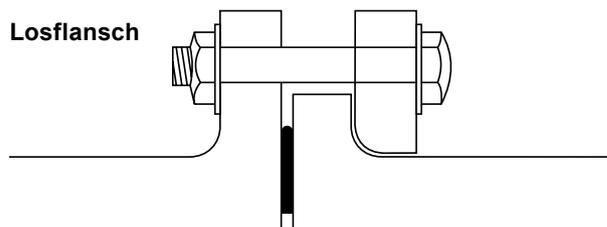


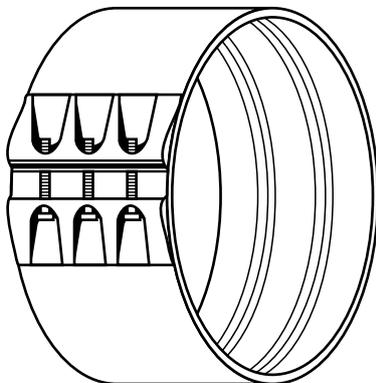
Bild 8-6 Losflansch mit flacher Dichtung inkl. Stahleinlage

### Flexible Stahlkupplungen

Bei der Verbindung von FLOWTITE Rohren mit anderen Materialien und anderem Außendurchmesser werden bevorzugt flexible Stahlkupplungen eingesetzt. Die Kupplungen bestehen aus einem Stahlmantel mit einer innenliegenden Gummidichtungsmanschette. Sie können auch für die Verbindung von FLOWTITE Rohren verwendet werden, zum Beispiel bei Reparaturen oder für einen Endabschluss.

Drei Typen sind üblicherweise lieferbar:

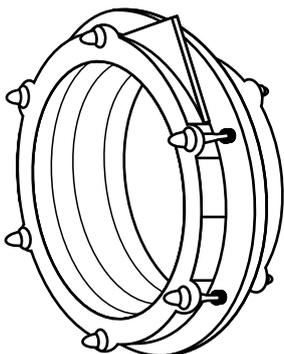
- Beschichteter Stahlmantel
- Edelstahlmantel
- Feuerverzinkter Stahlmantel



**Bild 8-7 Flexible Stahlkupplungen**

Mechanische Kupplungen werden für die Verbindung von Rohren unterschiedlicher Materialien und Durchmesser sowie zur Anpassung an Flanschstützen eingesetzt. Die FLOWTITE Technologie hat im Markt eine Vielzahl dieser Kupplungen, variierend hinsichtlich Bolzengröße, Bolzenanzahl und Dichtungsdesign, gefunden und sieht daher generell von Empfehlungen ab. Soll eine mechanische Kupplung verwendet werden, um ein FLOWTITE Rohr mit einem Rohr aus anderem Material zu verbinden, so sollte ein doppeltes, unabhängiges Verschraubungssystem das getrennte Anziehen der Muttern am FLOWTITE Rohr erlauben, da dort normalerweise ein geringeres Anzugsdrehmoment erforderlich ist als vom Hersteller der Kupplung empfohlen.

Demzufolge können wir den generellen Einsatz flexibler Kupplungen mit FLOWTITE Rohren nicht empfehlen. Beabsichtigt der Rohrverleger dennoch den Einsatz flexibler Kupplungen (Marke und Modell), empfehlen wir, sich vor deren Kauf mit dem örtlichen FLOWTITE Rohrlieferanten in Verbindung zu setzen. Der Rohrlieferant kann dann unter Umständen Empfehlungen aussprechen, unter welchen Bedingungen diese Ausführung für eine Benutzung mit dem FLOWTITE System geeignet ist.

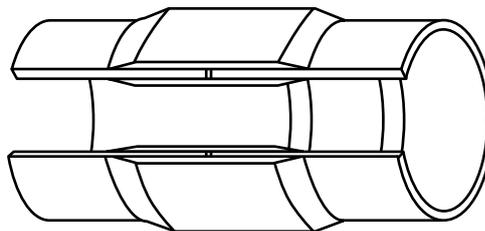


**Bild 8-8 Mechanische Kupplung mit doppelter Verschraubung**

### Laminatverbindungen (Stoßlaminat)

Laminatverbindungen werden in der Regel dort eingesetzt, wo eine Übertragung von Axialkräften, hervorgerufen durch den Innendruck, erforderlich ist. Sie werden auch bei Reparaturen angewandt. Die Länge und Dicke des Laminats hängt vom Druck und vom Durchmesser ab.

Detaillierte Informationen zu lokal verfügbaren Verbindungen und Verbindungssystemen erhalten Sie von Ihrem Lieferanten.

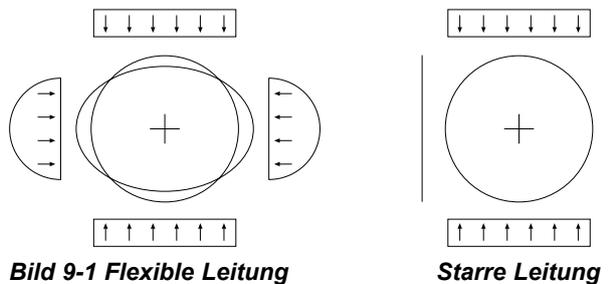


**Bild 8-9 Laminatverbindung**

# 9 Auswahl von Rohrklassifizierungen

Die Auswahl von FLOWTITE Rohren basiert auf den Anforderungen hinsichtlich Druck- und Steifigkeitsklasse. GFK ist ein flexibles Material. Das Design basiert auf dem Zusammenwirken von Rohr und Bodenunterstützung. Im Unterschied zu Beton und anderen starren Materialien berücksichtigt das Design der Rohre den anliegenden Boden und das Hinterfüllmaterial. Die Flexibilität des Rohres in Kombination mit dem natürlichen strukturellen Verhalten der Böden schafft eine ideale Konstellation für die Übertragung von vertikalen Lasten. Im Unterschied zu starren Rohren, die unter übermäßigen vertikalen Lasten brechen können, ermöglicht die Flexibilität des Rohres in Kombination mit dessen hoher Festigkeit die Verformung des Rohres und die Umverteilung der Last auf das umgebende Erdreich.

## Flexible / starre Leitungen



**Bild 9-1 Flexible Leitung**

**Starre Leitung**

## Steifigkeit

Die Steifigkeit von FLOWTITE Rohren entspricht einer der drei unten aufgeführten Steifigkeitsklassen. Die Steifigkeitsklasse stellt die spezifische minimale anfängliche Steifigkeit ( $EI/D^3$ ) in  $N/m^2$  dar.

SN	$N/m^2$
2500	2500
5000	5000
10000	10000

**Tabelle 9-1 Steifigkeitsklasse**

Die Steifigkeit wird nach zwei Parametern ausgewählt. Dabei handelt es sich um (1) die Einbaubedingungen des Bodens, den Typ des Verfüllmaterials, die Höhe der Überdeckung und (2) den Unterdruck, wenn dieser vorkommt.

Die Eigenschaften des anliegenden Bodens werden gemäß der Standard-Eindringprüfung nach ASTM D1586 eingeteilt. Einige typische Schlagzahlwerte für Böden in Verbindung mit Bodentypen und Dichte sind in **Tabelle 9-2** angeführt.

In **Tabelle 9-3** wird eine große Bandbreite von Bodentypen für die Verfüllung angegeben, um kundenindividuelle Einbaubedingungen und eine möglichst wirtschaftliche Verlegung zuzulassen. In vielen Fällen können die vorhandenen Aushubmassen als Verfüllmaterial für die Rohreinbettung wieder verwendet werden.

Unter Annahme der Standardbauweise für Rohrgräben und einer zulässigen langfristigen Verformung von 5% für Rohrdurchmesser ab 300 mm und von 4% (bei Anwendung der Berechnungsbasis nach AWWA M45) für kleinere Durchmesser wird die maximal zulässige Überdeckung unter Berücksichtigung der Verkehrslasten für die drei verschiedenen Steifigkeitsklassen in den sechs Bodengruppen in der „FLOWTITE Verlegeanleitung für erdverlegte Rohrleitungen“ vorgegeben.

