



# 9

## Längskraftschlüssige Muffen-Verbindungen

- 9.1 Allgemeines
- 9.2 Verbindungsarten
- 9.3 Grundlagen für Entwurf und Bemessung  
längskraftschlüssiger Muffen-Verbindungen
- 9.4 Bauarten längskraftschlüssiger Verbindungen
- 9.5 Typprüfungen
- 9.6 Ermittlung der auftretenden Kräfte und  
der zu sichernden Rohrlängen
- 9.7 Einbaubeispiele
- 9.8 Formelzeichen
- 9.9 Literatur

## 9 Längskraftschlüssige Muffen-Verbindungen

**Längskraftschlüssige Muffen-Verbindungen sind erforderlich, wenn die Kräfte aus dem Innendruck nicht durch Widerlager aufgefangen oder die Beweglichkeit der Rohre und Formstücke erhalten bleiben soll. Es gibt unterschiedliche Sicherungssysteme. Auf die Rohrleitung wirken verschiedene Kräfte, deren resultierende Kraft es zu errechnen gilt. Einige Einbaubeispiele werden dargestellt. Eine weitere Anwendung liegt im Bereich der grabenlosen Einbau- und Auswechslungstechniken (Kapitel 22).**

### 9.1 Allgemeines

Auf Rohrleitungen und ihre Verbindungen wirken zahlreiche Kräfte ein, die man als äußere und innere Kräfte unterscheiden kann.

**Äußere Kräfte** treten bei erdüberdeckten Rohrleitungen z. B. in Form von Beanspruchungen auf, die während des Verfüllens und der Verdichtung des Rohrgrabens entstehen; der Erddruck sowie die statischen und dynamischen Lasten aus Erdüberdeckung und Verkehr kommen hinzu.

**Die inneren Kräfte** werden durch den jeweiligen Innendruck (PEA oder PFA) hervorgerufen.

PEA ist der höchste hydrostatische Druck, dem ein neuinstalliertes Rohrleitungsteil für relativ kurze Zeit standhält, um die Unversehrtheit und Dichtheit der Rohrleitung sicherzustellen.

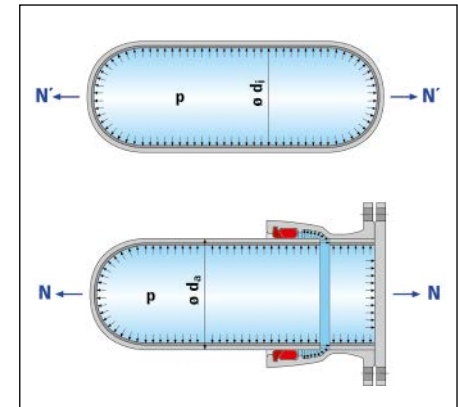
PFA ist der höchste hydrostatische Druck, dem ein Rohrleitungsteil im Dauerbetrieb standhält.

Die Belastungen rufen folgende inneren Kräfte hervor: In der Wand eines an beiden Enden verschlossenen Rohres erzeugt der Innendruck Spannungen, die innerhalb des Rohres im Gleichgewicht

stehen. Der Innendruck wirkt nach allen Richtungen gleichmäßig. Schneidet man gedanklich das verschlossene Rohr auf und ersetzt den rechten Teil durch ein EU- und X-Stück (**Bild 9.1**), so wirkt auf die druckbeaufschlagte Fläche (X-Stück) die Kraft  $N$ :

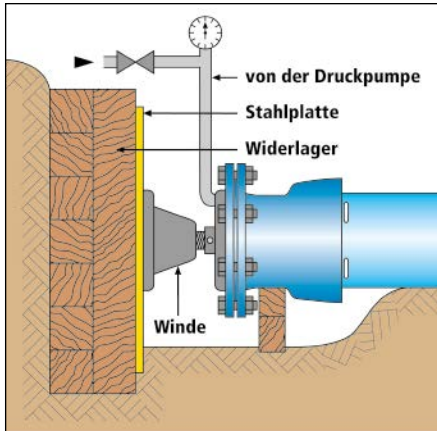
$$N' = p \cdot \frac{d_i^2}{4} \text{ [kN]} \quad (9.1)$$

$$N = p \cdot \frac{d_a^2}{4} \text{ [kN]} \quad (9.2)$$



**Bild 9.1:**  
Kräfte aus Innendruck

Die Axialkraft ist durch rechts und links angebrachte Widerlager bzw. durch längskraftschlüssige Verbindungen in den Baugrund einzuleiten. So muss z. B. bei der Druckprüfung entsprechend **Bild 9.2** die Axialkraft mit geeigneten Mitteln über eine vergrößerte Fläche in den Baugrund so eingeleitet werden, dass dessen zulässige Flächenpressung nicht überschritten wird.

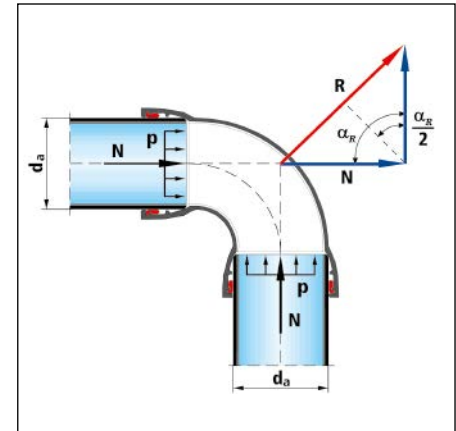


**Bild 9.2:**  
Abstützung eines Endverschlusses  
bei der Druckprobe

Auch an Richtungs- und Querschnittsänderungen sowie an Abzweigen und Armaturen entstehen aus dem Innendruck Kräfte  $R$ , die in den Baugrund einzuleiten sind, z. B. an Bögen entsprechend **Bild 9.3**.

$$R = 2 \cdot N \cdot \sin \frac{\alpha_R}{2} \quad [kN] \quad (9.3)$$

Die resultierende Kraft  $R$  kann entweder über Widerlager, z. B. aus Beton, oder mittels längskraftschlüssiger Verbindungen über Reibung zwischen Rohr und Boden bzw. Aktivierung des passiven Erddrucks in den Baugrund eingeleitet werden. Die Bemessung und Ausführung von Betonwiderlagern werden im **Kapitel 11** behandelt.



**Bild 9.3:**  
Resultierende Kraft  $R$  am Bogen

## 9.2 Verbindungsarten

Betrachtet man die Verbindungen, mit denen Druckrohre und Formstücke aus duktilem Gusseisen eingebaut werden, kann man folgende zwei Gruppen unterscheiden:

- **Muffen-Verbindungen** werden hauptsächlich für erdüberdeckte Rohrleitungen eingesetzt. Ihre Herstellung und ihr Einbau sind wesentlich wirtschaftlicher als die von Flansch-Verbindungen. Sie sind abwinkelbar und normalerweise nicht längskraftschlüssig (**Kapitel 8**). Die beschriebenen Kräfte können mit Widerlagern aus Beton in den Baugrund eingeleitet werden (**Kapitel 11**).
- **Flansch-Verbindungen**, die vorwiegend in nicht erdüberdeckten Anlagen, wie z. B. in Leitungstunneln, Pumpenhäusern, Wasserwerken, Hochbehältern und Industrieanlagen Verwendung finden: Sie sind starr und längskraftschlüssig.

In der Praxis gibt es aber Fälle, bei denen einerseits längskraftschlüssige Muffen-Verbindungen notwendig sind, anderer-

seits die Abwinkelbarkeit der Verbindung verlangt wird, z. B. in instabilen Böden, die kein Widerlager erlauben, im innerstädtischen Bereich mit wenig Platz für Widerlager oder beim Einziehen von Leitungen in allen grabenlosen Einbauverfahren. In solchen Fällen kommen längskraftschlüssige Muffen-Verbindungen zum Einsatz. **Kapitel 22**, grabenlose Einbauverfahren, enthält hierzu detailliertere Angaben.

