

# Duktile Gussrohrsysteme für Trinkwasser

- Längskraftschlüssige Verbindungstechnologien
- Hochwertige Anwendungslösungen
- Innovative Beschichtungen



Unser neues Handbuch gibt das Lieferprogramm an duktilen Trinkwasserrohren und Formstücken wieder. Alle vorhergehenden Ausgaben werden hiermit ungültig.

Dieses Handbuch soll dem planenden Ingenieur, dem Einkäufer und Verleger eine umfassende Übersicht über unser Produktprogramm sowie Informationen über die einschlägigen Normen geben.

Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdrucks, vorbehalten.

Abweichungen bei den Abbildungen, Maß- und Massenangaben sind möglich. Im Sinne des technischen Fortschrittes behalten wir uns vor, an den Produkten Änderungen und Verbesserungen ohne Ankündigung durchzuführen.

Die jeweils aktuellste Version ist als Download auf unserer Homepage (<https://www.duktus.com/drucksachen.html>) hinterlegt.

September 2018



Siehe auch [www.duktus.com/kontaktdaten.html](http://www.duktus.com/kontaktdaten.html)

Über diesen QR-Code und eine entsprechende App erreichen Sie einfach die Kontaktseite unserer Homepage



**Duktus  
(Wetzlar) GmbH & Co. KG**

Sophienstraße 52-54  
35576 Wetzlar  
Germany

T +49 6441 49 2401  
F +49 6441 49 1455  
[www.duktus.com](http://www.duktus.com)

**Duktus  
litinové systémy s.r.o.**











Ružová 1386  
252 19 Rudná  
Czech Republic

T +420 311 611 356  
F +420 311 624 243  
[www.duktus.cz](http://www.duktus.cz)

































|  |     |
|--|-----|
| Vorwort.....   | 13  |
| 1 Vorteile duktiler Gussrohrsysteme.....               | 31  |
| 2 Formschlüssige Systemtechnik.....                    | 47  |
| 3 Anwendungsgebiete formschlüssiger Systemtechnik..... | 105 |
| 4 Nicht formschlüssige Systemtechnik.....              | 125 |
| 5 Flanschverbindungen, Rohre und Formstücke.....       | 191 |
| 6 Beschichtungen.....                                  | 227 |
| 7 Zubehör.....   | 267 |
| 8 Zubehör vom Fachhandel.....                          | 279 |
| 9 Planung, Transport, Einbau.....                      | 289 |
| 10 Normen und Richtlinien.....                         | 375 |

|  |           |
|--|-----------|
| Inhalt .....   | 5         |
| <b>Vorwort</b> .....   | <b>13</b> |
| <b>1 Vorteile duktiler Gussrohrsysteme</b> .....             | <b>31</b> |
| <b>2 Formschlüssige Systemtechnik</b> .....                  | <b>47</b> |
| Einführung .....   | 48        |
| <b>2.1 Formschlüssige Verbindungen und Rohre</b> .....       | <b>51</b> |
| BLS®-Verbindung DN 80 bis DN 500 .....                       | 52        |
| BLS®-Verbindung mit Klemmring DN 80 bis DN 500 .....         | 53        |
| BLS®-Rohr DN 80 bis DN 500 .....                             | 54        |
| BLS®-Verbindung DN 600 bis DN 1000 .....                     | 56        |
| BLS®-Rohr DN 600 bis DN 1000 .....                           | 58        |
| <b>2.2 Formstücke mit formschlüssigen Verbindungen</b> ..... | <b>60</b> |
| MMK-Stücke 11 .....  | 62        |
| MMK-Stücke 22 .....  | 63        |
| MMK-Stücke 30 .....  | 64        |
| MMK-Stücke 45 .....  | 65        |
| MMQ-Stücke .....   | 66        |
| MK-Stücke 11 und 22 .....                                    | 67        |
| MK-Stücke 30 und 45 .....                                    | 68        |
| MMB-Stücke .....   | 69        |
| MB-Stücke .....  | 71        |
| MMR-Stücke .....   | 72        |
| U-Stücke .....   | 73        |
| F-Stücke .....   | 74        |
| EU-Stücke .....  | 75        |
| MMA-Stücke .....   | 76        |
| O-Stücke .....   | 78        |
| P-Stopfen .....  | 79        |
| GL-Stücke (GDR-Stücke) .....                                 | 80        |

|   |   |            |
|---|---|------------|
| HAS-Stücke (A-Stücke) mit 2"-IG   |    | 81         |
| ENH-Stücke  |    | 82         |
| EN-Stücke   |    | 83         |
| Kennzeichnung von Formstücken   |   | 84         |
| <b>2.3</b> Einbauanleitungen BLS® DN 80 bis DN 500                      |   | 85         |
| <b>2.4</b> Einbauanleitungen BLS® DN 600 bis DN 1000                    |   | 95         |
| <b>3 Anwendungsgebiete formschlüssiger Systemtechnik</b>                |   | <b>105</b> |
| <b>3.1</b> Grabenlose Einbauverfahren                                   |   | 107        |
| <b>3.2</b> Beschneidungsanlagen   |   | 110        |
| <b>3.3</b> Turbinenleitungen  |   | 112        |
| <b>3.4</b> Feuerlöschleitungen  |   | 114        |
| <b>3.5</b> Brückenleitungen und Freileitungen                           |   | 117        |
| <b>3.6</b> Fliegende Leitungen (Ersatzwasserversorgung)                 |   | 118        |
| <b>3.7</b> Einschwimmen   |   | 119        |
| <b>3.8</b> Gewässerkreuzungen/Düker                                     |   | 120        |
| <b>3.9</b> Verlegung im Steilhang                                       |   | 121        |
| <b>3.10</b> Einsatz in von Erdbeben oder Setzungen gefährdeten Gebieten |   | 122        |
| <b>3.11</b> Kommunale Wasserversorgung/Ersatz von Betonwiderlagern      |   | 124        |
| <b>4 Nicht formschlüssige Systemtechnik</b>                             |   | <b>125</b> |
| Einführung  |   | 126        |
| <b>4.1</b> Übersicht  |   | 128        |
| <b>4.2</b> TYTON®-Rohre   |   | 132        |
| <b>4.3</b> Formstücke mit nicht formschlüssigen Verbindungen            |   | 134        |
| MMK-Stücke 11   |  | 136        |
| MMK-Stücke 22   |  | 137        |
| MMK-Stücke 30   |  | 138        |
| MMK-Stücke 45   |  | 139        |
| MMQ-Stücke  |  | 140        |
| MK-Stücke 11  |  | 141        |
| MK-Stücke 22  |  | 142        |



|  |   |            |
|--|---|------------|
| MK-Stücke 30   |  | 143        |
| MK-Stücke 45   |  | 144        |
| MQ-Stücke  |  | 145        |
| U-Stücke   |  | 146        |
| MMB-Stücke   |  | 147        |
| MMC-Stücke   |  | 148        |
| MMR-Stücke   |  | 150        |
| O-Stücke   |  | 151        |
| P-Stücke   |  | 152        |
| Schraubringe für P-Stücke                                |  | 153        |
| PX-Stücke  |  | 154        |
| EU-Stücke  |  | 155        |
| EN-Stücke  |  | 157        |
| MMA-Stücke   |  | 158        |
| Anschweißstutzen für Rohre aus duktilem Gusseisen        |   | 162        |
| Kennzeichnung von Formstücken                            |   | 163        |
| <b>4.4</b> Einbauanleitung TYTON®-Steckmuffen-Verbindung |   | 164        |
| <b>4.5</b> Einbauanleitung BRS®-Steckmuffen-Verbindung   |   | 171        |
| <b>4.6</b> Einbauanleitung Schraubmuffen-Verbindung      |   | 178        |
| <b>4.7</b> Einbauanleitung Stopfbuchsenmuffen-Verbindung |   | 185        |
| <b>5 Flanschverbindungen, Rohre und Formstücke</b>       |   | <b>191</b> |
| Einführung   |   | 192        |
| <b>5.1</b> Flanschverbindungen                           |   | 193        |
| Flanschverbindungen PN 10                                |   | 193        |
| Flanschverbindungen PN 16                                |   | 194        |
| Flanschverbindungen PN 25                                |   | 195        |
| Flanschverbindungen PN 40                                |   | 196        |

|      |  |   |   |            |
|------|--|---|---|------------|
| 5.2  | Flanschenrohre   |   |   | 197        |
|      | mit Integralfansch   |   |  | 197        |
|      | mit Gewindeflansch   |  |   | 198        |
|      | mit Mauerflansch   |   |  | 199        |
| 5.3  | Flanschformstücke  |   |   | 200        |
|      | FFK-Stücke 11  |   |  | 200        |
|      | FFK-Stücke 22  |  |   | 201        |
|      | FFK-Stücke 30  |   |  | 202        |
|      | FFK-Stücke 45  |  |   | 203        |
|      | Q-Stücke   |   |  | 204        |
|      | F-Stücke   |  |   | 205        |
|      | T-Stücke   |   |  | 206        |
|      | TT-Stücke  |  |   | 209        |
|      | FFR-Stücke   |   |  | 211        |
|      | FFRe-Stücke  |  |   | 213        |
|      | N-Stücke   |   |  | 215        |
|      | X-Stücke   |  |   | 216        |
|      | Übergangsfalanche DN 80 PN 10 auf PN 40                              |   |  | 217        |
|      | Kennzeichnung von Formstücken  |   |   | 218        |
| 5.4  | Einbauanleitung Flanschverbindung                                    |   |   | 219        |
| 5.5  | Berechnung von Höhenversätzen mit Flanschformstücken                 |   |   | 222        |
| 6    | <b>Beschichtungen</b> Aufbau, Wirkungsweise, Einsatzgeb., Einbauanl. |   |   | <b>227</b> |
|      | Vorbemerkungen   |   |   | 228        |
| 6.1. | Außenbeschichtungen  |   |   | 229        |
|      | Zementmörtel-Umhüllung (Duktus ZMU)                                  |   |   | 229        |
|      | Zink-Überzug mit Deckbeschichtung                                    |   |   | 240        |
|      | Zink-Aluminium-Überzug mit Deckbeschichtung (Duktus Zink-Plus)       |   |   | 243        |
|      | Wärmedämmte Gussrohre und Formstücke (WKG)                           |   |   | 246        |
| 6.2  | Innenbeschichtungen  |   |   | 262        |

|            |  |            |
|------------|--|------------|
| <b>7</b>   | <b>Zubehör</b> .....   | <b>267</b> |
|            | Montagegeräte und Hilfsmittel für Rohre und Formstücke mit<br>TYTON®-, BRS®- und BLS®-Steckmuffen-Verbindung. .... | 268        |
|            | Montagegeräte und Hilfsmittel für Formstücke mit Schraubmuffen-<br>und Stopfbuchsenmuffen-Verbindungen. ....       | 273        |
|            | ZM-Schutzmanschetten für Rohre mit Zementmörtel-Umhüllung (ZMU) ...  | 276        |
|            | Schrumpfmuffe geschlossen für Rohre DN 80 bis DN 500 .....   | 277        |
|            | Schrumpfmanschette offen DN 600 bis DN 1000 .....  | 278        |
| <b>8</b>   | <b>Zubehör vom Fachhandel</b> .....  | <b>279</b> |
|            | Absperrklappen PN 10, PN 16 u. PN 25 .....   | 280        |
|            | Schieber Baureihe F4+F5 PN 10 und PN 16 .....  | 281        |
|            | Schieber mit BLS®-Steckmuffen-Verbindung. ....   | 282        |
|            | Absperrklappe mit BLS®-Steckmuffen-Verbindung .....  | 283        |
|            | Unterflurhydranten mit BLS®-Steckmuffen-Verbindung .....   | 284        |
|            | Überflurhydranten mit BLS®-Steckmuffen-Verbindung .....  | 285        |
|            | Pass- und Ausbaustücke feststellbar PN 10, PN 16 und PN 25 .....   | 286        |
|            | Rillenschellen zur nachträglichen Schubsicherung .....   | 287        |
|            | Transportschellen System „Huckenbeck“ .....  | 288        |
| <b>9</b>   | <b>Planung, Transport, Einbau</b> .....  | <b>289</b> |
| <b>9.1</b> | Transport und Lagerung .....   | 290        |
| <b>9.2</b> | Rohrgraben und Rohrbettung .....   | 294        |
| <b>9.3</b> | Bemessung von Betonwiderlagern .....   | 296        |
| <b>9.4</b> | Zu sichernde Rohrleitungslänge .....   | 301        |
| <b>9.5</b> | Druckprüfung .....   | 316        |
|            | Das Normalverfahren .....  | 319        |
|            | Das beschleunigte Normalverfahren .....  | 322        |
| <b>9.6</b> | Desinfektion von Trinkwasserleitungen .....  | 325        |

|            |  |            |
|------------|--|------------|
| <b>9.7</b> | Hydraulische Berechnungen von Trinkwasserleitungen . . . . .           | 333        |
|            | Druckverlusttabelle DN 80. . . . .                                     | 334        |
|            | Druckverlusttabelle DN 100. . . . .                                    | 336        |
|            | Druckverlusttabelle DN 125. . . . .                                    | 338        |
|            | Druckverlusttabelle DN 150. . . . .                                    | 341        |
|            | Druckverlusttabelle DN 200. . . . .                                    | 344        |
|            | Druckverlusttabelle DN 250. . . . .                                    | 346        |
|            | Druckverlusttabelle DN 300. . . . .                                    | 348        |
|            | Druckverlusttabelle DN 400. . . . .                                    | 350        |
|            | Druckverlusttabelle DN 500. . . . .                                    | 352        |
|            | Druckverlusttabelle DN 600. . . . .                                    | 354        |
|            | Druckverlusttabelle DN 700. . . . .                                    | 356        |
|            | Druckverlusttabelle DN 800. . . . .                                    | 358        |
|            | Druckverlusttabelle DN 900. . . . .                                    | 360        |
|            | Druckverlusttabelle DN 1000. . . . .                                   | 362        |
| <b>9.8</b> | Kürzen von Rohren . . . . .  | 364        |
| <b>9.9</b> | Schweißtechnische Empfehlungen für das Lichtbogenhandschweißen . . . . | 368        |
| <b>10</b>  | <b>Normen und Richtlinien . . . . .</b>                                | <b>375</b> |
|            | EN Normen. . . . .   | 376        |
|            | EN ISO Normen . . . . .  | 378        |
|            | DIN Normen . . . . .   | 379        |
|            | DVGW (Wasser) Regelwerk. . . . .                                       | 383        |
|            | DVGW (Gas u. Wasser) Regelwerk . . . . .                               | 385        |



VORWORT



### Geschichte des Unternehmens

Wir sind Duktus!

Duktus, das ist ein mittelständisches Unternehmen, das aus der ehemaligen Rohrsparte der Buderus Gießerei Wetzlar GmbH, der Buderus litinovy systémy und der Buderus Pipe Systems FZCO hervorgegangen ist.

Seit dem 19. April 2010 heißen wir Duktus. Unsere Firmengeschichte reicht jedoch sehr viel weiter zurück – um genau zu sein, bis in das Jahr 1731.

Am 14. März 1731 gründete Johann Wilhelm Buderus das Unternehmen Buderus durch Übernahme der Friedrichshütte in Laubach/Hessen. Damals wurden jedoch noch keine Rohre produziert.

Das erste gusseiserne Rohr wurde am 18. Dezember 1901 in Wetzlar in einem neu errichteten Gießereibetrieb, der Sophienhütte, gegossen. Dieser Unternehmenszweig hieß später Buderus Gießerei Wetzlar GmbH.

In der Folge der Übernahme der Buderus AG durch die Robert Bosch GmbH im Jahr 2003, wurde ein großer Unternehmensteil, zu dem unter anderen das Gussrohrgeschäft gehörte, aus dem Unternehmensverbund herausgelöst und 2005 an eine Investorengruppe verkauft. Dieser Investor seinerseits verkaufte drei Jahre später an den jetzigen Eigentümer. Der entstandene Verbund stellt sich folglich als ein ausschließlich auf die Produktion von duktilen Gussrohren spezialisiertes Unternehmen dar.

Seit Februar 2016 ist Duktus ein Mitglied der vonRoll infratec Gruppe.

Der Entwicklungsschwerpunkt der Gruppe liegt beim weltweiten Ausbau des Systemgeschäftes mit innovativen, qualitativ hochwertigen Produkten und Dienstleistungen für Infrastrukturen der Wasser- und Gasversorgung sowie der Abwasserentsorgung.

[www.vonroll-hydro.ch/de/hydro.html](http://www.vonroll-hydro.ch/de/hydro.html)

## Geschichte des Gussrohres

Die Geschichte des Gussrohres beginnt bereits im Mittelalter um das Jahr 1455, als Graf Johann IV für sein Schloss in Dillenburg eine gusseiserne Wasserleitung legen ließ. Die Ausführung war noch recht primitiv, die Wanddicken sehr uneinheitlich und die Baulängen mit ca. einem Meter sehr überschaubar. Immerhin waren diese Rohre über 300 Jahre, bis zur Zerstörung des Schlosses im Juli 1760 in Benutzung.



*Schreiben der Stadt Koblenz von 1934*



In den folgenden Jahrhunderten entwickelte sich die Fertigungstechnik nur sehr langsam.

Die 1783 bis 1786 gebaute Metternicher Wasserleitung bestand zum Beispiel aus Rohren DN 80 mit einer Baulänge von lediglich 1,5 m. Bei einer durchschnittlichen Fertigungskapazität der damaligen Gießerei (Sayner Hütte) von ungefähr 25 Rohren pro Woche und einer zu bauenden Gesamtlänge von 6 km ist es nicht verwunderlich, dass die Bauzeit 3 Jahre betrug. Wie dem Brief auf der vorhergehenden Seite zu entnehmen ist, war die Leitung auch noch im Jahre 1934, nach 150 Jahren Betriebsdauer, in Benutzung.

Ein kleiner Meilenstein in der Entwicklung des Gussrohres war das Jahr 1668, als Ludwig XIV im Schlosspark von Versailles die berühmten Wasserspiele installieren ließ. Hierfür wurden erstmals Flanschenrohre verwendet. Das Rohrnetz hatte eine Länge von 40 km und wies eine maximale Nennweite von DN 500 auf. Die Flansche hatten eingegossene Schraubenlöcher und wurden mit zwischengelegten Platten aus Blei und Kupfer abgedichtet. Noch heute verrichten Gussrohre aus der Zeit des Sonnenkönigs in Versailles ihren Dienst.



*Flanschenrohre aus dem Schlosspark Versailles*

Die drei gerade beschriebenen Beispiele stehen in eindrucksvoller Weise für die schon legendäre Dauerhaftigkeit von Gussrohren. Aus dieser unübertroffenen Langlebigkeit leitet sich auch heute noch die hohe Wirtschaftlichkeit von gusseisernen Rohrsystemen ab, die ja letztendlich in entscheidendem Maße von der zu erwartenden technischen Nutzungsdauer des verwendeten Rohrwerkstoffes abhängt. Weitere Hinweise zur Nutzungsdauer von Rohrsystemen bietet die technische Mitteilung des DVGW W 401.

Mit Beginn der Industrialisierung um 1900 setzte der Aufbau flächendeckender Gas- und Wasserversorgungsnetze in großen Städten ein. Dies führte zwangsläufig zu einer rasanten Entwicklung der Gießereien und ihrer Kapazitäten.

Es wurden Drehgestelle mit stehenden Sandformen eingeführt, durch die es möglich war, größere Mengen Gussrohre im industriellen Maßstab zu fertigen. Aber auch hier waren die Baulängen begrenzt und die Rohrwandungen noch recht ungleichmäßig. Das änderte sich um 1925 mit der Einführung des Schleuderverfahrens nach De Lavaud. Dieses Verfahren wird bis zum heutigen Tag für die Herstellung von Gussrohren verwendet.



*Drehgestell mit stehenden Sandformen um 1900*



*Schleudergießerei um 1930*

In den darauf folgenden Jahren setzte, gemessen an der Entwicklungsgeschwindigkeit der vorhergehenden 500 Jahre, eine regelrechte Flut an Neuentwicklungen hinsichtlich Verbindungsarten und Beschichtungsvarianten ein.

Um 1930 wurden die Schraubmuffen- und Stopfbuchsenmuffen-Verbindungen eingeführt und die Rohre innen und außen asphaltiert. Die bis dahin gebräuchliche Blei-Stemmmuffe verschwand vom Markt.

In den 60er Jahren folgte dann das duktile Gusseisen und die Einführung der, bis heute den Standard darstellenden, TYTON®-Verbindung. Durch diese neue, einfach zu montierende Verbindungstechnik konnte die Verlegeleistung von Gussrohren erheblich gesteigert werden.

Das seit Mitte der 60er Jahre verwendete duktile Gusseisen bedingte einige Jahre später die Einführung verschiedener Beschichtungssysteme. So werden duktile Gussrohre seitdem mit einem Zink-Überzug versehen – in der ersten Zeit mit zusätzlicher bituminösen Deckbeschichtung – später mit einer Deckbeschichtung auf Basis Epoxidharz. In diese Zeit fällt auch die Entwicklung der Zementmörtel-Umhüllung und Zementmörtel-Auskleidung.

In den 1970er Jahren setzte dann die Entwicklung von längskraftschlüssigen Steckmuffenverbindungen ein. Zuerst als Ersatz für Betonwiderlager konzipiert, setzte sich schnell auch die Verwendung dieser Verbindungen bei grabenlosen Einbauverfahren durch. Den heutigen Stand der Technik stellt im Bereich der längskraftschlüssigen Steckmuffenverbindungen das BLS®-System dar. Es zeichnet sich durch einfachste und schnelle Montage und dennoch höchste Belastbarkeit aus.





Als Ausgangsstoff für duktile Gussrohre der Firma Duktus werden ohne Ausnahme hochwertigste Materialien verwendet. Für die Gewinnung des Roheisens kommt ausschließlich Recyclingmaterial (Eisen- und Stahlschrott) zum Einsatz. Durch den Einsatz von Recyclingmaterial in der Herstellung, aber auch durch die extrem lange technische Nutzungsdauer von bis zu 140 Jahren und die anschließende fast 100 %ige Recyclebarkeit sind duktile Gussrohre besonders nachhaltig. Duktile Gussrohre sind, von der Herstellung über die Nutzung bis hin zur Wiederverwendung am Ende ihres langen Lebens, besonders wirtschaftlich und umweltfreundlich.

Der verwendete Schrott wird mit Koks und weiteren Zuschlagstoffen in einem Kupolofen erschmolzen und anschließend der Magnesiumbehandlung zugeführt. Natürlich wird das so gewonnene Gusseisen in engen Abständen auf seine chemische Zusammensetzung und mechanischen Eigenschaften überprüft.

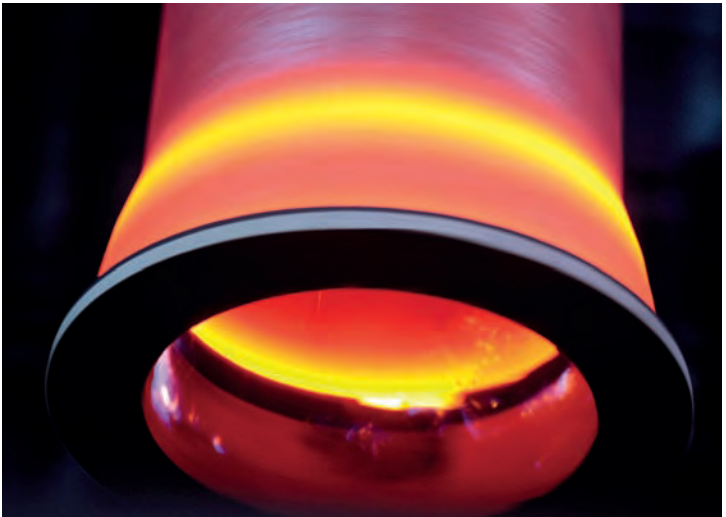
Das nunmehr, nach erfolgter Magnesiumbehandlung, entschwefelte Gusseisen wird auf die verschiedenen Schleudergussmaschinen verteilt. Hier werden nach dem De Lavaud-Verfahren die „Gussrohrrohlinge“ gegossen. Zur Ausbildung der Muffeninnenkonturen wird ein, je nach Verbindungsart unterschiedlich ausgeprägter Sandkern, in die Schleuderform (Kokille) eingesetzt. Es folgt das Glühen der Rohre bei ca. 960 °C, durch das die Rohre letztendlich ihre duktilen Eigenschaften erhalten.

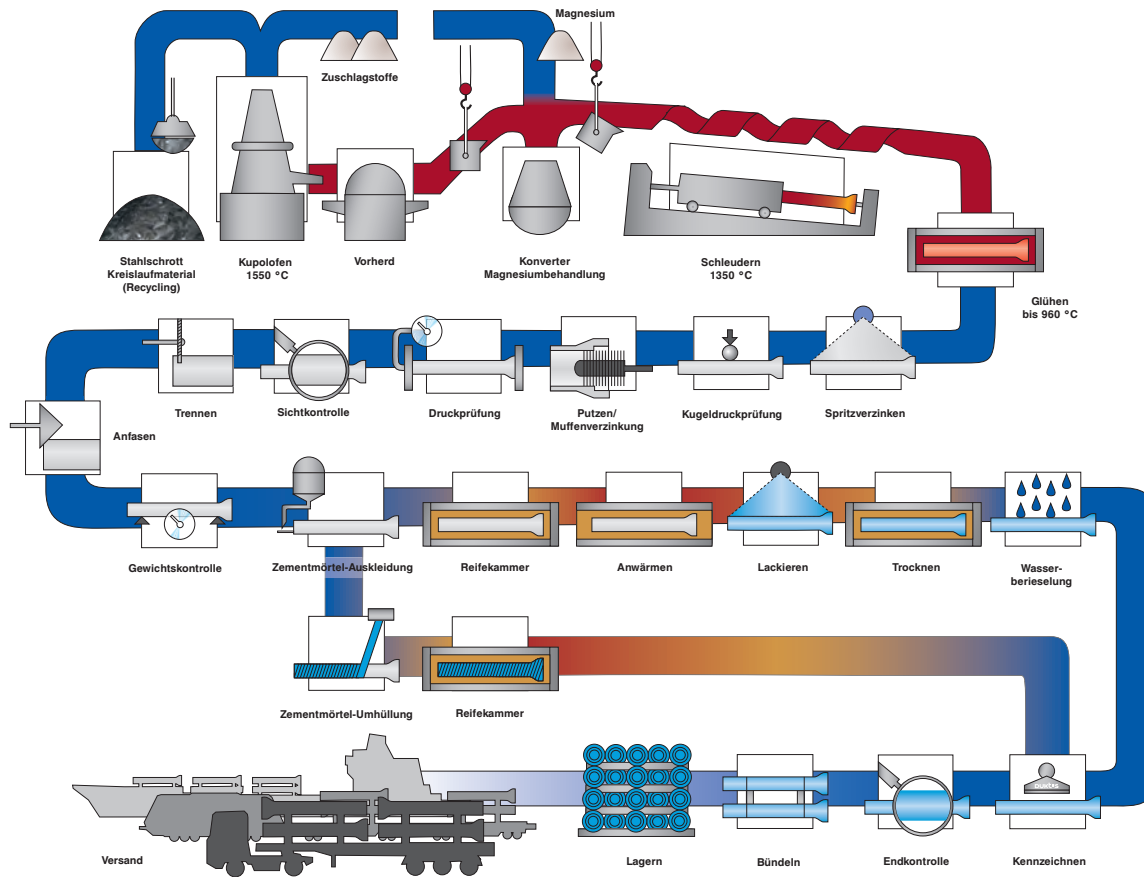
An den Glühofen schließt sich die Putz- und Prüfstrecke an. Hier bekommen die Rohre ihre Zink- oder Zink-Aluminium-Beschichtung, werden maßlich überprüft und mit bis zu 50 bar auf Dichtheit getestet. In regelmäßigen Intervallen werden Materialproben entnommen und auf Einhaltung der vorgegebenen Parameter kontrolliert.

Im weiteren Verlauf bekommen Rohre mit BLS®-Verbindung eine Schweißbraupe, bevor alle Rohre eine Zementmörtel-Auskleidung erhalten. Dies erfolgt im Verfahren I nach DIN 2880.

Nun fehlt lediglich noch die Außenbeschichtung. Hierfür stehen mehrere Möglichkeiten zur Verfügung. Den Standard stellt eine Epoxidharz-Deckbeschichtung dar. Alternativ kann aber auch eine Zementmörtel-Umhüllung auf das verzinkte Rohr aufgebracht werden. Rohre mit dieser sogenannten ZMU können später in Böden mit einem Größtkorn von bis zu 100 mm, in Böden beliebiger Korrosivität oder grabenlos eingebaut werden. Weiterhin bedingt die ZMU eine Verlängerung der zu erwartenden technischen Nutzungsdauer auf bis zu 140 Jahre.

Im letzten Abschnitt des Produktionsprozesses werden die Markierungen aufgebracht, Trinkwasserrohre verdeckelt, die Rohre gebündelt und eine abschließende Qualitätskontrolle durchgeführt.







Die Qualität der hergestellten Produkte und die Zufriedenheit der Kunden sind das oberste Unternehmensziel von Duktus.

Wir verfügen über ein nach EN ISO 9001 zertifiziertes Qualitätsmanagementsystem. Die Produkte und Produktionsprozesse werden regelmäßig durch ein akkreditiertes Prüfinstitut überwacht.

Darüber hinaus verfügt Duktus über ein nach EN ISO 14 001 zertifiziertes Umwelt- und nach EN ISO 16 001 zertifiziertes Energiemanagementsystem.

Das umfangreiche Qualitätssicherungssystem beginnt mit der chemischen Analyse der Roh- und Hilfsstoffe, denn bei der Erschmelzung und Behandlung des flüssigen Eisens werden hohe Anforderungen an die Reinheit und Gleichmäßigkeit der Rohstoffe, die Überwachung der Schmelzföhrung, die Einhaltung der chemischen Zusammensetzung und die Impftechnik gestellt.

Bei der eigentlichen Rohrerstellung muss das besondere Erstarrungs- und Schwindungsverhalten des duktilen Gusseisens berücksichtigt werden. Bei der Kontrolle der geglühten Rohre müssen die Werkstoffkennwerte, die nach EN 545 (für Trinkwasserrohre) und EN 598 (für Abwasserrohre) festgelegt sind, überprüft werden. An allen Rohren werden Muffen und Einsteckenden mit Grenzlehren überprüft sowie die Wanddicke gemessen. Alle Rohre werden einer eingehenden visuellen Kontrolle auf äußere und innere Fehler unterzogen. Bei der Innendruckprüfung mit Wasser müssen die Rohre je nach Rohrart den vorgeschriebenen Prüfdrücken standhalten.

### **Zementmörtel-Auskleidung**

Die Zementmörtel-Auskleidung der Rohre unterliegt ebenfalls strengen Qualitätskontrollen – neben der Überprüfung der Ausgangsstoffe, des Frischmörtels, muss die vorgeschriebene Schichtdicke je nach Nennweite eingehalten werden.

### **Außenbeschichtung**

Eine ebenso genaue Kontrolle muss die Außenbeschichtung durchlaufen. Die duktilen Gussrohre von Duktus erhalten standardmäßig eine Außenbeschichtung, welche aus einem Zink- oder Zink-Aluminium-Überzug und einer Deckbeschichtung besteht. Für den Einsatz in stark aggressiven und steinigten Böden sowie für grabenlose Einbauverfahren steht eine qualitativ hochwertige, 5 mm dicke kunststoffmodifizierte Zementmörtel-Umhüllung, welche eine hohe mechanische und chemische Widerstandsfähigkeit aufweist, zur Verfügung.

Nach dem Kennzeichnen der Rohre erfolgt die Endkontrolle. Die parallelen, etwa drei Millimeter tiefen, kerbförmigen Vertiefungen in der Muffenstirn weisen den Werkstoff „duktiles Gusseisen“ zusätzlich aus.



# ZERTIFIKAT

für das Managementsystem nach

**DIN EN ISO 50001:2011**

Der Nachweis der regelkonformen Anwendung wurde erbracht  
und wird gemäß TÜV PROFICERT-Verfahren bescheinigt für

# DUKTUS

Duktus Rohrsysteme Wetzlar GmbH  
Sophienstraße 52-54  
D-35576 Wetzlar

Geltungsbereich:

Entwicklung, Herstellung und Vertrieb von Rohrleitungssystemen aus duktilem Gusseisen nebst Zubehör, insbesondere aber nicht ausschließlich für den Transport von Trinkwasser, Abwässern, und sonstige Anwendungen wie Wasserkraft, Beschneiungsanlagen, Feuerlöschleitungen und sonstige industrielle Anwendungen.

Zertifikat-Registrier-Nr. **73 130 954**

Auditbericht-Nr. 4297 3014

Zertifikat gültig von 2016-02-01 bis **2019-01-01**  
Erstzertifizierung 2013-01-02



*p. Juchs*

Darmstadt, 2015-12-15  
Zertifizierungsstelle des TÜV SÜD  
- Der Zertifizierungsstellenleiter -

SEITE 1 VON 1  
Dieses Zertifikat wurde gemäß TÜV PROFICERT Verfahren durchgeführt und wird ordnungsgemäß überwacht.  
Die jährliche Gültigkeit ist nach Prüfung oder von TÜV SÜD oder anderen akkreditierten Prüfstellen erhalten ein aufzuklären.   
TÜV Technische Überwachungs Vereinigung, Rüdelsheimer Str. 119, D-64285 Darmstadt, Tel. +49 6151 600331 Fax +49 6151 600331

Selbstverständlich sind alle Produkte der Duktus (Wetzlar) GmbH & Co. KG für die Trinkwasserversorgung vom DVGW zertifiziert. Als Grundlage für diese Zertifizierung dient die DVGW GW337. Alle von uns zur Herstellung verwendeten Werkstoffe, die im späteren Einsatz mit Trinkwasser in Kontakt kommen, wie z. B. das Gleitmittel, die Dichtung und der Zementmörtel, sind nach den entsprechenden DVGW-Richtlinien geprüft oder besitzen eine KTW-Zulassung. Dadurch kann eine negative Beeinflussung der Trinkwasserqualität durch unsere Produkte ausgeschlossen werden.

Sowohl die Fertigung als auch die werkseitige Produktionskontrolle und unsere Produkte unterliegen regelmäßigen Fremdüberwachungen.

Unsere duktilen Gussrohre mit BLS®-Steckmuffen-Verbindung verfügen in den Nennweiten DN 80 bis DN 400 zusätzlich über ein FM-Approval. Dadurch dürfen diese Rohre für Feuerlöschsysteme eingesetzt werden.

Unsere Formstücke sind innen und außen mit einer Epoxidharz-Deckbeschichtung nach EN 14 901 beschichtet. Diese Beschichtung erfüllt überdies die strengen Anforderungen der „Gütegemeinschaft Schwerer Korrosionsschutz“ (GSK). Damit können unsere Formstücke nach EN 545 in Böden beliebiger Korrosivität eingebaut werden.

Eine Auswahl der wichtigsten Zertifikate steht unter [www.duktus.com](http://www.duktus.com) zum Download bereit.

### **Ausschreibungstexte**

Ausschreibungstexte entsprechend der aktuellen EN 545 für Rohre und Formstücke stehen unter [www.duktus.com/ausschreibungstexte](http://www.duktus.com/ausschreibungstexte) als pdf zum Download bereit.



Gütegemeinschaft Schwerer Korrosionsschutz  
von Armaturen und Formstücken durch Pulverbeschichtung e. V.

## Zertifikat prüfung

gemäß den GBP,  
für Armaturen und Formstücke  
zum Schutz von Armaturen und  
Formstücken mit hiermit aufgrund des  
Betriebs überwachten Stelle dem Betrieb

me GmbH

Sicherung und  
Verantwortung beim  
geschützte Gütezeichen



### DVGW-Baumusterprüfzertifikat DVGW type examination certificate

DW-7701BL0615  
Registrierungsnummer  
registration number

Anwendungsbereich  
field of application

Produkte der Wasserversorgung  
products of water supply

Zertifikatinhaber  
owner of certificate

Duktus Rohrsysteme W  
Sophienstrasse 52-54

Vertreiber  
distributor

Duktus Rohrsysteme W  
Sophienstrasse 52-54

Produktart  
product category

Guss- und Stahl  
Gussrohren (780)

Produktbezeichnung  
product description

Rohre aus duk  
1000 wählwei

Modell  
model

Gussrohren

Prüfberichte  
test reports

Mechan  
Mechan  
Mechan  
KTW  
KTW

Prüfgrundlagen  
basis of type examination

DVGW  
DVGW

Ablaufdatum / AZ  
date of expiry / file no.