Die Relation zwischen der Klassifizierung des Verfüllmaterials, den Bodengruppen, der Steifigkeit der Rohre und der Verlegetiefe ist ebenfalls in der „FLOWTITE Verlegeanleitung für erdverlegte Rohrleitungen“ vorgegeben. Der zweite Parameter für die Auswahl der Steifigkeitsklasse der Rohre ist der Unterdruck, soweit vorhanden. **Tabelle 9-4** zeigt auf, welche Steifigkeit für verschiedene Unterdrücke und Verlegetiefen zu wählen ist.

Die folgenden Informationen sind zusammengefasste Beschreibungen der Verlegeverfahren; sie sind jedoch nicht als Verlegeanleitung für jedes Projekt zu betrachten.

Bodenklasse	Körnig		Bindig		Modulus
	Schlagzahl <sup>1</sup>	Beschreibung	$q_u$ kPa	Beschreibung	$M_{sn}$
1	> 15	kompakt	> 200	sehr steif	34,50
2	8 - 15	etwas kompakt	100 - 200	steif	20,70
3	4 - 8	locker	50 - 100	mittel	10,30
4	2 - 4		25 - 50	weich	4,80
5	1 - 2	sehr locker	13 - 25	sehr weich	1,40
6	0 - 1	sehr sehr locker	0 - 13	sehr sehr weich	0,34

<sup>1</sup> Standard Eindringtests nach ASTM D1586

**Tabelle 9-2 Steifigkeitsgruppen für Böden. Werte des abhängigen Moduls,  $M_{sn}$**

Steifigkeitsgruppen für Böden zur Rückverfüllung	Beschreibung von Böden zur Rückverfüllung
SC1	Zerkleinerter Fels mit < 15% Sand, wobei höchstens 25% durch das 9,5 mm Sieb passen und er höchstens 5% Feinanteile aufweisen <sup>2)</sup> darf.
SC2	Reine, grobkörnige Böden, SW, SP <sup>1)</sup> , GW, GP oder beliebige Böden, die mit einem dieser Symbole beginnen und 12% oder weniger Feinanteile enthalten <sup>2)</sup> .
SC3	Reine, grobkörnige Böden mit Feinanteilen: GM, GC, SM, SC oder beliebige Böden, die mit einem dieser Symbole beginnen und 12% oder mehr Feinanteile enthalten <sup>2)</sup> . Sandige oder kiesige, feinkörnige Böden: CL, ML, (oder CL-ML, CL/ML, ML/CL) mit 30% oder mehr, die durch ein Sieb Nr. 200 zurückgehalten werden.
SC4	Feinkörnige Böden: CL, ML (oder CL-ML, CL/ML, ML/CL) mit 30% oder weniger, die durch ein Sieb Nr. 200 zurückgehalten werden.

Anmerkung: Die Symbole in der Tabelle verstehen sich gemäß der Bezeichnung der Bodenklassifizierungen, ASTM D2487.  
<sup>1)</sup> einheitlicher Feinsand SP, mit über 50% Siebdurchgang, Sieb Nr. 100 (0,15 mm); ist sehr feuchtigkeitsanfällig und wird nicht als Verfüllmaterial empfohlen.  
<sup>2)</sup> % Feinanteile ist der Gewichtsanteil derjenigen Bodenpartikel, die durch ein Sieb Nr. 200 mit 0,076 mm weiten Maschen passen.

**Tabelle 9-3 Klassifizierung der Bodentypen für die Verfüllung**

DN mm	SN 2500			SN 5000			SN 10000		
	3 m	6 m	12 m	3 m	6 m	12 m	3 m	6 m	12 m
100	-	-	-	-	-	-	1,00	1,00	-
150	-	-	-	-	-	-	1,00	1,00	-
200	-	-	-	-	-	-	1,00	1,00	-
250	-	-	-	-	-	-	1,00	1,00	-
300	0,28	0,25	0,25	0,53	0,50	0,50	1,00	1,00	1,00
350	0,30	0,25	0,25	0,55	0,50	0,50	1,00	1,00	1,00
400	0,32	0,25	0,25	0,58	0,50	0,50	1,00	1,00	1,00
450	0,32	0,26	0,25	0,61	0,51	0,50	1,00	1,00	1,00
500	0,39	0,26	0,25	0,66	0,51	0,50	1,00	1,00	1,00
600	0,48	0,27	0,25	0,78	0,52	0,50	1,00	1,00	1,00
700	0,66	0,28	0,25	1,00	0,54	0,50	1,00	1,00	1,00
800	0,74	0,30	0,25	1,00	0,56	0,50	1,00	1,00	1,00
900	0,77	0,32	0,25	1,00	0,59	0,50	1,00	1,00	1,00
1000	0,82	0,36	0,26	1,00	0,64	0,51	1,00	1,00	1,00
1100	0,88	0,39	0,26	1,00	0,66	0,51	1,00	1,00	1,00
1200	0,95	0,46	0,26	1,00	0,77	0,52	1,00	1,00	1,00
1300	0,97	0,53	0,27	1,00	0,85	0,52	1,00	1,00	1,00
1400	1,00	0,62	0,28	1,00	0,98	0,53	1,00	1,00	1,00
1600	1,00	0,73	0,29	1,00	1,00	0,56	1,00	1,00	1,00
1800	1,00	0,77	0,32	1,00	1,00	0,59	1,00	1,00	1,00
2000	1,00	0,81	0,35	1,00	1,00	0,63	1,00	1,00	1,00
2200	1,00	0,87	0,40	1,00	1,00	0,69	1,00	1,00	1,00
2400	1,00	0,94	0,45	1,00	1,00	0,76	1,00	1,00	1,00
2600	1,00	1,00	0,50	1,00	1,00	0,84	1,00	1,00	1,00
2800	1,00	1,00	0,55	1,00	1,00	0,92	1,00	1,00	1,00
3000	1,00	1,00	0,60	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

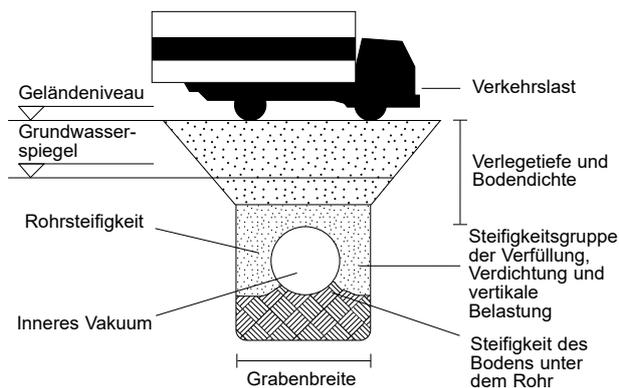
**Tabelle 9-4 Maximal zulässiger Unterdruck (bar) für nicht erdverlegte Abschnitte – Rohrlänge zwischen den Einspannungen: 3 m / 6 m / 12 m**

# 10 Allgemeine Verlegung

Eine lange Lebensdauer sowie gute Leistungsmerkmale der FLOWTITE Rohre können nur durch ordnungsgemäße Handhabung und dementsprechendem Einbau erreicht werden. Für Bauherren, Ingenieure und Auftragnehmer ist es wichtig zu wissen, dass Rohre aus glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) dafür ausgelegt sind, eine Stabilisierung durch Bettung und Hinterfüllung des Rohrbereiches zu erfahren, die sich aus der empfohlenen Verlegeart ergibt. Aufgrund ausgiebiger Erfahrungen haben Ingenieure festgestellt, dass ordnungsgemäß verdichtete körnige Materialien ideal für die Hinterfüllung von GFK-Rohren sind. Gemeinsam bilden das Rohr und das Bettungsmaterial ein hochleistungsfähiges „Rohr-Boden-System“. Eine ausführliche Anleitung zur Verlegung erhalten Sie in der separaten Broschüre „FLOWTITE Verlegeanleitung für erdverlegte Rohrleitungen“.