## 9.3 Grundlagen für Entwurf und Bemessung längskraftschlüssiger Muffen-Verbindungen

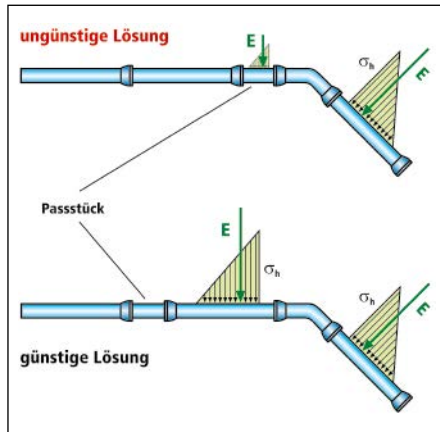
Das DVGW-Arbeitsblatt GW 368 [9.1] nennt folgende Anforderungen an längskraftschlüssige Verbindungen:

- Die längskraftschlüssigen Verbindungen müssen die während der Bauphase, der Druckprüfung und im Betrieb von Rohrleitungen auftretenden Längskräfte sicher übertragen.
- Die Verbindungen müssen den beim zulässigen Prüfdruck  $P_{\text{typ}} = 1,5 \cdot PFA + 5 \text{ bar}$  entstehenden Kräften standhalten.

- Bei der Prüfung von längskraftschlüssigen Verbindungen dürfen geringfügige Verschiebungen zwischen den Muffenenden und den glatten Enden der Rohre (einige Millimeter) auftreten. Sichtbare Verformungen an Teilen der längskraftschlüssigen Verbindung (an Zugstangen und dergleichen) sind aber nicht zulässig.
- Alle Teile der längskraftschlüssigen Verbindungen müssen ausreichend gegen Korrosion geschützt sein.
- Es genügt bei neuen Rohrleitungen nicht, lediglich die Verbindung zwischen einem Bogen und dem nächsten Rohr zu sichern. Die erforderliche Anzahl der gesicherten Verbindungen ist von der Höhe des Prüfdruckes, der Nennweite, der Reibung zwischen der äußeren Rohrwand und dem umgebenden Boden, dem Grundwasserstand sowie von der Länge des beiderseits des Bogens unmittelbar anschließenden nächsten Rohres abhängig. Mindestens 12 m sind auf jeder Seite längskraftschlüssig zu verbinden (Mindestbemessung nach GW 368 [9.1]). Falls ein an den Bogen anschließendes Rohr gekürzt wird, sind zusätzliche Sicherungen erforderlich.

**Praxistipp:**

Das gekürzte Rohrstück nicht unmittelbar am Bogen verwenden (**Bild 9.4**)!

**Bild 9.4:**

Vergrößerung des aktivierten Erdwiderstands durch Anschluss einer Originalrohrlänge an das Formstück

Detaillierte Angaben zur Ermittlung der zu sichernden Rohrlänge  $L$  [m] enthält **Abschnitt 9.6**.

## 9.4 Bauarten längkraftschlüssiger Verbindungen

Grundsätzlich werden **formschlüssige** und **reibschlüssige** Konstruktionen unterschieden. Bei den formschlüssigen Verbindungen werden die Kräfte über angeformte Elemente, z. B. Schweißraupen auf den Einsteckenden in Kombination mit Kraftübertragungselementen, übertragen. Bei den reibschlüssigen Konstruktionen werden die Kräfte durch Reibschluss, z. B. gezahnte Elemente, die sich auf der Oberfläche des Einsteckendes festkralen, übertragen.

### 9.4.1 Formschlüssige Steckmuffen-Verbindungen

Diese Art der längkraftschlüssigen Muffen-Verbindung existiert seit Ende der sechziger Jahre.

In einem festgelegten Abstand vom Einsteckende des Rohres wird eine umlaufende Schweißraupe aufgetragen. Dies geschieht normalerweise im Werk durch eine Auftragsschweißung unter Schutzgas.

Bei geschnittenen Rohren kann die Raupe auch auf der Baustelle mit Lichtbogen-Hand-Schweißung aufgetragen werden. Hierzu wird um das Rohr ein Kupfering als Lehre gelegt, an dem entlang die Raupe aufgetragen wird (**Bild 9.5**).

An Stelle einer Schweißraupe kann auch ein BLS®/VRS®-T - Klemmring (**Bild 9.15**) eingesetzt werden.

**Bild 9.5:**

Auftrag einer Schweißraupe auf der Baustelle

Bei Formstücken mit einem Spitzende kann der die Kraft übertragende Wulst auch angegossen und mechanisch bearbeitet sein. Seine Abmessungen sind die gleichen wie bei den Rohren der betrachteten Nennweite.

Bei dem formschlüssigen System BAIO® bestehen die Kraft übertragenden Elemente aus angegossenen Nocken auf dem Einsteckende und dazu passenden Ausnehmungen an den Muffen. Die beiden Teile werden durch Verdrehen in der Art eines Bajonetts verriegelt. Es wird bei Formstücken und Armaturen eingesetzt.

### **Formschlüssige längskraftschlüssige Verbindungen mit innen liegender Rückhalteammer**

Die derzeit gängigen formschlüssigen Verbindungen mit innen liegender Rückhalteammer sind die BLS®/VRS®-T -, die TIS-K® -, die UNIVERSAL Ve - und die BAIO® - Steckmuffen-Verbindung. Sie sind nicht miteinander kombinierbar, weil die Kraftübertragungselemente, die Ausführung der Schweißraupen und deren Abstand vom Rohrende variieren.

### **Formschlüssige längskraftschlüssige Verbindungen mit außen liegender Rückhalteammer**

Eine Konstruktion mit außen liegender, separat an einem Muffenbund zu befestigender Rückhalteammer ist in **Bild 9.13** dargestellt. Die Rohre weisen an der Muffenstirn einen umlaufenden Bund auf, an welchem mittels Hakenschrauben ein Ring festgelegt wird, der die Rückhalteammer enthält. Die Längskräfte werden von der Schweißraupe auf dem Einsteckende über einen Schubsicherungsring in die Rückhalteammer und von dort über die Hakenschrauben auf die Muffe des nächsten Rohres übertragen.

Die **Tabelle 9.1** gibt einen Überblick über die Verbindungsarten, die Anwendungsbereiche und zulässigen Abwinkelbarkeiten.

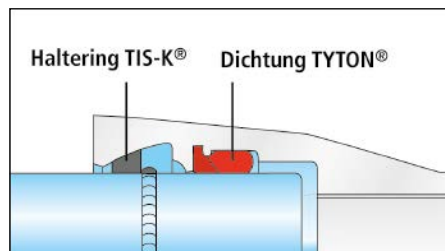
**Tabelle 9.1:**  
Übersicht der  
formschlüssigen Steck-  
muffen-Verbindungen

Verbindungsart		Nennweitenbereich DN	Zul. Betriebsdruck PFA [bar]	Zul. Abwinkelbarkeit [°]
Formschlüssige längskraftschlüssige Verbindungen mit <b>innen liegender Rückhaltekammer</b>	TIS-K®	100–300	nach Angabe des Herstellers	3
	UNIVERSAL Ve	350–400	nach Angabe des Herstellers	3
		500–800		2
		900		1,5
		1000		1,2
		1200		1,1
	BLS® / VRS®-T	80–150	nach Angabe des Herstellers	5
		200–300		4
		400		3
		500		3
		600		2
		800–1000		1,5
	BAIO®	80–300	nach Angabe des Herstellers	≤ 3
Formschlüssige längskraftschlüssige Verbindungen mit <b>außen liegender Rückhaltekammer</b>	<i>Hydrotight</i>	400–500	nach Angabe des Herstellers	3
		600–700		2

### System TIS-K®

Bei der längskraftschlüssigen Verbindung TIS-K® (**Bild 9.6**) wird die Kraft von einem Rohr zum anderen bzw. Formstück über die Schweißraupe und den Haltering in die Muffe übertragen. Der Haltering ist geschlitzt oder segmentiert und passt sich dem Außendurchmesser der Rohre an. Die Ausführung der längskraftschlüssigen Steckmuffen-Verbindung TIS-K® ist für Rohre und Formstücke gleich.

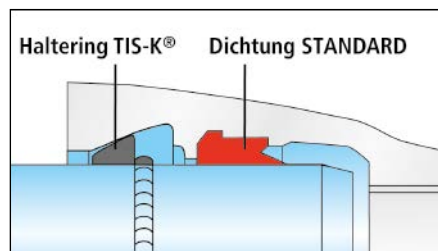
Die ursprüngliche Abwinkelbarkeit der TYTON®- Steckmuffen-Verbindung bleibt voll erhalten (**Tabelle 9.1**).