### Certificate of Compliance

This certificate is issued for the following:

DUCTILE IRON PIPE  
BLS AND BLS WITH RETAINING RING  
SIZES 80 THROUGH 400 MM SPS

Prepared for:

Duktus Rohrsysteme W  
Sophienstrasse 52-54  
Wetzlar 35576  
Germany

Manufactured at:

Duktus Rohrsysteme W  
Sophienstrasse 52-54  
Wetzlar 35576  
Germany

Approval Identification: 00032007

FM Approval Class: 1610

Approval Granted: October 12, 2006

Full Approval is subject to satisfactory field performance, continuing follow-up facilities and procedures audits, and strict conformity to the construction as shown in the Approval Guide, an online resource of FM Approvals.

For more than 100 years FM Approvals has partnered with business and industry to reduce property losses.

*[Signature]*  
Richard D. Dime  
Group Manager - Hydraulics  
FM Approvals  
1151 Boston-Providence Turnpike  
Norwood, MA 02062

*[Signature]*  
Date: April 14, 2011





# 1 VORTEILE DUKTILER GUSSROHRSYSTEME



Die nachweislich ersten Gussrohre wurden bereits im Jahre 1455 für die Wasserversorgung des damaligen Dillenburger Schlosses eingesetzt und waren über 300 Jahre in Betrieb.

Im Verlauf der folgenden Jahrhunderte wurde der Werkstoff Gusseisen den wachsenden Beanspruchungen entsprechend weiterentwickelt. Seit den 1960iger Jahren bestehen die Rohre nicht mehr aus dem bis dahin üblichen Grauguss (GG), sondern aus duktilem Gusseisen (GGG).

Das Wort „duktil“ leitet sich vom lateinischen ducere, ductus = führen, verformen ab und bedeutet dehnbar oder verformbar. Dadurch wird auf eine der wesentlichen Eigenschaften des duktilen Gussrohres hingewiesen – die Möglichkeit sich unter Last zu verformen und somit sehr hohen Belastungen zum Beispiel aus Verkehr und Innendruck widerstehen zu können.

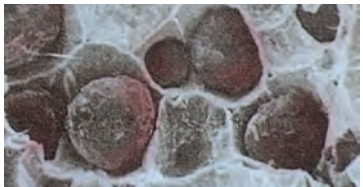


Duktiles Gusseisen ist ein zäher Eisen-Kohlenstoff-Werkstoff, dessen Kohlenstoffanteil überwiegend als Grafit in freier Form vorliegt. Vom Grauguss unterscheidet er sich hauptsächlich durch die Gestalt der Grafitteilchen.

Eine Behandlung des flüssigen Eisens mit Magnesium bewirkt, dass bei der Erstarrung der Kohlenstoff in weitgehend kugelförmiger Form kristallisiert. Dies hat eine erhebliche Steigerung von Festigkeit und Verformbarkeit im Vergleich zum Grauguss zur Folge. Diese sogenannten Sphärolite beeinflussen die Eigenschaften des metallischen Grundgefüges nur unwesentlich.

Beim früher gebräuchlichen Grauguss setzen Grafitlamellen wegen ihres Kerbeffekts die relativ hohe Festigkeit des Grundgefüges herab.

Während beim Gusseisen mit Lamellengrafit die Spannungslinien an den Spitzen der Grafitlamellen stark verdichtet werden, umfließen bei duktilem Gusseisen die Spannungslinien den in Kugelform ausgeschiedenen Grafit fast ungestört. Aus diesem Grund lässt sich duktiles Gusseisen unter Last verformen. Rohre und Formstücke aus duktilem Gusseisen werden statisch als biegeweiche oder flexible Rohre betrachtet.



*Verlauf der Spannungslinien bei Gusseisen mit Lamellengrafit (links), mit Kugelgrafit (rechts)*



**Werkstoffkennwerte**

Entsprechend der EN 545 lassen sich die Zugfestigkeit und die Bruchdehnung anhand von Probestäben prüfen.

Eine Übersicht über Werkstoffkennwerte von duktilem Gusseisen gibt die folgende Tabelle:

| Kennwerte                                    | Einheit           | Wert                  |
|--|-------------------|-----------------------|
| Zugfestigkeit                                | N/mm <sup>2</sup> | 420                   |
| 0,2 % Dehngrenze                             | N/mm <sup>2</sup> | 300                   |
| Bruchdehnung                                 | %                 | ≥ 10                  |
| Druckfestigkeit                              | N/mm <sup>2</sup> | 900                   |
| E-Modul                                      | N/mm <sup>2</sup> | 170.000               |
| Berstfestigkeit                              | N/mm <sup>2</sup> | 300                   |
| Scheiteldruckfestigkeit                      | N/mm <sup>2</sup> | 550                   |
| Längsbiegesteifigkeit                        | N/mm <sup>2</sup> | 420                   |
| Schwingbreite                                | N/mm <sup>2</sup> | 135                   |
| Mittlerer thermischer Ausdehnungskoeffizient | m/mK              | 10 x 10 <sup>-6</sup> |
| Wärmeleitfähigkeit                           | W/cmK             | 0,42                  |
| Spezifische Wärme                            | J/gK              | 0,55                  |

Ein metallischer Werkstoff, wie es duktiles Gusseisen ist, behält während seiner gesamten Nutzungsdauer seine mechanischen Eigenschaften. Daher sind duktile Gussrohre auch nach Jahrzehnten belastbar und sicher.

## Made in Germany

Unsere Gussrohre werden ausschließlich in unserem Werk in Wetzlar hergestellt. Das sorgt für eine gleichbleibend hohe Qualität, kurze Lieferwege und -zeiten, und sichert gleichzeitig Arbeitsplätze in Deutschland.

## Tradition verpflichtet

Wir produzieren Gussrohre bereits seit dem Jahr 1901. Anfänglich wurden die Rohre im Sandgussverfahren hergestellt. Seit 1926 geschieht dies durch das Rohrschleuderverfahren nach de Lavaud. Über die Jahre und Jahrzehnte wurden die Produktionsverfahren, die Außen- und Innenschutzarten der Rohre und die Verbindungssysteme immer weiter entwickelt und verfeinert. Heute können wir auf unsere über 100-jährige Erfahrungen zurückgreifen und dieses Wissen in die Neuentwicklung von Produkten stecken und es somit an unsere Kunden weitergeben.

## Service

Durch den Sitz unseres Unternehmens im Herzen von Europa ist es uns nicht nur möglich die Transportwege kurz zu halten, sondern auch mit Anwendungstechnik und Außendienst zeitnah Beratungen und Hilfestellung im gesamten Vertriebsgebiet gewährleisten zu können. Hierfür steht ein erfahrenes Team von Technikern, Ingenieuren und Kaufleuten mit Rat und Tat an Ihrer Seite.

## Hygiene

Wasser immer zuverlässig ans Ziel zu bringen ist eine zentrale Aufgabe unserer Zivilisation. Seit Generationen sind unsere duktilen Gussrohre der Qualitätsstandard in der Wasserversorgung.

Wasser als wichtigstes Lebensmittel auf unserem Planeten muss daher vor Verschmutzung und chemischen Einflüssen während des Transportes durch Leitungen geschützt werden.

Unsere duktilen Gussrohre werden serienmäßig mit einer Zementmörtelauskleidung versehen. Nahezu 100 Jahre alte, mit Zementmörtel ausgekleidete, Rohrleitungen haben bewiesen, dass Zementmörtel als mineralische Auskleidung an Lebensdauer und Wirksamkeit allen bislang eingesetzten Materialien überlegen ist.

Die Zementmörtelauskleidung hat eine aktive und passive Schutzwirkung. Die aktive Schutzwirkung beruht auf einem elektrochemischen Prozess. Wasser dringt in die Poren des Zementmörtels ein, löst freien Kalk und nimmt einen ph-Wert von über 12 an. Mit diesem ph-Wert ist bei Gusseisen keine Korrosion möglich. Die passive Wirkung ergibt sich aus der mechanischen Trennung von Gusswand und Wasser.

Die Zementmörtelauskleidung besteht aus einem Sand-Zement-Wassergemisch, welches

in das rotierende Rohr eingebracht und in weiterer Folge an die Rohrinnenoberfläche aufgeschleudert wird. Durch den Schleudervorgang kommt es zu einer hohen mechanischen Entwässerung und Verdichtung des Zementmörtels (Wasserzementwert  $> 0,35$ ). Dadurch erreicht man einerseits eine hohe Festigkeit des ausgehärteten Zementsteins und andererseits eine äußerst hohe Beständigkeit gegen jeglichen möglichen korrosiven Angriff durch das Medium Wasser. In der Trinkwasserversorgung wird vornehmlich Hochofen- bzw. Portlandzement eingesetzt.

## Diffusionsdichtheit

Duktile Trinkwasserrohre sind dicht! Und das in mehrfacher Hinsicht.

Durch den anorganischen Werkstoff Gusseisen ist die Rohrwandung diffusionsdicht. Das bedeutet, dass nichts, weder von innen nach außen noch umgekehrt, durch die Rohrwandung dringen kann. Für das Trinkwasserrohr bedeutet dies: kein Eindringen von Schadstoffen ins Trinkwasser – ein wichtiger Aspekt vor allem bei Verlegung in kontaminierten Böden.

## Ein Rohr – viele Möglichkeiten

Unsere duktilen Gussrohre sind vielfältig einsetzbar. Mit unserer BLS®- und BRS®-Steckmuffen-Verbindungen stehen zwei ausgereifte und zuverlässige Schubsicherungs-Systeme zur Verfügung.

Während Rohre mit BRS®-Verbindung vornehmlich in der kommunalen Wasserversorgung Verwendung finden und hier durch ihre Längskraftschlüssigkeit Betonwiderlager ersetzen, sind dem BLS®-System kaum Grenzen gesetzt. Typische Anwendungsgebiete des BLS®-Systems sind:

- Ersatz von Betonwiderlagern bei konventioneller Verlegung
- Brückenleitungen/Freileitungen
- Fliegende Leitungen (Ersatzwasserversorgung)
- Grabenlose Einbauverfahren (HDD, Berstlining, Press-Zieh-Verfahren, Langrohrrelining, Einschwimmen, etc.)
- Beschneiungsanlagen
- Turbinenleitungen
- Verlegung im Steilhang
- Feuerlöschleitungen (FM-Approval und DB-Zulassung)
- Einsatz in von Erdbeben oder Setzungen gefährdeten Gebieten
- Gewässerkreuzungen/Düker
- Gebäudeinstallationen
- kommunale Wasserversorgung

### **Komplette Systemtechnik**

Ergänzend zu den Rohren steht ein umfangreiches Formstückprogramm, sowohl für TYTON®, BRS® als auch für BLS®, bereit. In diesem Katalog sind nahezu alle verfügbaren Formstücke aufgeführt. Weitere stehen auf Nachfrage zur Verfügung. Alle unsere Formstücke werden von namhaften deutschen Gießereien speziell für uns angefertigt.

### **Über Berg und Tal – Lagesicherheit**

Durch ihre große Baulänge von 6 m sind duktile Gussrohre sehr unempfindlich gegenüber Lageabweichungen durch Setzungen oder ein ungleichmäßig hergestelltes Planum.

Durch Ihre große Längsbiegesteifigkeit können Fehler im Auflager überbrückt werden, ohne dass das Rohr überlastet wird und in Folge dessen Schaden nimmt.

Überdies ist unsere Steckmuffen-Verbindung je nach Nennweite und Verbindungsart bis zu maximal 5° abwinkelbar. Dies entspricht z. B. bei einem 6 m langen Rohr ca. 50 cm Auslenkung aus der Achse der Muffe des vorher verlegten Rohres oder Formstückes.

So können auch großflächige Setzungen der Dichtheit des Systems keinen Abbruch tun und es wird vermieden, dass Zwängungen von einem Rohr auf das nächste übertragen werden.

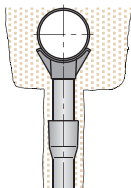
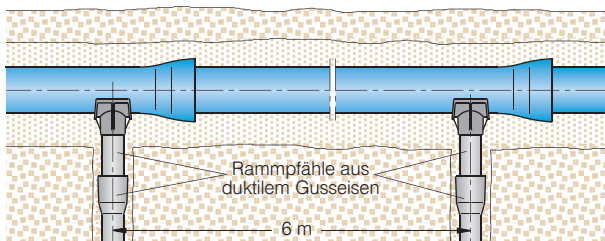
Durch die BLS®-Verbindung sind Rohre und Formstücke, im Fall von Setzungen und somit Längenänderungen des Rohrstranges, auch gegen Längskräfte gesichert und können nicht auseinandergezogen werden.

### **Nicht klein zu kriegen – Statische Sicherheit/Pfahljochverlegung**

Duktile Gussrohre sind nahezu jeder Belastung gewachsen. So ist es zum Beispiel möglich, je nach Nennweite, Wanddicke und Einbaubedingungen, unsere Rohre mit nur 30 cm Überdeckung bei einer Verkehrsbelastung durch SLW 60 zu verlegen. Erreicht wird dies durch die hohe Ring- und Längsbiegesteifigkeit.

Überdies ist es für erhöhte Beanspruchung aus Verkehr, Überschüttung, Innendruck etc. möglich, die Wanddicke zu variieren. Duktile Gussrohre sind in statischer Hinsicht als biegeweiches System anzusehen. Der Nachweis ihrer Gebrauchsfähigkeit wird über die zulässige Verformung bzw. Spannungen und den Dauerschwingnachweis geführt. Hierzu bieten wir die Erstellung von prüffähigen Rohrstatiken durch unsere Anwendungstechnik an.

Auch die Verlegung auf Pfahljochen stellt gewöhnlich kein statisches Problem dar. Durch die hohe Tragfähigkeit ist in vielen Fällen nur ein Pfahlaulager pro Rohr notwendig.



### Sicherheitsreserven

Sicherheit sollte bei der Versorgung mit unserem wertvollstem Gut, dem Trinkwasser, vorrangig sein.

Daher werden ausnahmslos alle Rohre im Werk auf ihre Dichtheit geprüft. Duktile Gussrohre weisen gegenüber dem Innendruck eine 3-fache Sicherheit auf.

## Umhüllungen

Duktile Gussrohre sind nach EN 545 mit einem metallischen Zink-Überzug oder Zink-Aluminium-Überzug und einer Deckbeschichtung versehen. Die Zinkauflage beträgt dabei 200 g/m<sup>2</sup> bzw. 400 g/m<sup>2</sup> für Zink-Aluminium. Die Deckbeschichtung besteht z. B. aus einem blauen 2-Komponenten-Epoxidharzlack oder Bitumen.

Rohre mit dieser Umhüllung können gemäß DIN 30 675, Teil 2 in Böden der Klassen I (praktisch nicht bis schwach aggressiv) und Klassen II (aggressiv) eingebaut werden. Wird solch ein Rohr in einer korrosionsgerechten Bettung, sprich Sand oder Kies, eingebettet, kann es sogar in Böden der Klasse III (stark aggressiv) verlegt werden. Das Bettungsmaterial darf folgende Körnungen nicht überschreiten:

- rundkörniges Material 0/32 mm
- gebrochenes Material 0/16 mm

Soll das Rohr direkt in stark aggressiven und/oder steinigem Böden bis zu einem Größtkorn von 100 mm verlegt werden, so empfehlen wir einen Zink-Überzug mit einer Zementmörtel-Umhüllung (ZMU) nach EN 15 542. Ein Gussrohr mit ZMU kann in fast jeden anstehenden Boden eingebaut werden, ohne dass ein Bodenaustausch erfolgen muss. Das erspart erhebliche Kosten z. B. für Deponiegebühren, Kauf von Austauschböden und Transport von Schüttgütern. Wird der anstehende Boden wieder als Füllmaterial verwendet, kann überdies der oftmals unerwünschte Drainage-Effekt eines mit Kies verfüllten Rohrgrabens vermieden werden.

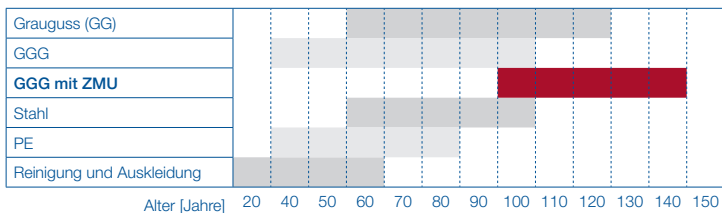
Rohre mit ZMU sind auch bei grabenlosen Einbauverfahren, wie z. B. Berstling, Spülbohren, Press-Zieh- oder Raketenpflug-Verfahren, einsetzbar. Hierbei ist zusätzliches Augenmerk auf die Muffenverbindung zu legen. Diese muss längskraft- und formschlüssig sein. Wir bieten für solche Fälle unsere BLS®-Verbindung an.

### Nachhaltigkeit

Duktile Gussrohre sind langlebig! Im Regelwerk des deutschen Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. Technischer Hinweis W401 wurden duktile Gussrohre mit einer technischen Nutzungsdauer von 100 bis 140 Jahren bewertet.

Schon seit mehr als 550 Jahren werden Gussrohre für den Transport von flüssigen Medien verbaut. Schon damals erkannte man das Potential dieses Werkstoffes. Durch ständige Weiterentwicklung der Herstellverfahren, des Materials selbst und der Verbindungstechnik können solche Höchstleistungen erzielt werden.

Technische Nutzungsdauer nach Leitungsgruppen (nach W401)



Diese Langlebigkeit schont zukünftige Sanierungsbudgets und die sehr geringen Schadensraten tragen zudem noch zu einer Einsparung bei den Betriebs- und Wartungskosten bei.

Die extrem lange technische Nutzungsdauer von Gussrohrsystemen ist durch Erfahrungen aus den vergangenen sechs Jahrhunderten belegt.

Einen eindrucksvollen Beleg liefert z. B. die Trinkwasserleitung des Dillenburger Schlosses von 1455. Wie der Brief des Historischen Vereins Dillenburg (siehe nächste Seite) beschreibt, war diese Leitung bis zur Zerstörung im Juli 1760 in Betrieb.

Diese und unzählige weitere Beispiele belegen in eindrucksvoller Weise die legendäre Langlebigkeit von Gussrohren.

**Historischer Verein**  
Dillenburg.

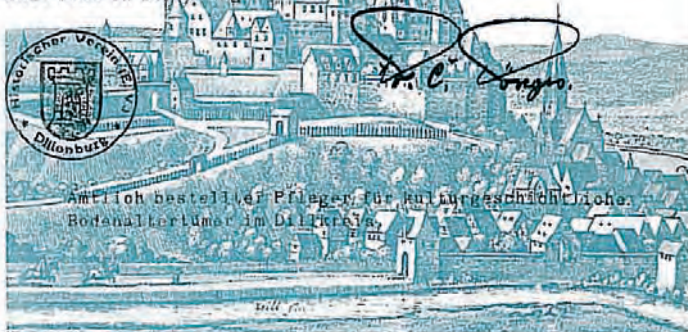
Dillenburg, den 27.11.1934.

Deutscher Gußrohr-Verband G.m.b.H.  
Köln

Die auf der beifolgenden Lichtbildaufnahme dargestellten Gußrohren stammen von der Wasserleitung des 1760 zerstörten Schlosses Dillenburg und wurden beim Legen einer Gasrohrleitung im Jahre 1901 auf dem unteren Schloßhofe gefunden. (Siehe Dönges, Katalog der Sammlungen des Wilhelmsturm-Museums Seite 193.)

Eiserne Wasserleitungsrohre auf Schloß Dillenburg wurden erstmalig 1455 in Renterechnungen erwähnt, also bei Bauten des Erbauers der „neuen Burg“, des Grafen Johann IV. (1442-1475). Die Rohre könnten jedoch auch von der durch Johann VI. (1559-1606) angelegten Wasserleitung stammen.

Die Leitung war bis zur Zerstörung des Schlosses im Juli 1760 in Benutzung.



Schloß Dillenburg vor 1760



### Wirtschaftlich

Um die Wirtschaftlichkeit von Rohrleitungssystemen beurteilen zu können, muss mehr als der reine Preis des Rohrmaterials berücksichtigt werden.

Ebenso müssen die Einbaukosten, die Schadensrate und die technische Nutzungsdauer einfließen.

Duktile Gussrohre sind bekannt für ihre schnelle, einfache und fehlerverzeihende Verlegung. Unsere Verbindungssysteme, TYTON®, BRS® und BLS® lassen sich in kürzester Zeit ohne teures Spezialwerkzeug montieren. Meist reicht eine Brechstange mit Kantholz oder ein Bagger aus. Aufwendige und immer wiederkehrende Schulungen bzw. Zertifizierungen sind nicht notwendig.

Gemäß DVGW-Schadensstatistiken weisen duktile Gussrohre eine der geringsten Schadensraten (Schaden/km x Jahr) aller Werkstoffe aus. Gepaart mit einer Nutzungsdauer von bis zu 140 Jahren ergibt sich somit für duktile Gussrohrsysteme eine überaus wirtschaftliche Gesamtbilanz und legt damit den Grundstein für eine nachhaltige wirtschaftliche Trinkwasserversorgung der nächsten Generationen.

Die folgende Formel stellt eine einfache Möglichkeit dar, die durchschnittlichen Jahreskosten einer Rohrleitung in Euro pro Meter überschläglich zu ermitteln.

$$\text{ØK} = I + (1/n + p/200)$$

ØK = durchschnittliche Jahreskosten der Rohrleitung in EUR/m

I = Investitionskosten (Herstellkosten) in EUR/m

n = technische Nutzungsdauer in Jahren

p = Zinssatz in %

Anhand dieser Formel ist es sehr einfach nachvollziehbar, dass die durchschnittlichen Jahreskosten einer Rohrleitung im Wesentlichen von der technischen Nutzungsdauer abhängig sind. Folglich stellen sich hohe Herstellungskosten durch den Einsatz qualitativ hochwertiger Rohrleitungsmaterialien über die Lebensdauer als durchaus wirtschaftlich dar. Hierbei sind noch nicht einmal die Kostenvorteile von duktilen Gussrohren aus Betrieb und Schadenshäufigkeit berücksichtigt.

## Umweltfreundlich

Duktile Gussrohre von Duktus sind ein Musterbeispiel an Umweltfreundlichkeit. Dies begründet sich vor allem durch folgende vier Faktoren:

1. Für die Gewinnung des flüssigen Roheisens verwenden wir ausschließlich Stahl- und Eisenschrott – also Recyclingmaterial. Dies schont nicht nur wertvolle Ressourcen an Eisenerz, sondern ist darüber hinaus Energie sparend.
2. Da duktile Gussrohre im Wesentlichen aus Eisen und Zementmörtel bestehen, sind sie nahezu 100 % recyclebar.
3. Unsere in der Produktion anfallenden Hauptabfallprodukte, wie Schlacke und Sand werden in Zementwerken und im Straßenbau eingesetzt und wiederverwertet.
4. Duktile Gussrohrsysteme weisen eine extrem lange technische Nutzungsdauer von bis zu 140 Jahren auf. Hierdurch wird das für ihre Produktion freigesetzte CO<sub>2</sub> und sonstige anfallende Emissionen, gerechnet auf die Lebensdauer, auf ein Minimum reduziert.



## Qualität

Die Qualität der hergestellten Produkte und die Zufriedenheit der Kunden ist das oberste Unternehmensziel von Duktus.

Wir verfügen über ein nach EN ISO 9001 zertifiziertes Qualitätsmanagementsystem und über ein nach EN ISO 14 001 zertifiziertes Umweltmanagementsystem. Die Produkte und Produktionsprozesse werden regelmäßig von Materialprüfungsämtern überwacht.

Um unseren hohen Qualitätsansprüchen auch in Zukunft gerecht zu werden produzieren wir unsere Rohre ausschließlich in unserem Werk in Wetzlar/Hessen. Hierdurch werden eine gleichbleibend hohe Qualität unserer Produkte sichergestellt und Arbeitsplätze geschaffen und gesichert.



### **Duktile Gussrohrsysteme sind technisch unschlagbar**

- Korrosionsbeständig durch Innen- und Außenbeschichtung
- Sicherer Außenschutz für alle Böden und Einbauverfahren
- Beständige Auskleidungen gegenüber aggressiven Medien
- Hohe statische Belastbarkeit
- Bruchsicher
- Hohe Sicherheitsreserven (bei Druckschwankungen, statischen Überlastungen, gegen Fremdeinwirkungen)
- Patentierte längskraftschlüssige Verbindungen
- Abwinkelbar bis maximal 5°
- Geeignet für grabenlose Einbauverfahren
- Dichtheit auch bei hohen Innendrücken, Unterdruck und hohen Grundwasserständen
- Diffusionsdichtes Rohrmaterial
- Wurzelfest
- Konstante Materialkennwerte (Dauerstandsfestigkeit)

### **Duktile Gussrohrsysteme sind wirtschaftlich überlegen**

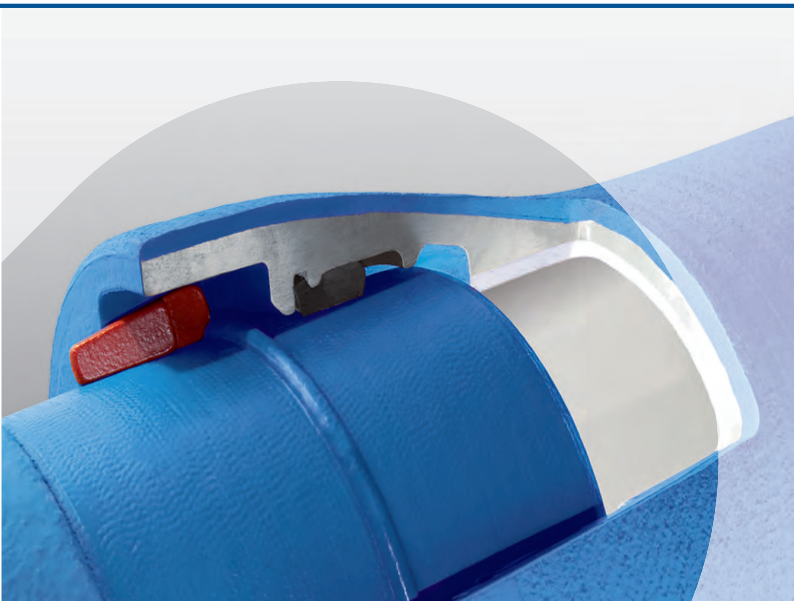
- Schneller und einfacher, Kosten sparender Einbau
- Schmalere Gräben durch geringere Rohrwandung
- Aushubmaterial meist wiederverwendbar
- Kein Schweißen nötig (einfachste Steckmuffen-Verbindung)
- Einbau bei allen Witterungsbedingungen
- Ideal für grabenlose Verlegung
- Alterungsunabhängiger Werkstoff
- Lange technische Nutzungsdauer
- Komplette Systemtechnik durch Formstücke und Zubehör
- Effizientes und kostengünstiges Planen mit der Duktus-Anwendungstechnik
- Sehr geringe Schadensrate

### **Duktile Gussrohrsysteme – bewusst ökologisch**

- Anorganischer Werkstoff
- Produziert aus Recyclingeisen/auch selbst wieder voll recyclebar
- Genügt höchsten hygienischen Ansprüchen
- Der für die Zementmörtel-Auskleidung eingesetzte Sand ist frei von Bindemitteln und chemischen Zusätzen
- Vollständig diffusionsdichte Rohrwandung
- Lebensdauer bis zu 140 Jahre

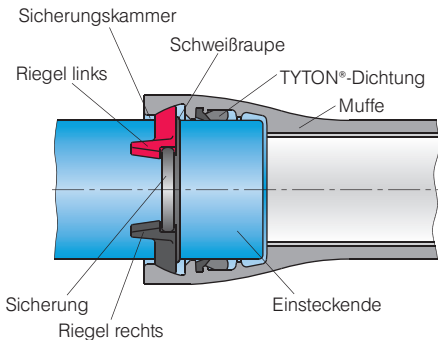


## 2 FORMSCHLÜSSIGE SYSTEMTECHNIK



In diesem Kapitel werden ausschließlich längskraftschlüssige Steckmuffen-Verbindungen auf formschlüssiger Basis behandelt.

Formschlüssige Steckmuffen-Verbindungen sind immer an einer Schweißbraupe auf dem Einsteckende und einer Sicherungskammer zu erkennen. Der Formschluss zwischen der Schweißbraupe und der Sicherungskammer wird durch das Einsetzen von Verriegelungssegmenten erzielt. Hierdurch entsteht eine mechanische Kraftübertragung zwischen dem Einsteckende und der Muffe des nächsten Rohres oder Formstückes.



Beispiel einer formschlüssigen BLS®-Verbindung

Kräfte können aus Innendruck oder externen Zugkräften entstehen. Zulässige Betriebsdrücke (PFA) und zulässige Zugkräfte sind in Abhängigkeit vom Nenndurchmesser auf den folgenden Seiten angegeben. Höhere Drücke und Zugkräfte sind nach Rücksprache mit unserer Anwendungstechnik möglich.

Duktus bietet formschlüssige BLS®-Steckmuffen-Verbindungen für **Rohre und Formstücke** an.

## • DN 80 bis DN 500

Die Abdichtung erfolgt mittels einer TYTON®-Dichtung. Die Verriegelung erfolgt, je nach Nennweite und Einsatzart, mit 2 bis 4 Riegeln. Sie zeichnet sich vor allem durch eine einfache, schnelle Montage, hohe zulässige Betriebsdrücke und Zugkräfte, sowie ihre universelle Einsetzbarkeit aus.

An geschnittenen Rohren ist der Einsatz eines Klemmringes möglich. So kann meist auf das bauseitige Aufbringen einer Schweißraupe verzichtet werden.

Rohre mit BLS®-Verbindung der Nennweiten DN 80 - DN 500 gibt es in einer Baulänge von 6 m.

Weitere Informationen zur BLS®-Verbindung (DN 80 - DN 500) finden Sie ab Seite 51.

## • DN 600 bis DN 1000

Als Dichtung wird auch hier eine TYTON®-Dichtung verwendet. Die Verriegelung erfolgt hier über 9 bis 14 Verriegelungssegmente, die durch ein Muffenfenster eingelegt und über den Rohrumfang verteilt werden.

Rohre mit BLS®-Verbindung der Nennweiten DN 600 - DN 1000 gibt es in einer Baulänge von 6 m. Weitere Informationen zur BLS®-Verbindung (DN 600 - DN 1000) finden Sie ab Seite 56.

## Einsatzgebiete/Vorteile

Rohre und Formstücke mit BLS®-Verbindungen sind nahezu unbegrenzt universell einsetzbar. Durch die schnelle und einfache Montage und die sehr hohen zulässigen Betriebsdrücke und Zugkräfte können Sie praktisch jeden denkbaren Einsatzfall im Druckleitungsbau (Wasser oder Abwasser) abdecken.

- Kommunale Wasserversorgung
- Ersatz von Betonwiderlagern bei konventioneller Verlegung im offenen Graben
- Brückenleitungen/Freileitungen
- Fliegende Leitungen (Ersatzwasserversorgung)
- Grabenlose Einbauverfahren (HDD, Berstlining, Press-Zieh-Verfahren, Langrohrrelining, Einschwimmen, etc.)
- Beschneigungsanlagen
- Turbinenleitungen
- Verlegung im Steilhang
- Feuerlöschleitungen (FM-Approval und DB-Zulassung)
- Gewässerkreuzungen/Düker
- Gebäudeinstallationen
- Einsatz in von Erdbeben oder Setzungen gefährdeten Gebieten



Durch die sehr hohe Abwinkelbarkeit von bis zu maximal 5° und die Drehbarkeit um 360° eignet sich diese Verbindung auch für die Ausbildung von anspruchsvollen und komplexen Knotenpunkten.

### **PFA**

Die zulässigen Betriebsdrücke (PFA) der BLS®-Verbindungen sind gemäß EN 545 in den Herstellerkatalogen anzugeben. Siehe folgende Seiten.

PMA = 1,2 x PFA (höchster zulässiger Bauteilbetriebsdruck für kurze Zeit, z. B. Druckstoß).

PEA = 1,2 x PFA + 5 (höchster zulässiger Bauteilprüfdruck auf der Baustelle).

Die Einteilung in C-Klassen nach EN 545 gilt für formschlüssige Verbindungen **nicht**. Entsprechend weichen die Mindest-Wanddicken von denen in Tabelle 17 der EN 545 (nicht längskraftschlüssige Rohre) ab.

Duktile Gussrohre und Formstücke sind für Unterdrücke bis -0,6 bar (dauernd) bzw. -0,9 bar (kurzzeitig) einsetzbar.

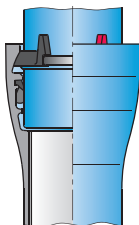
### **Kompatibilität**

Eine Kompatibilität mit formschlüssigen Systemen anderer Hersteller ist nicht gegeben. Für mögliche Lösungen diesbezüglich kontaktieren Sie bitte unsere Anwendungstechnik.

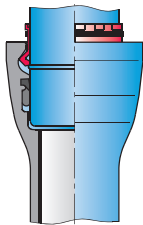
E-Mail: [anwendungstechnik@duktus.com](mailto:anwendungstechnik@duktus.com)

### **Klemmring**

Der Einsatz von Klemmringen ist von DN 80 bis DN 500 in den meisten Fällen möglich. Details zu den Einsatzbereichen siehe Seite 53 und Einbauanleitung ab Seite 89. Durch die Verwendung von Klemmringen kann auf das nachträgliche Aufbringen von Schweißraupen an bauseitig geschnittenen Rohren verzichtet werden.