Die folgenden Informationen sind zusammengefasste Beschreibungen der Verlegeverfahren; sie sind jedoch nicht als Verlegeanleitung für jedes Projekt zu betrachten.

## Parameter für die Planung der Verlegung



**Bild 10-1 Parameter für die Planung der Verlegung Bettung**

Die Rohrbettung aus geeignetem Material soll dem Rohr eine einheitliche und kontinuierliche Unterstützung bieten.

## Überprüfung des verlegten Rohres

Nach der Verlegung eines jeden Rohres ist die maximale vertikale Verformung zu überprüfen. Für FLOWTITE Rohre ist dieses Verfahren schnell und einfach.

## Verformung nach Verlegung

Die maximal zulässige anfängliche Verformung (normalerweise vertikal) ist wie folgt definiert:

> DN 300	≤ DN 250
3 %	2,5 %

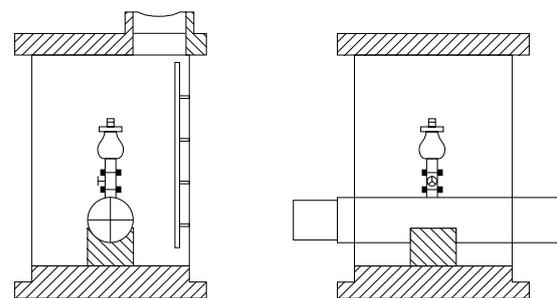
**Tabelle 10-1 Maximal zulässige Anfangsverformung**

Die maximal zulässige langfristige durchmesserbezogene Verformung beträgt 5 % für Durchmesser ab 300 mm und 4 % für kleinere Durchmesser. Diese Werte finden für alle Steifigkeitsklassen Anwendung bei einer Berechnungsbasis nach AWWA M45. Beulen, Flachstellen oder andere auffällige Änderungen in der Rohrwandbiegung sind nicht zulässig. Sämtliche Punktlasten sollten vermieden werden. Rohre, die unter Nichtbeachtung dieser Einschränkungen verlegt werden, erbringen die beabsichtigte Leistung möglicherweise nicht. Einzelheiten finden Sie in der „FLOWTITE Verlegeanleitung für erdverlegte Rohrleitungen“ und dem „FLOWTITE Handbuch für oberirdisch verlegte Rohre“.

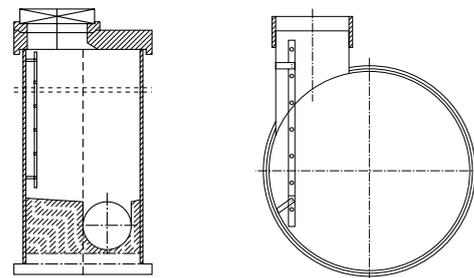
## Einstiegsöffnungen / Schieberkammern

Die FLOWTITE Standard-Einstiegsöffnungen und Schieberkammern werden vorzugsweise für die Verlegung von Abwassersystemen und geschlossenen Druckrohrsystemen sowie für den Einbau von Formteilen und Armaturen verwendet. Amiantit bietet Standard-Einstiegsöffnungen ebenso an wie tangentiale Einstiegsöffnungen. Standard-Einstiegsöffnungen bestehen aus einem GFK-Schacht, der mit dem Boden verbunden ist. Sie werden gemäß der lokal gültigen Normen hergestellt. Unsere Produktpalette an Einstiegsöffnungen zeichnet sich durch geringes Gewicht und hohe Auftriebssicherheit aus.

Die Konfiguration, Position und Größen von Zulauf und Auslauf sowie der Schachtsole können den Baustellenbedingungen entsprechend ausgelegt werden. Die Rohranschlüsse sind dicht und könnten so hergestellt werden, dass sie an alle Leitungen angeschlossen werden können. Sowohl das Gefälle als auch die Winkel des Auslaufs sowie der Zuläufe können gemäß den jeweiligen Projektanforderungen gebaut werden.



**Bild 10-2 Armaturenschächte**



**Bild 10-3 Standardschacht und Tangentialeinstieg**

## Formstücke

Das FLOWTITE System bietet ein Standardprogramm an GFK-Formstücken. Sie werden unter Verwendung gleicher Rohstoffe wie für FLOWTITE Rohre gefertigt oder aus Rohren hergestellt. Ein großer Vorteil des FLOWTITE Rohrprogramms ist die Möglichkeit, ein breites Sortiment an standardisierten und kundenindividuellen Formstücken zu fertigen.

Unsere FLOWTITE Formstücke können in den unten aufgelisteten Druckklassen geliefert werden:

Druckklasse PN	Druck (bar)	Obergrenze für den Durchmesser
1 (drucklos)	1	3000
6	6	3000
10	10	2400
16	16	2000
20	20	1400
25	25	1400
32	32	1400

**Tabelle 10-2 Produktpalette**

## Anforderungen an Widerlager

Die im vorliegenden Handbuch enthaltenen Informationen zu den Formstücken gelten für standardmäßig erdverlegte FLOWTITE Rohre. Die Bauweise der Formstücke ist identisch mit den Formstücken, die gemäß der separaten Broschüre „FLOWTITE Verlegeanleitung für erdverlegte Rohre“ für die unterirdische Verlegung verwendet werden sollen. Diese Vorgaben basieren auf den Axialkräften, denen durch Widerlager entgegengewirkt wird. Nachfolgend finden Sie eine Zusammenfassung der Richtlinien. Einzelheiten entnehmen Sie bitte den FLOWTITE Verlegeanweisungen.

## Axialkräfte

Wenn eine Rohrleitung unter Druck gesetzt wird, wirken an Bögen, Reduzierstücken, T-Stücken, Hosensücken, Behälterenden und an anderen Richtungsänderungen asymmetrische Druckkräfte in Leitungsrichtung. Diese Kräfte müssen aufgenommen werden, um einer Trennung der Verbindungen vorzubeugen. Wenn die umgebenden Erdmassen diese Kräfte nicht aufnehmen können, sind Widerlager bzw. Schubblöcke anzubringen. Die Ermittlung des Bedarfs sowie die Planung der Widerlager liegen, unter Berücksichtigung nachfolgender Vorgaben, im Verantwortungsbereich des Planers.

## Widerlager

Widerlager müssen die Lageänderung eines Formstückes relativ zum anschließenden Rohr einschränken, um die Dichtigkeit der FLOWTITE Kupplung sicherzustellen. Die sich ergebende

Abwinklung muss in den zulässigen Grenzen liegen.

Widerlager werden angewendet für:

- 1 Sämtliche Bögen, Reduzierstücke, Behälterenden und Blindflansche.
  - 2 T-Stücke, wenn das abgehende Rohr und das ankommende Rohr keine gemeinsame Achse haben (konzentrisch).
- ! **Anmerkung:** Es ist nicht erforderlich, Nozzleanschlüsse mit Beton zu ummanteln.

Nozzle sind T-förmige Abzweige, die alle folgenden Kriterien erfüllen:

- 1 Durchmesser des Stutzen < 300 mm.
- 2 Durchmesser des Medienrohres > 3 x Stutzendurchmesser.
- 3 Ist der Stutzen nicht konzentrisch und/oder nicht senkrecht zur Achse des Hauptrohres, dann gilt, die größte lichte Weite der Anbohrung/Öffnung des Abgangs am Hauptrohr als ausschlaggebender Durchmesser.

Das Widerlager muss die Formstücke auf deren gesamter Länge und ihrem gesamten Umfang vollständig umgeben und sollte entweder gegen ungestörtes Erdreich platziert oder, je nach Eignung des vorhandenen Erdstoffes, mit Grabenaushub verfüllt werden.