**Bild 9.6:**  
Längskraftschlüssige  
Steckmuffen-Verbindung TIS-K®

### System UNIVERSAL Ve

Die Längskraft wird mit dem Haltering des Systems TIS-K® übertragen, während die Dichtung dem System STANDARD (Form C in DIN 28603 [9.2]) angehört (**Bild 9.7**). Die zulässigen Abwinkelungen für Rohre sind in **Tabelle 9.1** aufgeführt.



**Bild 9.7:**  
Längskraftschlüssige  
Steckmuffen-Verbindung UNIVERSAL Ve

### System BLS® / VRS®-T

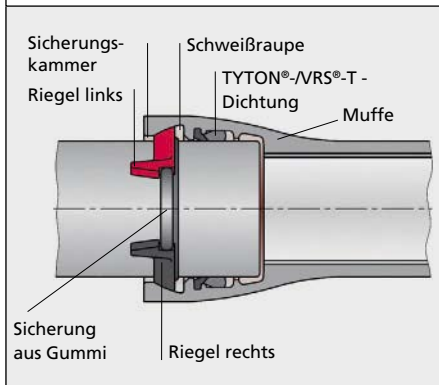
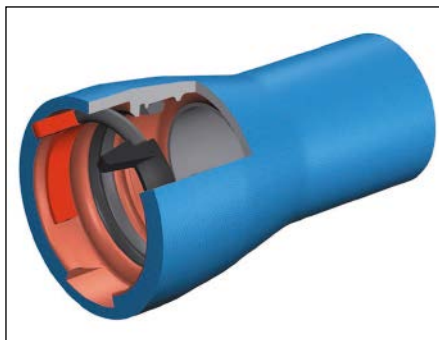
Das formschlüssige System BLS® / VRS®-T erlaubt es, die beiden Montagevorgänge

- „Dichtheit herstellen“ und
- „Verriegeln“

in zwei getrennte, nacheinander auszuführende und kontrollierbare Teilschritte zu zerlegen. Im ersten Teilschritt wird die Steckmuffen-Verbindung (TYTON® bzw. VRS®-T) montiert. In einem zweiten Teilschritt wird die Verbindung durch Einschleiben von Verriegelungselementen längskraftschlüssig gemacht.

Im Nennweitenbereich DN 80 bis DN 500 sind dies Riegel (**Bild 9.8 und 9.9**), während es von DN 600 bis DN 1000 plattenförmige Segmente (**Bild 9.10**) sind. Bei den Riegeln sind die Ausführungen „rechts“ und „links“ zu unterscheiden und entsprechend Einbauanleitung einzusetzen. Nach Abschluss der Montage verhindert eine Sicherung aus Gummi in dem noch offenen Fenster in der Muffenstirn ein Verschieben der Verriegelungselemente (**Bild 9.9**).



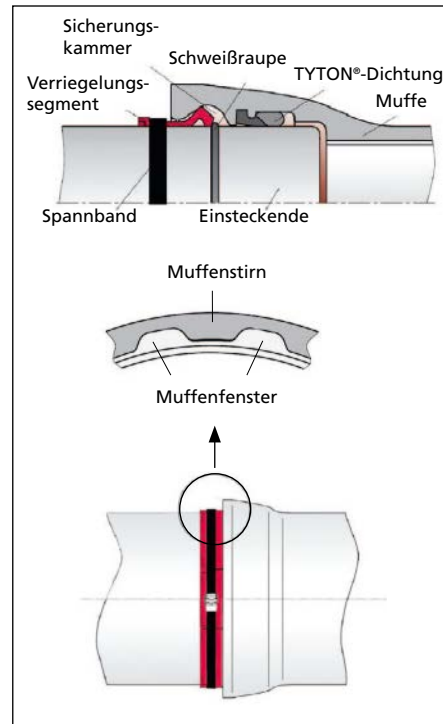


**Bild 9.8:**  
Längskraftschlüssige Steckmuffen-Verbindung BLS® / VRS®-T mit Riegeln (DN 80 bis 500)

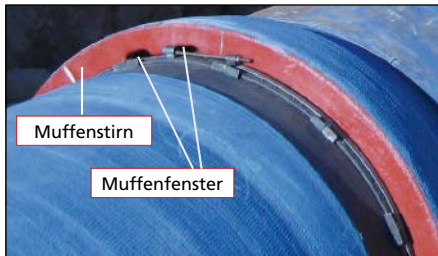


**Bild 9.9:**  
Anordnung der Riegel und der Sicherung aus Gummi in der BLS® / VRS®-T - Verbindung (DN 80 bis DN 500); Hochdruckriegel nur für DN 80 bis DN 250

Bei den Nennweiten DN 600 bis DN 1000 werden die plattenförmigen Verriegelungssegmente durch die doppelte Aussparung in der Muffenstirn in axialer Richtung eingeschoben und anschließend gleichmäßig über den Umfang verteilt. Die Aussparungen werden zur Vereinfachung des Verriegelungsvorganges vorzugsweise in der Scheitellage angeordnet (**Bild 9.10**).



**Bild 9.10:**  
Längskraftschlüssige Steckmuffen-Verbindung BLS® mit Einschuböffnungen an der Muffenstirn und Spannband (DN 600 bis DN 1000)



**Bild 9.11:**  
Fixierung der Verriegelungssegmente durch eine Spannschelle

Nach der Komplettierung der Verriegelungssegmente im Muffenspalt werden sie in ihrer Gesamtzahl über den Umfang soweit verschoben, dass keine Höcker am Muffenfenster mehr zu sehen sind und mit einem Spannband oder einer Spannschelle (**Bild 9.11**) fixiert.

### System BAIO®

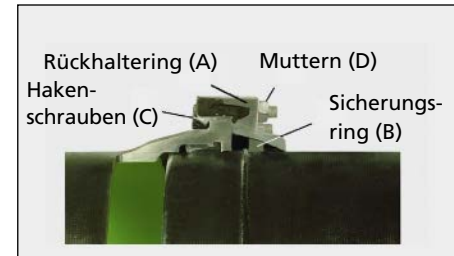
Das formschlüssige System BAIO® wird bei Formstücken und Armaturen eingesetzt. Die Einsteckenden tragen auf ihrer Außenfläche vier gleichmäßig über den Umfang angeordnete Nocken, während die Muffen eine Rückhaltekommer auf-



**Bild 9.12:**  
EU-Stück und Spitzend-Endstopfen System BAIO®

weisen, deren Stirn vier zu den Spitzendnocken passende Aufnahmeöffnungen besitzen. Nach dem Einführen des Einsteckendes in die Muffe wird es nach dem Bajonett-Prinzip um ein Achtel des Umfangs verdreht und dabei verriegelt.

**Bild 9.12** zeigt eine formschlüssige BAIO®-Muffe und das dazu passende BAIO®-Einsteckende eines Endstopfens, wie er als Endverschluss bei einer Druckprobe verwendet wird. Er besitzt dafür ein Schraubgewinde für die Entlüftung sowie zwei Handhebel zum Verdrehen.



**Bild 9.13:**  
Querschnitt durch die formschlüssige außen liegende *Hydrotight*-Verbindung

### System *Hydrotight*

**Bild 9.13** zeigt einen Querschnitt durch die Verbindung nach vollständiger Montage. Vor der Verbindungsmontage wird der Rückhaltering (A) und der geschlitzte Sicherungsring (B) auf das Einsteckende geschoben. Nach Herstellen der Verbindung werden beide Ringe an die Muffe herangezogen und mit den Hakenschaubren (C) und Muttern (D) verschraubt. Danach wird die Verbindung gereckt, sodass alle Kraftübertragungsglieder aneinander anliegen.

### 9.4.2 Reibschlüssige Steckmuffen-Verbindung

Einen Überblick über die Verbindungsarten, die Anwendungsbereiche und zulässigen Abwinkelbarkeiten der reibschlüssigen Steckmuffen-Verbindungen gibt die **Tabelle 9.2**.