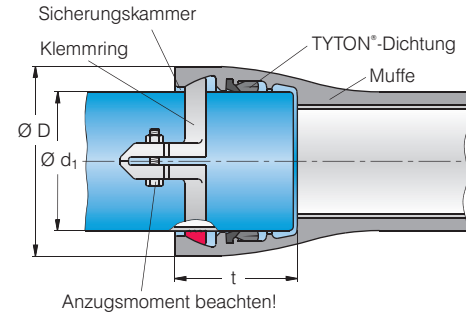
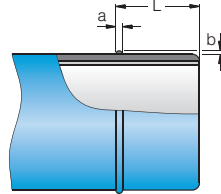
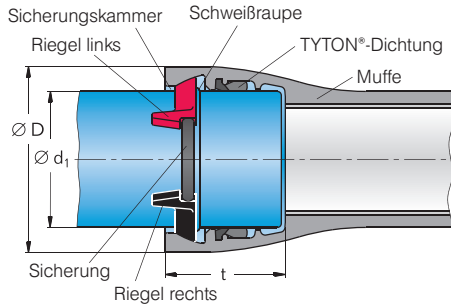
DN 80 bis DN 500



DN 600 bis DN 1000

| DN                | PFA <sup>1)</sup> [bar] | zul. Zugkraft <sup>3)</sup> [kN] | max. Abwinkelung [°] |
|-------------------|-------------------------|----------------------------------|----------------------|
| 80 <sup>2)</sup>  | 100                     | 115                              | 5                    |
| 100 <sup>2)</sup> | 75                      | 150                              | 5                    |
| 125 <sup>2)</sup> | 63                      | 225                              | 5                    |
| 150 <sup>2)</sup> | 63                      | 240                              | 5                    |
| 200               | 42                      | 350                              | 4                    |
| 250               | 40                      | 375                              | 4                    |
| 300               | 40                      | 380                              | 4                    |
| 400               | 30                      | 650                              | 3                    |
| 500               | 30                      | 860                              | 3                    |
| 600               | 32                      | 1525                             | 2                    |
| 700               | 25                      | 1650                             | 1,5                  |
| 800               | 16/25 <sup>2)</sup>     | 1460                             | 1,5                  |
| 900               | 16/25 <sup>2)</sup>     | 1845                             | 1,5                  |
| 1000              | 10/25 <sup>2)</sup>     | 1560                             | 1,5                  |

1) PFA: zulässiger Bauteilbetriebsdruck; PMA = 1,2 x PFA; PEA = 1,2 x PFA +5 – höhere PFA auf Anfrage; 2) Wanddickenklasse K10 nach EN 545:2006; 3) DN 80 bis 250 mit HDR – höhere Zugkräfte auf Anfrage



#### Hinweise zum Einsatz von BLS®

- grabenloser Einbau in DN 80 bis DN 250 nur mit Hochdruckriegel (HDR)
- Einbauanleitung siehe Seite 85
- höhere Drücke z. B. für Beschneidungsanlagen oder Turbinenleitungen möglich

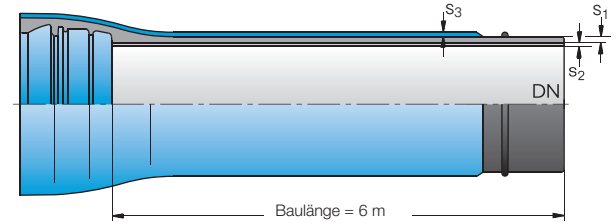
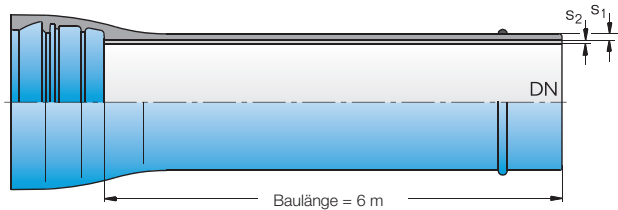
#### Hinweise zum Einsatz von Klemmringen

- Als Ersatz der Schweißbraupe, z. B. an bauseits geschnittenen Röhren
- in MMK, MMQ, MK, EN, ENQ nur bis PFA 16 bar
- nicht in Freileitungen und pulsierenden erdverlegten Leitungen
- nicht bei grabenlosen Einbauverfahren
- Anzugsmoment 60 Nm
- Einbauanleitung siehe Seite 89

| DN  | Maße <sup>1)</sup> [mm]            |     |     |     |    |     | Masse [kg]  |     |            |           |                         | PFA <sup>2)</sup> [bar] |           |   | Anzahl Riegel <sup>3)</sup> | zulässige Zugkraft <sup>4)</sup> [kN] | maximale Abwinkelung <sup>5)</sup> [°] | minimaler Radius <sup>5)</sup> [m] | Montagezeit <sup>6)</sup> [min] |
|-----|------------------------------------|-----|-----|-----|----|-----|-------------|-----|------------|-----------|-------------------------|-------------------------|-----------|---|-----------------------------|---------------------------------------|--|------------------------------------|---------------------------------|
|     | d <sub>1</sub>                     | D   | t   | L   | a  | b   | Riegel-satz | HDR | Klemm-ring | Dich-tung | PFA <sup>2)</sup> [bar] |                         |           |   |                             |                                       |  |                                    |                                 |
|     |                                    |     |     |     |    |     |             |     |            |           | ohne HDR                | mit HDR                 | Klemmring |   |                             |                                       |  |                                    |                                 |
| 80  | 98 <sup>+1</sup> <sub>-2,7</sub>   | 156 | 127 | 86  | 8  | 5   | 0,4         | 0,3 | 0,9        | 0,13      | 100                     | 110                     | 45        | 2 | 115                         | 5                                     | 69                                     | 5                                  |                                 |
| 100 | 118 <sup>+1</sup> <sub>-3,8</sub>  | 182 | 135 | 91  | 8  | 5   | 0,4         | 0,4 | 1,0        | 0,16      | 75                      | 100                     | 45        | 2 | 150                         | 5                                     | 69                                     | 5                                  |                                 |
| 125 | 144 <sup>+1</sup> <sub>-5,8</sub>  | 206 | 143 | 96  | 8  | 5   | 0,6         | 0,5 | 1,4        | 0,19      | 63                      | 100                     | 45        | 2 | 225                         | 5                                     | 69                                     | 5                                  |                                 |
| 150 | 170 <sup>+1</sup> <sub>-8,9</sub>  | 239 | 150 | 101 | 8  | 5   | 0,8         | 0,6 | 1,7        | 0,22      | 63                      | 75                      | 45        | 2 | 240                         | 5                                     | 69                                     | 5                                  |                                 |
| 200 | 222 <sup>+1</sup> <sub>-13,0</sub> | 293 | 160 | 106 | 9  | 5,5 | 1,1         | 0,8 | 2,2        | 0,37      | 42                      | 63                      | 45        | 2 | 350                         | 4                                     | 86                                     | 6                                  |                                 |
| 250 | 274 <sup>+1</sup> <sub>-18,1</sub> | 357 | 165 | 106 | 9  | 5,5 | 1,5         | 1,2 | 2,7        | 0,48      | 40                      | 44                      | 45        | 2 | 375                         | 4                                     | 86                                     | 7                                  |                                 |
| 300 | 326 <sup>+1</sup> <sub>-23,3</sub> | 410 | 170 | 106 | 9  | 5,5 | 2,7         | –   | 3,6        | 0,67      | 40                      | –                       | 30        | 4 | 380                         | 4                                     | 86                                     | 8                                  |                                 |
| 400 | 429 <sup>+1</sup> <sub>-33,5</sub> | 521 | 190 | 115 | 10 | 6   | 4,4         | –   | 6,0        | 1,1       | 30                      | –                       | 30        | 4 | 650                         | 3                                     | 115                                    | 10                                 |                                 |
| 500 | 532 <sup>+1</sup> <sub>-43,8</sub> | 636 | 200 | 120 | 10 | 6   | 5,5         | –   | 7,2        | 1,6       | 30                      | –                       | 30        | 4 | 860                         | 3                                     | 115                                    | 12                                 |                                 |

1) Toleranzen sind möglich; 2) PFA: zulässiger Bauteilbetriebsdruck/PMA = 1,2 x PFA  
PEA = 1,2 x PFA + 5 – höhere PFA auf Anfrage – siehe Hinweise zum Einsatz von Klemmringen;  
3) DN 80 bis DN 250 gegebenenfalls zuzüglich Hochdruckriegel (HDR)

4) höhere Zugkräfte auf Anfrage; 5) minimaler Kurvenradius, der sich aus der möglichen Abwinkelung der Muffen ergibt – gilt für offene und grabenlose Verlegung; 6) überschlägige Montagezeit der Verbindung ohne eventuellen Verbindungsschutz



#### Außenbeschichtungen

- Zementmörtel-Umhüllung (Duktus-ZMU)
- Zink-Überzug mit Deckbeschichtung
- Zink-Aluminium-Überzug mit Deckbeschichtung (Zink-PLUS)
- WKG-Umhüllung
- ZMU-PLUS

#### Innenbeschichtungen

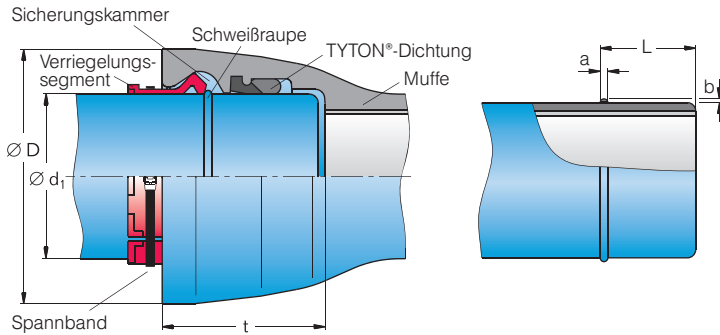
- Hochofenzement
- Tonerdezement (für stark kalzitlösende Wässer)

Hinweise zu den Einsatzgebieten der Beschichtungen siehe Kapitel 6

| DN  | Maße [mm] <sup>4)</sup> |           |           | Gesamtmasse [kg]   |                          | PFA <sup>1)</sup> [bar] |                   |                         | Anzahl Riegel <sup>5)</sup> | zulässige Zugkraft <sup>6)</sup> [kN] | maximale Abwinkelung [°] | minimaler Radius <sup>7)</sup> [m] | Montagezeit <sup>8)</sup> [min] |
|-----|-------------------------|-----------|-----------|--------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------|-------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
|     | $s_1$ Guss              | $s_2$ ZMA | $s_3$ ZMU | Rohr <sup>2)</sup> | Rohr + ZMU <sup>3)</sup> | ohne HDR                | mit HDR           | Klemmring <sup>9)</sup> |                             |                                       |                          |                                    |                                 |
| 80  | 4,7                     | 4         | 5         | 96,7               | 116,2                    | 100                     | 110               | 45                      | 2                           | 115                                   | 5                        | 69                                 | 5                               |
| 100 | 4,7                     | 4         | 5         | 120,3              | 144,3                    | 75                      | 100               | 45                      | 2                           | 150                                   | 5                        | 69                                 | 5                               |
| 125 | 4,8                     | 4         | 5         | 156,4              | 184,4                    | 63                      | 100               | 45                      | 2                           | 225                                   | 5                        | 69                                 | 5                               |
| 150 | 4,7                     | 4         | 5         | 192,0              | 225,0                    | 63                      | 75 <sup>10)</sup> | 45                      | 2                           | 240                                   | 5                        | 69                                 | 5                               |
| 200 | 4,8                     | 4         | 5         | 248,3              | 291,3                    | 42                      | 63                | 45                      | 2                           | 350                                   | 4                        | 86                                 | 6                               |
| 250 | 5,2                     | 4         | 5         | 330,3              | 382,3                    | 40                      | 44                | 45                      | 2                           | 375                                   | 4                        | 86                                 | 7                               |
| 300 | 5,6                     | 4         | 5         | 424,9              | 487,9                    | 40                      | –                 | 30                      | 4                           | 380                                   | 4                        | 86                                 | 8                               |
| 400 | 6,4                     | 5         | 5         | 624,9              | 706,9                    | 30                      | –                 | 30                      | 4                           | 650                                   | 3                        | 115                                | 10                              |
| 500 | 7,2                     | 5         | 5         | 839,9              | 940,9                    | 30                      | –                 | 30                      | 4                           | 860                                   | 3                        | 115                                | 12                              |

1) PFA: zulässiger Bauteilbetriebsdruck /PMA = 1,2 x PFA (PEA = 1,2 x PFA +5 – höhere PFA auf Anfrage; 2) theoretische Masse pro Rohr, inkl. ZMA, Zink(Alu) und Deckbeschichtung; 3) theoretische Masse pro Rohr, inkl. ZMA, Zink und ZMU; 4)  $s_1$  = min.-Maß,  $s_2/s_3$  = Nennmaße. Toleranzen beachten

5) DN 80 bis DN 250 gegebenenfalls zusätzlich Hochdruckriegel (HDR); 6) höhere Zugkräfte auf Anfrage; 7) minimaler Kurvenradius, der sich aus der möglichen Abwinkelung der Muffen ergibt – gilt für offene und grabenlose Verlegung; 8) überschlägige Montagezeit der Verbindung ohne Verbindungsschutz; 9) siehe Hinweise zum Einsatz von Klemmringen – Seite 89 ff; 10)  $s_{min} = 5,0$  mm



(im Lieferumfang enthalten)

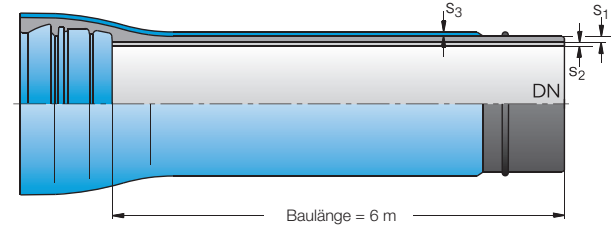
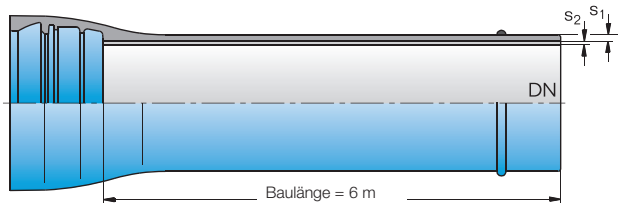
**Hinweise zum Einsatz von BLS®**

- grabenloser Einbau nur mit Metallschellen statt Spannband
- Einbauanleitung siehe Seite 95
- höhere Drücke z. B. für Beschneidungsanlagen oder Turbinenleitungen möglich

| DN   | Maße [mm] <sup>1)</sup> |       |     |     |   |   | Masse [kg] |          |    | Anzahl Riegel       | PFA <sup>2)</sup> [bar] | zul. Zugkraft <sup>3)</sup> [kN] | maximale Abwinkelung [°] | minimaler Radius <sup>4)</sup> [m] | Montagezeit <sup>5)</sup> [min] |
|------|-------------------------|-------|-----|-----|---|---|------------|----------|----|---------------------|-------------------------|----------------------------------|--------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
|      | d <sub>1</sub>          | D     | t   | L   | a | b | Riegelsatz | Dichtung |    |                     |                         |                                  |                          |                                    |                                 |
| 600  | 635 <sup>+1,0</sup>     | 732   | 175 | 116 | 9 | 6 | 9          | 2,3      | 9  | 32                  | 1.525                   | 2,0                              | 172                      | 15                                 |                                 |
| 700  | 738 <sup>+1,3</sup>     | 849   | 197 | 134 | 9 | 6 | 11         | 4,3      | 10 | 25                  | 1.650                   | 1,5                              | 230                      | 16                                 |                                 |
| 800  | 842 <sup>+1,5</sup>     | 960   | 209 | 143 | 9 | 6 | 14         | 5,2      | 10 | 16/25 <sup>6)</sup> | 1.460                   | 1,5                              | 230                      | 17                                 |                                 |
| 900  | 945 <sup>+1,8</sup>     | 1.073 | 221 | 149 | 9 | 6 | 13         | 6,3      | 13 | 16/25 <sup>6)</sup> | 1.845                   | 1,5                              | 230                      | 18                                 |                                 |
| 1000 | 1.048 <sup>+2,0</sup>   | 1.188 | 233 | 159 | 9 | 6 | 16         | 8,3      | 14 | 10/25 <sup>6)</sup> | 1.560                   | 1,5                              | 230                      | 20                                 |                                 |

1) Toleranzen möglich; 2) PFA: zulässiger Bauteilbetriebsdruck/  
PMA = 1,2 x PFA/PEA = 1,2 x PFA + 5 – höhere PFA auf Anfrage;  
3) höhere Zugkräfte auf Anfrage

4) minimaler Kurvenradius, der sich aus der möglichen Abwinkelung der Muffen ergibt – gilt für offene und grabenlose Verlegung; 5) überschlägige Montagezeit der Verbindung ohne Verbindungsschutz  
6) Wanddickenklasse K10 nach EN 545:2006



### Außenbeschichtungen

- Zementmörtel-Umhüllung (Duktus-ZMU)
- Zink-Überzug mit Deckbeschichtung
- Zink-Aluminium-Überzug mit Deckbeschichtung (Zink-PLUS)
- WKG-Umhüllung

### Innenbeschichtungen

- Hochofenzement
- Tonerdezement (für stark kalzitlösende Wässer)

Hinweise zu den Einsatzgebieten der Beschichtungen siehe Kapitel 6

| DN   | Maße [mm] <sup>4)</sup> |                    |                    | Masse [kg]             |                              | Anzahl Riegel | PFA <sup>1)</sup> [bar] | zulässige Zugkraft <sup>5)</sup> [kN] | maximale Abwinkelung [°] | minimaler Radius <sup>6)</sup> [m] | Montagezeit <sup>7)</sup> [min] |
|------|-------------------------|--------------------|--------------------|------------------------|------------------------------|---------------|-------------------------|---------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
|      | s <sub>1</sub>          | ZMA s <sub>2</sub> | ZMU s <sub>3</sub> | Rohr 6 m <sup>2)</sup> | Rohr 6 m + ZMU <sup>3)</sup> |               |                         |                                       |                          |                                    |                                 |
| 600  | 8,0                     | 5                  | 5                  | 1.118,6                | 1.239,6                      | 9             | 32                      | 1.525                                 | 2,0                      | 172                                | 15                              |
| 700  | 8,8                     | 6                  | 5                  | 1.410,1                | 1.550,1                      | 10            | 25                      | 1.650                                 | 1,5                      | 230                                | 16                              |
| 800  | 9,6                     | 6                  | 5                  | 1.768,0                | 1.928,0                      | 10            | 16/25 <sup>8)</sup>     | 1.460                                 | 1,5                      | 230                                | 17                              |
| 900  | 10,4                    | 6                  | 5                  | 2.131,3                | 2.310,3                      | 13            | 16/25 <sup>8)</sup>     | 1.845                                 | 1,5                      | 230                                | 18                              |
| 1000 | 11,2                    | 6                  | 5                  | 2.524,4                | 2.723,4                      | 14            | 10/25 <sup>8)</sup>     | 1.560                                 | 1,5                      | 230                                | 20                              |

1) PFA: zulässiger Bauteilbetriebsdruck/PMA = 1,2 x PFA/PEA = 1,2 x PFA +5 – höhere PFA auf Anfrage; 2) theor. Masse pro Rohr, inkl. ZMA, Zink(Alu) und Epoxidharz-Deckbeschichtung; 3) theor. Masse pro Rohr, inkl. ZMA, Zink und ZMU; 4) s<sub>1</sub> = min.-Maß, s<sub>2</sub>/s<sub>3</sub> = Nennmaße. Toleranzen möglich

5) höhere Zugkräfte auf Anfrage; 6) minimaler Kurvenradius, der sich aus der möglichen Abwinkelung der Muffen ergibt – gilt für offene und grabenlose Verlegung 7) überschlägige Montagezeit der Verbindung ohne Verbindungsschutz; 8) Wanddickenklasse K10 nach EN 545:2006

## 2.2 Formstücke mit formschlüssigen Verbindungen

DUKTUS

### Kompatibilität

Eine Kompatibilität mit formschlüssigen Systemen anderer Hersteller ist nicht gegeben. Für mögliche Lösungen diesbezüglich kontaktieren Sie bitte unsere Anwendungstechnik.

E-Mail: [anwendungstechnik@duktus.com](mailto:anwendungstechnik@duktus.com)

### Baulängen

Falls nicht anders vermerkt entsprechen die Baulängen „L<sub>u</sub>“ der Formstücke der Serie A der EN 545.

### Flanschformstücke (siehe Kapitel 5)

Bei Bestellung von Flanschenformstücken muss die Nenndruckstufe „PN“ vorgegeben werden. Zubehör, wie z. B. Sechskantschrauben, Muttern, Scheiben und Flachdichtungen, ist über den Fachhandel zu beziehen.

### Beschichtung

Alle folgend dargestellten Formstücke sind innen und außen mit einer Epoxidharz-Beschichtung von mindesten 250 µm versehen, falls nicht anders angegeben. Die Beschichtung entspricht der EN 14 901 und den Anforderungen der Gütegemeinschaft Schwerer Korrosionsschutz (GSK).

Damit sind alle Formstücke nach EN 545 – Anhang D.2.3 in Böden beliebiger Korrosivität einbaubar.

Hinweise zu den Einsatzgebieten der Beschichtung siehe Kapitel 6.



**RAL** GÜTEZEICHEN  
SCHWERER KORROSIONSSCHUTZ  
VON ARMATUREN UND FORMSTÜCKEN

## Zulässiger Bauteilbetriebsdruck (PFA)

(falls nicht anders angegeben)

| DN     | PFA [bar] |          |
|--------|-----------|----------|
|        | BLS®      | Flansch  |
| 80–250 | 100       | PFA = PN |
| 300    | 85        |          |
| 400    | 30        |          |
| 500    | 30        |          |
| 600    | 40        |          |
| 700    | 25        |          |
| 800    | 25        |          |
| 900    | 25        |          |
| 1000   | 25        |          |

- PFA: maximal zulässiger Bauteilbetriebsdruck in bar
- PMA = 1,2 x PFA (höchster zulässiger Bauteilbetriebsdruck für kurze Zeit, z. B. Druckstoß)
- PEA = 1,2 x PFA + 5 (zulässiger Bauteilprüfdruck auf der Baustelle)

## Lieferumfang

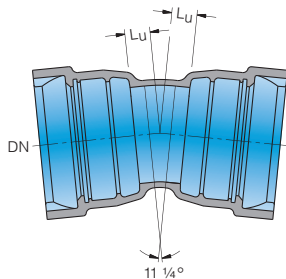
Duktus liefert Formstücke inklusive der notwendigen Dichtungen, Riegel und Sicherungselemente für alle Muffen. Flachdichtungen, Schrauben, Muttern und Unterlegscheiben für Flanschverbindungen sind nicht im Lieferumfang enthalten.





MMK-Stücke 11  
 Doppelmuffenbögen 11¼°  
 nach EN 545

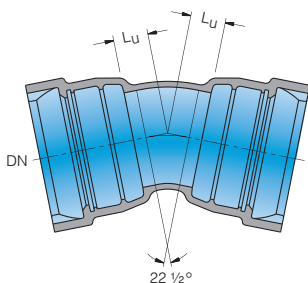
DUKTUS



| DN   | Maße [mm]<br>$L_u$ | PFA [bar] | Masse [kg] ~ |
|------|--------------------|-----------|--------------|
| BLS® |                    |           |              |
| 80   | 30                 | 100       | 10,1         |
| 100  | 30                 |           | 14           |
| 125  | 35                 |           | 18,6         |
| 150  | 35                 |           | 23,3         |
| 200  | 40                 |           | 38,2         |
| 250  | 50                 | 52,3      |              |
| 300  | 55                 | 85        | 70,4         |
| 400  | 65                 | 30        | 116          |
| 500  | 75                 |           | 171,5        |
| 600  | 85                 | 40        | 186          |
| 700  | 95                 | 25        | 277          |
| 800  | 110                |           | 378          |
| 900  | 120                |           | 532          |
| 1000 | 130                |           | 614          |

MMK-Stücke 22  
 Doppelmuffenbögen 22½°  
 nach EN 545

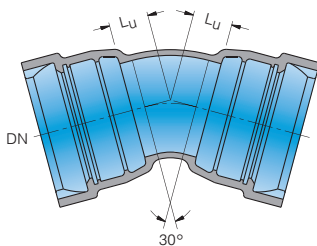
**DUKTUS**



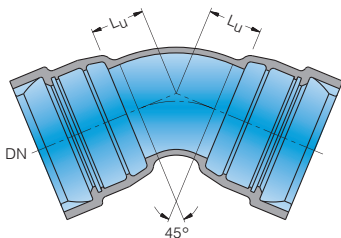
| DN   | Maße [mm]<br>$L_u$ | PFA [bar] | Masse [kg] ~ |
|------|--------------------|-----------|--------------|
| BLS® |                    |           |              |
| 80   | 40                 | 100       | 10,2         |
| 100  | 40                 |           | 14,3         |
| 125  | 50                 |           | 19,4         |
| 150  | 55                 |           | 24,3         |
| 200  | 65                 |           | 39,2         |
| 250  | 75                 | 56,9      |              |
| 300  | 85                 | 85        | 78,6         |
| 400  | 110                | 30        | 125,5        |
| 500  | 130                |           | 197          |
| 600  | 150                | 40        | 215,5        |
| 700  | 175                | 25        | 320          |
| 800  | 195                |           | 458          |
| 900  | 220                |           | 594          |
| 1000 | 240                |           | 723          |

MMK-Stücke 30  
 Doppelmuffenbögen 30°  
 nach DIN 28 650

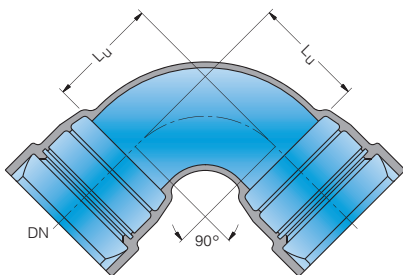
DUKTUS



| DN   | Maße [mm]<br>$L_u$ | PFA [bar] | Masse [kg] ~ |
|------|--------------------|-----------|--------------|
| BLS® |                    |           |              |
| 80   | 45                 | 100       | 10,4         |
| 100  | 50                 |           | 14,7         |
| 125  | 55                 |           | 20,3         |
| 150  | 65                 |           | 25,2         |
| 200  | 80                 |           | 41,4         |
| 250  | 95                 | 59,3      |              |
| 300  | 110                | 85        | 79,9         |
| 400  | 140                | 30        | 137          |
| 500  | 170                |           | 205,5        |
| 600  | 200                | 40        | 230          |
| 700  | 230                | 25        | 333          |
| 800  | 260                |           | 473          |
| 900  | 290                |           | 635          |
| 1000 | 320                |           | 809          |



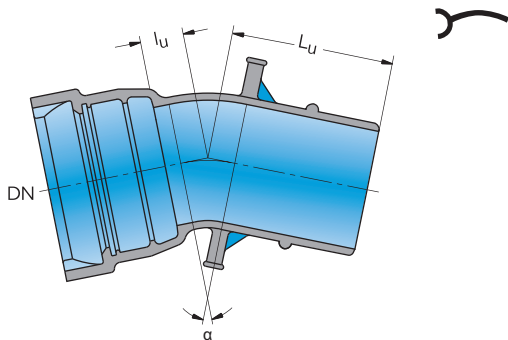
| DN   | Maße [mm]<br>$L_u$ | PFA [bar] | Masse [kg] ~ |
|------|--------------------|-----------|--------------|
| BLS® |                    |           |              |
| 80   | 55                 | 100       | 11           |
| 100  | 65                 |           | 14,7         |
| 125  | 75                 |           | 20,8         |
| 150  | 85                 |           | 26,3         |
| 200  | 110                |           | 41,5         |
| 250  | 130                | 65,1      |              |
| 300  | 150                | 85        | 86,4         |
| 400  | 195                | 30        | 149,5        |
| 500  | 240                |           | 227          |
| 600  | 285                | 40        | 261          |
| 700  | 330                | 25        | 376          |
| 800  | 370                |           | 548          |
| 900  | 415                |           | 716          |
| 1000 | 460                |           | 879          |



| DN   | Maße [mm]<br>$L_u$ | PFA [bar] | Masse [kg] ~ |
|------|--------------------|-----------|--------------|
| BLS® |                    |           |              |
| 80   | 100                | 100       | 11,6         |
| 100  | 120                |           | 15,9         |
| 125  | 145                |           | 22,4         |
| 150  | 170                |           | 28,9         |
| 200  | 220                |           | 55,1         |
| 250  | 270                |           | 76           |
| 300  | 320                | 85        | 94,5         |
| 400  | 430                | 30        | 200,5        |

MK-Stücke 11 und 22  
Muffenbögen 11¼° und 22½°  
nach Werksnorm

**DUKTUS**

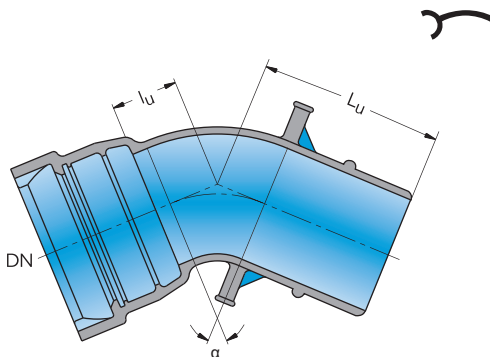


| DN                                   | Maße [mm] |       | PFA [bar] | Masse [kg] ~ |
|--------------------------------------|-----------|-------|-----------|--------------|
|                                      | $l_u$     | $L_u$ |           |              |
| BLS®; $\alpha = 11\frac{1}{4}^\circ$ |           |       |           |              |
| 80                                   | 30        | 175   | 100       | 8,4          |
| 100                                  | 30        | 185   |           | 11,1         |
| 125                                  | 35        | 200   |           | 15,1         |
| 150                                  | 35        | 210   |           | 20,1         |
| 200                                  | 40        | 230   |           | 32,7         |
| 250                                  | 50        | 250   |           | 51           |
| 300                                  | 55        | 270   | 85        | 71           |
| 400                                  | 65        | 375   | 63        | 125          |
| 500                                  | 75        | 405   | 50        | 220          |

| DN                                   | Maße [mm] |       | PFA [bar] | Masse [kg] ~ |
|--------------------------------------|-----------|-------|-----------|--------------|
|                                      | $l_u$     | $L_u$ |           |              |
| BLS®; $\alpha = 22\frac{1}{2}^\circ$ |           |       |           |              |
| 80                                   | 40        | 185   | 100       | 8,7          |
| 100                                  | 40        | 195   |           | 11,6         |
| 125                                  | 50        | 215   |           | 15,9         |
| 150                                  | 55        | 230   |           | 21,5         |
| 200                                  | 65        | 255   |           | 35,3         |
| 250                                  | 75        | 275   |           | 53           |
| 300                                  | 85        | 300   | 85        | 73           |
| 400                                  | 110       | 420   | 63        | 138,8        |
| 500                                  | 130       | 460   | 50        | 220          |

**MK-Stücke 30 und 45**  
**Muffenbögen 30° und 45°**  
 nach Werksnorm

**DUKTUS**

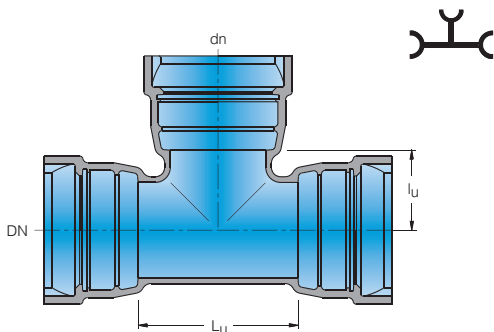


| DN                        | Maße [mm] |       | PFA [bar] | Masse [kg] ~ |
|---------------------------|-----------|-------|-----------|--------------|
|                           | $l_u$     | $L_u$ |           |              |
| BLS®: $\alpha = 30^\circ$ |           |       |           |              |
| 80                        | 45        | 190   | 100       | 8,9          |
| 100                       | 50        | 205   |           | 11,9         |
| 125                       | 55        | 220   |           | 16,2         |
| 150                       | 65        | 240   |           | 22,4         |
| 200                       | 80        | 270   |           | 36,5         |
| 250                       | 95        | 295   |           | 57           |
| 300                       | 110       | 320   |           | 82           |
| 400                       | 140       | 450   | 63        | 157,2        |
| 500                       | 170       | 495   | 50        | 224          |

| DN                        | Maße [mm] |       | PFA [bar] | Masse [kg] ~ |
|---------------------------|-----------|-------|-----------|--------------|
|                           | $l_u$     | $L_u$ |           |              |
| BLS®: $\alpha = 45^\circ$ |           |       |           |              |
| 80                        | 55        | 200   | 100       | 9,1          |
| 100                       | 65        | 220   |           | 12,3         |
| 125                       | 75        | 240   |           | 17           |
| 150                       | 85        | 260   |           | 24,2         |
| 200                       | 110       | 300   |           | 39,7         |
| 250                       | 130       | 335   |           | 60,5         |
| 300                       | 150       | 365   |           | 87,3         |

**MMB-Stücke**  
**Doppelmuffenstücke mit Muffenabzweig 90°**  
 nach EN 545

**DUKTUS**

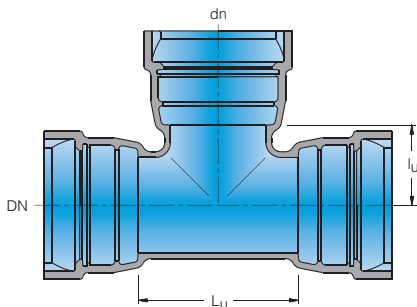


| DN          | dn  | Maße [mm]      |                | PFA [bar] | Masse [kg] ~ |
|-------------|-----|----------------|----------------|-----------|--------------|
|             |     | L <sub>u</sub> | l <sub>u</sub> |           |              |
| <b>BLS®</b> |     |                |                |           |              |
| 80          | 80  | 170            | 85             | 100       | 16,1         |
| 100         | 80  | 170            | 95             |           | 20,0         |
|             | 100 | 190            | 95             |           | 22,4         |
| 125         | 80  | 170            | 105            |           | 25,1         |
|             | 100 | 195            | 110            |           | 28,1         |
|             | 125 | 225            | 110            |           | 31,0         |
| 150         | 80  | 170            | 120            |           | 33,6         |
|             | 100 | 195            | 120            |           | 34,5         |
|             | 125 | 255            | 125            |           | 39,0         |
|             | 150 | 255            | 125            |           | 41,1         |
| 200         | 80  | 175            | 145            |           | 46,2         |
|             | 100 | 200            | 145            |           | 47,3         |
|             | 125 | 255            | 145            |           | 50,0         |
|             | 150 | 255            | 150            |           | 54,3         |
|             | 200 | 315            | 155            |           | 63,1         |
| 250         | 80  | 180            | 170            |           | 72,0         |
|             | 100 | 200            | 170            | 63,9      |              |
|             | 125 | 230            | 175            | 78,0      |              |
|             | 150 | 260            | 175            | 70,6      |              |
|             | 200 | 315            | 180            | 77,8      |              |
|             | 250 | 375            | 190            | 89,1      |              |



MMB-Stücke  
 Doppelmuffenstücke mit Muffenabzweig 90°  
 nach EN 545

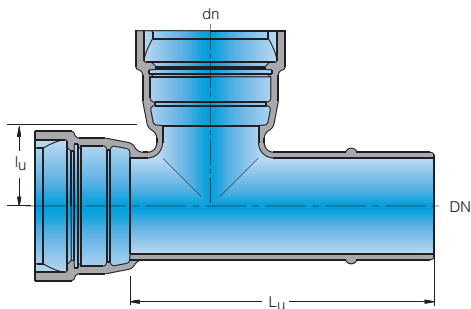
DUKTUS



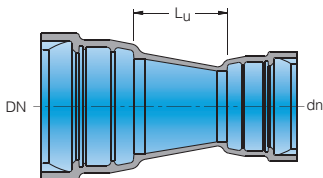
| DN   | dn  | Maße [mm] |       | PFA [bar] | Masse [kg] ~ |
|------|-----|-----------|-------|-----------|--------------|
|      |     | $L_u$     | $l_u$ |           |              |
| BLS® |     |           |       |           |              |
| 300  | 80  | 180       | 195   | 85        | 93,0         |
|      | 100 | 205       | 195   |           | 80,2         |
|      | 150 | 260       | 200   |           | 88,6         |
|      | 200 | 320       | 205   |           | 96,6         |
|      | 250 | 375       | 210   |           | 109,0        |
|      | 300 | 435       | 220   |           | 127,4        |
| 400  | 400 | 560       | 280   | 30        | 236,0        |
| 500  | 500 | 800       | 400   |           | 396,8        |

**MB-Stücke**  
**Muffen-Spitzendstücke mit Muffenabzweig 90°**  
 nach Werksnorm

**DUKTUS**

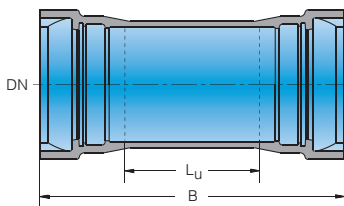


| DN   | dn  | Maße [mm] |       | PFA [bar] | Masse [kg] ~ |
|------|-----|-----------|-------|-----------|--------------|
|      |     | $L_u$     | $l_u$ |           |              |
| BLS® |     |           |       |           |              |
| 400  | 80  | 680       | 270   | 63        | 179,5        |
|      | 300 | 680       | 270   |           | 211,5        |



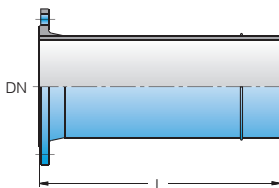
| DN   | dn  | $L_u$ [mm] | PFA [bar] | Masse [kg] ~ |
|------|-----|------------|-----------|--------------|
| BLS® |     |            |           |              |
| 100  | 80  | 90         | 100       | 12,3         |
| 125  | 80  | 140        |           | 15,9         |
|      | 100 | 100        |           | 16,7         |
| 150  | 80  | 190        |           | 19,9         |
|      | 100 | 150        |           | 20,8         |
|      | 125 | 100        |           | 21,0         |
| 200  | 100 | 250        |           | 29,6         |
|      | 150 | 150        |           | 30,4         |
| 250  | 150 | 250        |           | 45,3         |
|      | 200 | 150        |           | 46,7         |
| 300  | 150 | 350        | 85        | 57,0         |
|      | 200 | 250        |           | 58,9         |
|      | 250 | 150        |           | 62,8         |
| 400* | 300 | 260        | 30        | 111,0        |
| 500* | 400 | 260        |           | 148,0        |

\* nach Werksnorm,



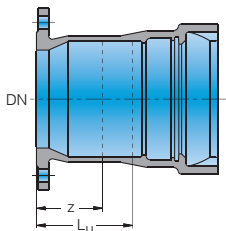
| DN   | $L_U$ [mm] | B [mm] | PFA [bar] | Masse [kg] ~ |
|------|------------|--------|-----------|--------------|
| BLS® |            |        |           |              |
| 80   | 160        | 415    | 100       | 13,4         |
| 100  | 160        | 430    |           | 16,0         |
| 125  | 175        | 460    |           | 24,0         |
| 150  | 180        | 480    |           | 30,5         |
| 200  | 180        | 500    |           | 45,5         |
| 250  | 190        | 520    |           | 66,5         |
| 300  | 200        | 540    | 85        | 83,5         |
| 400  | 210        | 590    | 30        | 115,0        |
| 500  | 320        | 720*   |           | 210,0        |

U-Stücke mit BLS®-Verbindung sind nur bedingt komplett überschiebbar. \* Nach Werksnorm.  
Verwendung erfolgt ausschließlich mit TYTON®-Dichtungen.