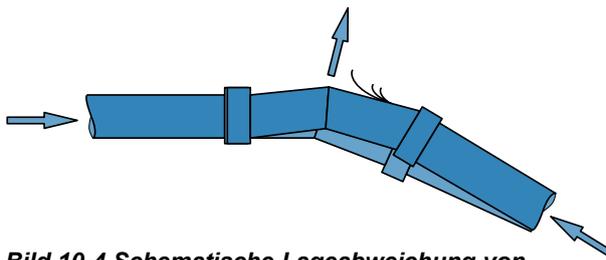
Diese Widerlager sind für folgende Formstücke erforderlich, wenn der Leitungsdruck 100 kPa (1 bar) überschreitet:

- 1 Verzweigungen.
- 2 Kundenspezifische Formstücke, aufgrund spezieller Vorgaben erstellt.

## Allgemeine Hinweise

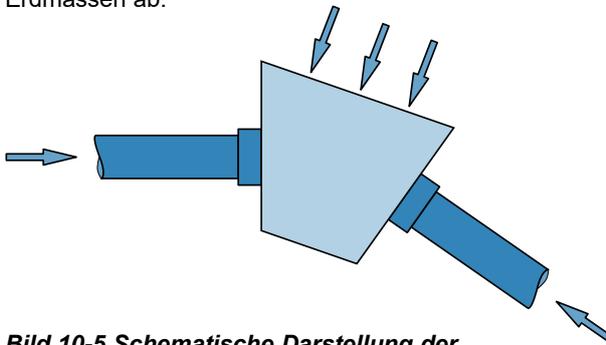
FLOWTITE Standardrohre und -formstücke werden durch gesteckte Doppelmuffenkupplungen verbunden, die axialen Kräften nur begrenzt Widerstand leisten können.

Eine der gängigsten Methoden, Axialkräfte aufzunehmen, ist die Verwendung von Widerlagern. Der Widerstand wird durch die Übertragung der Axialkräfte, durch die größere Fläche des Widerlagers, auf den Boden geleitet, so dass der sich ergebende Druck auf den Boden die zulässige horizontale Bodenpressung nicht übersteigt. Das Design der Widerlager ergibt sich situationsgemäß aus der benötigten tragenden Fläche des Widerlagers. Die bestimmenden Parameter für den Entwurf umfassen Rohrgröße, den geplanten Druck, die Abwinklung (oder Konfiguration des betreffenden Formstückes) sowie die zulässige horizontale Bodenpressung. Die folgenden Kriterien sind allgemeine Kriterien für das Design von Widerlagern.

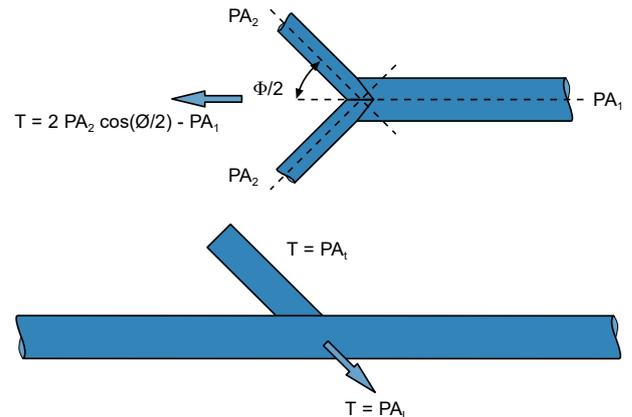
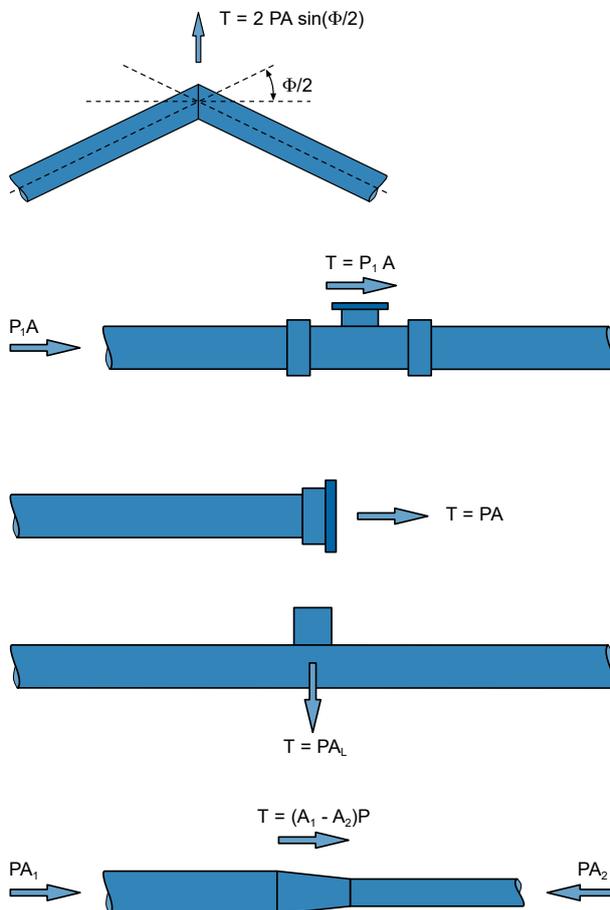


**Bild 10-4 Schematische Lageabweichung von Formstücken aufgrund von Axialkräften**

Um der Trennung von Verbindungen oder auch um Leckagen vorzubeugen, wird den Axialkräften üblicherweise durch Widerlager aus Beton entgegengewirkt. Diese leiten die Last auf die umgebenden Erdmassen ab.



**Bild 10-5 Schematische Darstellung der Betonwiderlagerreaktion**



**Bild 10-6 Axialkräfte**

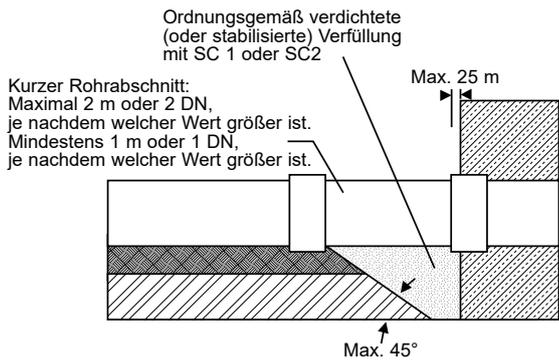
FLOWTITE Formstücke werden durch folgende Einbaumerkmale charakterisiert:

- Das Formstück ist über seine gesamte Länge sowie über den gesamten Umfang mit Beton zu ummanteln. FLOWTITE Formstücke sind nicht für eine teilweise vorgenommene Ummantelung ausgelegt.
- Die Bewegung des Widerlagers muss eingeschränkt werden, so dass die maximale Verformbarkeit der angrenzenden Verbindungen nicht erreicht wird.
- Erdverlegte Widerlager übertragen die Kräfte durch direkte Pressung auf den Boden.
- Teilweise erfolgt der Widerstand auch durch Bodenreibung.
- Die Oberfläche des Widerlagers sollte, soweit möglich, gegen ungestörten Boden platziert werden. Wo dies nicht möglich ist, muss die Schüttung zwischen der Auflagefläche und dem ungestörten Boden mindestens auf 90 % der Proctordichte verdichtet werden.
- Die Größe der Auflagefläche des Widerlagers ist von der Axialkraft und der maximal zulässigen horizontalen Bodenpressung abhängig:
  - $A_T = h \times b = T \times SF/\sigma$
  - Dabei ist  $h$  die Höhe der Widerlagerfläche gegen den Boden,  $b$  die Breite,  $T$  die Axialkraft,  $SF$  der Sicherheitsfaktor ( $= 1,5$ ) und  $\sigma$  die zulässige horizontale Bodenpressung.
- Die Axialkraft sollte sich aus dem Prüfdruck der Rohrleitung herleiten – in der Regel  $1,5 \times PN$ .

Die Oberfläche der Auflagerung sollte senkrecht gegen ungestörtes Erdreich und zentriert zur Wirkungslinie der Axialkraft platziert werden.