Verbindungsart	Nennweitenbereich DN	Zul. Betriebsdruck PFA [bar]	Zul. Abwinkelbarkeit [°]
BRS®/ TYTON SIT PLUS®	80–300	nach Angabe des Herstellers	3
	350–600		2
BLS®/VRS®-T mit Klemmring	80–150	nach Angabe des Herstellers	5
	200–300		4
	400		3
	500		3
STANDARD Vi	350–400	nach Angabe des Herstellers	3
	500–600		2
Novo SIT®	80–400	nach Angabe des Herstellers	3
	450–700		2
	800		1
Universal Vi	350–400	nach Angabe des Herstellers	3
	500–700		2
BAIO-SIT	80–300	nach Angabe des Herstellers	3
Hawle-STOP	80–200	nach Angabe des Herstellers	3
<i>Hydrotight</i> innenliegend	80–300	nach Angabe des Herstellers	3
	400		3
	500		2
<i>Hydrotight</i> außenliegend	80–500	nach Angabe des Herstellers	3
	600–700		2
Vor dem Einsatz in Dükern und Freileitungen, sowie vor dem Einbau in Steilhängen, Schutzrohren oder Kollektoren, sollte in jedem Fall die Anwendungstechnik des Herstellers angesprochen werden!			

**Tabelle 9.2:**

Übersicht der reibschlüssigen Steckmuffen-Verbindungen

### System BRS®

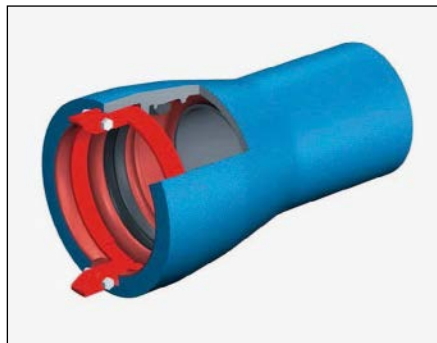
Anstelle der üblichen Dichtung wird eine TYTON SIT PLUS® - Dichtung mit ein-vulkanisierten Edelstahlsegmenten verwendet (**Bild 9.14**). Diese haben scharfe und gehärtete Zähne, die sich in die Oberfläche des Rohrendes einschneiden.



**Bild 9.14:**  
Reibschlüssige Steckmuffen-Verbindung  
BRS®

### System BLS®/VRS®-T mit Klemmring

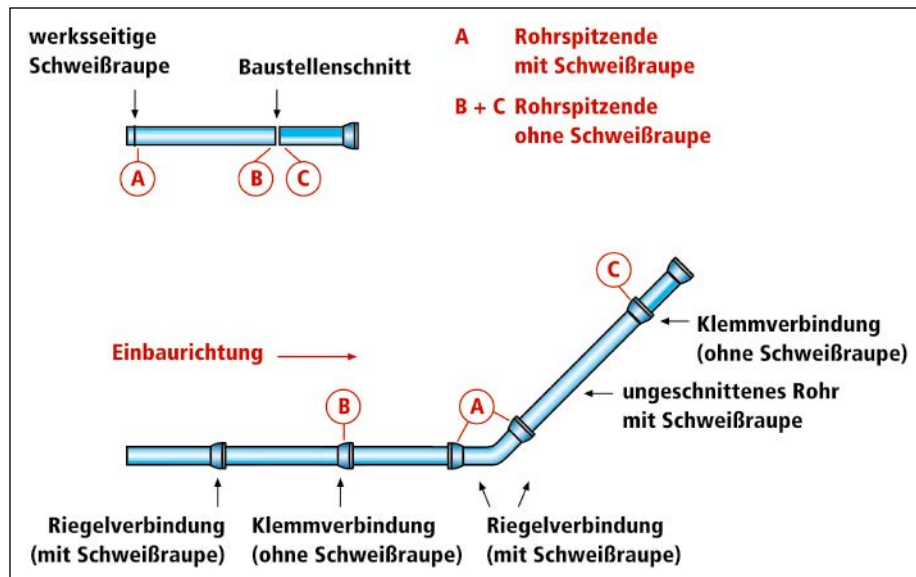
Mit diesem System kann der Auftrag von Schweißraupen an baustellenseitig gekürzten Rohren umgangen werden. Anstelle der Riegel werden zwei Klemmringhälften in die Einschuböffnungen an der Muffe eingeführt und mittels Schrauben auf dem Einsteckende verspannt (**Bild 9.15**).



**Bild 9.15:**  
Reibschlüssige Steckmuffen-Verbindung  
BLS® / VRS® -T mit Klemmring

Die Klemmringe sind auf ihrer Innenseite mit gezahnten Druckflächen versehen. Ihr Einbau bleibt auf den erdüberdeckten Bereich gemäß den beschriebenen Regeln beschränkt, wonach sie nur in Rohrmuffen einzusetzen sind (**Bild 9.16**).

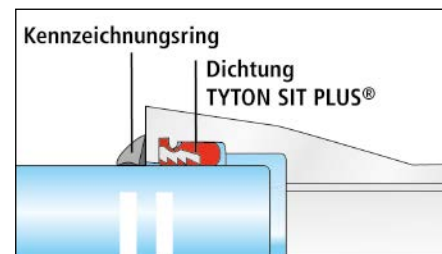
Bei grabenlosen Einbauverfahren sowie in Düker- und Brückenleitungen, in Steilhängen, Schutzrohren und Kollektoren sollte der Einsatz von Klemmringen vermieden werden.



**Bild 9.16:**  
Regeln für den Einbau von Klemmringen

### System TYTON SIT PLUS®

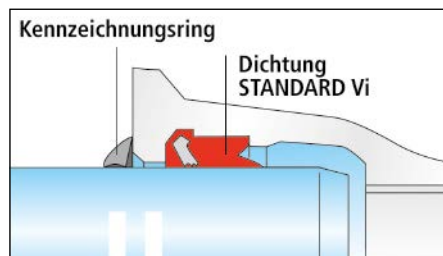
Mit der Einführung von TYTON SIT PLUS® (Bild 9.17) im Jahre 2003 wurde der Anwendungsbereich der reibschlüssigen Verbindung Tyton SIT® erweitert und diese durch TYTON SIT PLUS® ersetzt.



**Bild 9.17:**  
Reibschlüssige Steckmuffen-Verbindung  
TYTON SIT PLUS®

### System STANDARD Vi

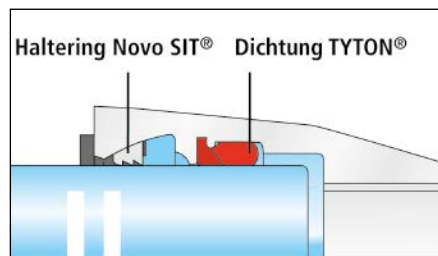
Das System STANDARD Vi (**Bild 9.18**) arbeitet nach einem ähnlichen Prinzip: In die STANDARD-Dichtung sind Edelstahl-Segmente mit gehärteten und scharf geschliffenen Zähnen einvulkanisiert. Sie greifen in die Oberfläche des Einsteckendes ein und übertragen somit die Längskräfte.



**Bild 9.18:**  
Reibschlüssige Steckmuffen-Verbindung  
STANDARD Vi

### System Novo SIT®

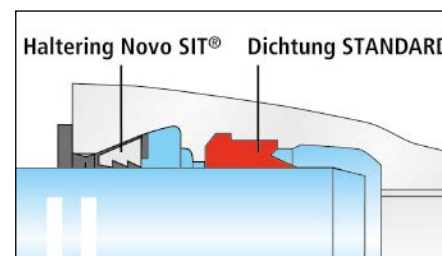
Die Muffe besitzt eine vorgegossene Haltekammer. Im Vergleich zur TYTON SIT PLUS® sind die Dicht- und Haltefunktionen voneinander getrennt. Durch die Konstruktion des Ringes liegt dieser beim Einschieben des Einsteckendes immer innen an der Sicherungskammer an, sodass sich geringe Reckwege ergeben. (**Bild 9.19**).



**Bild 9.19:**  
Reibschlüssige Steckmuffen-Verbindung  
Novo SIT®

### System UNIVERSAL Vi

Auch hier sind die Funktionen „Dichten“ und „Längskräfte übertragen“ voneinander getrennt. Die Haltefunktion übernimmt der Novo SIT®-Ring, während die STANDARD-Dichtung abdichtet (**Bild 9.20**).



**Bild 9.20:**  
Reibschlüssige Steckmuffen-Verbindung  
UNIVERSAL Vi

### System BAIO-SIT und Hawle-STOP

Auch hier sind die Funktionen „Dichten“ und „Längskräfte übertragen“ voneinander getrennt. Die Haltefunktion übernimmt eine ringförmige Haltekammer, die mit dem Bajonett-Prinzip auf den außen liegenden Haltenasen der BAIO®-Muffe verriegelt wird (**Bild 9.21**).