| DN   | L [mm] | Masse [kg] |       |       |        |       |        |
|------|--------|------------|-------|-------|--------|-------|--------|
|      |        | PN 10      | PN 16 | PN 25 | PN 40  | PN 63 | PN 100 |
| BLS® |        |            |       |       |        |       |        |
| 80   | 350    | 7,5        |       |       |        | 11,9  | 11,2   |
| 100  | 360    | 8,5        |       | 10,4  |        | 14,1  | 15,7   |
| 125  | 370    | 12,4       |       | 13,1  | 14,3   | 20,0  | 22,8   |
| 150  | 380    | 19,3       |       | 21,0  | 21,0   | 31,9  | 28,0   |
| 200  | 400    | 25,2       | 25,2  | 26,0  | 30,8   | 46,6  | 55,4   |
| 250  | 420    | 35,1       | 35,2  | 37,7  | 45,4   | –     | –      |
| 300  | 440    | 46,0       | 44,8  | 49,1  | 62,0   | –     | –      |
| 400  | 480    | 104,0      | 109,0 | 114,0 | 154,0* | –     | –      |
| 500  | 520    | 146,0      | 156,0 | 161,0 | –      | –     | –      |
| 600  | 560    | 134,3      | 160,3 | 174,3 | 235,3  | –     | –      |
| 700  | 600    | 180,6      | 195,6 | 229,6 | –      | –     | –      |
| 800  | 600    | 228,0      | 247,0 | 296,0 | –      | –     | –      |
| 900  | 600    | 348,0      | 359,0 | –     | –      | –     | –      |
| 1000 | 600    | 503,0      | 538,0 | –     | –      | –     | –      |

\* PFA der BLS®-Verbindung beachten



| DN   | $L_u$ [mm] | z [mm] | Masse [kg] |       |       |        |       |        |
|------|------------|--------|------------|-------|-------|--------|-------|--------|
|      |            |        | PN 10      | PN 16 | PN 25 | PN 40  | PN 63 | PN 100 |
| BLS® |            |        |            |       |       |        |       |        |
| 80   | 130        | 90     | 10,2       |       |       |        | 12,3  | –      |
| 100  | 130        | 90     | 12,2       |       | 12,7  |        | 16,3  | 20,7   |
| 125  | 135        | 95     | 15,5       |       | 17,0  | 17,0   | 26,8  | –      |
| 150  | 135        | 95     | 19,9       |       | 22,1  | 22,1   | 31,5  | 33,4   |
| 200  | 140        | 100    | 28,7       | 28,9  | 29,6  | 34,6   | 49,0  | 56,4   |
| 250  | 145        | 105    | 40,6       | 39,7  | 44,3  | 51,9   | 67,5  | 86,4   |
| 300  | 150        | 110    | 52,3       | 52,1  | 56,1  | 69,9   | 84,9  | 120,0  |
| 400  | 160        | 120    | 90,0       | 89,0  | 102,0 | 127,5  | –     | –      |
| 500  | 170        | 130    | 125,0      | 140,5 | 151   | 162,0* | –     | –      |
| 600  | 180        | 140    | 137,5      | 167,5 | 173,5 | 209,0* | –     | –      |
| 700  | 190        | 150    | 202,0      | 248,0 | 278,0 | –      | –     | –      |
| 800  | 200        | 160    | 269,5      | 270,0 | 316,0 | –      | –     | –      |
| 900  | 210        | 170    | 347,0      | 370,0 | 427,0 | –      | –     | –      |
| 1000 | 220        | 180    | 439,0      | 464,0 | 549,0 | –      | –     | –      |

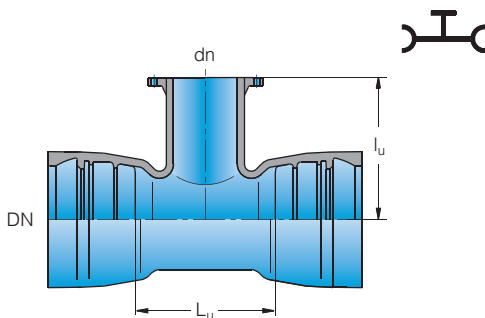
$L_u$  = Baulänge im verriegelten Zustand

z = mittlere Baulänge (bei Verwendung ohne Schweißbraupe)

\* PFA der BLS®-Verbindung beachten

MMA-Stücke  
Doppelmuffenstücke mit Flanschabzweig  
nach EN 545

DUKTUS



| DN   | dn  | L <sub>u</sub> [mm] | l <sub>u</sub> [mm] | Masse [kg] |       |       |       |
|------|-----|---------------------|---------------------|------------|-------|-------|-------|
|      |     |                     |                     | PN 10      | PN 16 | PN 25 | PN 40 |
| BLS® |     |                     |                     |            |       |       |       |
| 80   | 80  | 170                 | 165                 | 15,8       |       |       |       |
| 100  | 80  | 170                 | 175                 | 20,5       |       |       |       |
|      | 100 | 190                 | 180                 | 21,9       | -     |       |       |
| 125  | 80  | 170                 | 190                 | 24,8       |       |       |       |
|      | 100 | 195                 | 195                 | 27,6       | -     |       |       |
|      | 125 | 255                 | 200                 | -          | -     | -     | -     |
| 150  | 80  | 170                 | 205                 | 30,6       |       |       |       |
|      | 100 | 195                 | 210                 | 33,0       | -     |       |       |
|      | 150 | 225                 | 220                 | 39,0       | -     | -     | -     |
| 200  | 80  | 175                 | 235                 | 45,4       |       |       |       |
|      | 100 | 200                 | 240                 | 46,8       | -     |       |       |
|      | 150 | 250                 | 250                 | 51,6       | -     | -     | -     |
|      | 200 | 315                 | 260                 | -          | 57,0  | -     | -     |
| 250  | 80  | 180                 | 265                 | 56,0       |       |       |       |
|      | 100 | 200                 | 270                 | 57,5       | -     |       |       |
|      | 150 | 260                 | 280                 | 63,5       | -     | -     | -     |
|      | 200 | 315                 | 290                 | -          | 71,5  | -     | -     |
|      | 250 | 375                 | 300                 | -          | -     | -     | -     |

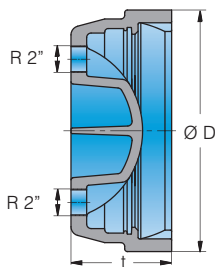
| DN   | dn  | L <sub>v</sub> [mm] | l <sub>v</sub> [mm] | Masse [kg] |       |       |       |
|------|-----|---------------------|---------------------|------------|-------|-------|-------|
|      |     |                     |                     | PN 10      | PN 16 | PN 25 | PN 40 |
| BLS® |     |                     |                     |            |       |       |       |
| 300  | 80  | 180                 | 295                 | 76,6       |       |       |       |
|      | 100 | 205                 | 300                 | 81,2       |       | -     |       |
|      | 150 | 260                 | 310                 | 80,0       |       | -     | -     |
|      | 200 | 320                 | 320                 | -          | -     | -     | -     |
|      | 300 | 435                 | 340                 | 110,0      | -     | -     | -     |
| 400  | 150 | 270                 | 370                 | 148,0      |       | 152,0 | 152,0 |
|      | 200 | 440                 | 380                 | 170,0      | 171,0 | 173,0 | -     |
|      | 300 | 440                 | 400                 | 191,0      | 192,0 | 197,0 | -     |
|      | 400 | 560                 | 420                 | 200,0      | 205,0 | 217,0 | -     |
| 500  | 200 | 450                 | 440                 | 192,5      | 192,5 | 194,5 | -     |
|      | 300 | 450                 | 460                 | 205,0      | 205,0 | 211,0 | -     |
|      | 400 | 565                 | 480                 | 297,0      | 303,0 | 315,0 | -     |
|      | 500 | 680                 | 500                 | 338,0      | 362,0 | 363,0 | 372*  |
| 600  | 150 | 570                 | 490                 | 237,0      |       | 238,0 | -     |
|      | 200 |                     | 500                 | 254,0      | 254,0 | 247,0 | -     |
|      | 300 |                     | 520                 | 266,0      | 266,0 | 272,0 | -     |
|      | 400 |                     | 540                 | 279,0      | 284,0 | 296,0 | -     |
|      | 600 | 800                 | 580                 | 376,5      | 401,0 | 415,0 | -     |
| 800  | 150 | 1045                | 580                 | 657,0      |       | 645,0 | -     |
|      | 200 |                     | 585                 | 667,0      | 667,0 | 655,0 | -     |
|      | 400 |                     | 615                 | 695,0      | 682,0 | 693,0 | -     |
|      | 600 |                     | 645                 | 745,0      | 770,0 | 784,0 | -     |
|      | 800 |                     | 675                 | 791,0      | 809,0 | 855,0 | -     |
| 900  | 100 | 475                 | 630                 | 540,0      | 592,0 | 598,0 | -     |
|      | 125 |                     | 635                 | 541,0      | 593,0 | 594,0 | -     |
|      | 150 |                     | 640                 | 543,0      | 594,0 | 600,0 | -     |
|      | 200 |                     | 645                 | 546,0      | 596,0 | 603,0 | -     |
|      | 250 |                     | 655                 | 550,0      | 599,0 | 608,0 | -     |
|      | 300 |                     | 660                 | 555,0      | 603,0 | 613,0 | -     |
| 1000 | 100 | 480                 | 690                 | 672,0      | 738,0 | 745,0 | -     |
|      | 125 |                     | 695                 | 673,0      | 738,0 | 746,0 | -     |
|      | 150 |                     | 700                 | 675,0      | 739,0 | 747,0 | -     |
|      | 200 |                     | 705                 | 678,0      | 741,0 | 750,0 | -     |
|      | 250 |                     | 715                 | 682,0      | 741,0 | 750,0 | -     |
|      | 300 |                     | 720                 | 687,0      | 748,0 | 760,0 | -     |

\* PFA der BLS®-Verbindung beachten

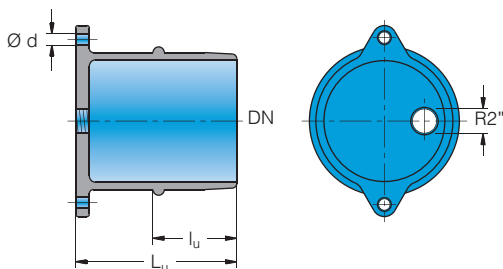


**O-Stücke**  
**Einsteckenden-Verschlusskappe**  
nach Werksnorm

**DUKTUS**



| DN            | t [mm] | D [mm] | PFA [bar] | Masse [kg] |
|---------------|--------|--------|-----------|------------|
| BLS® O-Stücke |        |        |           |            |
| 400           | 225    | 540    | 30        | 117        |
| 500           | 240    | 650    | 30        | 170        |



| DN             | $L_u$ [mm] | $l_u$ [mm] | d [mm] | PFA [bar] | Masse [kg] |
|----------------|------------|------------|--------|-----------|------------|
| BLS® P-Stopfen |            |            |        |           |            |
| 80             | 170        | 86         | M 12   | 100       | 4,1        |
| 100            | 175        | 91         | M 12   |           | 4,4        |
| 125            | 195        | 96         | M 16   |           | 6,7        |
| 150            | 200        | 101        | M 16   |           | 9,2        |
| 200            | 210        | 106        | M 16   |           | 14,5       |
| 250            | 250        | 106        | M 20   |           | 27,2       |
| 300            | 300        | 106        | M 20   |           | 49,4       |

GL-Stücke (GDR-Stücke)  
 Glattrohre mit zwei Schweißbraunen  
 nach Werksnorm

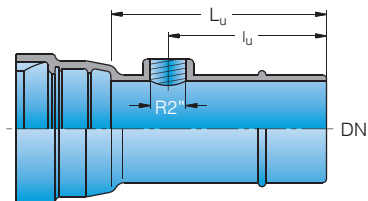
DUKTUS



Abweichende Längen auf Anfrage

| DN   | Masse [kg]                   |    |       |    |      |    | Beschichtung<br>innen/außen |                    |
|--|------------------------------|----|-------|----|------|----|-----------------------------|--------------------|
|  | PFA [bar]                    |    |       |    |      |    |                             |                    |
|  | 10                           | 16 | 25    | 30 | 40   | 63 | 100                         |                    |
| BLS <sup>®</sup> L <sub>u</sub> = 400 mm oder 800 mm |                              |    |       |    |      |    |                             |                    |
| 80   | 7,6 bzw. 15,4                |    |       |    |      |    | Epoxi/<br>Epoxi             |                    |
| 100  | 9,5 bzw. 18,8                |    |       |    |      |    |                             |                    |
| 125  | 12,0 bzw. 25,0               |    |       |    |      |    |                             |                    |
| 150  | 15,6 bzw. 31,0               |    |       |    |      |    |                             |                    |
| 200  | 22,0 bzw. 44,0 <sup>1)</sup> |    |       |    |      |    |                             |                    |
| BLS <sup>®</sup> L <sub>u</sub> = 800 mm             |                              |    |       |    |      |    |                             |                    |
| 250  | 44,6                         |    |       |    | 66,7 |    |                             | Epoxi/<br>Epoxi    |
| 300  | 55,8                         |    | 56,8  |    | 98,0 |    |                             |                    |
| 400  | 81,3                         |    |       | -  |      |    |                             |                    |
| 500  | 104,0                        |    |       | -  |      |    |                             |                    |
| 600  | 127,6 <sup>2)</sup>          |    |       | -  |      |    |                             |                    |
| 700  | 164,1                        |    |       | -  |      |    |                             | ZMA/<br>Zink+Epoxi |
| 800  | 201,8                        |    | 219,6 |    | -    |    |                             |                    |
| 900  | 240,4                        |    | 263,2 |    | -    |    |                             |                    |
| 1000   | 283,4                        |    | 310,4 |    | -    |    |                             |                    |

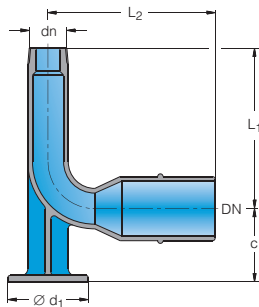
1) PFA 100 mit Hochdruckriegeln; 2) max. PFA 32



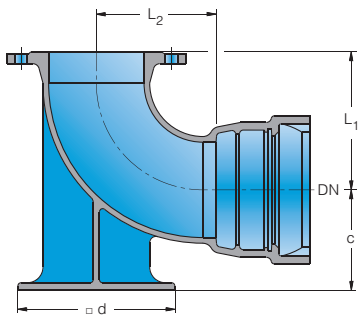
| DN              | $L_u$ [mm] | $l_u$ [mm] | PFA [bar] | Masse [kg] |
|-----------------|------------|------------|-----------|------------|
| BLS® HAS-Stücke |            |            |           |            |
| 80              | 305        | 215        | 100       | 10,5       |
| 100             | 315        | 225        |           | 13,8       |
| 125             | 325        | 235        |           | 17,8       |
| 150             | 340        | 250        |           | 23,1       |
| 200             | 355        | 265        |           | 34,8       |
| 250             | 370        | 275        |           | 54         |
| 300             | 380        | 285        | 85        | 72         |

ENH-Stücke  
Hydranten-Fußbögen 90° mit AG  
nach Werksnorm

DUKTUS



| DN              | dn [°] | L <sub>1</sub> [mm] | L <sub>2</sub> [mm] | c [mm] | d <sub>1</sub> | PFA [bar] | Masse [kg] |
|-----------------|--------|---------------------|---------------------|--------|----------------|-----------|------------|
| BLS® ENH-Stücke |        |                     |                     |        |                |           |            |
| 80              | 1,5    | 240                 | 250                 | 110    | 120            | 100       | 7,3        |
| 80              | 2,0    | 240                 | 250                 | 110    | 120            | 100       | 7,3        |



| DN             | Maße [mm]      |                |     |     | Masse [kg] |       |       |       |
|----------------|----------------|----------------|-----|-----|------------|-------|-------|-------|
|                | L <sub>1</sub> | L <sub>2</sub> | c   | d   | PN 10      | PN 16 | PN 25 | PN 40 |
| BLS® EN-Stücke |                |                |     |     |            |       |       |       |
| 80             | 165            | 145            | 110 | 180 | 16,4       |       |       |       |
| 100            | 180            | 158            | 125 | 200 | 22,6       |       | -     |       |

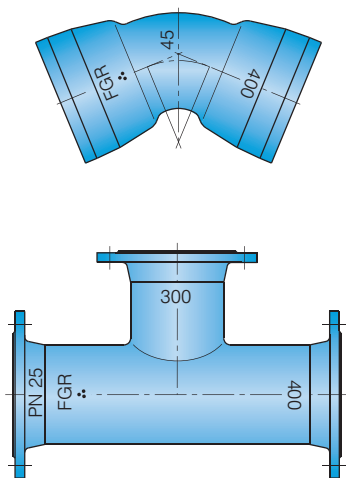
Alle von Mitgliedsfirmen der „Fachgemeinschaft Gussrohrsysteme/European Association for Ductile Iron Pipe Systems (FGR/EADIPS)“ hergestellten Formstücke tragen das Zeichen „FGR“ – Ausdruck der Einhaltung aller Richtlinien zur Erlangung des „Qualitätssiegels FGR“.

Darüber hinaus sind die Stücke mit der Nennweite und die Bögen mit dem jeweiligen Zentrierwinkel gekennzeichnet.

Bei Flanschenformstücken werden die Nenndrücke 16, 25 und 40 aufgegossen oder aufgestempelt. Flanschenformstücke für PN 10 und alle Muffenformstücke sind ohne Nenndruckangabe.

Zur Kennzeichnung des Werkstoffes „duktiles Gusseisen“ tragen die Formstücke drei im Dreieck (♣) erhabene auf der Außenfläche angeordnete Punkte.

In Sonderfällen können weitere Markierungen festgelegt werden.



## 2.3 Einbauanleitungen

### BLS® DN 80 bis DN 500



#### Geltungsbereich

Diese Einbauanleitung gilt für Rohre und Formstücke aus duktilem Gusseisen mit längskraftschlüssiger BLS®-Steckmuffen-Verbindung DN 80 bis DN 500.

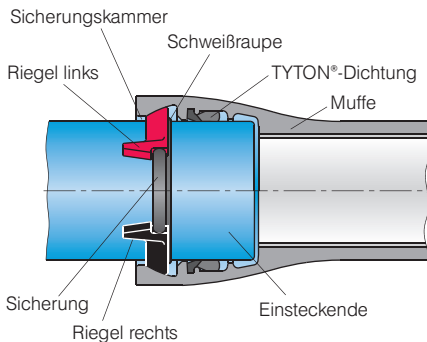
Empfehlungen für Transport, Lagerung und Einbau siehe Seite 289 ff. Montagegeräte und Hilfsmittel siehe Kapitel 7.

Bei sehr hohen Innendrücken und grabenlosen Einbauverfahren (z. B. Press-Zieh-, Rakettenflug-Verfahren oder Horizontal-Bohrtechnik) ist in den Nennweiten DN 80 bis DN 250 zusätzlich ein Hochdruckriegel zu verwenden (siehe Punkt Hochdruckriegel Seite 94).

Die Zahl der zu sichernden Verbindungen ist gemäß dem DVGW-Merkblatt GW 368 festzulegen (siehe Seite 301 ff).

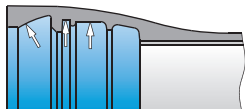
Zulässige Zugkräfte für grabenlose Einbauverfahren siehe Seite 108 oder in den DVGW-Arbeitsblättern GW 320-1, 321, 322-1, 322-2, 323 und 324.

#### Aufbau der Verbindung

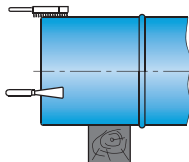




## Reinigen



Die mit Pfeil gekennzeichneten Flächen an Dichtungssitz, Haltenut, Sicherungskammer und die Riegel sind zu reinigen und eventuelle Anstrichhäufungen zu entfernen. Zum Reinigen der Haltenut einen Kratzer, z. B. einen umgebogenen Schraubendreher, verwenden.

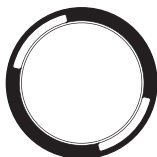


Einsteckende reinigen. Verunreinigungen und eventuelle Farbanhaftungen entfernen.

## Lage der Muffenfenster im Rohrgraben



DN 80 bis DN 250



DN 300 bis DN 500

Zum Einlegen der Riegel bzw. Verschrauben des Klemmrings empfiehlt sich die Lage der Muffenfenster wie abgebildet.

Bei den Formstücken ergibt sich deren Lage auf Grund der Einbausituation.

Bei WKG-Rohren mit Begleitheizung ist darauf zu achten, dass das Heizkabel in der Sohle zu positionieren ist.

## Einlegen der Dichtung

Zum leichteren Einlegen und Montieren empfiehlt es sich unter der Dichtung Gleitmittel zu verwenden.

Hierfür die gerastert gezeichnete Dichtfläche mit dem vom Rohrhersteller mitgelieferten Gleitmittel sorgfältig und dünn bestreichen.

Hinweis: Kein Gleitmittel in die Haltenut (schmale Kammer) einbringen!

Bei heißer, trockener Witterung (Sommer) das Gleitmittel erst unmittelbar vor der Montage auftragen, da es sonst austrocknen kann.

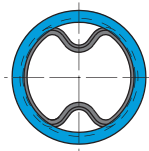
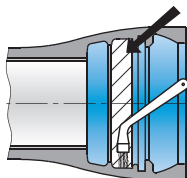
Bei kalter Witterung (Winter) das Gleitmittel und die Dichtung bis kurz vor Gebrauch warm lagern, dadurch ist eine wesentlich einfachere Montage gegeben.

Die Dichtung reinigen und herzförmig zusammendrücken.

Die Dichtung so in die Muffe einsetzen, dass die äußere Hartgummikralle in die Haltenut der Muffe eingreift.

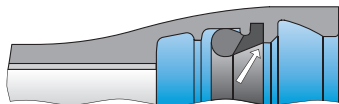
Anschließend die Schlaufe glattdrücken.

Macht das Glattdrücken der Schlaufe Schwierigkeiten, an der gegenüberliegenden Seite eine zweite Schlaufe ziehen. Diese beiden kleinen Schlaufen lassen sich dann ohne Mühe glattdrücken.

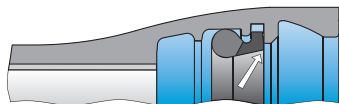


Die Dichtung darf mit der inneren Hartgummikante nicht über den Zentrierbund herausragen.

**richtig**



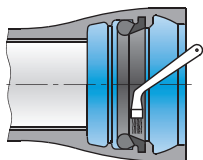
**falsch**



Auf die Dichtung eine dünne Schicht Gleitmittel auftragen.

Bei heißer, trockener Witterung (Sommer) das Gleitmittel erst unmittelbar vor der Montage auftragen, da es sonst austrocknen kann.

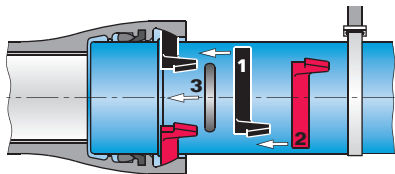
Bei kalter Witterung (Winter) das Gleitmittel bis kurz vor Gebrauch warm lagern, dadurch ist eine wesentlich einfachere Montage gegeben.



### **Einsteckende mit Schweißbraupe**

Das gereinigte Einsteckende – besonders an den Anfasungen – dünn mit Gleitmittel bestreichen und dann bis zum Muffengrund (Anschlag) einziehen oder einschieben. Die Rohre dürfen beim Einziehen und Einlegen der Riegel nicht abgewinkelt sein.

Hebevorrichtung erst entfernen wenn die Verbindung hergestellt ist.



Riegel „rechts“ (1) in das Muffenfenster einlegen und nach rechts bis zum Anschlag schieben.

Riegel „links“ (2) in das Muffenfenster einlegen und nach links bis zum Anschlag schieben.

Sicherung (3) in das Muffenfenster hineindrücken.

Ab DN 300 sind die Schritte 1 bis 3 zwei mal auszuführen, da hier 2 x 2 Riegel und 2 Sicherungen eingesetzt werden.

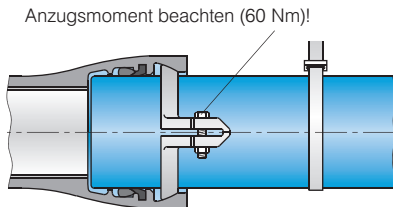
### **Einsteckende ohne Schweißbraupe**

Die zwei Klemmringhälften werden zuerst getrennt in die Sicherungskammer eingelegt und mit den zwei Schrauben lose verbunden.

Einstecktiefe (Muffentiefe) am Einsteckende markieren.

Das gereinigte Einsteckende – besonders an den Anfasungen – mit Gleitmittel bestreichen und dann bis zum Anschlag einziehen oder einschieben. Die Rohre dürfen beim Einziehen nicht abgewinkelt sein. Die vorher aufgebrachte Markierung auf dem Einsteckende sollte nach dem Einziehen nahezu deckungsgleich mit der Muffenstirn sein.

Den Klemmring so weit wie möglich in Richtung Muffenstirn ziehen und anschließend die Schrauben mit einem Drehmomentschlüssel mit 60 Nm festziehen.



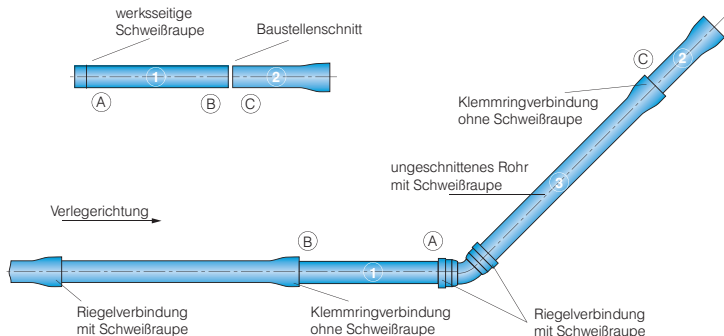
### Hinweis zu Klemmringverbindungen

Beim Einbau von Klemmringen muss darauf geachtet werden, dass diese **nicht** in Freileitungen, pulsierenden erdverlegte Leitungen und bei **grabenlosen Einbauverfahren** verwendet werden. In MK-, MMK-, MMQ-, EN-, oder ENQ-Stücken beträgt der PFA maximal 16 bar, größer 16 bar auf Anfrage.

Für den Einbau in Bögen mit einem Betriebsdruck >16 bar wird das geschnittene Passrohr (1) mit den zwei Einsteckenden um 180° gedreht, so dass das Ende mit Schweißbraupe (A) in die Muffe des Krümmers eingeschoben wird. Das Ende ohne Schweißbraupe (B) wird mit einem Klemmring in der vorhergehenden Rohrmuffe verbaut.

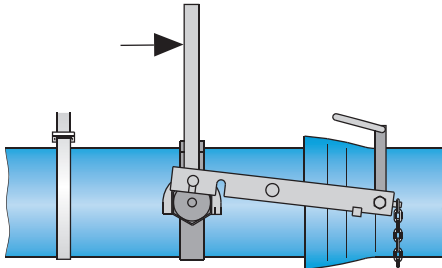
Vor dem Einbau des verbliebenen Kurzrohres mit Muffe (2) wird ein ungeschnittenes Rohr (3) verlegt, in dessen Muffe dann das Einsteckende ohne Schweißbraupe (2) mit einem Klemmring verwendet wird.

Vor dem Einsatz in Düker- und Brückenleitungen, sowie vor dem Einbau in Steilhängen, Schutzrohren, Freileitungen, pulsierenden Leitungen oder Kollektoren, ist unsere Anwendungstechnik anzusprechen. Der Einbau von Klemmringen ist hier, wie auch bei grabenlosen Einbauverfahren, zu vermeiden. Die erforderlichen Passrohre sollten mit Schweißbräupen versehen werden.



## Verriegeln

Das Rohr bis zur Anlage der Riegel oder des Klemmrings in der Sicherungskammer aus der Muffe herausziehen bzw. herausdrücken, z. B. mit einem Montagegerät. Jetzt ist die Verbindung längskraftschlüssig.

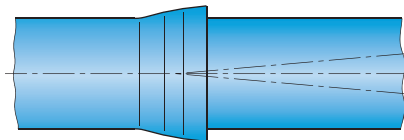


## Abwinkeln

Nach Fertigstellung der Verbindung können Rohre und Formstücke abgewinkelt werden:

|            |        |   |            |
|------------|--------|---|------------|
| DN 80 bis  | DN 150 | - | maximal 5° |
| DN 200 bis | DN 300 | - | maximal 4° |
| DN 400 und | DN 500 | - | maximal 3° |

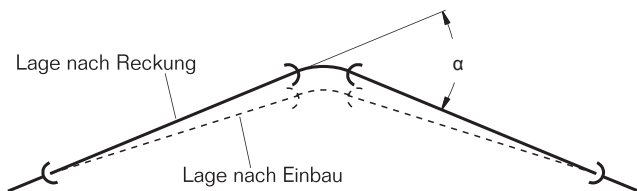
1° Abwinkelung ergibt auf eine Rohrlänge von 6 m ca. 10 cm Abweichung von der Achse des zuvor eingebauten Rohres oder Formstückes; z. B. bei 3° = 30 cm.



### Montagehinweis

Es ist zu beachten, dass in Abhängigkeit vom Innendruck und den Verbindungstoleranzen Reckungen bis etwa 8 mm je Verbindung auftreten können.

Um dem Reckweg der Leitung bei der Druckaufgabe Rechnung zu tragen, werden die Verbindungen an den Bögen mit der max. zulässigen Abwinkelung negativ eingestellt.



### Kürzen von Rohren

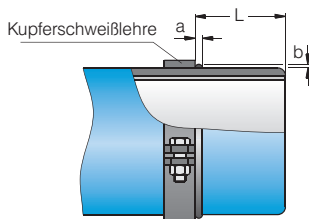
Auf Schnittfähigkeit der Rohre ist zu achten (siehe Seite 365). Müssen Rohre auf der Baustelle gekürzt werden, so ist die für BLS®-Steckmuffen-Verbindung erforderliche Schweißraupe mit einer vom Hersteller vorgeschriebenen Elektrode aufzubringen. Ausführung der Schweißarbeiten nach Merkblatt DVS 1502.

Abstand vom Einsteckende und Raupengröße ist gemäß nachstehender Tabelle einzuhalten.

Elektrodentyp: z. B. Castolin 7330-EC; UTP FN 86; ESAB OK 92.58; Gricast 31 oder 32. Der Elektrodendurchmesser sollte 3,2 mm, ab DN 400 4,0 mm betragen.

Elektrodenbedarf siehe Seite 104

| DN | 80                              | 100                             | 125                             | 150                             | 200                               | 250                               | 300                               | 400                             | 500                             |
|----|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| L  | 86±4                            | 91±4                            | 96±4                            | 101±4                           | 106±4                             | 106±4                             | 106±4                             | 115±5                           | 120±5                           |
| a  | 8±2                             | 8±2                             | 8±2                             | 8±2                             | 9±2                               | 9±2                               | 9±2                               | 10±2                            | 10±2                            |
| b  | 5 <sup>+0,5</sup> <sub>-1</sub> | 5 <sup>+0,5</sup> <sub>-1</sub> | 5 <sup>+0,5</sup> <sub>-1</sub> | 5 <sup>+0,5</sup> <sub>-1</sub> | 5,5 <sup>+0,5</sup> <sub>-1</sub> | 5,5 <sup>+0,5</sup> <sub>-1</sub> | 5,5 <sup>+0,5</sup> <sub>-1</sub> | 6 <sup>+0,5</sup> <sub>-1</sub> | 6 <sup>+0,5</sup> <sub>-1</sub> |



Um eine gute und gleichmäßige Ausführung der Schweißraupe zu gewährleisten, muss zum Aufbringen eine Kupferschweißblehre im vorgesehenen Abstand (s. Tabelle) auf dem Einsteckende befestigt werden. Die Schweißzone muss metallisch blank sein. Verunreinigungen bzw. Zinküberzüge müssen durch Feilen oder Schleifen entfernt werden. Nach dem Entfernen der Kupferschweißblehre ist die Schnittkante am Einsteckende gemäß ursprünglicher Ausführung herzustellen und diese, als auch der Schweißraupenbereich, zu reinigen. Diese Bereiche sind abschließend mit dem entsprechenden Schutzüberzug zu versehen.

## Demontage

Das Rohr axial bis zum Anschlag in die Muffe einschieben. Sicherung aus Muffenfenster herausnehmen. Riegel verschieben und aus dem Muffenfenster entfernen. Falls vorhanden, Hochdruckriegel mit einem flachen Gegenstand (z. B. Schraubendreher) aus der Sohle heraus zum Muffenfenster schieben und entnehmen.



### Demontage von Klemmringverbindungen

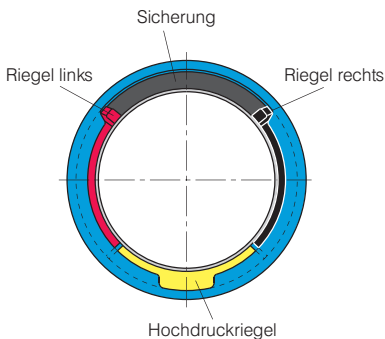
Das Rohr axial bis zum Anschlag in die Muffe einschieben.

Nach dem Entfernen der Klemmschrauben sind die Klemmringhälften durch Hammerschläge zu lockern. Während der Demontage ist auf die lose Lage der Klemmringhälften zu achten (erforderlichenfalls durch Hammerschläge während des Ausziehens des Einsteckendes). Durch das Einspannen eines Vierkanteisens zwischen den Spannlaschen kann ebenfalls das Verklemmen am Einsteckende bei der Demontage verhindert werden. Keinesfalls Hammerschläge auf Muffe oder Rohrschaft!

### Hochdruckriegel

Bei sehr hohen Innendrücken (z. B. Turbinenleitungen) und grabenlosen Einbauverfahren (z. B. Press-Zieh-, Raketenpflug-Verfahren oder Horizontal-Bohrtechnik) ist zusätzlich ein Hochdruckriegel zu verwenden.

Der Hochdruckriegel wird vor dem Einsetzen des linken und rechten Riegels durch das Muffenfenster in die Sicherungskammer eingelegt und in der Sohle positioniert. Nun können die Riegel eingelegt werden, so dass der Hochdruckriegel zwischen deren glatten Enden liegt. Anschließend werden, wie üblich, die Riegel mit der Sicherung fixiert. In der Abbildung unten ist eine komplett montierte BLS®-Muffe inkl. Hochdruckriegel dargestellt. Der Hochdruckriegel kann für Nennweiten DN 80 bis DN 250 eingesetzt werden.



## 2.4 Einbauanleitungen

### BLS® DN 600 bis DN 1000

#### Geltungsbereich

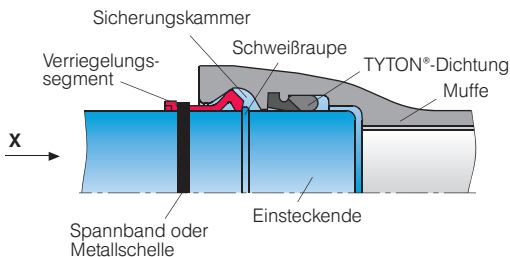
Diese Einbauanleitung gilt für Rohre und Formstücke aus duktilem Gusseisen mit längskraftschlüssiger BLS®-Steckmuffen-Verbindung DN 600 bis DN 1000.

Empfehlungen für Transport, Lagerung und Einbau siehe Seite 289 ff. Montagegeräte und Hilfsmittel siehe Kapitel 7.

Die Zahl der zu sichernden Verbindungen ist gemäß dem DVGW-Merkblatt GW 368 festzulegen (siehe Seite 301 ff).

Zulässige Zugkräfte für grabenlose Einbauverfahren siehe Seite 108 oder in den DVGW-Arbeitsblättern GW 320-1, 321, 322-1, 322-2, 323 und 324

#### Aufbau der Verbindung

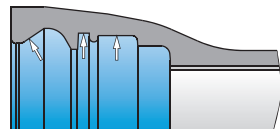


Anzahl der Verriegelungssegmente je Verbindung

| DN | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 |
|----|-----|-----|-----|-----|------|
| n  | 9   | 10  | 10  | 13  | 14   |

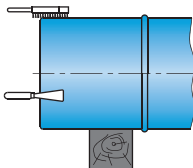
### Reinigen

Die mit Pfeil gekennzeichneten Flächen an Dichtungssitz, Haltenut, Sicherungskammer und die Verriegelungssegmente sind zu reinigen und eventuelle Anstrichhäufungen zu entfernen.



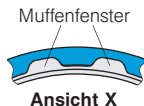
Zum Reinigen der Haltenut einen Kratzer, z. B. einen umgebogenen Schraubendreher verwenden.

Einsteckende reinigen. Verunreinigungen und eventuelle Farbanhaftungen entfernen.



### Lage der Muffenfenster

Das Muffenfenster in der Muffenstirnseite muss grundsätzlich im Rohrscheitel liegen.