**Bild 10-7 Lage der Aufschüttung zwischen Widerlager und ungestörtem Boden**



**Bild 10-8 Kupplungseinbindung an Betonwiderlagern**

Die Verlegetiefe bis zur Oberkante des Widerlagers sollte mindestens gleich dessen Höhe sein, um Scherversagen des Bodens zu verhindern. Die Breite des Widerlagers sollte das Ein- bis Zweifache der Höhe betragen, um eine gleichmäßige Lastverteilung zu gewährleisten. Wo dies möglich ist, sollte die Kupplung am Übergangsbereich mit Beton ummantelt werden.

Wenn dies nicht möglich ist, müssen Gummimatten dort, wo das Rohr in die Betonummantelung eintritt, rund um das Rohr angebracht werden. Eine gute Verdichtung unter dem Rohr und eine Stahlbewehrung des Betons verhindern unterschiedliche Setzungen unter dem Rohr. Die Rohrleitung sollte keiner Druckprobe unterzogen werden, solange der Beton nicht mindestens sieben Tage ausgehärtet ist.

Die folgende Tabelle zeigt die Axialkräfte, berechnet mit 1 bar und geprüft bei dem 1,5-fachen des Drucks.

DN	Druckkraft bei nur 1 bar (Die Berechnungen erfolgen auf der Grundlage eines Prüfdrucks von 1,5 * PN.)						
	90	60	45	30	22,5	15	T-Stück mit Abzweigung = ND
mm							
100	1,67	1,18	0,90	0,61	0,46	0,31	1,18
150	3,75	2,65	2,03	1,37	1,03	0,69	2,65
200	6,66	4,71	3,61	2,44	1,84	1,23	4,71
300	14,99	10,60	8,12	5,49	4,14	2,77	10,60
350	20,41	14,43	11,05	7,47	5,63	3,77	14,43
400	26,66	18,85	14,43	9,76	7,35	4,92	18,85
450	33,74	23,86	18,26	12,35	9,31	6,23	23,86
500	41,65	29,45	22,54	15,24	11,49	7,69	29,45
600	59,98	42,41	32,46	21,95	16,55	11,07	42,41
700	81,64	57,73	44,18	29,88	22,52	15,07	57,73
800	106,63	75,40	57,71	39,03	29,42	19,68	75,40
900	134,95	95,43	73,04	49,40	37,23	24,91	95,43
1000	166,61	117,81	90,17	60,98	45,97	30,75	117,81
1200	239,92	169,65	129,84	87,82	66,19	44,29	169,65
1400	326,55	230,91	176,73	119,53	90,10	60,28	230,91
1600	426,52	301,59	230,83	156,12	117,68	78,73	301,59
1800	539,81	381,70	292,14	197,58	148,93	99,64	381,70
2000	666,43	471,24	360,67	243,93	183,87	123,02	471,24
2200	806,38	570,20	436,41	295,16	222,48	148,85	570,20
2400	959,66	678,58	519,37	351,26	264,77	177,15	678,58
2600	1126,27	796,39	609,53	412,24	310,74	207,90	796,39
2800	1306,21	923,63	706,91	478,11	360,38	241,12	923,63
3000	1499,47	1060,29	811,51	548,85	413,70	276,79	1060,29

**Tabelle 10-3 Druckkraft bei einem Innendruck von 1 bar**

### Bodenpressung

Die zulässige horizontale Bodenpressung ist sehr unterschiedlich und hängt von der Kohäsion sowie vom Reibungswinkel des Bodens ab. Diese Werte können bodenmechanisch bestimmt werden.

Die Tabelle gibt eine Schätzung der zulässigen Bodenpressung verschiedener Böden wieder. Der Planungsingenieur muss die Tragfähigkeit des Bodens bestimmen.

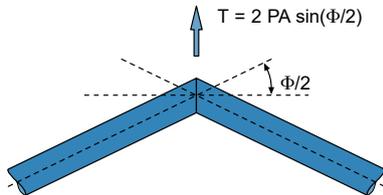
Boden	Bodenpressung $\sigma$
kN/m <sup>2</sup>	
Moorerde	0
Weicher Ton	50
Schluff	75
Schluff, sandig	150
Sand	200
Sand, tonig	300
Ton, hart	450

**Tabelle 10-4 Werte für die Bodenpressung**

### Planungsbeispiel:

DN 600, PN 10 mit einem Bogen von  $30^\circ$  in sandigem Ton. Die Axialkraft beträgt:

$$T = 2 \cdot 1,5 \cdot 1 \cdot 280000 \sin(30/2) = 217 \text{ kN}$$



**Bild 10-9 Axialkraft**

Die zulässige Bodenpressung beträgt  $\sigma = 300 \text{ kN/m}^2$ .  
 $A_T = hxb = T FS/\sigma = 217 \cdot 1,5/300 = 1,1 \text{ m}^2$ .  
 Der Koeffizient für das Bettungsmodul bei sandigem Ton kann mit einem Wert von  $70 \text{ kN/m}^2$  angenommen werden. Die Bewegung kann also wie folgt berechnet werden:  $D = 217/(1,1 \cdot 70) = 3 \text{ mm}$

### Besondere Verlegung und Systeme

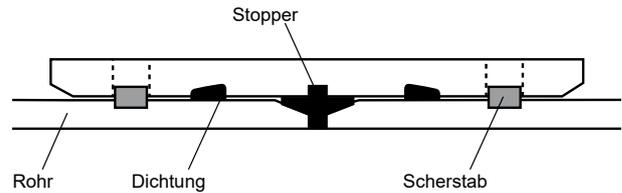
#### Biaxiale Rohrsysteme

#### Verbinden von biaxialen Systemen

Bei der Verwendung von biaxialen Systemen mit zugfesten Verbindungen besteht keine Notwendigkeit mehr für den Einsatz von Widerlagern. Vom Standpunkt der Verlegung aus gesehen, führt dies zu einer kosteneffektiveren und einfacheren Lösung. Das System besteht durch die hervorragende Dichtheit und ein zugfestes Verbindungssystem, das die Axialkräfte auf angrenzende Rohre überträgt.

Glasfaserrohre, die dieser „FLOWTITE Herstellung- und Prozessspezifikation“ entsprechen, sind Verbundwerkstoffe, die aus Glasfaserverstärkungen, ausgewählten Füllmaterialien und einem duroplastischen, chemisch widerstandsfähigen Polyesterharz hergestellt werden.

Das biaxiale Rohrsystem von FLOWTITE ist so ausgelegt, dass es zusätzlich zur Kraft in Umfangsrichtung auch die gesamten Axialkräfte aufnehmen kann. Die erforderliche Axialzugfestigkeit erhält man durch Zugabe von geschnittenen Glasfasern. Die Axialkraft wird durch schubfeste (zweiachsige) Verbindungen – sog. Scherstab-Verbindungen oder Stoßlaminat – von einem Rohr auf das nächste übertragen. Bei der Scherstab-Verbindung wird die Laminatdicke am Spitzende des Rohres erhöht, um eine präzisionsgefräste Nut zu erstellen. Außerhalb des Spitzendenbereichs und bei Stoßlaminatverbindungen hat das Rohr einen Standard-Außendurchmesser (geeignet für Standardkupplungen). Das zusätzliche Laminat am Spitzende wird entweder durch Handlaminierung oder direkt auf der FLOWTITE Wickelmaschine aufgebracht.



Die Rohre werden auf kontinuierlich arbeitenden FLOWTITE CW3000 Wickelmaschinen mit permanenter Beschichtung der Rohmaterialien hergestellt, um einheitliche Rohr-Eigenschaften sicherzustellen.

### Anwendung

Die Rohre sind für den Transport von Wasser unter Druck oder für Freispiegelsysteme bei unterirdischer Verlegung ausgelegt.