Diese Haltekammer nimmt einen Gummiring mit einvulkanisierten Edelstahlsegmenten auf. Diese haben scharfe und gehärtete Zähne, die sich in die Oberfläche des Rohrendes einschneiden.

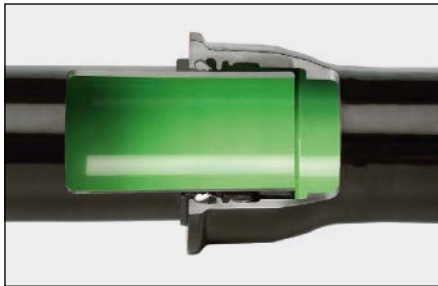
Bei der Ausführung Hawle-STOP sind die Haltezähne in einem Ring aus Polyamid eingelassen (**Bild 9.22**).



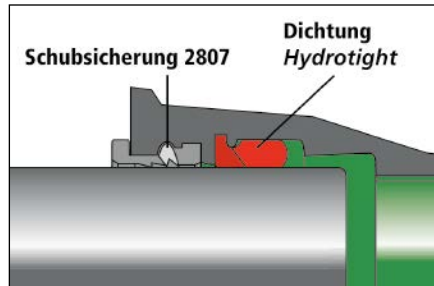
**Bild 9.21:**  
Reibschlüssige Steckmuffen-Verbindung  
BAIO-SIT



**Bild 9.22:**  
Reibschlüssige Verbindung Hawle-STOP



**Bild 9.23:**  
Reibschlüssige Verbindung *Hydrotight*  
innenliegend (Doppelkammermuffe)



**Bild 9.24:**  
Schnittzeichnung reibschlüssige Verbindung  
*Hydrotight* innenliegend (Doppelkammer-  
muffe)



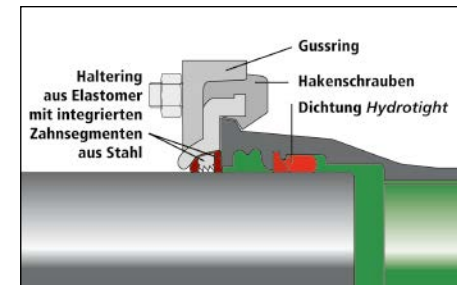
**Bild 9.25:**  
Reibschlüssige Verbindung *Hydrotight*  
außenliegend

### System *Hydrotight* innenliegend (Doppelkammermuffe)

In der Muffe sind zwei umlaufende Kammern untergebracht. Die eine Kammer nimmt die *Hydrotight*-Dichtung auf, während in der zweiten Kammer der Schub-sicherungsring, ein Elastomer-Ring mit einvulkanisierten Zahnsegmenten, sitzt. Dieser ist zusätzlich mit einer Dichtlippe versehen, die das Eindringen von Boden und Feuchtigkeit verhindert (**Bilder 9.23 und 9.24**).

### System *Hydrotight* außenliegend

Ein Schub-sicherungsring aus duktilem Gusseisen wird mit Hakenschrauben am äußeren Muffenbund befestigt. Zusammen mit der Muffenstirn wird dadurch eine Kammer gebildet, in welcher ein Elastomer-Haltering mit einvulkanisierten Zahnsegmenten sitzt. Dieser ist zusätzlich mit kleinen Dichtlippen versehen, die das Eindringen von Boden und Feuchtigkeit verhindern. Die Zahnsegmente übertragen die Längskräfte von der Muffe auf das nächste Rohr (**Bilder 9.25 und 9.26**).



**Bild 9.26:**  
Schnittzeichnung reibschlüssige Verbindung  
*Hydrotight* außenliegend



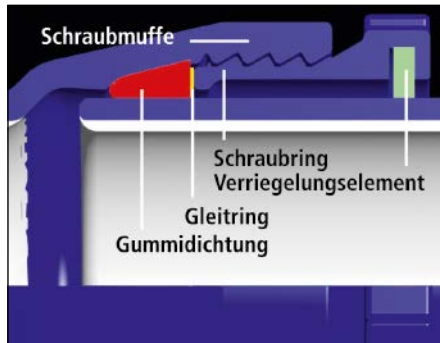
### 9.4.3 Reibschlüssige Schraubmuffen-Verbindungen

Reibschlüssige Schraubmuffen-Verbindungen werden hauptsächlich bei Reparaturen verwendet. Dabei wird zwischen den Systemen mit Verriegelungselementen und denen mit Klemmring unterschieden.

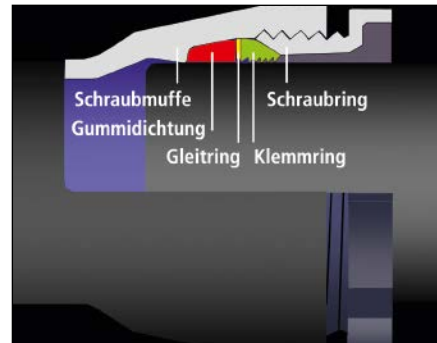
Bei der längskraftschlüssigen Schraubmuffen-Verbindung mit Verriegelungselementen hat der Schlüsselbund des Schraubringes entgegen der Einschraubdrehrichtung nach innen fallende tangentielle Einschubkanäle mit rechteckigem Querschnitt. Durch diese Einschubkanäle werden verzahnte Keile eingetrieben, die sich in das Einsteckende einschneiden und eine längskraftschlüssige Verbindung erzeugen (**Bild 9.27**).

Für die Schraubmuffen-Systeme mit Klemmring existieren zwei Varianten: mit einfachem Klemmring (**Bild 9.28**) und mit Klemmring spezial (**Bild 9.29**).

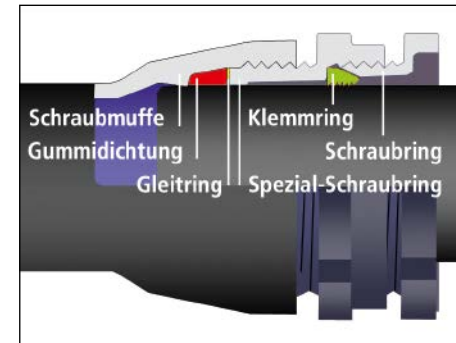
Die **Tabelle 9.3** gibt einen Überblick über die reibschlüssigen Konstruktionen für Schraubmuffen-Verbindungen, die Anwendungsbereiche, die Betriebsdrücke und zulässigen Abwinkelungen.



**Bild 9.27:**  
Längskraftschlüssige Schraubmuffen-Verbindung mit Verriegelungselementen



**Bild 9.28:**  
Schraubmuffen-Verbindung mit einfachem Klemmring



**Bild 9.29:**  
Schraubmuffen-Verbindung mit Klemmring spezial

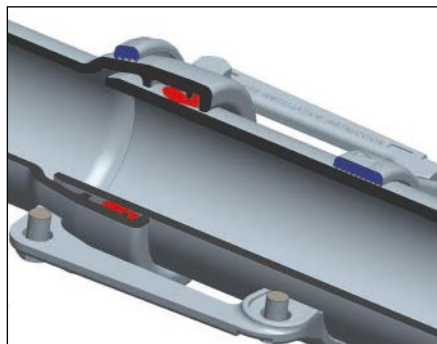
**Tabelle 9.3:**  
Einsatzbereich und Abwinkelbarkeit reibschlüssiger Schraubmuffen-Verbindungen

Verbindungsart	Nennweitenbereich DN	Zul. Betriebsdruck PFA [bar]	Zul. Abwinkelbarkeit [°]
mit Verriegelungselementen	80–300	nach Angabe des Herstellers	2
mit Klemmring	80–300	nach Angabe des Herstellers	3
mit Klemmring spezial	300–400	nach Angabe des Herstellers	3

#### 9.4.4 Klemmschellen für nachträgliche Montage

Die Klemmschelle besteht aus zwei oder drei gleichen Teilen, die durch Schrauben zusammengespannt werden. Die Längskraftschlüssigkeit wird erzeugt durch das Zusammenspiel von dem hinter die Muffe greifenden Halteteil und den gezahnten Druckplatten, welche auf das Rohr gepresst werden. Die Klemmschellen (**Bild 9.30**) sind für TYTON®- und Schraubmuffen-Verbindungen verwendbar (Typ M).

Klemmschellen werden nach Herstellung der Muffen-Verbindung montiert, die Abwinkelbarkeit der Verbindung bleibt voll erhalten.