## Einlegen der Dichtung

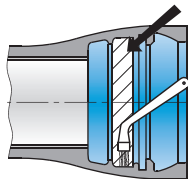
Bei TYTON®-Dichtungen ist unter der Dichtung Gleitmittel zu verwenden.

Hierfür die gerastert gezeichnete Dichtfläche mit dem vom Rohrhersteller mitgelieferten Gleitmittel sorgfältig und dünn bestreichen.

Hinweis: Kein Gleitmittel in die Haltenut (schmale Kammer) einbringen!

Bei heißer, trockener Witterung (Sommer) das Gleitmittel erst unmittelbar vor der Montage auftragen, da es sonst austrocknen kann.

Bei kalter Witterung (Winter) das Gleitmittel und die Dichtung bis kurz vor Gebrauch warm lagern, dadurch ist eine wesentlich einfachere Montage gegeben.



TYTON®-Dichtung reinigen und herzförmig zusammendrücken.



Die TYTON®-Dichtung so in die Muffe einsetzen, dass die äußere Hartgummikralle in die Haltenut der Muffe eingreift.



## 2.4 Einbauanleitungen

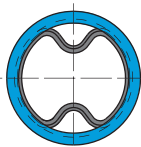
BLS® DN 600 bis DN 1000

# DUKTUS

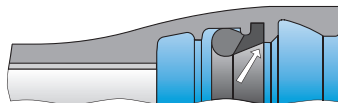
Anschließend die Schlaufe glattdrücken.

Macht das Glattdrücken der Schlaufe Schwierigkeiten, an der gegenüberliegenden Seite eine zweite Schlaufe ziehen. Diese beiden kleinen Schlaufen lassen sich dann ohne Mühe glattdrücken.

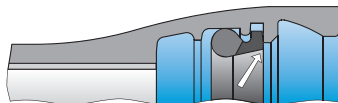
Die TYTON®-Dichtung darf mit der inneren Hartgummikante nicht über den Zentrierbund herausragen.



**richtig**



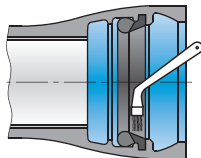
**falsch**



Auf die TYTON®-Dichtung eine dünne Schicht Gleitmittel auftragen.

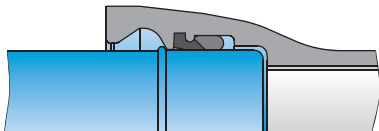
Bei heißer, trockener Witterung (Sommer) das Gleitmittel erst unmittelbar vor der Montage auftragen, da es sonst austrocknen kann.

Bei kalter Witterung (Winter) das Gleitmittel bis kurz vor Gebrauch warm lagern, dadurch ist eine wesentlich einfachere Montage gegeben.



## Zusammenbau der Verbindung

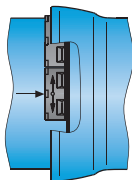
Das gereinigte Einsteckende – besonders an den Anfasungen – dünn mit Gleitmittel bestreichen und dann bis zum Anschlag einziehen oder einschieben. Die Rohre dürfen beim Einziehen oder Einlegen der Riegel nicht abgewinkelt sein.



Zunächst die Verriegelungssegmente durch die Muffenfenster einführen und im Wechsel links/rechts über den Rohrumfang verteilen.

Anschließend alle Segmente nach einer Seite so verschieben, dass das letzte Segment durch das Muffenfenster eingesetzt und in eine verriegelungssichere Position gebracht werden kann.

Die Höcker des letzten Verriegelungssegmentes dürfen in dem Muffenfenster nur geringfügig sichtbar sein. Bei eventuellem Klemmen von Segmenten sind diese durch bewegen des am Gurt hängenden Rohres mit leichten Hammerschlägen in ihre vorgesehene Position zu bringen.

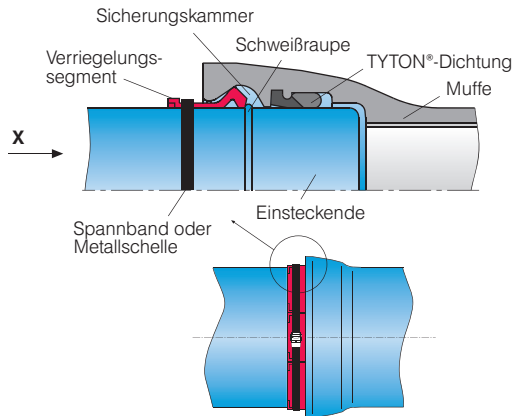


Keinesfalls Hammerschläge auf Muffe oder Rohrschaft!

### Verriegeln

Alle Verriegelungssegmente nach außen bis zum Anschlag gegen die Schräge der Sicherungskammer zurückziehen. Anschließend das Spannband wie dargestellt über den Segmenten anbringen. Das Spannband dabei nur so leicht spannen, dass sich die Verriegelungssegmente noch verschieben lassen. Die Verriegelungssegmente nun ausrichten. Sie müssen vollflächig auf dem Rohrschaft anliegen und dürfen nicht überlappen. Anschließend das Spannband so fest spannen, dass die Verriegelungssegmente fest über den ganzen Rohrumfang anliegen. Die Verriegelungssegmente lassen sich nun nicht mehr verschieben. Das Rohr durch axialen Zug (z. B. mittels Verriegelungsschelle) soweit aus der Verbindung ziehen, bis die Schweißbraupe an den Segmenten zur Anlage kommt. Im nicht abgewinkelten Zustand müssen die Längsabstände der Verriegelungssegmente zur Muffenstirn annähernd gleich sein. Das heißt, die Vorderseiten der Segmente müssen eine Linie bilden.

Hinweis: Für alle grabenlose Einbauverfahren wird statt des Spannbandes eine Metallschelle verwendet.

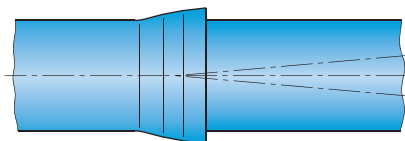


## Abwinkeln

Nach Fertigstellung der Verbindung können Rohre und Formstücke abgewinkelt werden:

|         |   |              |
|---------|---|--------------|
| DN 600  | – | maximal 2,0° |
| DN 700  | – | maximal 1,5° |
| DN 800  | – | maximal 1,5° |
| DN 900  | – | maximal 1,5° |
| DN 1000 | – | maximal 1,5° |

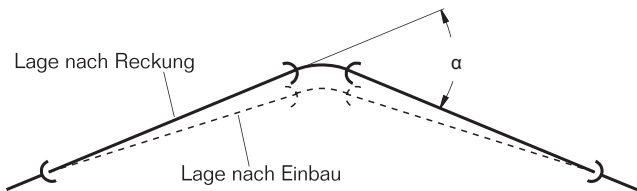
1° Abwinkelung ergibt auf eine Rohrlänge von 6 m ca. 10 cm Abweichung von der Achse des zuvor eingebauten Rohres; z. B. bei 3° = 30 cm.



## Montagehinweis

Es ist zu beachten, dass durch Anpassung der Verriegelungssegmente in Abhängigkeit vom Innendruck Reckungen bis etwa 8 mm je Verbindung auftreten können.

Um dem Reckweg der Leitung bei der Druckaufgabe Rechnung zu tragen, werden die Verbindungen an den Bogen mit der maximal zulässigen Abwinkelung negativ eingestellt.





**Kürzen von Rohren**

Auf Schnittfähigkeit der Rohre ist zu achten (siehe Seite 365).

Müssen Rohre auf der Baustelle gekürzt werden, so ist die für BLS®-Steckmuffen-Verbindung erforderliche Schweißraupe mit einer vom Hersteller vorgeschriebenen Elektrode aufzubringen. Ausführung der Schweißarbeiten nach Merkblatt DVS 1502.

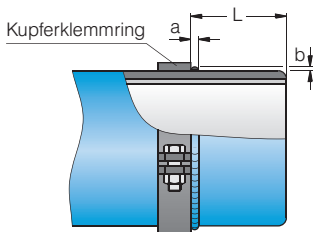
Abstand vom Einsteckende und Raupengröße ist gemäß nachstehender Tabelle einzuhalten.

Elektrodentyp: z. B. Castolin 7330-EC; UTP FN 86; ESAB OK 92.58; Gricast 31 oder 32.

|    |     |     |     |     |      |
|----|-----|-----|-----|-----|------|
| DN | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 |
| L  | 116 | 134 | 143 | 149 | 159  |
| a  | 9±1 | 9±1 | 9±1 | 9±1 | 9±1  |
| b  | 6   | 6   | 6   | 6   | 6    |

Um eine gute und gleichmäßige Ausführung der Schweißraupe zu gewährleisten, muss zum Aufbringen eine Kupferschweißlehre im vorgesehenen Abstand (siehe Tabelle) auf dem Einsteckende befestigt werden.

Die Schweißzone muss metallisch blank sein. Verunreinigungen bzw. Zinküberzüge müssen durch Feilen oder Schleifen entfernt werden.



Nach dem Entfernen der Kupferschweißlehre ist die Schnittkante am Einsteckende gemäß ursprünglicher Ausführung herzustellen und diese, als auch der Schweißraumpenbereich zu reinigen. Diese Bereiche sind abschließend mit dem entsprechenden Schutzüberzug zu versehen.

## Demontage

Das Rohr axial bis zum Anschlag in die Muffe einschieben und Verriegelungssegmente durch Muffenfenster herausnehmen.

## Sonderbauwerke

Beim Einbau z. B. in Mantelrohren, an Brücken, im Horizontalspülbohrverfahren oder beim Einsatz als Dükerleitung sollte unsere Anwendungstechnik zu Rate gezogen werden.

Rohrleitungen an Steilhängen sollten von oben nach unten eingebaut werden, so dass nach dem Recken jedes einzelnen Rohres die Verriegelung durch Schwerkraft aufrecht erhalten wird. Falls dieses Vorgehen nicht möglich ist, sind geeignete Maßnahmen zu ergreifen, um zu verhindern, dass die Verriegelung durch die Schwerkraft aufgehoben wird.

## Kombination von Formstücken anderer Systeme mit BLS®

Bei der Kombination von Rohrenden mit Formstückmuffen anderer Systeme ist unsere Anwendungstechnik anzusprechen.

## Elektrodenbedarf

| Nennweite DN | Elektroden/<br>Raupe<br>Ø 3,2 mm [St] | Elektroden/<br>Raupe<br>Ø 4,0 mm [St] | Zeitbedarf je<br>Schweißraupe<br>[min] |
|--------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--|
| 80           | 5                                     | -                                     | 15                                     |
| 100          | 6                                     |                                       | 18                                     |
| 125          | 8                                     |                                       | 24                                     |
| 150          | 9                                     |                                       | 27                                     |
| 200          | 12                                    |                                       | 36                                     |
| 250          | 15                                    |                                       | 43                                     |
| 300          | 17                                    |                                       | 50                                     |
| 400          | 8                                     | +                                     | 57                                     |
| 500          | 11                                    | +                                     | 75                                     |
| 600          | 13                                    | +                                     | 87                                     |
| 700          | 16                                    | +                                     | 105                                    |
| 800          | 18                                    | +                                     | 120                                    |
| 900          | 21                                    | +                                     | 138                                    |
| 1000         | 23                                    | +                                     | 150                                    |

Das Aufbringen der Schweißraupe erfolgt grundsätzlich in zwei Lagen, wobei ab DN 400 die Wurzellage grundsätzlich mit Ø 4 mm geschweißt wird.

Der in der Tabelle angegebene Elektrodenbedarf und Zeitaufwand stellt lediglich eine Orientierungshilfe ohne Handling, Schneiden, Anfasen und Nachstreichen dar.

### 3 ANWENDUNGSGEBIETE FORMSCHLÜSSIGER SYSTEMTECHNIK



Rohre und Formstücke mit BLS®-Verbindungen sind nahezu unbegrenzt und universell einsetzbar. Durch die schnelle und einfache Montage und die sehr hohen zulässigen Betriebsdrücke und Zugkräfte können Sie praktisch jeden denkbaren Einsatzfall im Druckleitungsbau (Wasser oder Abwasser) abdecken.

Typische Anwendungsgebiete sind:

- Grabenlose Einbauverfahren
- Beschneidungsanlagen
- Turbinenleitungen
- Feuerlöschleitungen (FM-Approval und DB-Zulassung)
- Brückenleitungen/Freileitungen
- Fliegende Leitungen (Ersatzwasserversorgung)
- Einschwimmen
- Gewässerkreuzungen/Düker
- Verlegung im Steilhang
- Einsatz in von Erdbeben oder Setzungen gefährdeten Gebieten
- Kommunale Wasserversorgung/Ersatz von Betonwiderlagern

Im folgenden Kapitel werden die oben genannten Anwendungsgebiete kurz erläutert. Weitergehende Details können unseren zugehörigen Informationsbroschüren entnommen oder direkt bei uns erfragt werden. Gern vereinbaren wir einen Beratungstermin mit Ihnen.



Grabenlose Einbauverfahren mit duktilen Gussrohren haben eine lange Tradition. Seit Anfang der 1980er Jahre, als die grabenlosen Einbauverfahren ihren Siegeszug begannen, werden duktile Gussrohre hierfür eingesetzt. Das Spektrum der grabenlosen Technologien zur grabenlosen Erneuerung und Neuverlegung umfasst folgende Möglichkeiten:

- **Langrohrrelining (gezogen)** nach DVGW-Arbeitsblatt GW 320-1
- **Langrohrrelining (geschoben)** nach DVGW-Arbeitsblatt GW 320-1
- **Horizontal-Spülbohr-Verfahren (HDD)** nach DVGW-Arbeitsblatt GW 321
- **Press-Zieh-Verfahren** nach DVGW-Arbeitsblatt GW 322-1
- **Hilfsrohr-Verfahren** nach DVGW-Arbeitsblatt GW 322-2
- **Berstlining** nach DVGW-Arbeitsblatt GW 323
- **Pflug- und Fräs-Verfahren** nach DVGW-Arbeitsblatt GW 324

Alle vorgenannten Einbauverfahren, bis auf wenige Ausnahmen, bedingen die formschlüssigen BLS®-Verbindung, eine Zementmörtel-Umhüllung (ZMU) und einen Stahlblechkonus als Muffenschutz.



Die Vorteile von duktilen Gussrohren im Bezug auf grabenlose Einbauverfahren lassen sich wie folgt darstellen:

- Sehr kurze Montagezeiten (zwischen 5 min bis 20 min)
- Dadurch ist selbst beim Spülbohren eine Einzelrohrmontage möglich
- Durch Einzelrohrmontage sind kleine, punktuelle Baustellen möglich
- Die Verbindung ist nach der Montage sofort belastbar
- Sehr hohe zulässige Zugkräfte im Vergleich zu anderen Materialien
- Durch hohe Zugkräfte bieten duktile Gussrohre ein Plus an Sicherheit
- Zugkräfte sind unabhängig von Temperatur und Einzugdauer
- Montage bei (fast) jeder Witterung möglich
- Die Zementmörtel-Umhüllung bietet Schutz gegen mechanische und chemische Angriffe
- Die hohe Ring- und Längssteifigkeit gewährleistet auch bei schlechten Auflagerbedingungen eine uneingeschränkte Lebensdauer
- Scherben des Altrohrmaterials und Steine stellen kein Problem dar

| DN   | PFA [bar] <sup>1)</sup> | zulässige Zugkraft F <sub>zul</sub> [kN] |        | maximale Abwinkelbarkeit der Muffen <sup>3)</sup> [°] | min. Kurvenradius [m] | Anzahl Monteure | Montagezeit ohne Verbindungsschutz [min] | Montagezeit bei Verwendung einer Schutzmanschette [min] | Montagezeit bei Verwendung von Schrumpfmanschetten [min] |
|------|-------------------------|--|--------|---|-----------------------|-----------------|--|---|--|
|      |                         | DV GW <sup>2)</sup>                      | Duktus |   |                       |                 |  |   |  |
| 80*  | 110                     | 70                                       | 115    | 5   | 69                    | 1               | 5  | 6   | 15   |
| 100* | 100                     | 100                                      | 150    | 5   | 69                    | 1               | 5  | 6   | 15   |
| 125* | 100                     | 140                                      | 225    | 5   | 69                    | 1               | 5  | 6   | 15   |
| 150* | 75                      | 165                                      | 240    | 5   | 69                    | 1               | 5  | 6   | 15   |
| 200  | 63                      | 230                                      | 350    | 4   | 86                    | 1               | 6  | 7   | 17   |
| 250  | 44                      | 308                                      | 375    | 4   | 86                    | 1               | 7  | 8   | 19   |
| 300  | 40                      | 380                                      | 380    | 4   | 86                    | 2               | 8  | 9   | 21   |
| 400  | 30                      | 558                                      | 650    | 3   | 115                   | 2               | 10                                       | 12  | 25   |
| 500  | 30                      | 860                                      | 860    | 3   | 115                   | 2               | 12                                       | 14  | 28   |
| 600  | 32                      | 1.200                                    | 1.525  | 2   | 172                   | 2               | 15                                       | 18  | 30   |
| 700  | 25                      | 1.400                                    | 1.650  | 1,5   | 230                   | 2               | 16                                       | –   | 31   |
| 800  | 16                      | –  | 1.460  | 1,5   | 230                   | 2               | 17                                       | –   | 32   |
| 900  | 16                      | –  | 1.845  | 1,5   | 230                   | 2               | 18                                       | –   | 33   |
| 1000 | 10                      | –  | 1.560  | 1,5   | 230                   | 2               | 20                                       | –   | 35   |

1) Berechnungsgrundlage Wanddickenklasse K9. Höhere Drücke und Zugkräfte sind teilweise möglich und mit dem Rohrersteller abzustimmen. 2) Bei geradlinigem Trassenverlauf (maximal 0,5° pro Rohrverbindung) können die Zugkräfte um 50 kN angehoben werden. DN 80 bis DN 250 Hochdruckriegel erforderlich. 3) bei Nennmaß; \*Wanddickenklassen K10

Genauere Beschreibungen der einzelnen Verfahren, unter Berücksichtigungen der besonderen Eigenschaften von duktilen Gussrohren, sowie Referenzen können unserem Handbuch „Grabenlose Einbauverfahren mit duktilen Gussrohren“ entnommen werden.





Der Einsatz von Beschneiungsanlagen und damit die Sicherung der Befahrbarkeit von Skipisten sind für attraktive Wintersportorte unmittelbare Voraussetzungen, um Schneesicherheit als bedeutendsten Wirtschaftsfaktor für vom Wintersport abhängige Regionen zu gewährleisten.

Die Grundvoraussetzung für das einwandfreie Funktionieren einer Beschneiungsanlage ist eine sichere Wasserversorgung, die allen Anforderungen im Hochgebirge mit sehr hohen Drücken bis zu 100 bar standhält.

Die Robustheit des Materials und das bewegliche Muffensystem, sowie die schnell und leicht zu handhabende Montage und Verlegung haben Duktus zum weltweiten Marktführer bei Rohren und Formstücken für Beschneiungsanlagen gemacht.

### Ihre Vorteile:

- Höchste Sicherheit für Betriebsdrücke bis 100 bar.
- Schnelles und unkompliziertes Verlegen, kein Schweißen notwendig.
- Ausgefeiltes Produktprogramm mit Rohren, Formstücken und der BLS®-Verbindung aus einem Guss, von DN 80 bis DN 500.
- Abwinkelbar bis maximal 5°, spart Zeit und Formstücke.
- Lebensdauer > 50 Jahre.
- Gut sortiertes Lager an Formstücken und Rohren, kurzfristige Lieferungen möglich.
- Beratung im Planungsstadium und Verleges Schulungen durch Fachleute.
- Technisch und wirtschaftlich effizientestes Rohrsystem auf dem Markt.
- Verlegeleistungen von bis zu 400 m am Tag sind möglich.
- Spezialisten in der Gussrohrherstellung mit jahrzehntelanger Erfahrung.
- Geprüfte Produktqualität nach EN-Normen, Mitglied in verschiedenen Güteschutzverbänden, ISO 9001 zertifiziert.
- Die Referenzliste spricht für sich.

Unsere duktilen Gussrohre für Beschneigungsanlagen sind lieferbar mit folgenden Spezifikationen:

- 6 m Baulänge
- DN 80 bis DN 500
- Innen: Zementmörtel-Auskleidung
- Außen: Zink-Überzug (200 g/m<sup>2</sup>) mit Deckbeschichtung
- Alternative Beschichtungen möglich – z. B. ZMU oder Zink-Plus

## Betriebsdrücke für BLS®-Beschneigungssysteme

| DN  | PFA [bar] | Abwinkelung [°] | Riegel                           |
|-----|-----------|-----------------|----------------------------------|
| 80  | 100       | 5°              | 2 Riegel + HD-Riegel + Sicherung |
| 100 | 100       | 5°              | 2 Riegel + HD-Riegel + Sicherung |
| 125 | 100       | 5°              | 2 Riegel + HD-Riegel + Sicherung |
| 150 | 100       | 5°              | 2 Riegel + HD-Riegel + Sicherung |
| 200 | 100       | 4°              | 2 Riegel + HD-Riegel + Sicherung |
| 250 | 100       | 4°              | 2 Riegel + HD-Riegel + Sicherung |
| 300 | 85        | 4°              | 4 Riegel + 2 Sicherungen         |
| 400 | 30        | 3°              | 4 Riegel + 2 Sicherungen         |
| 500 | 30        | 3°              | 4 Riegel + 2 Sicherungen         |

Höhere Drücke auf Anfrage!

Die genannten Betriebsdrücke gelten auch für die Formstücke. Diese sind innen und außen mit einer Epoxidharz-Beschichtung nach EN 14 901 versehen.

Weitere Details zu den Produkten für Beschneigungssysteme können unserem Katalog „Anwendungsbereich Beschneigungsanlagen“ entnommen werden.



Der Bau von Turbinenleitungen erfolgt überwiegend in extremem Gelände. Diese Bedingungen und die hohen Betriebsdrücke erfordern leistungsfähigstes Material – duktile Gussrohre! Die Verbindung der Druckrohre muss einfach, absolut dicht, sicher und schnell erfolgen.

Die millionenfach bewährten BLS®-Verbindungen erfüllen diese Anforderungen. Damit ist ein rasches und sicheres Arbeiten möglich – schmaler Grabenaushub, Abwinkelbarkeit, auch bei Schlechtwetter verlegbar, rasche Rekultivierung. Hervorragende Festigkeitseigenschaften und die Zug- und Schubsicherung unserer duktilen Gussrohre garantieren den störungsfreien Betrieb der Kraftwerksleitungen über Generationen hinaus. Strom aus Wasserkraft bedeutet saubere Energie!

#### Ihre Vorteile:

- Höchste Sicherheit für Betriebsdrücke bis 100 bar.
- Schnelles und unkompliziertes Verlegen, kein Schweißen notwendig.
- Ausgefeiltes Produktprogramm mit Rohren, Formstücken und der BLS®-Verbindung aus einem Guss, von DN 80 bis DN 1000.
- Abwinkelbar bis maximal 5°, spart Zeit und Formstücke.
- Lange Lebensdauer
- Maximaler Korrosionsschutz durch leistungsfähige Beschichtungssysteme
- Abriebarme Zementmörtel-Auskleidung
- Gut sortiertes Lager an Formstücken und Rohren, kurzfristige Lieferungen möglich.
- Beratung im Planungsstadium und Verleges Schulungen durch Fachleute.
- Technisch und wirtschaftlich effizientestes Rohrsystem auf dem Markt.
- Verlegeleistungen von bis zu 400 m am Tag sind möglich.
- Spezialisten in der Gussrohrherstellung mit jahrzehntelanger Erfahrung.
- Geprüfte Produktqualität nach EN-Normen, Mitglied in verschiedenen Güteschutzverbänden, ISO 9001 zertifiziert.
- Die Referenzliste spricht für sich.

Unsere duktilen Gussrohre für Turbinenleitungen sind lieferbar mit folgenden Spezifikationen:

- 6 m Baulänge
- DN 80 bis DN 1000
- Innen: Zementmörtel-Auskleidung
- Außen: Zink-Überzug (200 g/m<sup>2</sup>) mit Deckbeschichtung
- Alternative Beschichtungen möglich – z. B. ZMU oder Zink-Plus

Systemdrücke (Druckrohr und Formstück) bis DN 1000 mit längskraftschlüssiger Muffenverbindung BLS®.

| DN   | PFA [bar] | Verbindung | max. Abwinkelung [°] | Riegel                                   |
|------|-----------|------------|----------------------|--|
| 80   | 100       | BLS®       | 5                    | 2 Riegel + HD-Riegel + Sicherungselement |
| 100  | 100       | BLS®       | 5                    | 2 Riegel + HD-Riegel + Sicherungselement |
| 125  | 100       | BLS®       | 5                    | 2 Riegel + HD-Riegel + Sicherungselement |
| 150  | 100       | BLS®       | 5                    | 2 Riegel + HD-Riegel + Sicherungselement |
| 200  | 100       | BLS®       | 4                    | 2 Riegel + HD-Riegel + Sicherungselement |
| 250  | 100       | BLS®       | 4                    | 2 Riegel + HD-Riegel + Sicherungselement |
| 300  | 85        | BLS®       | 4                    | 4 Riegel + 2 Sicherungselemente          |
| 400  | 30        | BLS®       | 3                    | 4 Riegel + 2 Sicherungselemente          |
| 500  | 30        | BLS®       | 3                    | 4 Riegel + 2 Sicherungselemente          |
| 600  | 40        | BLS®       | 2                    | 9 Segmente                               |
| 700  | 25        | BLS®       | 1,5                  | 10 Segmente                              |
| 800  | 25        | BLS®       | 1,5                  | 10 Segmente                              |
| 900  | 25        | BLS®       | 1,5                  | 13 Segmente                              |
| 1000 | 25        | BLS®       | 1,5                  | 14 Segmente                              |

Höhere Drücke auf Anfrage!

Die genannten Betriebsdrücke gelten auch für die Formstücke. Diese sind innen und außen mit einer Epoxidharz-Beschichtung nach EN 14 901 versehen.

Weitere Details zu den Produkten können unserem Prospekt „Duktile Gussrohrsysteme für Turbinenleitungen“ entnommen werden.

### 3.4 Feuerlöschleitungen

# DUKTUS

Sicherheit ist oberstes Gebot – in Tunnels, Einhausungen und Industrieanlagen ist der Ausbruch eines Feuers besonders zu fürchten und katastrophale Vorfälle in der Vergangenheit beweisen die immense Bedeutung effizienter Schutzmechanismen.

Grundvoraussetzung für eine erfolgreiche Brandbekämpfung sind im Ernstfall funktionierende Löschwasserleitungen, die selbst dem Brand standhalten können.

Feuerlöschleitungen verleihen Sicherheit, wie Airbags im Auto, mit der Hoffnung sich von ihrer Funktionsfähigkeit nie im Ernstfall überzeugen zu müssen. Wie beruhigend ist es dann zu wissen, für diesen Einsatzzweck nur das beste Material eingesetzt zu haben.

Duktile Gussrohre von Duktus geben diese Gewissheit. Hierfür steht eine ganze Reihe von wesentlichen Faktoren:

- Zulässige Betriebsdrücke bis zu 100 bar
- 3-fache Sicherheit der Rohrwandung
- 1,5-fache Sicherheit der Verbindungssysteme
- Hitzebeständiges, unbrennbares Rohrleitungsmaterial
- Feuerbeständigkeit für 60 min bei 900 °C
- Hohe mechanische Beanspruchbarkeit
- Zugfeste und abwinkelbare Verbindungen
- Erfahrung aus über 400.000 m verlegter Feuerlöschleitungen
- Geprüfte Produktqualität (ISO 9001, MPA NRW, FM-Approval, DB-Zulassung, MA 39)
- Beratung im Planungsstadium und Verleges Schulung durch Fachleute

Gussrohre bieten überdies eine extrem lange technische Nutzungsdauer sowie eine Vielzahl von Anpassungsmöglichkeiten und Einsatzmöglichkeiten, z. B. durch verschiedene Beschichtungsvarianten.



## Planungsgrundlagen

In Deutschland erfolgt die Auslegung von Feuerlöschleitungen und Sprinkleranlagen in der Regel nach der Vorschrift VdS CEA 4001 (VdS Schadenverhütung GmbH, CEA – Comité Européen des Assurances).

Die EN 12 845 ist in ihren wesentlichen Bestandteilen konform zur VdS CEA 4001. Die amerikanischen Standards der NFPA (National Fire Protection Association) – in abgewandelter bzw. weiterentwickelter Form der Richtlinien auch FM- (Factory Mutual) Standards – erfreuen sich allerdings bei internationalen Bauherren zunehmender Beliebtheit und werden i. d. R. inzwischen auch von deutschen Genehmigungsbehörden akzeptiert. Darüber hinaus können in einigen Fällen unternehmensspezifische, ergänzende bzw. eigenständige Regelwerke ausschlaggebend sein. Ein Beispiel hierfür ist die Richtlinie des Eisenbahnbundesamtes „Anforderungen des Brand- und Katastrophenschutzes an den Bau und den Betrieb von Eisenbahntunneln“.

## Zertifikate/Zulassungen

Gussrohre von Duktus sind erste Wahl, wenn es um die Festlegung des richtigen Rohrwerkstoffes für eine Feuerlöschleitung geht, egal ob es sich um Nass-, Trocken- oder Nass/Trocken-Leitungen handelt. Dies zeigen nicht zuletzt die weit über 400.000 m eingebauten Rohre.

Folglich sind als logische Konsequenz in allen relevanten Regelwerken und Anforderungsprofilen duktile Gussrohre nach EN 545 gelistet und für die Verwendung in Feuerlöschleitungen zugelassen. Im VdS CEA 4001 – Kapitel 15.1.1 sind duktile Gussrohre an erster Stelle der ausschließlich zu verwendenden Rohrleitungsmaterialien gelistet. Selbstverständlich besteht für erdverlegte Rohre und Formstücke mit BLS®-Steckmuffen-Verbindung der Nennweiten DN 80 bis DN 400 ein FM-Approval. Details hierzu können der folgenden Tabelle entnommen werden. Von Seiten der Deutschen Bahn AG weist die technische Mitteilung „TM 2010-024 I.NVT 4 (K)“ duktile Gussrohre mit BLS®-Steckmuffen-Verbindung als geeignetes Rohrleitungsmaterial für Feuerlöschleitungen in Tunneln der DBAG aus. Dies gilt sowohl für in der Sohle verlegte, als auch für freihängende Leitungen.



Unsere duktilen Gussrohre für Feuerlöschleitungen sind lieferbar mit folgenden Spezifikationen:

- 6 m Baulänge
- DN 80 bis DN 1000
- Innen: Zementmörtel-Auskleidung
- Außen: Zink-Überzug (200 g/m<sup>2</sup>) mit Deckbeschichtung
- Alternative Beschichtungen möglich – z. B. ZMU, WKG oder Zink-Plus

### Zulässige Betriebsdrücke der BLS®-Steckmuffenverbindung

| DN                | d <sub>i</sub><br>[mm] | D<br>[mm] <sup>1)</sup> | t<br>[mm] | PFA<br>[bar] <sup>2)</sup> | FM<br>[bar] | max. zul.<br>Abwin-<br>kung [°] | Anzahl der<br>Verriegelungs-<br>segmente |
|-------------------|------------------------|-------------------------|-----------|----------------------------|-------------|---------------------------------|--|
| 80 <sup>3)</sup>  | 98                     | 156                     | 127       | 100                        | 16          | 5                               | 2  |
| 100 <sup>3)</sup> | 118                    | 182                     | 135       | 75                         | 16          | 5                               | 2  |
| 125 <sup>3)</sup> | 144                    | 206                     | 143       | 63                         | 16          | 5                               | 2  |
| 150 <sup>3)</sup> | 170                    | 239                     | 150       | 63                         | 16          | 5                               | 2  |
| 200               | 222                    | 293                     | 160       | 42                         | 16          | 4                               | 2  |
| 250               | 274                    | 357                     | 165       | 40                         | 16          | 4                               | 2  |
| 300               | 326                    | 410                     | 170       | 40                         | 16          | 4                               | 4  |
| 400               | 429                    | 521                     | 190       | 30                         | 10          | 3                               | 4  |
| 500               | 532                    | 636                     | 200       | 30                         | –           | 3                               | 4  |
| 600               | 635                    | 732                     | 175       | 32                         | –           | 2                               | 9  |
| 700               | 738                    | 849                     | 197       | 25                         | –           | 1,5                             | 10                                       |
| 800               | 842                    | 960                     | 209       | 16/25 <sup>3)</sup>        | –           | 1,5                             | 10                                       |
| 900               | 945                    | 1.073                   | 221       | 16/25 <sup>3)</sup>        | –           | 1,5                             | 13                                       |
| 1000              | 1.048                  | 1.188                   | 233       | 10/25 <sup>3)</sup>        | –           | 1,5                             | 14                                       |

1) Richtwert; 2) Betriebsdruck (PFA): zulässiger Bauteilbetriebsdruck in bar – Berechnungsgrundlage Wanddickenklasse K9; 3) Wanddickenklasse K10;

Die genannten Betriebsdrücke gelten auch für die Formstücke. Diese sind innen und außen mit einer Epoxidharz-Beschichtung nach EN 14 901 versehen.

Weitere Details zu den Produkten können unserem Prospekt „Duktile Gussrohrsysteme für Feuerlöschsysteme“ entnommen werden.

Oberirdisch verlegte Druckleitung, seien sie an Brücken gehängt oder auf Konsolen verlegt, weisen drei wesentliche Probleme auf:

1. Frostgefährdung im Winter
2. Aufheizung des Rohres und somit des Medium im Sommer
3. Widerlager sind nur schwer zu realisieren

Eine praktikable Lösung für diese drei Probleme bieten wärmekompensierende Gussrohre und Formstücke (WKG) mit BLS®-Verbindung.

Die Vorteile dieses Systems liegen auf der Hand:

- Einfache und schnelle Montage der Verbindung
- Keine Widerlager erforderlich
- Werkseitige Isolierung für Rohre und Doppelmuffenbögen
- Begleitheizung möglich
- Sehr geringer thermischer Längenausdehnungskoeffizient
- Eventuelle Längenänderungen können meist durch Muffen und Formstücke kompensiert werden
- Ein Auflager pro Rohr ausreichend

Weitere Informationen zu wärmegeprägten Gussrohrsystemen können dem Kapitel 6 oder dem Prospekt „Gussrohrsysteme für Frostgefährdete Leitungen“





### 3.6 Fliegende Leitungen (Ersatzwasserversorgung)

# DUKTUS

Wie bereits unter Punkt 3.5 beschrieben, können duktile Gussrohrsysteme mit BLS®-Verbindung oberirdisch verlegt werden. Nicht immer bedingt eine solche Verlegung auch eine Wärmedämmung. Dies ist zum Beispiel der Fall bei größeren Durchmessern mit hohem Durchfluss, kurzen Liegezeiten, keiner Frostgefährdung oder Unempfindlichkeit des Medium gegenüber Temperaturschwankungen.

Die Vorteile von duktilen Gussrohrsystemen bei fliegenden Leitungen sind:

- Vandalensicherheit (Gussrohre widerstehen fast jedem Angriff)
- Einfache und schnelle Montage der Verbindung
- Hohe Verlegeleistungen
- Zerstörungsfreie Demontage
- Wiederverwendbarkeit der Rohre und Formstücke
- Keine Widerlager notwendig
- Hohe Betriebsdrücke möglich

Unsere duktilen Gussrohre für fliegende Leitungen sind mit folgenden Spezifikationen lieferbar:

- 6 m Baulänge
- DN 80 bis DN 1000
- Innen: Zementmörtel-Auskleidung
- Außen: Zink-Überzug (200 g/m<sup>2</sup>) mit Deckbeschichtung
- Alternative Beschichtungen möglich – z. B. ZMU, WKG oder Zink-Plus

Weitere Informationen zu diesem Verfahren, unter Berücksichtigungen der besonderen Eigenschaften von duktilen Gussrohren, sowie Referenzen können unserem Handbuch „Grabenlose Einbauverfahren mit duktilen Gussrohren“ entnommen werden.



Das Einschwimmen von duktilen Gussrohren stellt wohl die außergewöhnlichste Möglichkeit des „grabenlosen“ Einbauens dar.