Beispiele:

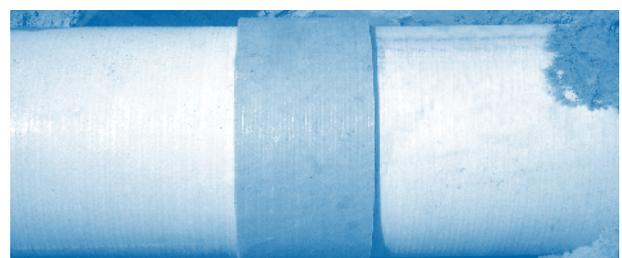
- Niederschlagswasser
- Trinkwasser
- Rohwasser
- Bewässerung
- Meerwassertransport
- Brandbekämpfung
- Kühlwasser
- Druckrohrleitungen etc.

### Kombinierte Systeme

Asymmetrischen Axialkräften an Formstücken und an Richtungsänderungen kann durch die Verwendung der oben genannten Verbindungssysteme begegnet werden. Die Rohre werden miteinander verbunden, um den Mantelreibungswiderstand der verbundenen Rohre zu nutzen und die Axialkräfte in den Boden abzuleiten. Die Axialkraft baut sich über eine Entfernung L, die auch als zu sichernde Leitungslänge L bezeichnet wird, schrittweise gegen Null ab. Das Rohr ist dann keiner Axialkraft mehr ausgesetzt. Aus diesem Grunde können im weiteren Leitungsverlauf Standardverbindungen verwendet werden.

AWWA M-45, Kapitel 7, gibt die Gleichungen für die Berechnung der zu sichernden Leitungslänge L vor. Für einen waagerechten Bogen gilt:

$$L = \frac{PA \sin(\Delta/2)}{f(2W_s + W_c + W_w)}$$



Dabei ist:  $f$  = Reibungswiderstand in N/m  
 $W_e$  = Gewicht der Erdüberdeckung in N/m  
 $W_p$  = Gewicht des Rohres in N/m  
 $W_w$  = Gewicht der Flüssigkeit im Rohr in N/m

Für ein Behälterende oder ein T-Stück gilt:

$$L = \frac{PA}{f(2W_e + W_p + W_w)}$$

L ist die zu sichernde Leitungslänge bei jeder Größe von Formstücken.

### Grabenlose Verlegung

Die heutzutage ständig wachsenden Stadtgebiete machen die für das Verlegen, Ersetzen oder Renovieren von Rohrsystemen notwendigen Arbeiten wie den Grabenaushub oder andere Oberflächenveränderungen immer schwieriger. Die „Grabenlose Technologie“ erlaubt das Auskleiden bereits vorhandener Rohre durch „Inlining“. Hier wird ein neues Rohr in ein vorhandenes, beschädigtes Rohr eingeschoben und installiert. Diese Technologie beinhaltet auch das Mikrotunneling-Verfahren, also das Bohren einer Öffnung und das nachfolgende Einschleiben oder „Vortreiben“ des neuen Rohres durch diese Öffnung. FLOWTITE verfügt über Produkte und Technologien, um diesem neuen Bedarf gerecht zu werden.

### Inliner

Das FLOWTITE Herstellungsverfahren ermöglicht es, relativ einfach Sonderanfertigungen herzustellen, die spezifischen Projektanforderungen genügen. Mit der Fähigkeit zur Herstellung kundenspezifischer Durchmesser kann FLOWTITE die optimale Rohrgröße herstellen, um diese dem Innendurchmesser der vorhandenen Rohrleitung anzupassen. Dies erlaubt höchste Durchflussvolumina und ermöglicht gleichzeitig die Vereinfachung der Verlegung. FLOWTITE Standardrohre können außerhalb des geschädigten Rohres montiert und dann in ihre vorgesehene Position geschoben werden. Dies kann auch bei geringen Mediumfluss (weniger als 1/3 der Vollerfüllung) erfolgen.

Für das Schieben über größere Entfernungen hinweg werden Axialdruckringe auf die Spitzenden der Rohre montiert; dies ermöglicht die Übertragung von bis zu 40 Tonnen pro Meter Umfang durch eine Verbindung, ohne die Dichtung zu beeinträchtigen. Dies ist besonders wichtig bei der Wiederherstellung und der Renovierung von Druckleitungen. Bei sehr großen Durchmessern (über 1600 mm) kann das Rohr problemlos unter Verwendung eines leichten Rahmenwagens transportiert und in seiner Endposition montiert werden. Die Fähigkeit zur Herstellung variabler Längen (Standardlängen: 6, 12 oder 18 Meter) erlaubt reduzierte Verlegedauern. Eine reduzierte Verlegezeit

bedeutet geringere Verlegekosten und geringere Stillstandszeiten für die in Sanierung befindliche Rohrleitung.

### Eigenschaften und Vorteile

#### Kundenspezifische Durchmesser

- Minimiert Innendurchmesserverlust des vorhandenen Rohres und maximiert die Durchflussvolumina.

#### Kundenspezifische Längen

- Einfachere, schnellere Verlegung, geringere Stillstandszeiten bei im Betrieb befindlichen Leitungen.

Die Inlinerauskleidung mit außenbündigen Hülsen, die für eine größtmögliche Anpassung des Spitzendes des Reliningrohres an den Innendurchmesser des vorhandenen Rohres sorgen, ist ebenfalls möglich. Relining mit außenbündigen Hülsen sind in SN 5000 und SN 10000 bei Durchmessern zwischen 600 und 1900 mm möglich.

### Mikrotunneling/Vortrieb

FLOWTITE Rohre, die für Mikrotunneling und Vortrieb ausgelegt sind, bestehen aus GFK-Beton-Verbundwerkstoff, der die Vorteile beider Materialien nutzt. Der GFK-Anteil des Rohres sorgt für ein Rohr, welches korrosionsbeständig und für Druck ausgelegt ist, wohingegen die Betonaußenschicht des Verbundmaterials zur Aufnahme der sehr großen Kräfte durch den Vortrieb des Rohres benötigt wird. Da die FLOWTITE Vortriebsrohre für Druck ausgelegt sind, ist es nun möglich, Wasser- und Abwassersysteme unter Einsatz der grabenlosen Technologie zu verlegen.

### Eigenschaften und Vorteile

#### Korrosionsbeständig

- Sämtliche Vorteile der FLOWTITE Standardrohre

#### FLOWTITE Kupplung

- Druckauslegungen entsprechen denen der Standard-Rohrtechnologie von FLOWTITE.

#### Betonaußenschicht

- Ermöglicht den „Vortrieb“ des Rohres, genauso wie bei Rohren, die nicht aus GFK gefertigt sind.