**Bild 9.30:**  
Längskraftschlüssige Steckmuffen-Verbindung mit Klemmschellen (Typ M)

Den Anwendungsbereich der Klemmschelle Typ M zeigt **Tabelle 9.4**.

**Tabelle 9.4:**  
Anwendungsbereich der Klemmschelle Typ M

Nennweite DN	Zul. Betriebsdruck PFA [bar]	Abwinkelbarkeit [°]
80–300	nach Angabe des Herstellers	3
400		

## 9.5 Typprüfungen

Die Funktionstüchtigkeit längskraftschlüssiger Verbindungssysteme muss durch Prüfungen nach EN 545 [9.3] vom Hersteller nachgewiesen werden.

Die Anforderungen und Prüfbedingungen für diesen Nachweis sind im **Kapitel 8**, „Steckmuffen-Verbindungen“ näher beschrieben. Zur Erlangung des DVGW-Prüfzeichens müssen diese Funktionsprüfungen fremdüberwacht durchgeführt werden. Letztendlich sind die Angaben der Herstellerkataloge maßgebend für den Einsatzbereich längskraftschlüssiger Verbindungen.

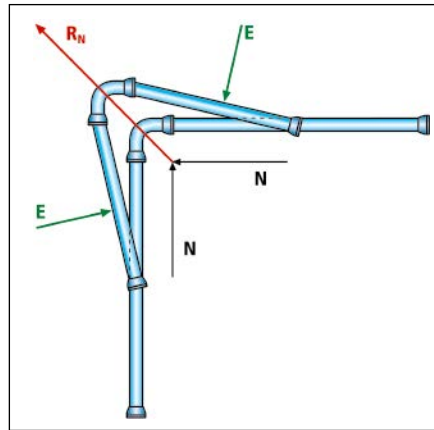
## 9.6 Ermittlung der auftretenden Kräfte und der zu sichernden Rohrlängen

Aus dem Innendruck resultieren an Richtungs- und Querschnittsänderungen sowie an Abzweigen Kräfte, die in den Baugrund einzuleiten sind.

Im DVGW-Arbeitsblatt GW 368 [9.1] sind die Rechenvorschriften ausführlich hergeleitet und in Form von einfach zu benutzenden Tabellen für die Regelfälle abgedruckt. Im Folgenden werden die wichtigsten Rechenschritte am Beispiel eines Bogenformstücks erläutert.

Am Bogen wirkt die Resultierende  $R_N$  in Richtung der Winkelhalbierenden. Mit dieser Kraft wirkt die Projektionsfläche des Bogens auf die verdichtete Grabenverfüllung. Die dabei entstehende Flächenpressung ist i. a. höher als die Druckfestigkeit des anliegenden Bodens.

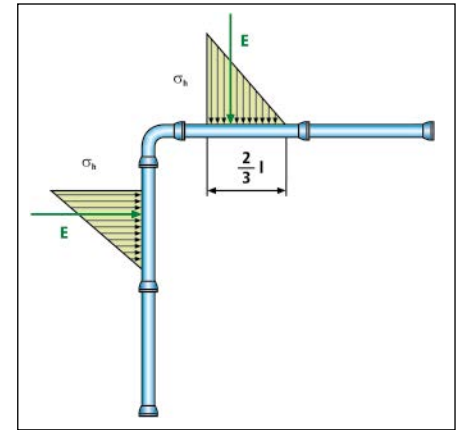
Der Boden verformt sich und der Bogen verschiebt sich in Richtung der Resultierenden  $R_N$ .



**Bild 9.31:**

Aktivierung des Erdwiderstandes  $E$  durch Verschiebung des Bogens in der Winkelhalbierenden

Weil die in den Muffen des Bogens steckenden Rohrenden gelenkig verriegelt sind, erfahren bei dieser Lageveränderung die ersten beiden Rohre eine seitliche Verschiebung; dabei aktivieren sie entsprechend **Bild 9.31** mit ihrer seitlichen Projektionsfläche (Durchmesser · Länge) den Erdwiderstand  $E$ .



**Bild 9.32:**

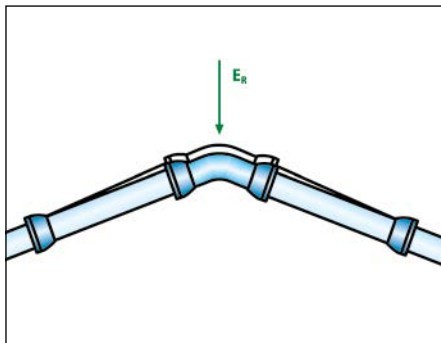
Aktivierter Erdwiderstand  $E$

$$E = \frac{zul.\sigma_h \cdot \frac{2}{3} \cdot l \cdot DE}{2} [kN] \quad (9.4)$$

Aus Sicherheitsgründen werden nur zwei Drittel der Rohrlänge angesetzt (**Bild 9.32**).

**Praxistipp:**

Die mit der Aktivierung des Erdwiderstandes verbundene Verschiebung des Bogenformstückes führt zu einer Abwinkelung der beiden Rohre in der Formstückmuffe. Für eine winkelneutrale Einstellung der beiden Verbindungen kann die Verschiebung des Formstücks durch eine negative Abwinkelung vorgegogenommen werden (**Bilder 9.33 und 9.34**).

**Bild 9.33:**

Verschiebung des Formstückes vorgegogenommen – negative Abwinkelung im Bereich des Bogens

Die nachfolgenden weiteren längkraftschlüssigen Rohre werden nur noch axial verschoben, wobei die Mantelreibung  $R$  aktiviert wird. Sie hängt von der Länge des verriegelten Rohrleitungsabschnittes  $L$  [m] und den Gewichten aus Erdauflast, Rohr und Wasserfüllung ab.

**Reibungskraft aus der Erdlast an der Rohroberseite**

Die erste Reibungskraft  $R_1$  ermittelt sich aus der Erdlast oberhalb des Rohres (**Bild 9.35**).

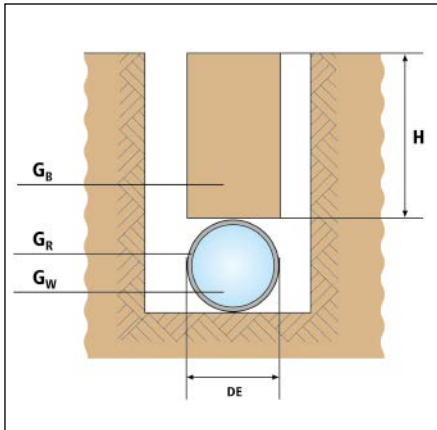
$$R_1 = \mu \cdot G_B = \mu \cdot DE \cdot H \cdot \gamma_B \quad [\text{kN/m}] \quad (9.5)$$

**Reibungskräfte aus Erdauflast, Wasserfüllung und Rohrgewicht an der Rohrunterseite**

Die zweite Reibungskraft  $R_2$  aus Erdlast oberhalb des Rohres, aus dem Gewicht des Rohres und seiner Wasserfüllung wirkt auf der Rohrunterseite (**Bild 9.35**). Hier wird die gesamte Rohrlänge ange-  
setzt.

**Bild 9.34:**

Bogenformstück mit negativer Abwinkelung – Kontrolle der Verschiebung des Formstückes in die winkelneutrale Stellung



**Bild 9.35:**  
Zur Berechnung der Reibung aus Erdauflast, aus Rohrgewicht und Wasserfüllung

$$R_2 = \mu \cdot (G_B + G_W + G_R) [kN/m] \quad (9.6)$$

$$G_B = DE \cdot H \cdot \gamma_B [kN/m] \quad (9.7)$$

$$G_W = (DE)^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot \gamma_W [kN/m] \quad (9.8)$$

$$G_R = \pi \cdot DE \cdot e_{min} \cdot \gamma_R [kN/m] \quad (9.9)$$

Das Gewicht des Rohres  $G_R$  [kN/m] entnehmen Sie bitte den Handbüchern der Gussrohrhersteller.