Ab DN 250 ist der Auftrieb eines Gussrohres so groß, dass es ohne weiteren Auftriebskörper schwimmen kann. Hieraus resultieren die zwei grundsätzlichen Möglichkeiten einen Rohrstrang auf und letztendlich auch unter das Wasser zu bekommen. Bis einschließlich DN 200 sind je nach Wanddicke zusätzliche Schwimmkörper notwendig, ab DN 250 kann der Rohrstrang selbsttätig schwimmend eingebracht werden. Generell sollten, auf Grund von nicht absehbaren Belastungen aus Wellengang, Absenkvorgang, Untergrundbeschaffenheit und späteren Untergrundbewegungen, etc., für das Einschwimmen nur Rohre mit der formschlüssigen BLS®-Steckmuffen-Verbindung zum Einsatz kommen. Dies wiederum bedingt, dass die Rohrleitung eingezogen werden sollte, damit die Verbindung gestreckt und damit sicher verriegelt bleibt. Die bevorzugte Außenbeschichtung für das Einschwimmen, bzw. für die spätere Verlegung in meist schlammigen Untergründen, ist die Zementmörtel-Umhüllung.

Unsere duktilen Gussrohre zum Einschwimmen sind mit folgenden Spezifikationen lieferbar:

- 6 m Baulänge
- DN 80 bis DN 1000
- Innen: Zementmörtel-Auskleidung;
- Außen: Zementmörtel-Umhüllung (Duktus-ZMU)
- Alternative Beschichtungen möglich – z. B. Zink-Überzug (200 g/m<sup>2</sup>) mit Deckbeschichtung oder Zink-Plus

Weitere Informationen zu diesem Verfahren, unter Berücksichtigungen der besonderen Eigenschaften von duktilen Gussrohren, sowie Referenzen können unserem Handbuch „Grabenlose Einbauverfahren mit duktilen Gussrohren“ entnommen werden.



### 3.8 Gewässerkreuzungen/Düker

DUKTUS

Mit Dükerleitungen werden Gewässer oder Bauwerke unterquert. Die Vormontage des Rohrleitungsstranges kann im Trockenen erfolgen – die formschlüssige BLS®-Verbindung ermöglicht den späteren Einzug.

Dükerleitungen werden oft mit Kränen eingehoben, mit Winden in vorbereitete Rinnen eingezogen oder grabenlos mit dem Spülbohrverfahren eingebaut.

All diese Verfahren stellen hohe Anforderungen an den Rohrwerkstoff, die Verbindungstechnik und den Außenschutz der Rohre. Folglich werden hierfür in der Regel ausschließlich Gussrohre mit formschlüssigen Verbindungen und Zementmörtel-Umhüllung eingesetzt.

Eine ausführliche Beschreibung zum Thema Gewässerkreuzungen und Düker sowie Referenzen können unserem Handbuch „Grabenlose Einbauverfahren mit duktilen Gussrohren“ entnommen werden.



### 3.9 Verlegung im Steilhang

Bei der Verlegung von Rohrleitungen im einem Steilhang (Gefälle > 20 % bis 30 %) sprechen mehrere Faktoren für den Einsatz des formschlüssigen BLS®-Systems.

Zum einen entstehen zum Teil enorme Kräfte bedingt durch:

- das Gewicht des Rohres. Durch die resultierende Hangabtriebskraft zieht der Rohrstrang am oberen Ende der Steilhangleitung. Hier sitzt meist ein Bogen (MMK) an dessen Muffen dadurch eine nicht unerhebliche Zugkraft entstehen kann.
- den Druck im Rohr. Hierdurch wirken zusätzliche Kräfte, sowohl am oberen, als auch am unteren Bogen.
- das Rutschen der Grabenverfüllung. Gerät die Verfüllung des Grabens ins Rutschen, so zieht diese, bedingt durch die Mantelreibung zwischen Erdreich und Rohroberfläche, am Rohr. Auch hierdurch werden zusätzliche Kräfte in die Muffen-Verbindungen des oberen Bogen geleitet.

Zum anderen sollte in einem unwegsamem Gelände, wie es ein Steilhang meist darstellt, eine Rohrverbindung möglichst schnell und einfach zu montieren sein.

Alle vorgenannten Faktoren sprechen für den Einsatz des BLS®-Systems. Dieses kombiniert sehr hohe Zugkräfte und Betriebsdrücke mit einfachster und somit sehr schneller Montage. Im Zusammenspiel mit unserer Zementmörtel-Umhüllung (Duktus-ZMU) kann überdies auf einen Bodenaustausch im Steilhang verzichtet werden, wodurch die Gefahr des Rutschens der Grabenverfüllung gesenkt wird.



Weltweit liegen viele Siedlungsgebiete in Gegenden, wo sich der Untergrund periodisch bewegt, sei es durch Erdbeben oder Bergsenkungen in bergbaulich beeinflussten Gebieten. Häufig liegen in diesen Zonen große Städte, deren Infrastruktur stark gefährdet ist, und es hat nicht an Anstrengungen gefehlt, durch spezielle Bauweisen die Schäden im Falle von Erdbeben oder Bergsenkungen zu minimieren.

Nach EN 805 obliegt es dem Planer, für eine vorliegende Baumaßnahme den geeigneten Rohrwerkstoff festzulegen. Der Planer und die Betreiber von Wasserrohrnetzen können nicht immer alle Unwägbarkeiten für die Belastung der Rohrleitung und deren Verbindungen abschätzen. Dies gilt insbesondere für folgende Einbaubedingungen:

- Bergsenkungsgebiete
- instabile Böden
- erdbebengefährdete Gebiete
- Hanglagen

In den technischen Dokumentationen, wie Hersteller-Katalogen, FGR-Veröffentlichungen, z. B. FGR-Norm 66, DVGW-Regelwerk, z. B. Arbeitsblatt GW 368 usw. sind die zulässigen Betriebsdrücke und die Abwinkelbarkeiten von duktilen Gussrohren mit längskraftschlüssigen Muffenverbindungen festgelegt. Diese Festlegungen verfügen über einen hohen Sicherheitsbeiwert, jedoch fehlen quantitative Angaben zu extremen Belastungen, wie sie kurzzeitig, z. B. bei der Einwirkung eines Erdbebens, unter Beibehaltung der Funktion „Druckdichtheit“ ertragen werden.

In einer speziell auf die Verhältnisse von Bodenbewegungen zugeschnittenen Untersuchungsserie wurde ermittelt, mit welchen tatsächlichen Sicherheiten bei Rohren aus duktilem Gusseisen im Katastrophenfall gerechnet werden kann. Hierzu wurden Dichtheitsprüfungen an Wasserleitungsrohren DN 200 unter Abwinkelung der Verbindung durchgeführt, die weit über das in der Produktnorm EN 545 festgelegte Maß hinaus gehen. Es sollte festgestellt werden, bis zu welcher Abwinkelung im Extremfall das System funktionsfähig und dicht bleibt. Eine Beschädigung der Bauteile ohne Funktionsverlust wurde bewusst in Kauf genommen.

Ein schweres Erdbeben wird meist von umfangreichen Zerstörungen begleitet, die im Nachhinein ohnehin saniert werden müssen. Die Hauptaufgabe liegt in der selbst im Katastrophenfall zuverlässig funktionierenden Versorgung mit Trink- und Löschwasser. Es wurde jeweils ein Versuchsstrang, bestehend aus je zwei Muffenrohren montiert. Die Einsteckenden und die Muffen wurden mit Formstücken und Blindflanschen mit Be- und Entlüftungsöffnungen verschlossen. Ein Rohr wurde in axialer und horizontaler Richtung fixiert.

Der Versuchsstrang wurde mit Wasser gefüllt, entlüftet und auf einen Innendruck von 20 bar gebracht. Dieser Druck wurde gewählt, um möglichst praxisnahe Verhältnisse zu schaffen. Anschließend wurde die Verbindung kontinuierlich (bis zum Versagen) abgewinkelt.

## **Ergebnis:**

Die Rohre mit BLS®-Verbindung konnten bis zu 24 Grad abgewinkelt werden. Erst dann zeigten sich erste Undichten. Eine Abwinkelung von 24° entspricht bei einem 6 Meter langen Rohr einer Auslenkung von rund 2,5 m.

Die Einsteckenden der Rohre wurden bei den Versuchen partiell beschädigt. Die Rohrwand wurde durch die Muffenkontur eingebeult, wobei die Zementmörtel-Auskleidung an diesen Stellen abplatzte. Trotz der extremen Abwinkelungen und trotz der dabei erlittenen Einbeulungen blieben die Verbindungen funktionsfähig und dicht.



### 3.11 Kommunale Wasserversorgung/ Ersatz von Betonwiderlagern



Rohre und Formstücke mit der BLS®-Verbindung kommen nicht nur bei besonderen Einbauverfahren und Belastungen zu Einsatz, vielmehr stellen sie auch ein ideales System für die kommunale Wasserversorgung dar.

Die Vorteile des BLS®-Systems in der kommunalen Wasserversorgung:

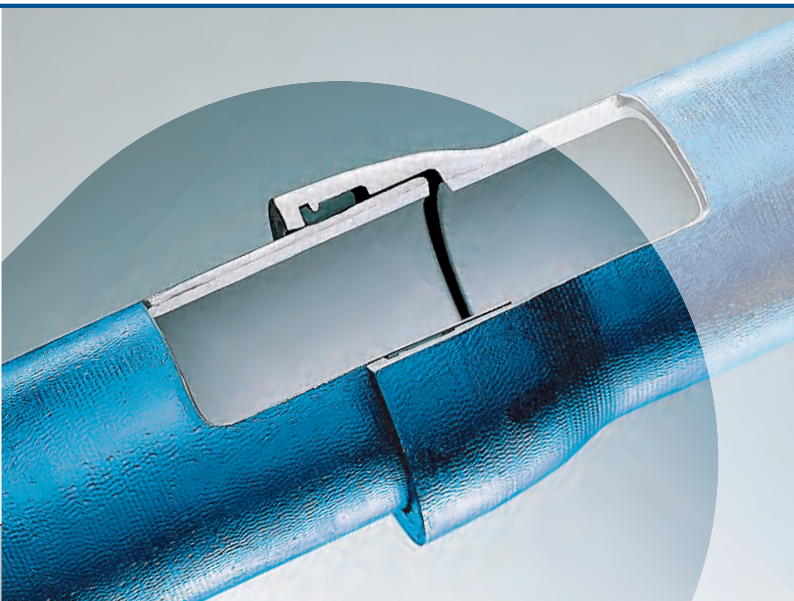
- einfache und vor allem sichere Handhabung
- ohne spezielle Gerätschaften zu montieren
- schnelle Montage (rund 5 min pro Verbindung)
- Abwinkelbarkeit bis zu maximal 5° (spart Formstücke)
- 360° abschlusslos drehbare Verbindung
- längskraftschlüssig (keine Widerlager notwendig)
- durch den Klemmring ist kein Schweißen notwendig
- komplettes Formstückprogramm
- Schieber, Klappen, Hydranten etc. erhältlich
- Schieberkreuze ohne Flanschverbindung möglich
- universell einsetzbar (z. B. grabenlos oder im Steilhang)

Rohre mit BLS®-Verbindung gibt es in folgenden Spezifikationen:

- 6 m Baulänge
- DN 80 bis DN 1000
- Innen: Zementmörtel-Auskleidung
- Außen: Zink-Überzug (200 g/m<sup>2</sup>) mit Deckbeschichtung
- Alternative Beschichtungen möglich – z. B. ZMU oder Zink-Plus

Formstücke sind innen und außen mit einer Epoxidharz-Beschichtung nach EN 14 901 versehen.

## 4 NICHT FORMSCHLÜSSIGE SYSTEMTECHNIK





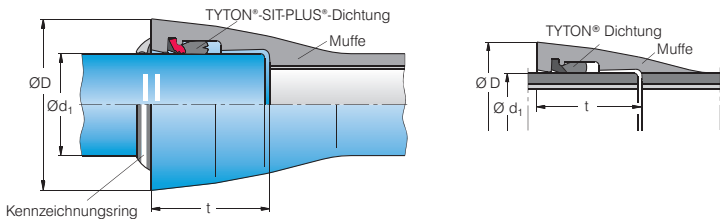
In diesem Kapitel werden ausschließlich nicht formschlüssige Steckmuffen-Verbindungen behandelt.

Im Folgenden sind dies die nicht längskraftschlüssigen:

- **TYTON®-Verbindung (TYT) nach DIN 28 603 – DN 80 bis DN 1000**  
Die TYTON-Verbindung ist seit 1965 auf dem internationalen Markt die führende Verbindung für Rohre und Formstücke. Sie ist bis maximal 5° abwinkelbar, wurzelfest, einfach zu montieren und bei jedem beliebigen Wasserinnendruck dicht.
- **Schraubmuffen-Verbindung (SMU) nach DIN 28 601 – DN 40 bis DN 400**  
Erhältlich für einige Formstücke, wie EU-Stücke oder U-Stücke.  
Geeignet vor allem für nachträgliche Einbindungen.
- **Stopfbuchsenmuffen-Verbindung (STB) nach DIN 28 602 – DN 400 bis DN 1000**  
Erhältlich für einige Formstücke, wie EU-Stücke oder U-Stücke.  
Geeignet vor allem für nachträgliche Einbindungen.

und die längskraftschlüssig-reibschlüssige

- **BRS®-Verbindung (auch bekannt als TYTON®-SIT-PLUS®).**  
BRS® ist in den Nennweiten DN 80 bis DN 600 für Rohre und Formstücke verfügbar. Diese Verbindung basiert auf der TYTON®-Verbindung. Durch Austausch des TYTON®-Dichtringes gegen eine TYTON®-SIT-PLUS®-Dichtung entsteht das reibschlüssige BRS®-System.



## Einsatzgebiete/Vorteile

Rohre und Formstücke mit nicht formschlüssigen Verbindungen sind primär für eine **konventionelle Verlegung im offenen Graben** konzipiert. Eine Ausnahme stellt das Einschieben im Langrohrrelining (vergl. DVGW-GW 320-1) mit TYTON®-Rohren dar. Auch reibschlüssige Verbindungen, wie BRS®, sind gemäß der DVGW-Arbeitsblätter GW 320-1 bis GW 324 **nicht für grabenlose Einbauverfahren** geeignet.

**Vor dem Einsatz von nicht formschlüssigen Verbindungen in Düker- und Brückenleitungen, Freileitungen, sowie vor dem Einbau in Steilhängen, Schutzrohren, Kollektoren oder bei instabilen Bodenverhältnissen, sollte in jedem Fall unsere Anwendungstechnik angesprochen werden.**

Während bei nicht längskraftschlüssigen Systemen an Bögen, Abzweigen, Reduzierungen usw. Widerlager (z. B. gemäß DVGW-GW 310) vorzusehen sind, ist dies beim reibschlüssigen BRS®-System nicht notwendig. Voraussetzung ist eine Bemessung der zu sichernden Rohrleitungslänge nach DVGW-GW 368 oder eine komplette Verlegung im BRS®-System. Der Ersatz bzw. Wegfall von Widerlagern stellt den grundsätzlichen Einsatzbereich von reibschlüssigen Verbindungssystemen dar. Eine überschlägige Bemessung von Widerlagern und zu sichernden Rohrleitungslängen wird in Kapitel 7 behandelt.

## PFA – zulässiger Bauteilbetriebsdruck

Duktile Gussrohre mit nicht längskraftschlüssigen Steckmuffen-Verbindungen (z. B. TYTON®) werden gemäß EN 545:2010 in Druckklassen eingeteilt. Diese Druckklassen werden auch als C-Klassen bezeichnet. **Der maximale PFA eines Rohres entspricht seiner Druckklasse (Bsp.: C 50 = PFA 50 bar) Dies gilt ausschließlich für nicht längskraftschlüssige Rohre.** Wird das gleiche Rohr, zum Beispiel mittels einer TYTON®-SIT-PLUS®-Dichtung, längskraftschlüssig ausgeführt sinkt der zulässige PFA.

## Beispiel: DN 200 – C 50

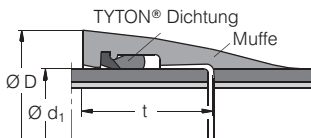
Dieses Rohr hat mit nicht längskraftschlüssiger Ausführung einen zulässigen PFA von 50 bar. Unter Verwendung einer TYTON®-SIT-PLUS®-Dichtung fällt der PFA auf 16 bar. Die zulässigen PFA für unsere BRS®-Verbindung, in Abhängigkeit von C-Klasse und Nennweite, siehe ab Seite 129.

$PMA = 1,2 \times PFA$  (höchster zulässiger Bauteilbetriebsdruck für kurze Zeit,  
z. B. Druckstoß).

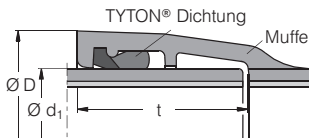
$PEA = 1,2 \times PFA + 5$  (höchster zulässiger Bauteilprüfdruck auf der Baustelle).

Duktile Gussrohre und Formstücke sind für Unterdrücke bis -0,6 bar (dauernd) bzw. -0,9 bar (kurzzeitig) einsetzbar.

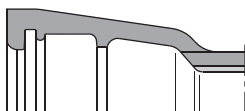
## TYTON®-Steckmuffen-Verbindung nach DIN 28 603



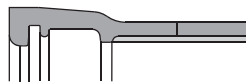
DN 80 bis DN 600



DN 700 bis DN 1000



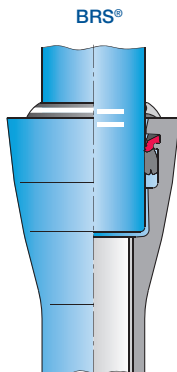
Muffe für Formstücke



Muffe für EU-Stücke

| DN   | Maße [mm]        |                   |     | Masse [kg] ~ |           |          |          | maximale Abwinkelung |
|------|------------------|-------------------|-----|--------------|-----------|----------|----------|----------------------|
|      |                  |                   |     | Muffe        |           |          | Dichtung |                      |
|      | Ø d <sub>1</sub> | Ø D <sup>1)</sup> | t   | Rohr         | Formstück | EU-Stück |          |                      |
| 80   | 98               | 142               | 84  | 3,4          | 2,8       | 2,4      | 0,13     | 5°                   |
| 100  | 118              | 163               | 88  | 4,3          | 3,3       | 3,1      | 0,16     |                      |
| 125  | 144              | 190               | 91  | 5,7          | 4,5       | 4,0      | 0,19     |                      |
| 150  | 170              | 217               | 94  | 7,1          | 5,6       | 4,9      | 0,22     |                      |
| 200  | 222              | 278               | 100 | 10,3         | 8,0       | 7,1      | 0,37     |                      |
| 250  | 274              | 336               | 105 | 14,2         | 11,1      | 9,7      | 0,48     |                      |
| 300  | 326              | 385               | 110 | 18,6         | 14,3      | 12,5     | 0,67     |                      |
| 350  | 378              | 448               | 110 | 23,7         | 17,1      | 15,2     | 0,77     | 4°                   |
| 400  | 429              | 500               | 110 | 29,3         | 20,8      | 18,6     | 1,1      |                      |
| 500  | 532              | 607               | 120 | 42,8         | 31,7      | 27,6     | 1,6      | 3°                   |
| 600  | 635              | 732*              | 120 | 59,3         | 42,3      | 36,2     | 2,3      |                      |
| 700  | 738              | 849*              | 197 | 79,1         | 71,2      | 59,1     | 4,3      |                      |
| 800  | 842              | 960*              | 209 | 102,6        | 95,4      | 79,8     | 5,2      |                      |
| 900  | 945              | 1.073*            | 221 | 129,9        | 150,3     | 122,7    | 6,3      |                      |
| 1000 | 1.048            | 1.188*            | 233 | 161,3        | 186,9     | 152,1    | 8,3      |                      |

1) Richtwert; \*kleinere D auf Anfrage; PFA = C-Klasse, siehe Seiten 132-133



Vor dem Einsatz von nicht formschlüssigen Verbindungen in Düker- und Brückenleitungen, Freileitungen, sowie vor dem Einbau in Steilhängen, Schutzrohren, Kollektoren oder bei instabilen Bodenverhältnissen, sollte in jedem Fall unsere Anwendungstechnik angesprochen werden.

**Die BRS®-Verbindung ist nicht für grabenlose Einbauverfahren geeignet!**

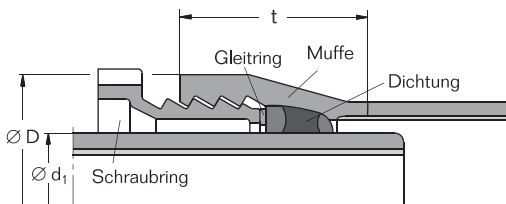
| DN  | maximale PFA [bar] | maximale Abwinkelung | Dichtung Masse [kg] |
|-----|--------------------|----------------------|---------------------|
| 80  | 32                 | 3°                   | 0,15                |
| 100 | 32                 | 3°                   | 0,17                |
| 125 | 25                 | 3°                   | 0,20                |
| 150 | 25                 | 3°                   | 0,24                |
| 200 | 25                 | 3°                   | 0,41                |
| 250 | 25                 | 3°                   | 0,56                |
| 300 | 25                 | 3°                   | 0,93                |
| 350 | 25                 | 3°                   | 1,15                |
| 400 | 16                 | 2°                   | 1,44                |
| 500 | 16                 | 2°                   | 2,20                |
| 600 | 10                 | 2°                   | 2,93                |

PFA: zulässiger Bauteilbetriebsdruck in bar, kann je nach Druckklasse niedriger sein

PMA = 1,2 x PFA; PEA = 1,2 x PFA +5

**Schraubmuffen-Verbindung (SMU)**  
nach DIN 28 601

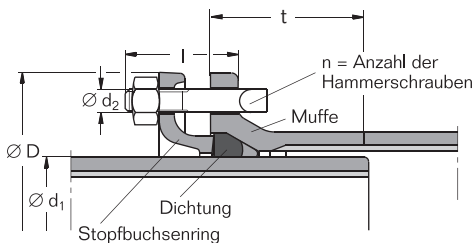
DUKTUS



| DN  | Maße [mm]        |     |     | Masse [kg] ~ |           |          | maximale Abwinkelung | PFA |
|-----|------------------|-----|-----|--------------|-----------|----------|----------------------|-----|
|     | Ø d <sub>1</sub> | Ø D | t   | Schraubring  | Gleitring | Dichtung |                      |     |
| 80  | 98               | 146 | 84  | 1,4          | 0,07      | 0,12     | 3°                   | 40  |
| 100 | 118              | 166 | 88  | 1,9          | 0,08      | 0,15     |                      |     |
| 125 | 144              | 197 | 91  | 2,7          | 0,09      | 0,19     |                      |     |
| 150 | 170              | 224 | 94  | 3,2          | 0,11      | 0,23     |                      |     |
| 200 | 222              | 280 | 100 | 4,5          | 0,17      | 0,36     |                      |     |
| 250 | 274              | 336 | 106 | 6,3          | 0,21      | 0,50     |                      |     |
| 300 | 326              | 391 | 110 | 8,1          | 0,30      | 0,66     |                      |     |
| 350 | 378              | 450 | 113 | 10,5         | 0,35      | 0,84     | 25                   |     |
| 400 | 429              | 503 | 116 | 12,7         | 0,40      | 1,05     | 25                   |     |

PFA: zulässiger Bauteilbetriebsdruck in bar, kann je nach Druckklasse niedriger sein

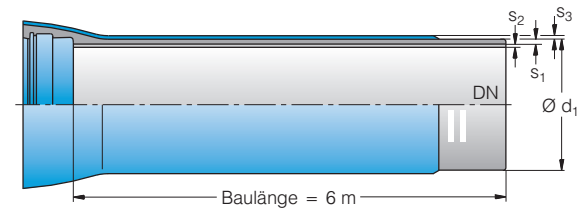
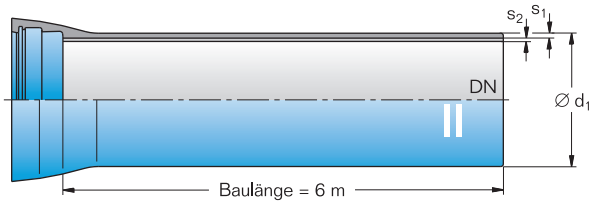
PMA = 1,2 x PFA; PEA = 1,2 x PFA +5



| DN   | Maße [mm]        |      |                  |     |    | n   | Masse [kg] ~     |          |                 | maximale Abwinkelung | PFA |
|------|------------------|------|------------------|-----|----|-----|------------------|----------|-----------------|----------------------|-----|
|      | Ø d <sub>1</sub> | Ø D  | Ø d <sub>2</sub> | l   | t  |     | Stopfbuchsenring | Dichtung | Hammer-schraube |                      |     |
| 400  | 429              | 570  | M 20             | 90  | 12 | 132 | 10,6             | 0,8      | 5,5             | 3°                   | 25  |
| 500  | 532              | 680  | M 20             | 100 | 16 | 138 | 15,0             | 1,1      | 7,7             |                      | 25  |
| 600  | 635              | 790  | M 20             | 100 | 16 | 143 | 20,9             | 1,5      | 7,7             |                      | 2°  |
| 700  | 738              | 900  | M 20             | 110 | 20 | 149 | 27,2             | 1,9      | 10,0            | 16                   |     |
| 800  | 842              | 1010 | M 20             | 110 | 24 | 154 | 34,1             | 2,3      | 12,0            | 1,5°                 | 16  |
| 900  | 945              | 1125 | M 20             | 120 | 24 | 160 | 44,0             | 2,9      | 12,5            |                      | 16  |
| 1000 | 1.048            | 1250 | M 24             | 120 | 24 | 165 | 56,9             | 3,5      | 18,5            |                      | 16  |

PFA: zulässiger Bauteilbetriebsdruck in bar, kann je nach Druckklasse niedriger sein

PMA = 1,2 x PFA; PEA = 1,2 x PFA +5



**Außenbeschichtungen**

- Zementmörtel-Umhüllung (Duktus ZMU)
- Zink-Überzug mit Deckbeschichtung
- Zink-Aluminium-Überzug mit Deckbeschichtung (Duktus Zink-PLUS)
- WKG-Umhüllung

**Innenbeschichtungen**

- Hochofenzement
- Tonerdezement (für stark kalzitlösende Wässer)

Hinweise zu den Einsatzgebieten der Beschichtungen siehe Kapitel 6

| DN   | d <sub>1</sub><br>[mm]                | C 30           |            | C 40              |            |                         | C 50              |            |                         | C 64           |            |                         | C 100            |            |                         | Masse<br>ZMU [kg] | s <sub>2</sub> | s <sub>3</sub> |       |   |
|------|---------------------------------------|----------------|------------|-------------------|------------|-------------------------|-------------------|------------|-------------------------|----------------|------------|-------------------------|------------------|------------|-------------------------|-------------------|----------------|----------------|-------|---|
|      |                                       | S <sub>1</sub> | Masse [kg] | S <sub>1</sub>    | Masse [kg] | PFA<br>BRS <sup>®</sup> | S <sub>1</sub>    | Masse [kg] | PFA<br>BRS <sup>®</sup> | S <sub>1</sub> | Masse [kg] | PFA<br>BRS <sup>®</sup> | S <sub>1</sub>   | Masse [kg] | PFA<br>BRS <sup>®</sup> |                   |                |                |       |   |
| 80   | 98 <sup>+1,7</sup> <sub>-2,7</sub>    |                |            |                   |            |                         | 3,5               | 79,1       | 16                      |                |            |                         | 4,7 <sup>®</sup> | 94,0       | 32                      | 19,5              | 4              | 5              |       |   |
| 100  | 118 <sup>+2,8</sup> <sub>-3,8</sub>   |                |            |                   |            |                         | 3,5               | 98,7       | 16                      |                |            |                         | 4,7 <sup>®</sup> | 118,4      | 32                      | 24,0              | 4              |                |       |   |
| 125  | 144 <sup>+3,9</sup> <sub>-4,9</sub>   |                |            |                   |            |                         | 3,5               | 125,2      | 16                      |                |            | 4,8 <sup>®</sup>        | 150,4            | 25         | 28,0                    | 4                 |                |                |       |   |
| 150  | 170 <sup>+2,9</sup> <sub>-3,9</sub>   |                |            |                   |            |                         | 3,7 <sup>1)</sup> | 154,3      | 16                      |                |            | 4,7 <sup>2)</sup>       | 175,4            |            | 5,9                     | 205,8             | 25             |                | 33,0  | 4 |
|      |                                       |                |            |                   |            |                         |                   |            |                         |                |            | 5,0 <sup>3)</sup>       | 183,8            |            |                         |                   |                |                |       |   |
| 200  | 222 <sup>+3,0</sup> <sub>-4,0</sub>   |                |            |                   |            |                         | 3,9               | 209,1      | 16                      |                |            | 5,0 <sup>2)</sup>       | 245,4            | 25         | 7,7                     | 323,1             | 25             |                | 43,0  | 4 |
| 250  | 274 <sup>+4,1</sup> <sub>-5,1</sub>   |                |            | 4,2 <sup>1)</sup> | 272,9      | 16                      | 5,2 <sup>2)</sup> | 316,3      | 25                      |                |            | 6,1                     | 347,4            | 25         | 9,5                     | 468,1             | 25             |                | 52,0  | 4 |
| 300  | 326 <sup>+5,3</sup> <sub>-6,3</sub>   |                |            | 4,6               | 351,8      | 16                      | 5,7 <sup>2)</sup> | 410,0      | 25                      |                |            | 7,3                     | 475,8            | 25         |                         |                   |                |                | 63,0  | 4 |
| 350  | 378 <sup>+6,4</sup> <sub>-7,4</sub>   | 4,7            | 416,1      | 6,0 <sup>2)</sup> | 496,0      | 25                      | 6,6               | 524,8      | 25                      |                |            | 8,5                     | 615,6            | 25         |                         |                   |                |                | 72,0  | 5 |
| 400  | 429 <sup>+7,5</sup> <sub>-8,5</sub>   | 4,8            | 513,3      | 6,4 <sup>2)</sup> | 601,3      | 16                      | 7,5               | 661,5      | 16                      |                |            | 9,6                     | 775,4            | 16         |                         |                   |                |                | 82,0  | 5 |
| 500  | 532 <sup>+8,9</sup> <sub>-9,9</sub>   | 5,6            | 707,4      | 7,5               | 837,4      | 16                      | 9,3               | 959,7      | 16                      |                |            |                         |                  |            |                         |                   |                |                | 101,0 | 5 |
| 600  | 635 <sup>+1,0</sup> <sub>-2,0</sub>   | 6,7            | 982,1      | 8,9               | 1.162,0    | 10                      |                   |            |                         |                |            |                         |                  |            |                         |                   |                |                | 121,0 | 5 |
| 700  | 738 <sup>+1,3</sup> <sub>-2,3</sub>   | 7,8            | 1.268,8    | 10,4              | 1.516,0    | –                       |                   |            |                         |                |            |                         |                  |            |                         |                   |                |                | 140,0 | 6 |
| 800  | 842 <sup>+1,6</sup> <sub>-2,6</sub>   | 8,9            | 1.631,8    |                   |            |                         |                   |            |                         |                |            |                         |                  |            |                         |                   |                |                | 160,0 | 6 |
| 900  | 945 <sup>+1,9</sup> <sub>-2,9</sub>   | 10,0           | 1.994,4    |                   |            |                         |                   |            |                         |                |            |                         |                  |            |                         |                   |                |                | 179,0 | 6 |
| 1000 | 1.048 <sup>+3,0</sup> <sub>-4,0</sub> | 11,1           | 2.395,9    |                   |            |                         |                   |            |                         |                |            |                         |                  |            |                         |                   |                |                | 199,0 | 6 |

1) C40 nach EN 545:2006; 2) K9 nach EN 545:2006; 3) K 10 nach DIN 545:2006;  
 s<sub>1</sub>) Mindest-Wanddicke in mm; s<sub>2</sub>) Nennwert der ZMA-Schichtdicke in mm; s<sub>3</sub>) Nennwert der ZMU in mm; Masse der Rohre = theoretische Angaben in kg, inkl. ZMA, Zink-Alu-Überzug und Epoxidharz-Deckbeschichtung, Masse ZMU = zusätzliche Masse der Zementmörtel-Umhüllung in kg;

PFA: maximal zulässiger Bauteilbetriebsdruck in bar.  
 PMA = 1,2 x PFA. PEA = 1,2 x PFA +5. Der PFA für TYTON®-Rohre entspricht seiner C-Klasse;  
 Roter Rahmen: alle Beschichtungen möglich, sonst nur Zink Plus

## 4.3 Formstücke mit nicht formschlüssigen Verbindungen

DUKTUS

### Kompatibilität

Alle Formstückmuffen entsprechen, falls nicht anders vermerkt, der DIN 28 603 (TYTON®). Damit können in diese Muffen auch TYTON®-SIT-PLUS®-Dichtungen eingelegt werden. Hierdurch entsteht die reibschlüssige BRS®-Steckmuffenverbindung.

### Baulängen

Falls nicht anders vermerkt, entsprechen die Baulängen „L<sub>u</sub>“ der Formstücke der Serie A der EN 545

### Flanschformstücke (siehe Kapitel 5)

Bei Bestellung von Flanschformstücken muss die Nenndruckstufe „PN“ vorgegeben werden. Zubehör, wie z. B. Sechskantschrauben, Muttern, Scheiben und Flachdichtungen, ist über den Fachhandel zu beziehen.

### Beschichtung (siehe Kapitel 6)

Alle folgend dargestellten Formstücke sind innen und außen mit einer Epoxidharz-Beschichtung von mindesten 250 µm versehen, falls nicht anders angegeben. Die Beschichtung entspricht der EN 14 901 und den Anforderungen der Gütegemeinschaft Schwerer Korrosionsschutz (GSK). Damit sind alle Formstücke nach EN 545 – Anhang D.2.3 in Böden beliebiger Korrosivität einbaubar.

Für frostgefährdete Leitungen, wie z. B. Brückenleitungen, oberirdisch verlegte Leitungen oder erdverlegte Leitungen mit geringer Überdeckungshöhe findet unser WKG-System Anwendung. Weitere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel 6.



**RAL** GÜTEZEICHEN  
SCHWERER KORROSIONSSCHUTZ  
VON ARMATUREN UND FORMSTÜCKEN



## Zulässiger Bauteilbetriebsdruck (PFA)

(falls nicht anders angegeben)

| DN   | PFA <sup>1)</sup> [bar] |                   |     |     |          |
|------|-------------------------|-------------------|-----|-----|----------|
|      | TYTON <sup>® 2)</sup>   | BRS <sup>2)</sup> | SMU | STB | Flansch  |
| 80   | 100                     | 32                | 40  | -   | PFA = PN |
| 100  |                         |                   |     |     |          |
| 125  |                         |                   |     |     |          |
| 150  | 64                      | 25                |     |     |          |
| 200  |                         |                   |     |     |          |
| 250  |                         |                   |     |     |          |
| 300  | 50                      |                   | 25  |     |          |
| 350  |                         |                   |     |     |          |
| 400  | 40                      |                   | 16  | 25  |          |
| 500  |                         |                   |     |     |          |
| 600  |                         |                   |     |     |          |
| 700  | 30                      | 10                | 16  |     |          |
| 800  |                         |                   |     |     |          |
| 900  |                         |                   |     |     |          |
| 1000 |                         |                   |     |     |          |

1) PFA: maximal zulässiger Bauteilbetriebsdruck in bar; PMA = 1,2 x PFA; PEA = 1,2 x PFA +5

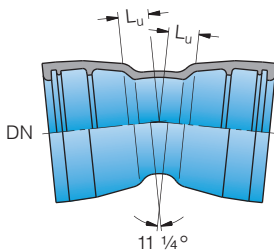
2) PFA ist abhängig von der C-Klasse des verwendeten Rohres siehe Seite „4.2 Tyton<sup>®</sup>-Rohre – Baulänge 6 m DN 80 bis DN 1000“ auf Seite 132 ff

## Lieferumfang

Die Lieferung von Muffenformstücken erfolgt inklusive der notwendigen Dichtungen und den bei Schraubmuffen bzw. Stopfbuchsenmuffen zusätzlich erforderlichen Zubehörteilen (Gleitringe, Schraubring, Stopfbuchsenring, Hammerkopfschrauben). Flachdichtungen, Schrauben, Muttern und Unterlegscheiben für Flanschdichtungen sind **nicht** im Lieferumfang enthalten.