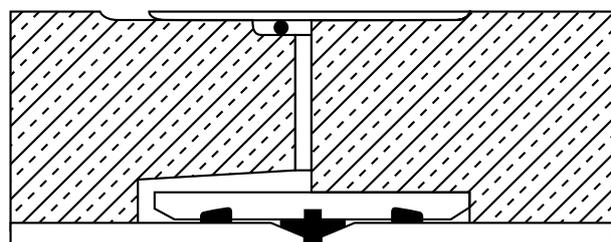


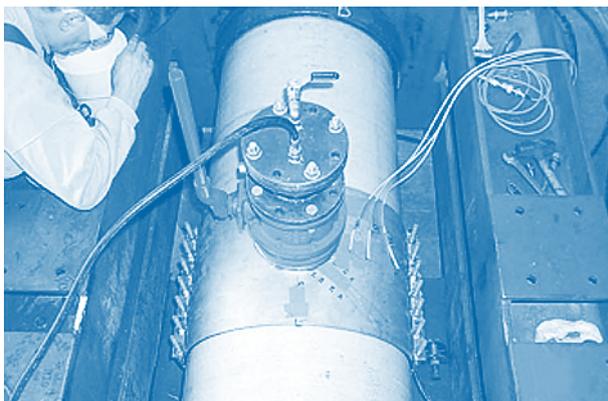
Bild 10-10 FLOWTITE Vortriebssystem

## Anbohren von Hauptwasserleitungen

Unter Anbohren versteht man den Anschlussvorgang eines Abzweiges an eine vorhandene Rohrleitung. Es ist auf Dichtheit zu achten, in dem die Rohrleitung ordnungsgemäß gesichert und kein Schaden am Rohr oder an der Anbohrschelle verursacht wird. Flexible Anbohrschellen aus Edelstahl haben sich für FLOWTITE GFK-Rohre als am besten geeignet erwiesen. Die Anbohrschelle muss einem Druck von 2 x PN ohne Leckage oder Schaden am Rohr widerstehen können. Es ist entscheidend, dass das Schraubendrehmoment zum Abdichten groß genug ist, jedoch das Rohr nicht beschädigt. Es wird darauf aufmerksam gemacht, dass die empfohlenen Herstellerwerte für die Schraubendrehmomente der Anbohrschellen für GFK-Rohre möglicherweise zu groß sein könnten. Anbohrschellen aus Gusseisen mit zu großer Steifigkeit verursachen zu hohe Belastungen im GFK-Rohr, darum sollte ihre Anwendung vermieden werden. Abzweigbohrmaschinen können entweder manuell oder elektrobetrieben vorgetrieben werden. Sie müssen dem Innendruck des Rohres widerstehen können, wenn das Anbohren unter Druck durchgeführt werden soll. Die Vorwärtsbewegung sollte 0,5 mm pro Umdrehung nicht überschreiten, um Beschädigungen des Rohres zu vermeiden. Das Schneidwerkzeug kann entweder stahl- oder diamantbeschichtet sein und sollte über kleine, in geringen Abständen angeordnete Zähne verfügen. Wenden Sie sich bitte an Ihren FLOWTITE Rohrlieferanten bezüglich ausführlicher Anweisungen und empfohlener Marken von Anbohrschellen.



**Bild 10-11** Empfohlene Anbohrschelle für GFK-Rohre



**Bild 10-12** Druckprüfung für Anbohrschelle und Ventilbaugruppe

## Verlegung unter Wasser

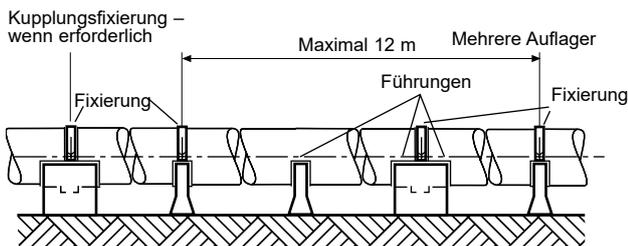
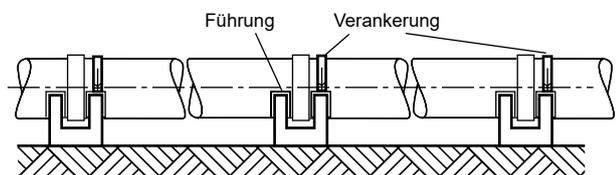
GFK-Rohre werden häufig unter Wasser verlegt – insbesondere als Ansaugleitungen und Auslaufrohre. Es ist oftmals zweckmäßig, die Rohre zu verbinden und zu dem Standort zu schleppen, an dem sie verlegt werden sollen. Die Verlegeverfahren können unterschiedlich sein. FLOWTITE stellt eine spezielle Verlegeanleitung für individuelle Projekte bereit.

Die folgenden Bilder zeigen einige der gegenwärtigen Verlegungen.

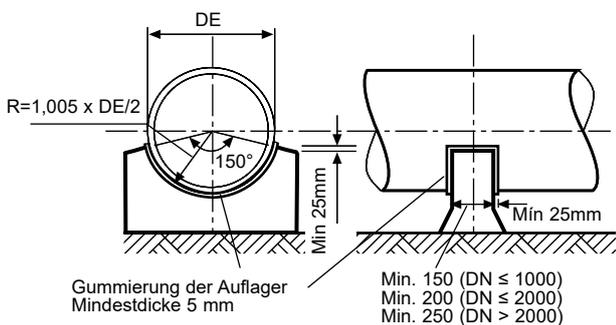


## Oberirdische Verlegung

FLOWTITE Standardrohre können oberirdisch verlegt werden. Die Rohre können entweder aufgehängt oder auf Stützen verlegt werden. Durch FLOWTITE wird ein vollständiges Handbuch für die ordnungsgemäße Verlegung von oberirdischen Systemen bereitgestellt. Für Rohre, die oberirdisch verlegt werden, sollten Vorkehrungen getroffen werden, um asymmetrische Kräfte an den Formstücken aufzunehmen. Aufgrund des niedrigen linearen Ausdehnungskoeffizienten ist der Temperaturunterschied, obwohl dieser wesentlich höher ist als bei einem erdverlegten System, kein großes Problem. Die Auswirkungen werden durch das Verbindungssystem sowie durch die Art der Stützen kompensiert.



**Bild 10-13 Typische Anordnung von Stützen**

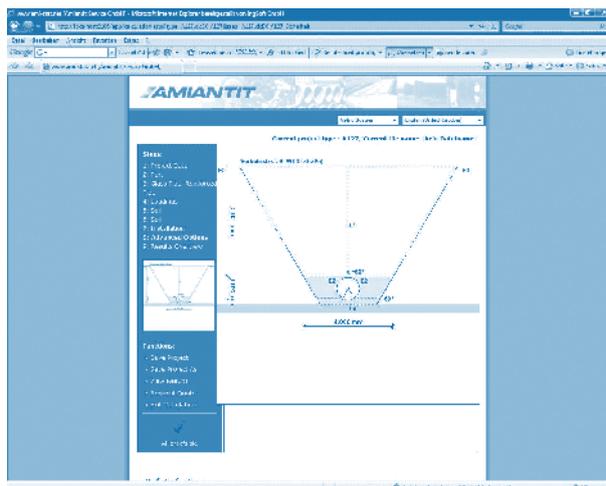


**Bild 10-14 Design eines Rohrauflegers in Schalenform**

AMISTAT ist ein Amiantit Online Programm zur statischen Berechnung von glasfaserverstärkten Amiantit-Rohren.

Diese Software wurde speziell für Amiantit Rohrsysteme entwickelt und bietet folgende Vorteile:

- Kostenfrei.
- Keine Software Installation auf Ihrem PC notwendig.
- 11 verschiedene Anwendungssprachen vorhanden.
- Metrische oder US Maßeinheiten verfügbar.
- Berechnung von Rohrsystemen mit Nennweiten von DN 100 bis DN 3000 möglich.
- Berechnungen wahlweise entsprechend der deutschen (ATV) oder amerikanischen (AWWA) Richtlinie.
- Einbaubedingungen in maßstabgerechter Zeichnung verfügbar.
- Berechnungsergebnisse als Kurzversion und Langversion verfügbar.
- Die Berechnungsdaten könne online zum örtlichen Amiantit Verkaufsbüro übermittelt werden um ein Angebot zu erstellen.



**Bild 11-1 Amistat Benutzeroberfläche**

Lassen Sie sich gleich registrieren!  
Freischaltung Ihrer persönlichen Benutzer Lizenz unter [www.ami-stat.net/](http://www.ami-stat.net/)

## 12 Anlage A: Beständigkeitsliste für Rohre

Die folgende Richtlinie wurde aus Informationen über die Korrosionsbeständigkeit zusammengestellt, die wir von Harzherstellern erhalten haben. Individuelle Projektspezifikationen und Anforderungen sollten bei der Auswahl des Produktes in Betracht gezogen werden. Die Höchsttemperatur beträgt 50 °C, soweit nicht anders festgelegt. Für nicht aufgelistete Chemikalien setzen Sie sich bitte mit dem regionalen Vertreter von FLOWTITE in Verbindung.