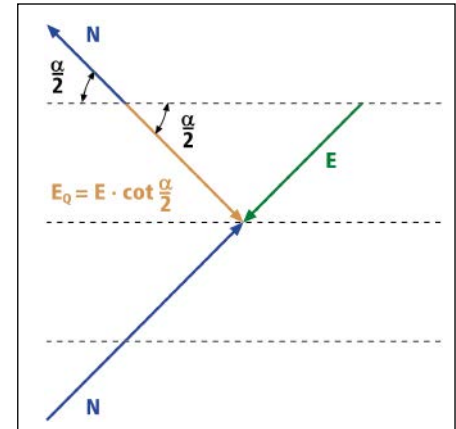
### Reibungskräfte aus dem Erdwiderstand

Die dritte Reibungskraft  $R_3$  stammt aus dem Erdwiderstand  $E$  der ersten Rohre, multipliziert mit der Reibungszahl.

$$R_3 = \mu \cdot E [kN] \quad (9.10)$$

Hinweis: Diese Reibungskraft wirkt nur am ersten Rohr nach dem Bogen.

Der auf das Rohr wirkende Erdwiderstand  $E$  wird als Querkraft  $E_Q$  auf den Bogen übertragen. Diese Querkraft  $E_Q$  wirkt der vom Innendruck erzeugten Normalkraft  $N$  entgegen (**Bild 9.36**).



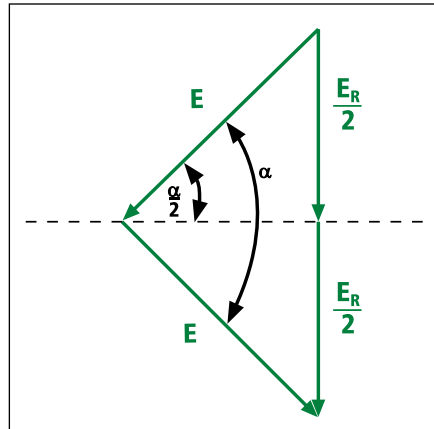
**Bild 9.36:**  
Ermittlung der Querkraft aus dem Erdwiderstand  $E$

$$E_Q = E \cdot \cot \frac{\alpha}{2} [kN] \quad (9.11)$$

$$\cot \frac{\alpha}{2} = \frac{E_Q}{E} \quad (9.12)$$

**Gleichgewicht der Kräfte am Bogen**

Für den Gleichgewichtszustand (**Bilder 9.37 und 9.38**) müssen die Kräfte aus dem Innendruck sowie die aus der Gesamtreibung  $R$  und der Querkraft  $E_Q$  herrührenden hemmenden Kräfte einander gleich sein (Gleichung 9.16).

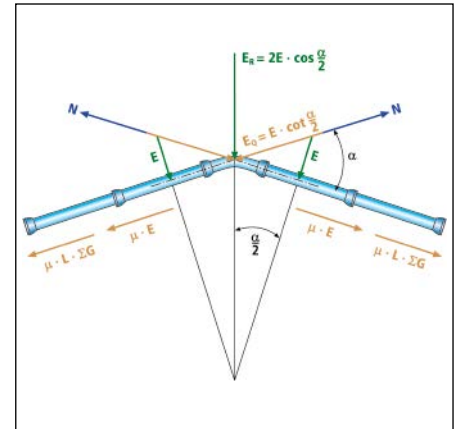


**Bild 9.37:**  
Ermittlung des resultierenden Erdwiderstandes  $E_R$  am Bogen

$$\cos \frac{\alpha}{2} = \frac{E_R}{E} \tag{9.13}$$

$$\frac{E_R}{2} = E \cdot \cos \frac{\alpha}{2} [kN] \tag{9.14}$$

$$E_R = 2 \cdot E \cdot \cos \frac{\alpha}{2} [kN] \tag{9.15}$$



**Bild 9.38:**  
Zusammenwirken von Schubkräften und Erdwiderstand am Bogen

$$N = \mu \cdot L \cdot \sum G + \mu \cdot E + E \cdot \cos \frac{\alpha}{2} [kN] \tag{9.16}$$

$$\sum G = 2 \cdot G_B + G_W + G_R [kN/m] \tag{9.17}$$

Hieraus ergibt sich die zu sichernde Rohrleitungslänge  $L$ .

Unter Berücksichtigung einer Rohrlänge von 6 m und den Werten

$$\gamma_B = 18 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_W = 10 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_R = 70,5 \text{ kN/m}^3 \text{ (duktiles Gusseisen)}$$

errechnet sich für Wasserleitungen aus duktilem Gusseisen beim Systemprüfdruck  $STP$  die zu sichernde Rohrlänge  $L$ .

$$L = \frac{1}{\mu} \cdot \frac{0,79 \cdot STP \cdot DE - 2 \cdot \text{zul.}\sigma_n \left( \mu + \cot \frac{\alpha}{2} \right)}{36 \cdot H + 7,85 \cdot DE \cdot 221,5 \cdot e_{\min}} [m] \quad (9.18)$$

Bei Rohrleitungen im Grundwasser verringert der Auftrieb die Gewichtskräfte und den Erdwiderstand und damit die Reibungskraft.

Beim Einbau in bindige Böden im Grundwasser sowie bei schwer verdichtbaren bindigen Böden weicher und steifer Konsistenz (Bodenarten B 2 bis B 4 nach GW 310 [9.4]) geht die Reibungszahl  $\mu$  gegen Null.

In diesem Fall wird empfohlen, die gesamte Rohrleitung längskraftschlüssig zu sichern.

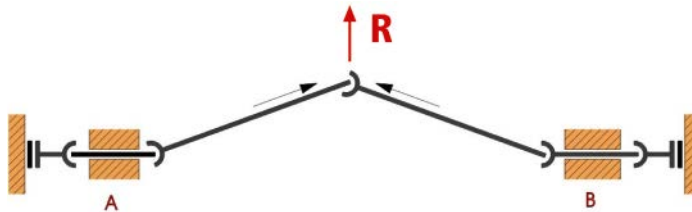
Bei Richtungsänderungen in der vertikalen Ebene wirkt die resultierende Kraft am sogenannten Luftbogen nach außen. Dadurch können die Gewichtskräfte  $G_w$  und  $G_R$  in Gleichung 9.17 gegen Null gehen.

Das DVGW-Arbeitsblatt GW 368 [9.1] fasst die Ergebnisse dieser Berechnungen in Tabellen zusammen, wodurch sich sehr viel Rechenarbeit erübrigt.

Für Berechnungen außerhalb der Tabellenwerte steht auf der Website [www.eadips.org](http://www.eadips.org) der European Association for Ductile Iron Pipe Systems · EADIPS®/Fachgemeinschaft Guss-Rohrsysteme (FGR®) e.V. ein online-Rechenprogramm unter der Rubrik „Rechentools“, Button „DVGW GW 368“, zur Verfügung.

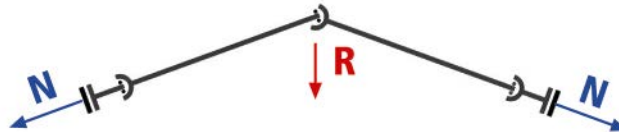
Oft liegen einzelne Muffen-Verbindungen nach dem Einbau in einem ungereckten Zustand vor, der eine Reckung vor dem Anschluss der Leitungsenden an Fixpunkte (z. B. Bauwerke, eingerdete Leitungen) erforderlich macht (**Bild 9.39**). Die Reckwege der einzelnen längskraftschlüssigen Verbindungssysteme betragen wenige Millimeter.

Während der Planungsphase und bei der Ausführung sind die Einbauanweisungen sowie spezielle Hinweise der Hersteller besonders zu beachten (**Kapitel 19 und 22**).



Gefahr: Reckung der gesamten Rohrleitung nicht möglich – Gefahr des Ausbruchs der Leitung an einer oder mehreren Muffen-Verbindungen;

Kräfte  $R$  aus Innendruck; Gelenk abgewinkelt, Enden eingespannt



Reckung der gesamten Leitung möglich –

kein Ausbruch der Rohrleitung an den Muffen-Verbindungen;

Kräfte  $R$  aus Innendruck; Gelenk abgewinkelt, Enden verschlossen

**Bild 9.39:**

Auswirkungen von Reckwegen in längkraftschlüssigen Rohrleitungen

## 9.7 Einbaubeispiele

Die folgenden Beispiele stammen aus der Baupraxis der letzten Jahre. Sie zeigen nur Anwendungen, wo zugfeste Verbindungen als Ersatz von Betonwiderlagern angewendet wurden.