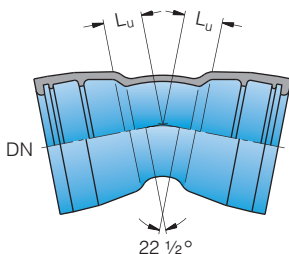
Muffenformstücke  
MMK-Stücke 11  
Doppelmuffenbögen 11¼°  
nach EN 545

DUKTUS



| DN   | Maße [mm]<br>$L_u$ | PFA [bar] | Masse [kg] ~ |
|------|--------------------|-----------|--------------|
| 80   | 30                 | 100       | 7,5          |
| 100  | 30                 |           | 8,5          |
| 125  | 35                 | 64        | 12,8         |
| 150  | 35                 |           | 16,5         |
| 200  | 40                 | 50        | 24,9         |
| 250  | 50                 |           | 34,2         |
| 300  | 55                 | 40        | 43,0         |
| 350  | 60                 |           | 60,5         |
| 400  | 65                 | 30        | 70,9         |
| 500  | 75                 |           | 100,0        |
| 600  | 85                 | 30        | 140,0        |
| 700  | 95                 |           | 190,7        |
| 800  | 110                | 30        | 271,2        |
| 900  | 120                |           | 393,5        |
| 1000 | 130                |           | 495,7        |

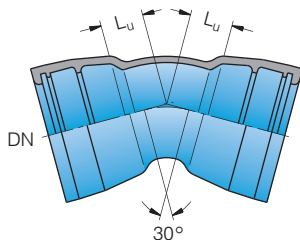
MMK-Stücke 22  
 Doppelmuffenbögen 22½°  
 nach EN 545



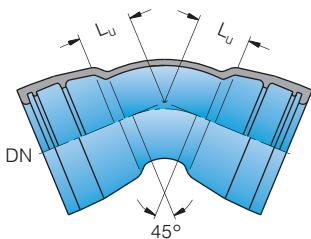
| DN   | Maße [mm]<br>$L_u$ | PFA [bar] | Masse [kg] ~ |
|------|--------------------|-----------|--------------|
| 80   | 40                 | 100       | 7,7          |
| 100  | 40                 |           | 9,4          |
| 125  | 50                 | 64        | 13,3         |
| 150  | 55                 |           | 17,5         |
| 200  | 65                 | 50        | 21,0         |
| 250  | 75                 |           | 30,7         |
| 300  | 85                 | 40        | 40,4         |
| 350  | 95                 |           | 64,6         |
| 400  | 110                | 30        | 80,2         |
| 500  | 130                |           | 100,4        |
| 600  | 150                | 30        | 140,5        |
| 700  | 175                |           | 185,7        |
| 800  | 195                | 30        | 315,8        |
| 900  | 220                |           | 456,0        |
| 1000 | 240                |           | 575,9        |

MMK-Stücke 30  
 Doppelmuffenbögen 30°  
 nach DIN 28 650

DUKTUS



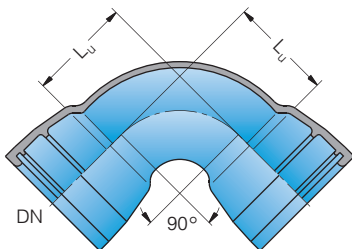
| DN   | Maße [mm]<br>$L_u$ | PFA [bar] | Masse [kg] ~ |
|------|--------------------|-----------|--------------|
| 80   | 45                 | 100       | 7,7          |
| 100  | 50                 |           | 9,7          |
| 125  | 55                 | 64        | 14,0         |
| 150  | 65                 |           | 18,0         |
| 200  | 80                 | 50        | 22,0         |
| 250  | 95                 |           | 32,0         |
| 300  | 110                | 40        | 43,2         |
| 350  | 125                |           | 71,5         |
| 400  | 140                | 30        | 85,3         |
| 500  | 180                |           | 109,2        |
| 600  | 200                | 30        | 155,9        |
| 700  | 230                |           | 275,3        |
| 800  | 260                | 30        | 345,9        |
| 900  | 290                |           | 496,3        |
| 1000 | 320                |           | 630,3        |



| DN   | Maße [mm]<br>$L_u$ | PFA [bar] | Masse [kg] ~ |
|------|--------------------|-----------|--------------|
| 80   | 55                 | 100       | 8,1          |
| 100  | 65                 |           | 10,0         |
| 125  | 75                 |           | 14,1         |
| 150  | 85                 | 64        | 18,4         |
| 200  | 110                |           | 24,6         |
| 250  | 130                | 50        | 35,7         |
| 300  | 150                |           | 48,7         |
| 350  | 175                |           | 76,9         |
| 400  | 195                | 40        | 86,0         |
| 500  | 240                |           | 127,0        |
| 600  | 285                | 30        | 183,6        |
| 700  | 330                |           | 296,7        |
| 800  | 370                |           | 406,1        |
| 900  | 415                |           | 577,9        |
| 1000 | 460                |           | 737,2        |

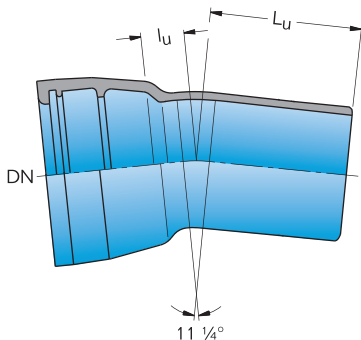
MMQ-Stücke  
 Doppelmuffenbögen 90°  
 nach EN 545

DUKTUS

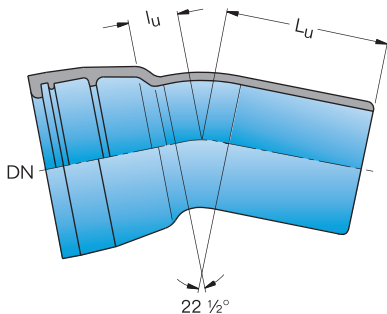


| DN                | Maße [mm]<br>$L_u$ | PFA [bar] | Masse [kg] ~ |
|-------------------|--------------------|-----------|--------------|
| 80                | 100                | 100       | 8,2          |
| 100               | 120                |           | 10,6         |
| 125               | 145                | 64        | 15,6         |
| 150               | 170                |           | 19,6         |
| 200               | 220                | 50        | 30,9         |
| 250               | 270                |           | 50,6         |
| 300               | 320                | 40        | 69,1         |
| 350 <sup>1)</sup> | 410                |           | 96,8         |
| 400 <sup>1)</sup> | 430                | 30        | 119,0        |
| 500 <sup>1)</sup> | 550                |           | 199,4        |
| 600 <sup>1)</sup> | 645                | 30        | 365,0        |
| 700 <sup>1)</sup> | 720                |           | 449,0        |
| 800 <sup>1)</sup> | 800                |           | 613,0        |

1) nach Werksnorm

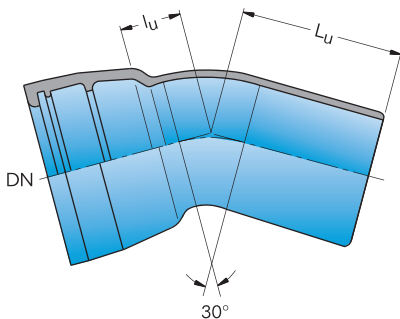


| DN  | Maße [mm] |       | PFA [bar] | Masse [kg] ~ |
|-----|-----------|-------|-----------|--------------|
|     | $L_u$     | $l_u$ |           |              |
| 80  | 240       | 30    | 100       | 7,6          |
| 100 | 243       | 33    |           | 9,8          |
| 125 | 261       | 36    | 64        | 14,0         |
| 150 | 284       | 40    |           | 18,0         |
| 200 | 311       | 46    |           | 27,0         |
| 250 | 255       | 50    | 50        | 37,8         |
| 300 | 260       | 60    |           | 47,0         |
| 350 | 235       | 65    |           | 46,0         |
| 400 | 238       | 70    | 40        | 66,9         |
| 500 | 250       | 85    |           | 83,2         |
| 600 | 287       | 95    |           | 163,0        |
| 700 | 340       | 110   | 30        | 249,0        |
| 800 | 375       | 125   |           | 286,0        |

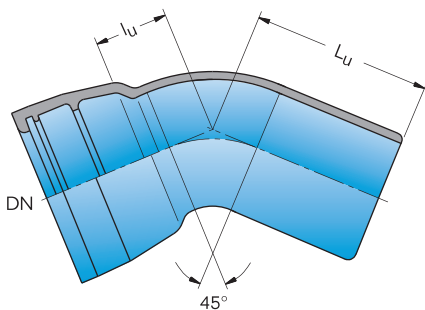


| DN  | Maße [mm] |       | PFA [bar] | Masse [kg] ~ |
|-----|-----------|-------|-----------|--------------|
|     | $L_u$     | $l_u$ |           |              |
| 80  | 248       | 38    | 100       | 8,1          |
| 100 | 253       | 43    |           | 9,7          |
| 125 | 274       | 49    |           | 15,1         |
| 150 | 299       | 55    | 64        | 18,4         |
| 200 | 331       | 66    |           | 29,2         |
| 250 | 260       | 75    | 50        | 37,8         |
| 300 | 265       | 90    |           | 50,2         |
| 350 | 270       | 100   |           | 52,0         |
| 400 | 278       | 110   | 40        | 76,7         |
| 500 | 300       | 135   |           | 97,0         |
| 600 | 357       | 155   |           | 163,0        |
| 700 | 420       | 190   | 30        | 336,0        |
| 800 | 455       | 205   |           | 460,0        |

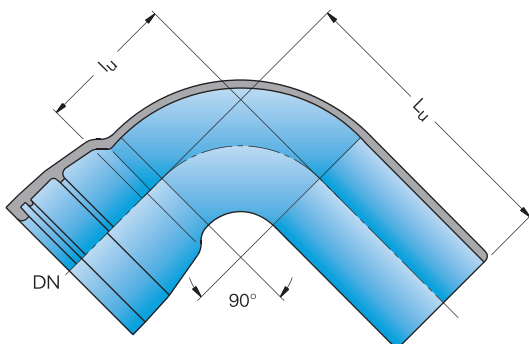




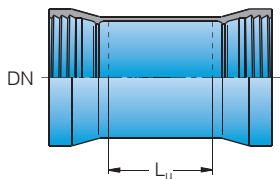
| DN  | Maße [mm] |       | PFA [bar] | Masse [kg] ~ |
|-----|-----------|-------|-----------|--------------|
|     | $L_u$     | $l_u$ |           |              |
| 80  | 253       | 44    | 100       | 7,4          |
| 100 | 260       | 50    |           | 10,8         |
| 125 | 283       | 57    | 64        | 15,1         |
| 150 | 309       | 65    |           | 20,0         |
| 200 | 345       | 80    |           | 30,8         |
| 250 | 270       | 95    | 50        | 38,9         |
| 300 | 280       | 110   |           | 52,9         |
| 350 | 295       | 125   |           | 56,0         |
| 400 | 308       | 140   | 40        | 76,5         |
| 500 | 335       | 170   |           | 107,0        |
| 600 | 412       | 200   |           | 178,0        |
| 700 | 480       | 250   | 30        | 286,0        |
| 800 | 510       | 260   |           | 350,0        |



| DN  | Maße [mm] |       | PFA [bar] | Masse [kg] ~ |
|-----|-----------|-------|-----------|--------------|
|     | $L_u$     | $l_u$ |           |              |
| 80  | 265       | 55    | 100       | 8,4          |
| 100 | 274       | 65    |           | 10,8         |
| 125 | 301       | 76    |           | 16,2         |
| 150 | 331       | 87    | 64        | 20,5         |
| 200 | 374       | 109   |           | 33,5         |
| 250 | 300       | 130   |           | 44,3         |
| 300 | 315       | 155   | 50        | 59,4         |
| 350 | 345       | 175   |           | 68,0         |
| 400 | 368       | 200   |           | 91,0         |
| 500 | 405       | 240   | 40        | 187,0        |
| 600 | 529       | 285   |           | 250,5        |
| 700 | 610       | 380   |           | 441,0        |
| 800 | 625       | 370   | 30        | -            |



| DN  | Maße [mm] |       | PFA [bar] | Masse [kg] ~ |
|-----|-----------|-------|-----------|--------------|
|     | $L_u$     | $l_u$ |           |              |
| 80  | 312       | 102   | 100       | 9,0          |
| 100 | 333       | 123   |           | 11,2         |
| 125 | 374       | 149   |           | 18,4         |
| 150 | 419       | 174   | 64        | 25,4         |
| 200 | 491       | 226   |           | 43,8         |
| 250 | 583       | 280   | 50        | 76,1         |
| 300 | 660       | 330   |           | 83,2         |
| 350 | 580       | 410   |           | 139,0        |
| 400 | 625       | 430   | 40        | 186,3        |
| 500 | 715       | 550   |           | 235,4        |
| 600 | 805       | 645   |           | 314,0        |
| 700 | 900       | 720   | 30        | 473,0        |
| 800 | 1.080     | 800   |           | 644,5        |

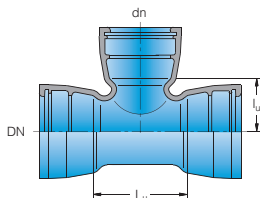


| DN   | Verbindung | $L_u$ [mm] | PFA [bar] | Masse <sup>1)</sup> [kg] |
|------|------------|------------|-----------|--------------------------|
| 80   | SMU        | 160        | 40        | 7,7                      |
| 100  |            | 160        |           | 9,3                      |
| 125  |            | 165        |           | 12,5                     |
| 150  |            | 165        |           | 14,6                     |
| 200  |            | 170        |           | 22,2                     |
| 250  |            | 175        |           | 30,0                     |
| 300  |            | 180        |           | 37,2                     |
| 350  |            | 185        |           | 47,0                     |
| 400  |            | 190        |           | 60,3                     |
| 500  |            | STB        |           | 200                      |
| 600  | 210        |            | 162,7     |                          |
| 700  | 220        |            | 210,3     |                          |
| 800  | 230        |            | 249,9     |                          |
| 900  | 240        |            | 305,0     |                          |
| 1000 | 250        |            | 386,0     |                          |

1) ohne Schraub- bzw. Stopfbuchsenring

**MMB-Stücke**  
**Doppelmuffenstücke mit Muffenabzweig 90°**  
 nach EN 545

**DUKTUS**

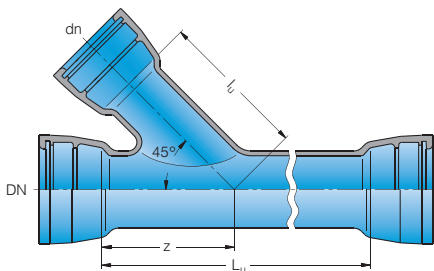


| DN  | dn                 | L <sub>u</sub> [mm] | l <sub>u</sub> [mm] | PFA [bar] | Masse [kg] |
|-----|--------------------|---------------------|---------------------|-----------|------------|
| 80  | 40 <sup>1)2)</sup> | 170                 | 80                  | 40        | 10,5       |
|     | 80                 |                     | 85                  | 64        | 13,7       |
| 100 | 40 <sup>1)2)</sup> | 190                 | 90                  | 40        | 13,6       |
|     | 80                 |                     | 95                  | 64        | 14,7       |
|     | 100                |                     |                     |           | 16,6       |
| 125 | 40 <sup>1)2)</sup> | 170                 | 100                 | 40        | 15,1       |
|     | 80                 |                     | 105                 |           | 64         |
|     | 100                | 195                 | 110                 | 17,8      |            |
|     | 125                | 225                 | 110                 | 19,9      |            |
| 150 | 40 <sup>1)2)</sup> | 170                 | 115                 | 40        | 18,2       |
|     | 80                 |                     | 120                 | 62        | 19,9       |
|     | 100                | 195                 |                     |           | 20,9       |
|     | 150                | 255                 | 125                 | 25,5      |            |
| 200 | 40 <sup>1)2)</sup> | 200                 | 140                 | 40        | 29,5       |
|     | 80 <sup>1)</sup>   |                     | 145                 | 50        | 30,0       |
|     | 100                | 150                 |                     |           | 31,0       |
|     | 150                | 255                 | 150                 | 41,0      |            |
|     | 200                | 315                 | 155                 | 44,6      |            |
| 250 | 80 <sup>1)</sup>   | 200                 | 170                 | 43        | 44,4       |
|     | 100                |                     | 175                 |           | 45,3       |
|     | 125 <sup>1)</sup>  |                     | 175                 |           | 45,5       |
|     | 150                | 260                 | 180                 |           | 50,4       |
|     | 200                | 315                 | 185                 |           | 54,4       |
|     | 250                | 375                 | 190                 |           | 63,9       |
| 300 | 80 <sup>1)</sup>   | 205                 | 195                 | 40        | 55,5       |
|     | 100                | 205                 | 200                 |           | 57,0       |
|     | 150 <sup>1)</sup>  | 320                 | 200                 |           | 60,7       |
|     | 200                | 320                 | 205                 |           | 64,4       |
|     | 250 <sup>1)</sup>  | 430                 | 210                 |           | 79,6       |
|     | 300                | 430                 | 215                 |           | 89,4       |

1) nach Werksnorm; 2) SMU; Masse ohne Schraubring

MMC-Stücke  
 Doppelmuffenstücke mit Muffenabzweig 45°  
 nach Werksnorm

DUKTUS



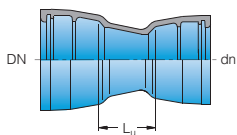
| DN  | dn  | Maße [mm] |       |     | max. PFA [bar] | Masse [kg] ~ |
|-----|-----|-----------|-------|-----|----------------|--------------|
|     |     | $L_u$     | $l_u$ | z   |                |              |
| 80  | 80  | 270       | 200   | 200 | 16             | 20,5         |
| 100 | 80  | 300       | 250   | 250 | 16             | 23,1         |
|     | 100 |           |       |     |                | 27,9         |
| 125 | 100 | 350       | 250   | 250 | 16             | 37,5         |
|     | 125 |           |       |     |                | 38,3         |
| 150 | 80  | 380       | 300   | 300 | 16             | 30,3         |
|     | 100 |           |       |     |                | 33,1         |
|     | 150 |           |       |     |                | 35,9         |
| 200 | 100 | 500       | 360   | 360 | 16             | 52,2         |
|     | 150 |           | 380   | 380 |                | 57,5         |
|     | 200 |           |       |     |                | 59,8         |
| 250 | 100 | 600       | 395   | 395 | 16             | 61           |
|     | 150 |           |       |     |                | 64,2         |
|     | 200 |           | 430   | 430 |                | 93,6         |
|     | 250 |           | 460   | 460 |                | 111,9        |
| 300 | 100 | 700       | 430   | 430 | 16             | 81           |
|     | 150 |           |       |     |                | 84,2         |
|     | 200 |           |       |     |                | 85,2         |
|     | 250 |           | 500   | 500 |                | 117,4        |
|     | 300 |           | 525   | 525 |                | 131,2        |



| DN  | dn  | L <sub>u</sub> | Maße [mm]      |       | max. PFA [bar] | Masse [kg] ~ |
|-----|-----|----------------|----------------|-------|----------------|--------------|
|     |     |                | l <sub>u</sub> | z     |                |              |
| 350 | 150 | 700            | 470            | 470   | 16             | 143,5        |
|     | 200 |                | 510            | 510   |                | 149,8        |
|     | 250 |                | 530            | 530   |                | 160,5        |
|     | 300 |                | 570            | 610   |                | 165,2        |
|     | 350 | 880            | 690            | 760   |                | 183          |
| 400 | 100 | 440            | 480            | 440   | 16             | 119          |
|     | 125 |                | 640            | 490   |                | 450          |
|     | 150 | 570            |                | 580   |                | 127,8        |
|     | 200 | 570            |                | 580   |                | 144,5        |
|     | 300 | 850            |                | 700   |                | 165,6        |
|     | 400 | 850            | 650            | 650   |                | 193          |
| 500 | 100 | 450            | 590            | 515   | 16             | 150,8        |
|     | 150 |                |                |       |                | 160          |
|     | 200 | 740            | 620            | 550   |                | 200,6        |
|     | 250 |                | 640            | 620   |                | 209,3        |
|     | 300 |                | 720            | 680   |                | 213,5        |
|     | 400 | 850            |                | 750   |                | 241          |
|     | 500 | 1.040          | 845            | 845   |                | 357          |
| 600 | 150 | 750            | 750            | 620   | 16             | 215          |
|     | 200 |                |                |       |                | 218,5        |
|     | 250 |                | 775            | 680   |                | 222          |
|     | 300 |                | 800            | 740   |                | 229,5        |
|     | 400 | 1.150          |                | 765   |                | 367          |
|     | 500 | 1210           | 920            | 915   |                | 448          |
|     | 600 |                | 985            | 975   |                | 471          |
| 700 | 200 | 575            | 825            | 675   | 16             | 272          |
|     | 300 | 925            | 885            | 810   |                | 398          |
|     | 400 |                | 940            | 890   |                | 408,5        |
|     | 500 | 1.080          | 1.020          | 990   |                | 596,3        |
|     | 600 | 1.380          | 1.070          | 1.055 |                | 653          |
|     | 700 |                | 1.140          | 1.140 |                | 709          |
| 800 | 600 | 1.250          | 1.150          | 1.110 | 16             | 699,5        |
|     | 800 | 1.550          | 1.275          | 1.275 |                | 964          |

**MMR-Stücke**  
**Doppelmuffen-Übergangsstücke**  
 nach EN 545

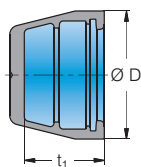
**DUKTUS**



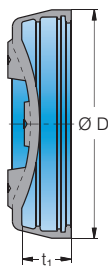
| DN                | dn  | $L_U$ [mm] | max. PFA [bar] | Masse [kg] ~ |      |
|-------------------|-----|------------|----------------|--------------|------|
| 100               | 80  | 90         | 100            | 9,0          |      |
| 125               | 80  | 140        | 64             | 9,9          |      |
|                   | 100 | 100        |                | 9,8          |      |
| 150               | 80  | 190        |                | 14,6         |      |
|                   | 100 | 150        |                | 15,3         |      |
|                   | 125 | 100        |                | 15,4         |      |
| 200               | 100 | 250        |                | 18,3         |      |
|                   | 125 | 200        |                | 18,7         |      |
|                   | 150 | 150        |                | 18,7         |      |
| 250               | 125 | 300        |                | 50           | 30,1 |
|                   | 150 | 250        |                |              | 33,6 |
|                   | 200 | 150        | 33,9           |              |      |
| 300               | 150 | 350        | 46,6           |              |      |
|                   | 200 | 250        | 41,9           |              |      |
|                   | 250 | 150        | 42,8           |              |      |
| 350               | 200 | 360        | 40             |              | 45,3 |
|                   | 250 | 260        |                |              | 44,8 |
|                   | 300 | 160        |                |              | 43,6 |
| 400               | 250 | 360        |                |              | 30   |
|                   | 300 | 260        |                | 65,5         |      |
|                   | 350 | 160        |                | 68,0         |      |
| 500               | 350 | 500        |                | 138,3        |      |
|                   | 400 | 500        |                | 146,7        |      |
| 600 <sup>1)</sup> | 400 | 500        |                | 177,8        |      |
|                   | 500 | 500        |                | 181,8        |      |
| 700 <sup>1)</sup> | 500 | 500        | 331,5          |              |      |
|                   | 600 | 500        | 346,2          |              |      |
| 800               | 600 | 480        | 276,3          |              |      |
|                   | 700 | 280        | 247,0          |              |      |
| 900               | 700 | 480        | 363,0          |              |      |
|                   | 800 | 280        | 340,0          |              |      |
| 1000              | 800 | 480        | 453,0          |              |      |
|                   | 900 | 280        | 442,0          |              |      |

1) nach Werksnorm





DN 80 bis DN 250

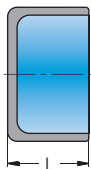


DN 300 bis DN 600

| DN  | Maße [mm] |     | max. PFA [bar] | Masse [kg] ~ |
|-----|-----------|-----|----------------|--------------|
|     | D         | t1  |                |              |
| 80  | 146       | 84  | 25             | 4,5          |
| 100 | 166       | 88  | 25             | 4,8          |
| 125 | 193       | 91  | 25             | 6,0          |
| 150 | 224       | 94  | 25             | 8,0          |
| 200 | 280       | 100 | 25             | 12,0         |
| 250 | 336       | 105 | 25             | 19,0         |
| 300 | 391       | 110 | 25             | 27,0         |
| 350 | 450       | 110 | 25             | 34,0         |
| 400 | 503       | 110 | 25             | 45,0         |
| 500 | 598       | 120 | 25             | 73,0         |
| 600 | 707       | 120 | 25             | 110,0        |

**P-Stücke**  
**Muffen-Verschlussstopfen**  
**für TYTON®- und Schraubmuffen**  
 nach Werksnorm

**DUKTUS**



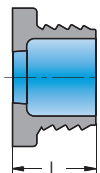
| DN  | Verbindung | Maße [mm]<br>L | max. PFA [bar] | Masse [kg] ~ |
|-----|------------|----------------|----------------|--------------|
| 40  | TYT/SMU    | 82             | 16             | 1            |
| 80  | TYT/SMU    | 90             |                | 3            |
| 100 | TYT/SMU    | 98             |                | 4            |
| 125 | TYT/SMU    | 99             |                | 6            |
| 150 | TYT/SMU    | 103            |                | 7,5          |
| 200 | TYT/SMU    | 108            |                | 12           |
| 250 | TYT/SMU    | 120            |                | 18           |
| 300 | TYT/SMU    | 125            |                | 25,5         |
| 350 | TYT/SMU    | 125            |                | 37,5         |
| 400 | TYT/SMU    | 125            |                | 46,5         |
| 500 | TYT/SMU    | 173            | 80             |              |

Für den Einsatz von P-Stücken in Schraubmuffen sind zusätzlich Schraubringe für P-Stücke zu verwenden. Siehe nächste Seite.

## Schraubringe für P-Stücke

nach Werksnorm

# DUKTUS

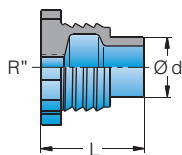


| DN  | Verbindung | Maße [mm]<br>L | max. PFA [bar] | Masse [kg] ~ |
|-----|------------|----------------|----------------|--------------|
| 40  | SMU        | 65             | 16             | 1,6          |
| 50  | SMU        | 67             |                | 1,8          |
| 80  | SMU        | 72             |                | 2,9          |
| 100 | SMU        | 75             |                | 3,4          |
| 125 | SMU        | 78             |                | 4,4          |
| 150 | SMU        | 81             |                | 5,5          |
| 200 | SMU        | 86             |                | 9            |
| 250 | SMU        | 92             |                | 13           |
| 300 | SMU        | 94             | 17,5           |              |

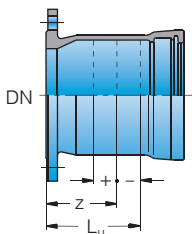
Schraubringe für P-Stücke werden im Zusammenhang mit P-Stücken zum Verschließen von Schraubmuffen verwendet. Siehe vorhergehende Seite.

PX-Stücke  
Schraubstopfen für Schraubmuffen  
nach Werksnorm

DUKTUS

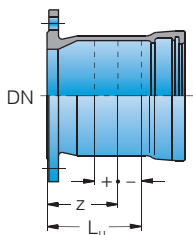


| DN | Verbindung | L  | Maße [mm]<br>d | R     | max. PFA<br>[bar] | Masse [kg] ~ |
|----|------------|----|----------------|-------|-------------------|--------------|
| 40 | SMU        | 97 | 56             | ¾"-2" | 16                | 2            |



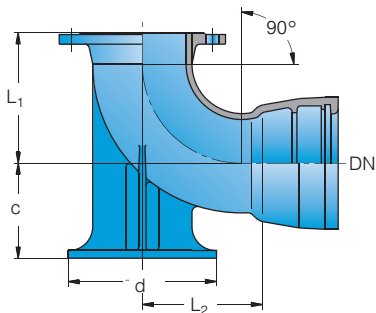
| DN  | Verbindung | Maße [mm]      |                 |     | Masse [kg] <sup>2)</sup> ~ |       |       |      |
|-----|------------|----------------|-----------------|-----|----------------------------|-------|-------|------|
|     |            | L <sub>u</sub> | z <sup>1)</sup> | +/- | PN10                       | PN16  | PN25  | PN40 |
| 80  | TYT        | 130            | 86              | 40  | 7,5                        |       |       |      |
|     | SMU        |                |                 |     | 7,8                        | a. A. |       |      |
| 100 | TYT        | 130            | 87              | 40  | 10,2                       | 10,7  |       |      |
|     | SMU        |                |                 |     | 10,2                       | a. A. |       |      |
| 125 | TYT        | 135            | 91              | 40  | 11,4                       | 12    | 13,2  |      |
|     | SMU        |                |                 |     | 12,8                       | a. A. |       |      |
| 150 | TYT        | 135            | 92              | 40  | 15,5                       | 18,5  |       | 19,5 |
|     | SMU        |                |                 |     | 15,5                       | a. A. |       |      |
| 200 | TYT        | 140            | 97              | 40  | 19,8                       | 19,8  | 22    | 26,5 |
|     | SMU        |                |                 |     | 20,5                       | 20,5  | a. A. |      |

1) Richtmaß für den Einbau, 2) Massen STB/SMU ohne Stopfbuchsen- bzw. Schraubring



| DN   | Verbindung | Maße [mm]      |                 |     | Masse [kg] <sup>2)</sup> ~ |       |       |       |
|------|------------|----------------|-----------------|-----|----------------------------|-------|-------|-------|
|      |            | L <sub>u</sub> | z <sup>1)</sup> | +/- | PN10                       | PN16  | PN25  | PN40  |
| 250  | TYT        | 145            | 102             | 40  | 31,7                       | 31,7  | 33,7  | 40,2  |
|      | SMU        |                |                 |     | 30,7                       | 30,7  | a. A. |       |
| 300  | TYT        | 150            | 107             | 40  | 44                         | 44    | 49,8  | 54    |
|      | SMU        |                |                 |     | 40                         | 40    | a. A. |       |
| 350  | TYT        | 155            | 112             | 40  | 52                         | 56    | 60    | 70,5  |
|      | SMU        |                |                 |     | 48                         | 49    | a. A. |       |
| 400  | TYT        | 160            | 117             | 40  | 63,6                       | 67,6  | 83,6  | 105,6 |
|      | SMU        |                |                 |     | 54,1                       | 59,6  | a. A. |       |
|      | STB        |                |                 |     | 68,1                       | 71,6  | a. A. |       |
| 500  | TYT        | 170            | 127             | 40  | 92,3                       | 105,8 | 115,8 | 126,8 |
|      | STB        |                |                 |     | 99,3                       | 115,8 | a. A. |       |
| 600  | TYT        | 180            | 137             | 40  | 118,6                      | 141,6 | 143,1 | 184,1 |
|      | STB        |                |                 |     | 138,1                      | 159,6 | a. A. |       |
| 700  | TYT        | 190            | 147             | 40  | 171,8                      | 185,2 | 195   | -     |
|      | STB        |                |                 |     | 186                        | 186   | a. A. |       |
| 800  | TYT        | 200            | 157             | 40  | 236,2                      | 256,2 | 276,2 | -     |
|      | STB        |                |                 |     | 238,5                      | 250   | a. A. |       |
| 900  | TYT        | 210            | 167             | 40  | 274,2                      | 271,2 | 345   | -     |
|      | STB        |                |                 |     | 235,2                      | 256,2 | a. A. |       |
| 1000 | TYT        | 220            | 177             | 40  | 332,1                      | 347,1 | 442,1 | -     |
|      | STB        |                |                 |     | 312,7                      | 362,7 | a. A. |       |

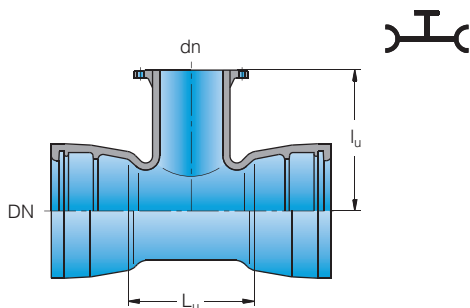
1) Richtmaß für den Einbau, 2) Massen STB/SMU ohne Stopfbuchsen- bzw. Schraubring



| DN  | Maße [mm]      |                |     |     | Masse [kg] ~ |      |      |      |
|-----|----------------|----------------|-----|-----|--------------|------|------|------|
|     | L <sub>1</sub> | L <sub>2</sub> | c   | □ d | PN10         | PN16 | PN25 | PN40 |
| 80  | 165            | 145            | 110 | 180 | 15,3         |      |      |      |
| 100 | 180            | 158            | 125 | 200 | 18,4         |      | 18,4 |      |

**MMA-Stücke**  
**Doppelmuffenstücke mit Flanschabzweig**  
 nach EN 545

**DUKTUS**



| DN  | dn               | Maße [mm]      |                | Masse [kg] ~ |      |      |      |
|-----|------------------|----------------|----------------|--------------|------|------|------|
|     |                  | L <sub>u</sub> | l <sub>u</sub> | PN10         | PN16 | PN25 | PN40 |
| 80  | 40 <sup>1)</sup> | 170            | 155            | 10,8         |      |      |      |
|     | 50 <sup>1)</sup> |                | 160            | 11,4         |      |      |      |
|     | 80               |                | 165            | 12,9         |      |      |      |
| 100 | 40 <sup>1)</sup> | 170            | 170            | 12,6         |      |      |      |
|     | 50 <sup>1)</sup> |                | 170            | 13,2         |      |      |      |
|     | 80               |                | 175            | 14,5         |      |      |      |
|     | 100              | 190            | 180            | 15,8         | 16,3 |      |      |
| 125 | 40 <sup>1)</sup> | 170            | 185            | 16           |      |      |      |
|     | 80               |                | 190            | 18           |      |      |      |
|     | 100              | 195            | 195            | 19,3         | 19,8 |      |      |
|     | 125              | 255            | 200            | 21,6         | 22,1 | 23,6 |      |
| 150 | 40 <sup>1)</sup> | 170            | 195            | 19,2         |      |      |      |
|     | 50 <sup>1)</sup> |                | 200            | 19,9         |      |      |      |
|     | 80               |                | 205            | 21,3         |      |      |      |
|     | 100              | 195            | 210            | 22,7         | 23,2 |      |      |
|     | 150              | 255            | 220            | 27,4         | 29,4 | 30,9 |      |
| 200 | 40 <sup>1)</sup> | 175            | 230            | 26,7         |      |      |      |
|     | 50 <sup>1)</sup> |                | 230            | 28           |      |      |      |
|     | 80               |                | 235            | 28,6         |      |      |      |
|     | 100              | 200            | 240            | 30,4         | 30,9 |      |      |
|     | 150              | 255            | 250            | 36,1         | 37,1 | 39,1 |      |
|     | 200              | 315            | 260            | 42,2         | 41,7 | 43,7 | 49,2 |

1) nach Werksnorm





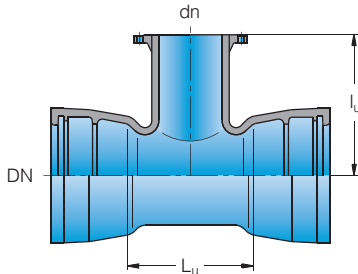
| DN  | dn                | Maße [mm]      |                | Masse [kg] ~ |       |       |       |
|-----|-------------------|----------------|----------------|--------------|-------|-------|-------|
|     |                   | L <sub>u</sub> | L <sub>v</sub> | PN10         | PN16  | PN25  | PN40  |
| 250 | 80                | 180            | 265            | 37,9         |       |       |       |
|     | 100               | 200            | 270            | 39,7         |       | 40,2  |       |
|     | 150               | 260            | 280            | 46,3         |       | 47,3  | 49,3  |
|     | 200               | 315            | 290            | 52,9         | 52,9  | 54,9  | 60,4  |
|     | 250               | 375            | 300            | 61           | 60,5  | 64,5  | 74,5  |
| 300 | 80                | 180            | 295            | 47,2         |       |       |       |
|     | 100               | 205            | 300            | 50           |       | 50,5  |       |
|     | 150               | 260            | 310            | 57           |       | 58    | 60    |
|     | 200               | 320            | 320            | 65           | 65    | 67    | 72,5  |
|     | 300               | 435            | 340            | 83,6         | 83,1  | 88,6  | 104,6 |
| 350 | 100               | 205            | 330            | 59,3         |       | 59,8  |       |
|     | 200               | 325            | 350            | 77,2         | 76,7  | 79,2  | 84,2  |
|     | 350               | 495            | 380            | 106          | 109,6 | 117,6 | 138,6 |
| 400 | 80                | 185            | 355            | 67,8         |       |       |       |
|     | 100               | 210            | 360            | 71,4         |       | 71,9  |       |
|     | 150               | 270            | 370            | 81,4         |       | 82,4  |       |
|     | 200               | 325            | 380            | 91,1         | 90,6  | 92,6  | 98,1  |
|     | 300               | 440            | 400            | 113,5        | 113,5 | 118,5 | 134,5 |
|     | 400               | 560            | 420            | 135,6        | 140,6 | 152,6 | 185,6 |
| 500 | 80 <sup>1)</sup>  | 215            | 415            | 103          |       |       |       |
|     | 100               |                | 420            | 104          |       | 104   |       |
|     | 150 <sup>1)</sup> | 330            | 430            | 126          |       | 128   |       |
|     | 200               |                | 440            | 127,9        | 127,9 | 129,9 | 134,9 |
|     | 250 <sup>1)</sup> |                | 450            | 157          | 156   | 161   | 173   |
|     | 300 <sup>1)</sup> | 450            | 460            | 156,7        | 155,7 | 161,7 | 176,7 |
|     | 350 <sup>1)</sup> |                | 470            | 182          | 188   | 199   | 230   |
|     | 400               | 565            | 480            | 182,5        | 188,5 | 199,5 | 233,5 |
|     | 500               |                | 680            | 500          | 212,1 | 227,1 | 239,1 |