	Standardharz für Rohre oder Vinylester	Nur Vinylester	Nicht empfohlen
Abwasser (50°C)	•		
Adipinsäure		•	
Aluminiumchlorid, wasserhaltig	•		
Aluminiumsulfat (Aluminium Kalium Sulfat)	•		
Ammoniak < 20%		•	
Ammoniumchlorid, wasserhaltig (40°C)	•		
Ammoniumfluorid			•
Ammoniumnitrat, wasserhaltig (40°C)	•		
Ammoniumphosphat – monobasisch, wasserhaltig	•		
Ammoniumsulfat, wasserhaltig	•		
Anilinhydrochlorid		•	
Antimontrichlorid			•
Bariumkarbonat		•	
Bariumchlorid		•	
Bariumsulfat		•	
Benzen-Sulfonsäure (10%)*		•	
Benzin, Ethyl*		•	
Benzoessäure*		•	
Bleiacetat, wasserhaltig	•		
Bleiche			•
Bleinitrat, wasserhaltig (30°C)	•		
Bleisulfat	•		
Borax		•	
Borsäure		•	
Bromin, wasserhaltig, 5%*		•	
Bromwasserstoffsäure			•
Buttersäure, < 25% (40°C)**		•	
Chlor, Feuchtgas**		•	
Chlorsäure			•
Chlor, Trockengas*		•	
Chlor, Wasser*		•	
Dibutylphthalat**	•		
Dibutylsebacat**	•		
Dieseltreibstoff*	•		
Diocetylphthalat**	•		
Eisen(II)chlorid	•		
Eisen(III)chlorid, wasserhaltig			
Eisen(II)nitrat, wasserhaltig**	•		
Eisen(III)nitrat, wasserhaltig	•		
Eisen(II)sulfat, wasserhaltig	•		
Eisen(III)sulfat, wasserhaltig	•		

**! Anmerkung:** Die vorliegende Richtlinie dient nur als grundlegende Richtlinie, falls FLOWTITE Rohre in Betracht gezogen werden. Die endgültige Eignung eines speziellen Harzsystems für ein vorgegebenes Medium liegt im Verantwortungsbereich des Auftraggebers. Die vorliegende Richtlinie umfasst lediglich allgemeine Informationen und beinhaltet keinesfalls die Genehmigung zu irgendeiner

	Standardharz für Rohre oder Vinylester	Nur Vinylester	Nicht empfohlen
Erdgas, Methan			•
Erdöl, raffiniert und sauer*		•	
Essig		•	
Essigsäure < 20%		•	
Ethylenglykol	•		
Formaldehyd			•
Fluorwasserstoffsäure			•
Gerbsäure, wasserhaltig	•		
Glyzerin		•	
Grüner Liquor, Papier			•
Harnstoff (wasserhaltig)**		•	
Heizöl*	•		
Hexan*		•	
Kalilauge (KOH)			•
Kaliumbikarbonat**	•		
Kaliumbromid, wasserhaltig (40°C)	•		
Kaliumchlorid, wasserhaltig	•		
Kaliumdichromat, wasserhaltig	•		
Kalium-Eisenzyanid (30°C)**	•		
Kalium-Eisenzyanid, wasserhaltig (30°C)**	•		
Kaliumnitrat, wasserhaltig	•		
Kaliumpermanganat, 25%		•	
Kaliumsulfat (40°C)	•		
Kalziumbisulfid**	•		
Kalziumchlorat, wasserhaltig (40°C)	•		
Kalziumchlorid (gesättigt)	•		
Kalziumhydroxid, 100%		•	
Kalziumhypochlorit*		•	
Kalziumkarbonat	•		
Kalziumnitrat (40°C)	•		
Kalziumsulfat NL AOC	•		
Kasein	•		
Kerosin			
Kohlendioxid, wasserhaltig	•		
Kupferacetat, wasserhaltig (40°C)	•		
Kupferchlorid, wasserhaltig	•		
Kupfercyanid (30°C)	•		
Kupfernitrat, wasserhaltig (40°C)	•		
Kupfersulfat, wasserhaltig (40°C)	•		
Laurinsäure	•		
Laurylchlorid		•	
Laurylsulfat**	•		

Anwendung, da FLOWTITE weder die Einsatzbedingungen kontrollieren kann noch über die Mittel verfügt, um Einflüsse zu identifizieren, denen die Rohre möglicherweise unbeabsichtigt ausgesetzt sind.

	Standardharz für Rohre oder Vinylester	Nur Vinylester	Nicht empfohlen
Leinöl*	•		
Leitungswasser	•		
Lithiumbromid, wasserhaltig (40°C)**	•		
Lithiumchlorid, wasserhaltig (40°C)**	•		
Magnesiumbikarbonat, wasserhaltig (40°C)**	•		
Magnesiumchlorid, wasserhaltig (25°C)	•		
Magnesiumkarbonat (40°C)*	•		
Magnesiumnitrat, wasserhaltig (40°C)	•		
Magnesiumsulfat	•		
Manganchlorid, wasserhaltig (40°C)**	•		
Mangansulfat, wasserhaltig (40°C)**	•		
Meerwasser	•		
Milchsäure, 10%	•		
Milchsäure, 80% (25°C)	•		
Mineralöle*	•		
Naphtha		•	
Naphthalen*		•	
Natrium-Bihydrogenphosphat**	•		
Natriumbromid, wasserhaltig	•		
Natriumchlorid, wasserhaltig		•	
Natriumdichromat		•	
Natrium-Eisenzyanid	•		
Natriumhydroxid 10%		•	
Natriummonophosphat**	•		
Natriumnitrat, wasserhaltig	•		
Natriumnitrit, wasserhaltig**	•		
Natriumsilikat		•	
Natriumsulfat, wasserhaltig	•		
Natriumsulfid		•	
Natriumtetraborat		•	
n-Heptan*		•	
Nickelchlorid, wasserhaltig (25°C)	•		
Nickelnitrat, wasserhaltig (40°C)	•		
Nickelsulfat, wasserhaltig (40°C)	•		
Ölsäure	•		
Oxatsäure, wasserhaltig	•		
Ozon, Gas			•
Paraffin*	•		
Pentan			•
Perchlorsäure		•	
Phosphorsäure		•	

	Standardharz für Rohre oder Vinylester	Nur Vinylester	Nicht empfohlen
Phosphorsäure (40°C)	•		
Phthalsäure (25°C)**		•	
Propylenglykol (25°C)	•		
Quecksilberchlorid, wasserhaltig**	•		
Quecksilbriges Chlorid, wasserhaltig	•		
Rohöl (sauer)*		•	
Rohöl (süß)*		•	
Rohöl, Salzwasser (25°C)*		•	
Salpetersäure			•
Salzsäure, bis zu 15%	•		
Schwarzer Liquor (Papier)		•	
Schwefel			•
Schwefelsäure, < 25% (40°C)*		•	
Silbernitrat, wasserhaltig	•		
Silikonöl	•		
Stearinsäure*	•		
Terpentin			•
Tetrachlorkohlenstoff			•
Toluol-Sulfonsäure**		•	
Tributylphosphat			•
Triethanolamin			•
Triethylamin			•
Wasser, destilliert		•	
Wasser, salzhaltig	•		
Wasserstoffsulfid, trocken		•	
Weinsäure		•	
Zinkchlorid, wasserhaltig	•		
Zinknitrat, wasserhaltig**	•		
Zinksulfat, wasserhaltig	•		
Zinksulfid, wasserhaltig (40°C)**	•		
Zinnchlorid, wasserhaltig*	•		
Zinnhaltiges Chlorid, wasserhaltig	•		
Zitronensäure, wasserhaltig (40°C)			•
Zuckerrohrsaft		•	
Zuckerrübensaft		•	
Zyklohexan			•
Zyklohexanol			•

\* Die aktuelle EPDM-Dichtung kann nicht verwendet werden. Es wird empfohlen, eine NBR-Dichtung zu verwenden – oder beraten Sie sich mit Ihrem örtlichen Zulieferer für Dichtungen.  
 \*\* Keine Empfehlung von FLOWTITE Technology, beraten Sie sich mit Ihrem örtlichen Zulieferer für Dichtungen bezüglich der Kompatibilität.

01

02

03

04

05

06

07

08

09

10

11

12

01

02

03

04

05

06

07

08

09

10

11

12