Der Gebrauch zugfester, längkraftschlüssiger Steckmuffen-Verbindungen bei den grabenlosen Einbau- und Erneuerungsverfahren ist dem **Kapitel 22** vorbehalten.

- Beim Bau der Grund- und Regenwasserableitung des neuen Flughafens Berlin Brandenburg International wurden duktile Kanalrohre DN 700 eingesetzt (**Bild 9.40**). Während der Bauphase wird die Leitung als Druckleitung mit mehreren bar Betriebsdruck betrieben. Im Bereich von Richtungsänderungen der Leitungstrasse konnte durch den Einsatz längkraftschlüssiger Novo SIT® - Steckmuffen-Verbindungen auf teure Betonwiderlager verzichtet und damit die Bauzeit erheblich verkürzt werden.





**Bild 9.40:**  
Duktile Kanalrohre DN 700 mit  
Steckmuffen-Verbindungen Novo SIT®



**Bild 9.41:**  
Paralleleinbau von duktilen Abwasserdruck-  
leitungen DN 600 mit BRS® / TYTON  
SIT PLUS® - Steckmuffen-Verbindungen

- Die Abwasserdruckleitung 2 · DN 600 zwischen Heidenau und Dresden verläuft im Überflutungsgebiet der Elbe (**Bild 9.41**). Hier können Freispülungen von Trassenabschnitten zumindest abschnittsweise nicht ausgeschlossen werden. Zudem soll die Leitung auch bis zu einem gewissen Hochwasserstand der Elbe weiter

betrieben werden können, wobei das Erdreich aber zu diesem Zeitpunkt soweit durchweicht sein kann, sodass für die Leitung mit Auftrieb zu rechnen ist. Aus diesem Grunde müssen alle Steckmuffen-Verbindungen kraftschlüssig ausgeführt sein. Gewählt wurde das längskraftschlüssige Verbindungssystem BRS® / TYTON SIT



**Bild 9.42:**  
Einbau von duktilen Bögen in  
längskraftschlüssiger Ausführung

**Bild 9.43:**

Bypassleitung DN 600 aus duktilem Gusseisen mit BLS® - Steckmuffen-Verbindungen

PLUS®, das bis zur Nennweite DN 600 bei Nenndruck PN 10 einsetzbar ist. Bei diesem System sind Dicht- und Haltefunktion konstruktiv in einem Ring zusammengefasst.

- Bei der Erneuerung und Umlegung einer alten Trinkwasserhauptleitung DN 1000 in Leipzig (**Bild 9.42**) waren Zeit und Bauraum knapp. Da

**Bild 9.44:**

Sanierung eines Schieberkreuzes mit längskraftschlüssigen Verbindungen BAIO®

die neuen Leitungen durchgehend mit längskraftschlüssigen Verbindungen gebaut waren, konnten aufwändige Presswände (Widerlager) zur Aufnahme der Kräfte entfallen.

- 6 km einer Haupttransportleitung DN 1200 sind ohne Unterbrechung des Trinkwassertransports durch Auskleiden mit Zementmörtel zu sanieren.

Die jeweils 2 km langen Abschnitte werden mit einem Bypass DN 600 aus oberirdisch montierten längskraftschlüssigen Rohren aus duktilem Gusseisen überbrückt (**Bild 9.43**). Nach Abschluss der Sanierungsarbeiten am jeweiligen Teilabschnitt werden die Gussrohre demontiert und für den nächsten Abschnitt erneut verwendet, und dies mindestens drei Mal. Prüfdruck des Bypasses: 30 bar, Kräfte an 45°-Bögen: 720 kN. Eingesetzt wurden Rohre und Formstücke DN 600 mit BLS® - Steckmuffen-Verbindung (**Bild 9.10**).

- Durch flanschenlose zugfeste Schieber mit zugfesten Muffen und Übergangsstücken zu Altleitungen unterschiedlicher Materialien wurde ein komplettes Schieberkreuz mit konventionellen Flanschenschiebern saniert. Bei vier Absperrschiebern und einem Hydranten verringert sich mit den neuen Bauteilen die Zahl der Einzelteile von 546 auf 47; die Montagezeit verkürzt sich um den Faktor 5 (**Bild 9.44**).

- Wenn zwischen einer Quellfassung und dem kommunalen Trinkwasserbehälter ein beträchtlicher Höhenunterschied besteht, dann kann in Trinkwasserkraftwerken die örtliche Wasserversorgung mit einer Stromerzeugung kombiniert werden. Mit garantierten Einspeisevergütungen amortisiert sich die Installation der Anlage schnell. Duktile Gussrohre mit zugfester Steckmuffen-Verbindung sind den hohen Betriebsdrücken gewachsen, leicht einzubauen und trotzen mit ihrem robusten Werkstoff allen äußeren Belastungen (**Bild 9.45**).



**Bild 9.45:**  
Turbinenleitung DN 400

## 9.8 Formelzeichen

$$DE = d_a \quad [\text{m}]$$

Rohraußendurchmesser

$$DI = d_i \quad [\text{m}]$$

Rohrinnendurchmesser

$$e_{min} \quad [\text{m}]$$

Mindestwanddicke des gewählten Rohrtypes

$$E \quad [\text{kN}]$$

Erdwiderstand

$$E_R \quad [\text{kN}]$$

Resultierender Erdwiderstand in der Winkelhalbierenden

$$E_Q \quad [\text{kN}]$$

Querkraft aus dem Erdwiderstand

$$G_B \quad [\text{kN/m}]$$

Gewicht des Bodens über dem Rohr

$$G_R \quad [\text{kN/m}]$$

Gewichtskraft des Rohres

$$G_W \quad [\text{kN/m}]$$

Gewichtskraft der Wasserfüllung

$$H \quad [\text{m}]$$

Erdüberdeckung über dem Rohr

$$l \quad [\text{m}]$$

Rohrlänge

$$L \quad [\text{m}]$$

zu sichernde Rohrlänge

$$N (N') \quad [\text{kN}]$$

Axialkraft aus Innendruck

$$p \quad [\text{bar}]$$

Innendruck einer Rohrleitung (1 bar = 100 kN/m<sup>2</sup>)

$$R \quad [\text{kN}]$$

resultierende Kraft aus dem Innendruck

$$R_i \quad [\text{kN/m}]$$

Reibungskraft aus der Erdlast an der Rohroberseite

$$R_2 \quad [\text{kN/m}]$$

Reibungskraft aus Erdauflast, Wasserfüllung und Rohrgewicht an der Rohrunterseite

$$R_3 \quad [\text{kN}]$$

Reibungskraft aus dem Erdwiderstand

$$STP \quad [\text{kN/m}^2]$$

Systemprüfdruck (System Test Pressure) (1 bar = 100 kN/m<sup>2</sup>)

$$\alpha \quad [^\circ]$$

Winkel des Bogens

$$\gamma_B \quad [\text{kN/m}^3]$$

Wichte des Bodens

$$\gamma_R \quad [\text{kN/m}^3]$$

Wichte des Rohres

$$\gamma_W \quad [\text{kN/m}^3]$$

Wichte des Wassers

$$\mu$$

Reibungszahl zwischen Rohr und Boden

$$\text{zul. } \sigma_h \quad [\text{kN/m}^2]$$

zulässige horizontale Bodenpressung

## 9.9 Literatur

- [9.1] DVGW-Arbeitsblatt GW 368  
Längskraftschlüssige Muffenverbindungen für Rohre, Formstücke und Armaturen aus duktilem Gusseisen oder Stahl  
[DVGW worksheet GW 368  
Restrained socket joints for ductile iron and steel pipes, fittings and valves]  
2002-06
- [9.2] DIN 28603  
Rohre und Formstücke aus duktilem Gusseisen – Steckmuffen-Verbindungen – Zusammenstellung, Muffen und Dichtungen  
[Ductile iron pipes and fittings – Push-in joints – Survey, sockets and gaskets]  
2002-05
- [9.3] EN 545  
Ductile iron pipes, fittings, accessories and their joints for water pipelines – Requirements and test methods  
[Rohre, Formstücke, Zubehörteile aus duktilem Gusseisen und ihre Verbindungen für Wasserleitungen – Anforderungen und Prüfverfahren]  
2010
- [9.4] DVGW-Arbeitsblatt GW 310  
Widerlager aus Beton – Bemessungsgrundlagen  
[DVGW worksheet GW 310  
Concrete thrust blocks – Principles of sizing]  
2008-01