1) nach Werknorm



| DN  | dn                | Maße [mm]      |                | Masse [kg] ~ |       |       |       |
|-----|-------------------|----------------|----------------|--------------|-------|-------|-------|
|     |                   | L <sub>u</sub> | L <sub>u</sub> | PN10         | PN16  | PN25  | PN40  |
| 600 | 80 <sup>1)</sup>  | 340            | 475            | 163          |       |       |       |
|     | 100 <sup>1)</sup> |                | 480            | 164          |       | 165   |       |
|     | 150 <sup>1)</sup> |                | 490            | 166          |       | 167   | 168   |
|     | 200               | 340            | 500            | 168,5        | 168,5 | 170,5 | 175,5 |
|     | 250 <sup>1)</sup> | 570            | 510            | 224          | 224   | 228   | 238   |
|     | 300 <sup>1)</sup> |                | 520            | 230          | 230   | 235   | 251   |
|     | 350 <sup>1)</sup> |                | 530            | 233          | 236   | 245   | 266   |
|     | 400               |                | 540            | 233,3        | 239,3 | 250,3 | 284,3 |
|     | 500 <sup>1)</sup> | 800            | 560            | 303          | 317   | 327   | 361   |
|     | 600               |                | 580            | 308,7        | 335,7 | 349,7 | 401,7 |
| 700 | 80 <sup>1)</sup>  | 345            | 505            | 250          |       |       |       |
|     | 100               |                | 510            | 250          |       | 250   |       |
|     | 150 <sup>1)</sup> |                | 520            | 262          |       | 263   |       |
|     | 200               | 575            | 525            | 255,3        | 255,3 | 257,3 |       |
|     | 300 <sup>1)</sup> |                | 540            | 327          | 327   | 343   |       |
|     | 400               |                | 555            | 386,7        | 392,7 | 403,7 |       |
|     | 500 <sup>1)</sup> |                | 570            | 432          | 446   | 480   |       |
|     | 600 <sup>1)</sup> | 925            | 585            | 457          | 481   | 502   |       |
|     | 700               | 925            | 600            | 481          | 496   | 531   |       |
| 800 | 100 <sup>1)</sup> | 350            | 570            | 325          |       | 326   |       |
|     | 150 <sup>1)</sup> | 303            | 580            | 316          |       | 318   |       |
|     | 200               | 350            | 585            | 316,9        | 316,9 | 318,9 |       |
|     | 250 <sup>1)</sup> | 360            |                | 350          | 349   | 352   |       |
|     | 300 <sup>1)</sup> | 580            | 600            | 417          | 417   | 422   |       |
|     | 400               |                | 615            | 405,4        | 411,4 | 422,4 |       |
|     | 500 <sup>1)</sup> |                | 630            | 590          | 605   | 617   |       |
|     | 600               | 1.045          | 645            | 579          | 606   | 620   |       |
| 800 | 675               |                | 612            | 611          | 680   |       |       |

1) nach Werksnorm

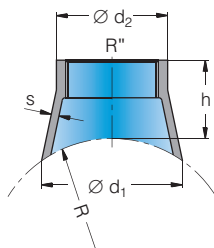


| DN   | dn                | Maße [mm] |       | Masse [kg] ~ |       |       | PN40 |
|------|-------------------|-----------|-------|--------------|-------|-------|------|
|      |                   | $L_u$     | $l_u$ | PN10         | PN16  | PN25  |      |
| 900  | 100 <sup>1)</sup> | 355       | 630   | 451          |       | 452   | -    |
|      | 150 <sup>1)</sup> | 355       | 640   | 443          |       | 444   |      |
|      | 200 <sup>1)</sup> | 355       | 645   | 453,5        | 453,5 | 455,5 |      |
|      | 250 <sup>1)</sup> | 590       | 655   | 474          | 474   | 477   |      |
|      | 300 <sup>1)</sup> | 590       | 660   | 561          | 561   | 561   |      |
|      | 400               | 590       | 675   | 560          | 565   | 577   |      |
|      | 500 <sup>1)</sup> | 1.170     | 690   | 813          | 827   | 861   |      |
|      | 600               |           | 705   | 810,5        | 837,5 | 851,5 |      |
| 900  | 750               |           | 921   | 969          | 1.090 |       |      |
| 1000 | 200               | 360       | 705   | 556          | 556   | 558   | -    |
|      | 250 <sup>1)</sup> | 400       |       | 520          | 519   | 522   |      |
|      | 300 <sup>1)</sup> | 595       | 720   | 670          | 670   | 675   |      |
|      | 400               | 595       | 735   | 679,5        | 685   | 696,5 |      |
|      | 600               | 1.290     | 765   | 1.029        | 1.056 | 1.070 |      |
|      | 800 <sup>1)</sup> |           | 795   | 1.044        | 1.063 | 1.112 |      |
|      | 900 <sup>1)</sup> |           | 810   | 1.128        | 1.147 | 1.196 |      |
|      | 1000              |           | 825   | 1.149        | 1.139 | 1.217 |      |

1) nach Werksnorm

Sonstiges  
 Anschweißstutzen  
 für Rohre aus duktilem Gusseisen  
 Gerade Stutzen mit Innengewinde

DUKTUS



| Anschluss-<br>nennweite<br>R'' | Radius<br>R | für Rohr-<br>nennwerte<br>DN | Maße [mm]        |                  |   |    | Masse<br>[kg] ~ |
|--------------------------------|-------------|------------------------------|------------------|------------------|---|----|-----------------|
|                                |             |                              | Ø d <sub>1</sub> | Ø d <sub>2</sub> | s | h  |                 |
| 2''                            | 98          | 150-200                      | 90               | 71               | 8 | 50 | 0,7             |

Für andere Rohrenweiten (DN) ist R anzupassen

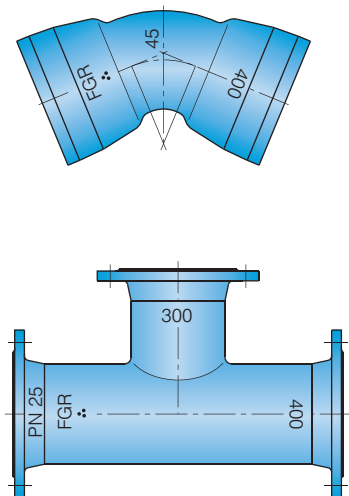
Alle von Mitgliedsfirmen der „Fachgemeinschaft Gussrohrsysteme/European Association for Ductile Iron Pipe Systems (FGR/EADIPS)“ hergestellten Formstücke tragen das Zeichen „FGR“ – Ausdruck der Einhaltung aller Richtlinien zur Erlangung des „Qualitätssiegels FGR“.

Darüber hinaus sind die Stücke mit der Nennweite und die Bögen mit dem jeweiligen Zentrierwinkel gekennzeichnet.

Bei Flanschenformstücken werden die Nenndrücke 16, 25 und 40 aufgegossen oder aufgestempelt. Flanschenformstücke für PN 10 und alle Muffenformstücke sind ohne Nenndruckangabe.

Zur Kennzeichnung des Werkstoffes „duktiler Gusseisen“ tragen die Formstücke drei im Dreieck (♣) erhabene auf der Außenfläche angeordnete Punkte.

In Sonderfällen können weitere Markierungen festgelegt werden.



### Geltungsbereich

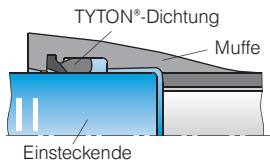
Diese Einbauanleitung gilt für Rohre und Formstücke aus duktilem Gusseisen nach EN 545 und DIN 28 650 mit TYTON®-Steckmuffen-Verbindung nach DIN 28 603. Für Einbau und Montage von längskraftschlüssigen Verbindungen (BLS® und BRS®) und/oder Rohren mit Zementmörtel-Umhüllung (ZMU) liegen besondere Einbauanleitungen vor.

Empfehlungen für Transport, Lagerung und Einbau siehe Seite 289ff.

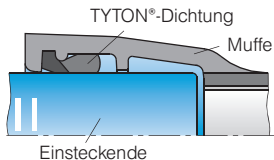
Montagegeräte und Hilfsmittel siehe Kapitel 7.

**Vor dem Einsatz von nicht formschlüssigen Verbindungen in Düker- und Brückenleitungen, Freileitungen, sowie vor dem Einbau in Steilhängen, Schutzrohren, Kollektoren oder bei instabilen Bodenverhältnissen, sollte in jedem Fall unsere Anwendungstechnik angesprochen werden.**

### Aufbau der Verbindung

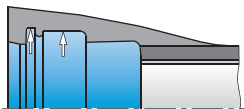


DN 80 bis DN 600



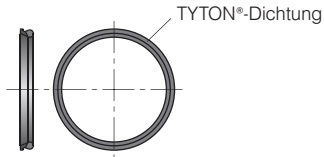
DN 700 bis DN 1000 (Langmuffe)

### Reinigen

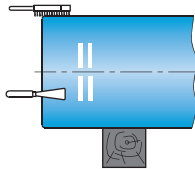


Die mit Pfeil gekennzeichneten Flächen an Dichtungssitz und Haltenut sind zu reinigen und eventuelle Anstrichhäufungen zu entfernen.

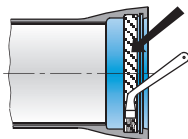
Zum Reinigen der Haltenut einen Kratzer, z. B. einen umgebogenen Schraubendreher, verwenden.



Einsteckende bis zur Strichmarkierung reinigen. Verschmutzungen und eventuelle Farbanhaftungen entfernen.



Nur die gerastert gekennzeichnete Dichtfläche mit dem vom Rohrhersteller mitgelieferten Gleitmittel sorgfältig und dünn bestreichen.  
 Hinweis: Kein Gleitmittel in die Haltenut (schmale Kammer) einbringen!  
 Bei heißer, trockener Witterung (Sommer) das Gleitmittel erst unmittelbar vor der Montage auftragen, da es sonst austrocknen kann.  
 Bei kalter Witterung (Winter) das Gleitmittel und die Dichtung bis kurz vor Gebrauch warm lagern, dadurch ist eine wesentlich einfachere Montage gegeben.



### Zusammenbau der Verbindung

Einlegen der TYTON®-Dichtung.

Dichtung reinigen und herzförmig zusammendrücken.

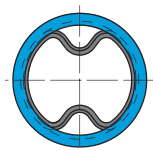


Dichtung so in die Muffe einsetzen, dass die äußere Hartgummikralle in die Haltnut der Muffe eingreift.

Anschließend die Schlaufe glattdrücken.

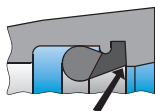


Macht das Glattdrücken der Schlaufe Schwierigkeiten, dann an der gegenüberliegenden Seite eine zweite Schlaufe ziehen. Diese beiden kleinen Schlaufen lassen sich dann ohne Mühe glattdrücken.

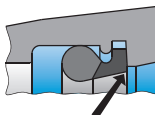




Die Dichtung darf mit der inneren Hartgummikante nicht über den Zentrierbund herausragen.



**richtig**

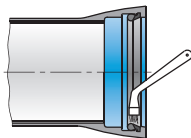


**falsch**

Auf die Dichtung eine dünne Schicht Gleitmittel auftragen.

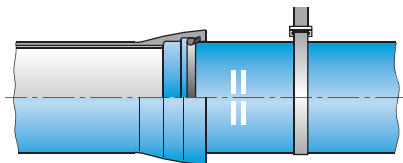
Bei heißer, trockenerer Witterung (Sommer) das Gleitmittel erst unmittelbar vor der Montage auftragen, da es sonst austrocknen kann.

Bei kalter Witterung (Winter) das Gleitmittel bis kurz vor Gebrauch warm lagern, dadurch ist eine wesentlich einfachere Montage gegeben.

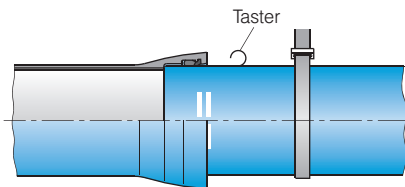


Einsteckende – besonders an der Anfasung – dünn mit Gleitmittel bestreichen und dann soweit in die Muffe einführen, bis es an der Dichtung zentrisch anliegt. Die Achsen des liegenden und des einzuziehenden Rohres oder Formstückes müssen eine gerade Linie bilden.

Hebevorrichtung erst  
entfernen wenn die  
Verbindung hergestellt ist.



Einsteckende soweit in die Muffe schieben bis der erste Markierungsstrich nicht mehr zu sehen ist.



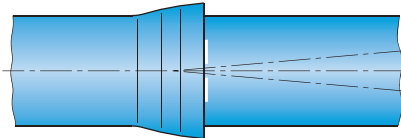
Nach Herstellen der Verbindung den Sitz der Dichtung mit dem Taster am gesamten Umfang prüfen. Dabei sollte man über den gesamten Umfang gleichmäßig tief in den Spalt zwischen Einsteckende und Muffenstirn eindringen. Ist es an einer oder mehreren Stellen möglich tiefer einzudringen, so besteht die Möglichkeit, dass an diesen Stellen die Dichtung aus der Haltnut herausgeschoben wurde und somit Undichtigkeiten vorliegen. In diesem Fall muss die Verbindung demontiert und der Dichtungssitz kontrolliert werden.

## Abwinkeln

Nach Fertigstellung der Verbindung können Rohre und Formstücke abgewinkelt werden:

- bis DN 300 – maximal 5°
- DN 400 – maximal 4°
- DN 1000 – maximal 3°

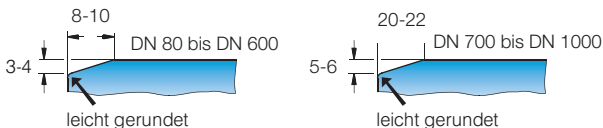
1° Abwinkelung ergibt auf eine Rohrlänge von 6 m ca. 10 cm Abweichung von der Achse des zuvor eingebauten Rohres oder Formstückes; z. B. bei 3° = 30 cm.



## Kürzen von Rohren

Auf Schnittfähigkeit der Rohre ist zu achten (siehe Seite 364). Gekürzte Rohre müssen an den Schnittflächen entsprechend den Originaleinsteckenden angefasst werden.

Die Anfasung muss gemäß Skizze ausgeführt werden.



Die Schnittfläche ist nachzustreichen (siehe Seite 366).

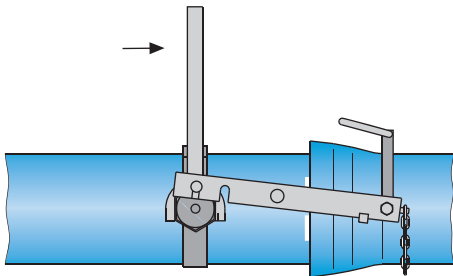
Strichmarkierungen vom Originaleinsteckende auf das geschnittene Einsteckende übertragen.

### Demontage

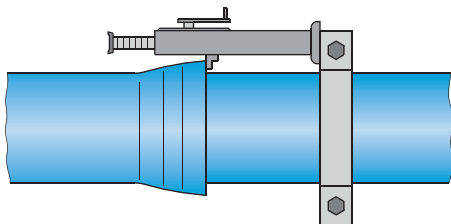
Neu eingebaute Rohre und Formstücke lassen sich – falls erforderlich – ohne besondere Hilfsmittel demontieren. Dazu das Montagegerät verwenden bzw. Rohr oder Formstück unter Zug nur leicht hin- und herbewegen.

Leitungen mit TYTON®-Steckmuffen-Verbindungen, die bereits länger liegen, lassen sich wie folgt demontieren.

### Mit einem Montagegerät



### Mit einer Schelle und mittels Zahnstangenwinde



### Geltungsbereich

Diese Einbauanleitung gilt für Rohre und Formstücke aus duktilem Gusseisen nach EN 545 und DIN 28 650 mit längskraftschlüssiger BRS®-Steckmuffen-Verbindung nach DIN 28 603. Für Einbau und Montage von anderen längskraftschlüssigen Verbindungen und/oder Rohren mit Zementmörtel-Umhüllung (ZMU) liegen besondere Einbauanleitungen vor.

Empfehlungen für Transport, Lagerung und Einbau siehe Seite 289 ff.

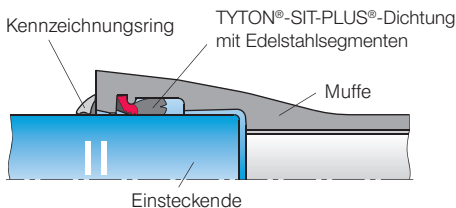
Montagegeräte und Hilfsmittel siehe Kapitel 7.

Die Zahl der zu sichernden Verbindungen ist gemäß dem DVGW-Merkblatt GW 368 festzulegen (siehe Seite 301 ff.).

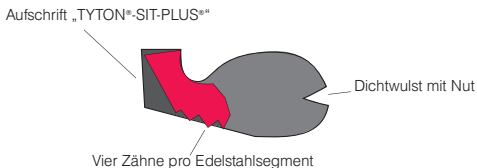
**Vor dem Einsatz von nicht formschlüssigen Verbindungen in Düker- und Brückenleitungen, Freileitungen, sowie vor dem Einbau in Steilhängen, Schutzrohren, Kollektoren oder bei instabilen Bodenverhältnissen, sollte in jedem Fall unsere Anwendungstechnik angesprochen werden.**

**Die BRS®-Verbindung ist nicht für grabenlose Einbauverfahren geeignet!**

### Aufbau der Verbindung

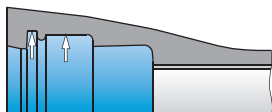


**Achtung!** Drei wesentliche Erkennungsmerkmale der TYTON®-SIT-PLUS®-Dichtung sind:

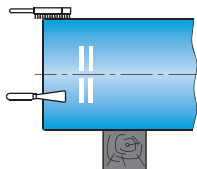


### Reinigen

Die mit Pfeil gekennzeichneten Flächen an Dichtungssitz und Haltenut sind zu reinigen und eventuelle Anstrichhäufungen zu entfernen.



Zum Reinigen der Haltenut einen Kratzer, z. B. einen umgebogenen Schraubendreher, verwenden.



Einsteckende bis zur Strichmarkierung reinigen. Verunreinigungen und eventuelle Farbanhaftungen entfernen.

### Zusammenbau der Verbindung

Einlegen der TYTON®-SIT-PLUS®-Dichtung gemäß Einbauanleitung der TYTON®-Steckmuffen-Verbindung (siehe Seite 164 ff.).

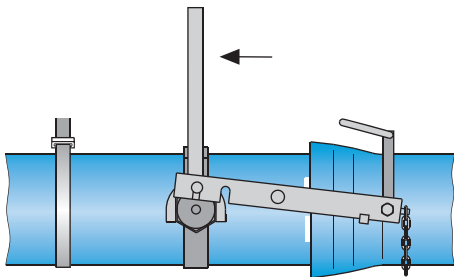


TYTON®-SIT-PLUS®-Dichtung reinigen, herzförmig zusammendrücken und in den Dichtungssitz einsetzen.

**Achtung!** Die innere Schlaufe muss zwischen zwei Segmenten liegen.

Auf der eingesetzten TYTON®-SIT-PLUS®-Dichtung eine dünne Schicht Gleitmittel auftragen.

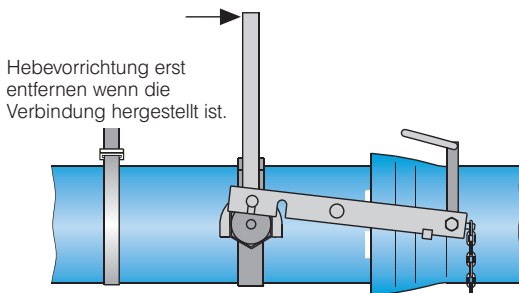
Den mit weißem Farbstreifen markierten und profilierten Kennzeichnungsring auf das Einsteckende schieben. Einsteckende – besonders an den Anfassungen – dünn mit Gleitmittel bestreichen und dann soweit in die Muffe einführen bis es an der TYTON®-SIT-PLUS®-Dichtung zentrisch anliegt. Verlegegerät auf Muffe und Einsteckende montieren und damit Einsteckende des einzuführenden Rohres oder Formstückes in die Muffe des bereits verlegten Rohres ziehen. Hierbei Abwinkelung vermeiden.



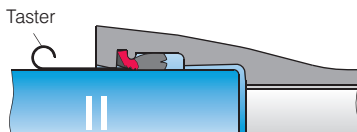
Einsteckende soweit in die Muffe schieben bis der erste Markierungsstrich nicht mehr zu sehen ist. Ein Verdrehen der Verbindung ist nun nicht mehr zulässig.

### Verriegeln

Das Rohr bis zum Eingreifen der TYTON®-SIT-PLUS®-Edelstahlsegmente aus der Muffe herausziehen bzw. herausdrücken, z. B. mit einem Montagegerät.



Jetzt ist die Verbindung längskraftschlüssig.



Nach Herstellen der Verbindung ist der korrekte Sitz der TYTON®-SIT-PLUS®-Dichtung mit dem mitgelieferten Taster am gesamten Umfang zu prüfen. Dabei ist zu beachten, dass man über den gesamten Umfang gleichmäßig tief in den Spalt zwischen Einsteckende und Muffenstirn eindringt. Im Bereich der Segmente ist die Eindringtiefe gewöhnlich größer als im restlichen Bereich der Dichtung. Sollte an einer oder mehreren Stellen eine ungewöhnlich große Eindringtiefe vorliegen, kann hier eine Schlaufe und somit Undichte vorliegen. In diesem Fall muss die Verbindung demontiert und der Dichtungssitz kontrolliert werden.

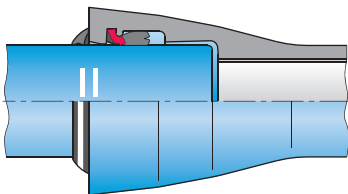
**Achtung:**

Demontierte TYTON®-SIT-PLUS®-Dichtungen nicht wiederverwenden!



## Kennzeichnung der Verbindung

Für eine dauerhafte Kennzeichnung der längskraftschlüssigen Steckmuffen-Verbindung liefern wir einen profilierten Gummiring mit weißem Farbstreifen auf der Mantelfläche. Die Anordnung des Ringes erfolgt wie in der Abbildung gezeigt, vor Montage der Verbindung.



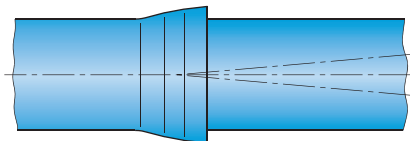
## Abwinkeln

Nach Fertigstellung der Verbindung können Rohre und Formstücke abgewinkelt werden:

DN 80 bis DN 350 – maximal 3°

DN 400 bis DN 600 – maximal 2°

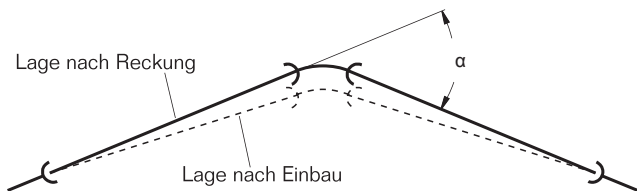
1° Abwinkelung ergibt auf eine Rohrlänge von 6 m ca. 10 cm Abweichung von der Achse des zuvor eingebauten Rohres oder Formstückes; z. B. bei 3° = 30 cm.



### Montagehinweis

Es ist zu beachten, dass in Abhängigkeit vom Innendruck und den Verbindungstoleranzen Reckungen bis etwa 8 mm je Verbindung auftreten können.

Um dem Reckweg der Leitung bei der Druckaufgabe Rechnung zu tragen, werden die Verbindungen an den Bogen mit der max. zulässigen Abwinkelung negativ eingestellt.



### Kürzen von Rohren

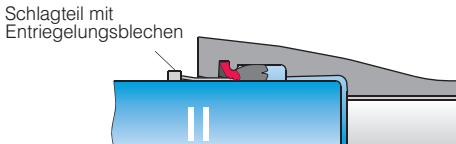
Auf Schnittfähigkeit der Rohre ist zu achten (siehe Seite 364).

Strichmarkierungen vom Originaleinsteckende auf das geschnittene Einsteckende übertragen.

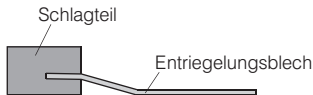
## Demontage

Das Rohr bis zum Anschlag in die Muffe einschieben.

Die Entriegelungsbleche mit Gleitmittel bestreichen und mittels Schlagteil ringsum in den Muffenspalt einschlagen. Anschließend die Verbindung mit dem Montagegerät oder der Demontageschelle demontieren.



Ein Demontagegerät setzt sich zusammen aus einem Schlagteil und der in nachfolgender Tabelle angegebenen Anzahl der Entriegelungsbleche.



| DN        | 80 | 100 | 125 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 500 | 600 |
|-----------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Stückzahl | 4  | 4   | 5   | 6   | 8   | 10  | 12  | 14  | 16  | 19  | 23  |

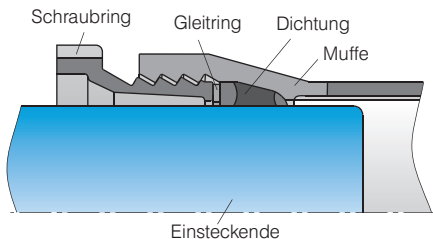
### Geltungsbereich

Diese Einbauanleitung gilt für Formstücke aus duktilem Gusseisen nach EN 545 mit Schraubmuffen-Verbindung nach DIN 28 601.

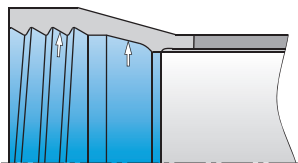
Empfehlungen für Transport, Lagerung und Einbau siehe Seite 289ff.

Montagegeräte und Hilfsmittel siehe Kapitel 7.

### Aufbau der Verbindung

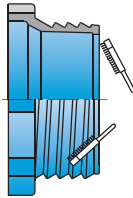


### Reinigen

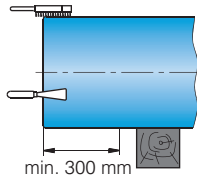


Die mit Pfeil gekennzeichneten Flächen an Dichtungssitz und Gewinde sind zu reinigen und eventuelle Anstrichhäufungen zu entfernen.  
Zum Reinigen des Dichtungssitzes und des Gewindes z. B. eine Drahtbürste verwenden.

Vordere Druckfläche und Gewinde des Schraubinges gut reinigen.



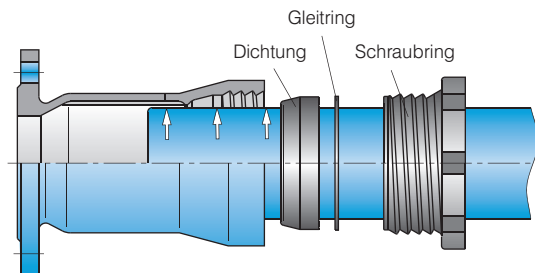
Einsteckende auf mindestens 300 mm Länge reinigen. Verunreinigungen und eventuelle Farbanhaftungen entfernen.



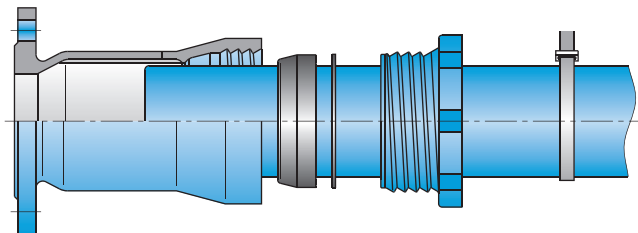
### Zusammenbau der Verbindung

Schraubring, Gleitring und Dichtung in der angegebenen Reihenfolge auf das Einsteckende schieben.

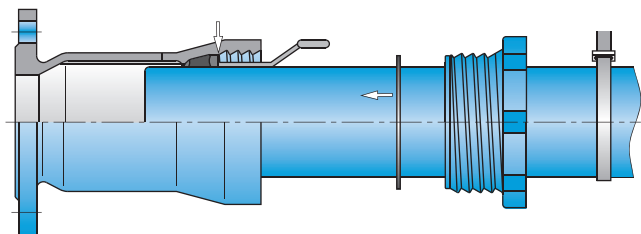
Einsteckende gut mit dem vom Rohrhersteller mitgelieferten Gleitmittel bestreichen.



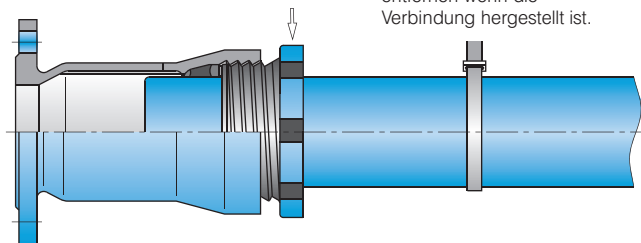
Einsteckende in die Muffe einführen, zentrieren und Einbautiefe überprüfen.



Mit Strickeisen Dichtung in die Dichtkammer eindrücken und Gleitring bis zur Anlage an die Dichtung vorschieben.



Schraubung soweit wie möglich von Hand eindrehen.

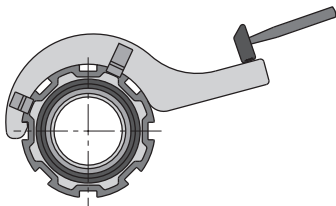


Hebevorrichtung erst entfernen wenn die Verbindung hergestellt ist.

### Anziehen mit Hammer bis DN 150

| DN      | Hammermasse in kg ~ |
|---------|---------------------|
| bis 100 | 1,5 – 2             |
| bis 150 | 2,5 – 3             |

### Hakenschlüssel



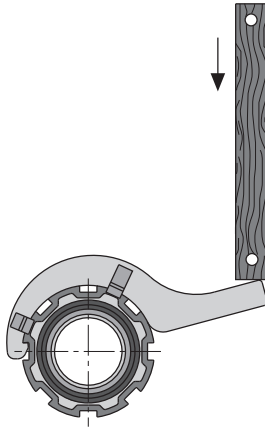
Schraubring mit Hammer bzw. Ramme soweit anziehen, bis der Schraubring sich nicht mehr dreht. Schraubringe ab DN 300 beim Anziehen zentrieren.

Das Zentrieren kann z. B. mit zwei Strickeisen geschehen, die soweit zwischen Rohrscheitel und Schraubring zu schieben sind, bis ringsum ein gleichmäßiger Abstand zwischen Rohr und Schraubring vorhanden ist.



## Anziehen mit Holzramme ab DN 200

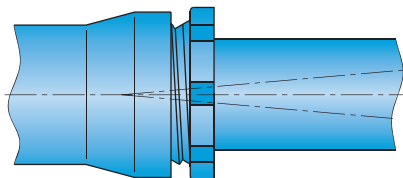
| DN      | Länge in mm | Holzramme<br>Querschnitt in mm | Masse in kg ~ |
|---------|-------------|--------------------------------|---------------|
| bis 300 | 2.250       | 120 x 120                      | 25            |
| bis 400 | 2.250       | 150 x 150                      | 40            |



### Abwinkeln

Nach Fertigstellung der Verbindung in zentraler Lage können Rohre bis zu maximal 3° abgewinkelt werden.

1° Abwinkelung ergibt auf eine Rohrlänge von 6 m ca. 10 cm Abweichung von der Achse des zuvor eingebauten Formstückes; z. B. bei 3° = 30 cm.



### Kürzen von Rohren

Auf Schnittfähigkeit der Rohre ist zu achten (siehe Seite 364 ff).

### Demontage

Schraubring lösen. Einsteckende aus der Muffe ziehen.

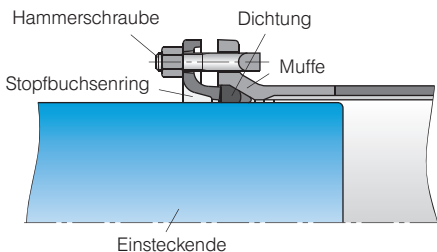
### Geltungsbereich

Diese Einbauanleitung gilt für Formstücke aus duktilem Gusseisen nach EN 545 mit Stopfbuchsenmuffen-Verbindung nach DIN 28 602.

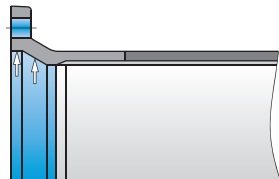
Empfehlungen für Transport, Lagerung und Einbau siehe Seite 289.

Montagegeräte und Hilfsmittel siehe Seite Kapitel 7.

### Aufbau der Verbindung



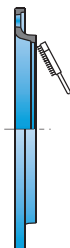
### Reinigen



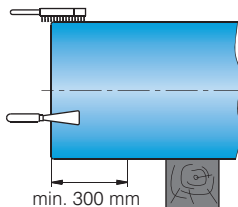
Die mit Pfeil gekennzeichneten Flächen an Dichtungssitz sind zu reinigen und eventuelle Anstrichhäufungen zu entfernen.

Zum Reinigen des Dichtungssitzes z. B. eine Drahtbürste verwenden.

Vordere Druckfläche des Stopfbuchsenringes gut reinigen.



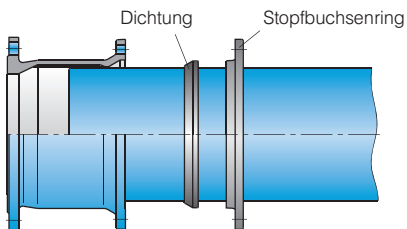
Einsteckende auf mindestens 300 mm Länge reinigen. Verunreinigungen und eventuelle Farbanhaftungen entfernen.



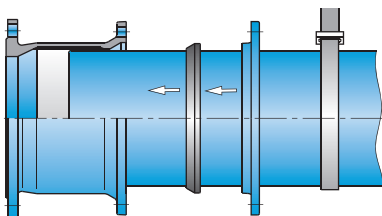
## Zusammenbau der Verbindung

Stopfbuchserring und Dichtung auf das Einsteckende schieben.

**Achtung!** Kein Gleitmittel verwenden!

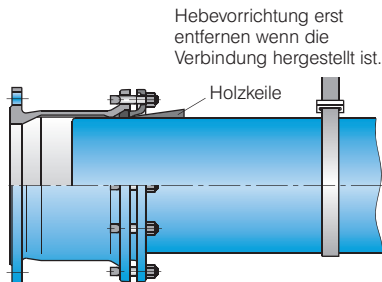


Einsteckende mittels Hebevorrichtung in die Muffe einführen, zentrieren und Einbautiefe überprüfen. Dichtung gleichmäßig tief in die Dichtkammer eindrücken.

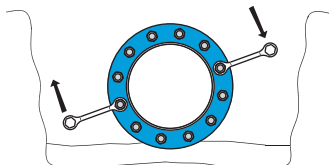


Stopfbuchsenring vor die Dichtung schieben und mit zwei Hartholzkeilen, die oben zwischen Stopfbuchsenring und Einsteckende leicht eingebracht werden können, ausrichten.

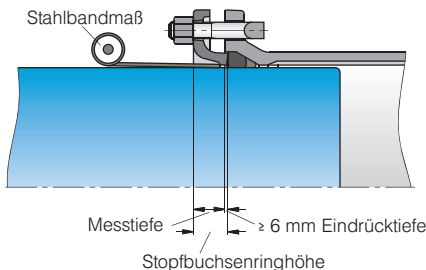
Bei gut zentriertem Stopfbuchsenring geht das nachfolgende Durchstecken der Hammerschrauben leicht vonstatten.



Hammerschrauben in Stopfbuchsenflansch und Stopfbuchsenring einbringen. Muttern von Hand gleichmäßig so weit wie möglich aufschrauben. Muttern mit Ringschlüsseln, und zwar der Reihe nach, stets zwei gegenüberliegende Muttern um etwa je eine halbe bis eine ganze Umdrehung anziehen.



Die richtige Verpressung der Dichtung ist erreicht, wenn sich der Stopfbuchsenring mindestens 6 mm tief in die Dichtung eingedrückt hat. Die Eindrücktiefe kann durch Messen der Stopfbuchsenringhöhe und der Tiefe von Außenkante Stopfbuchsenring bis zur Dichtung nach dem Anziehen der Schrauben festgestellt werden. Die Eindrücktiefe soll auf die jeweilige Stopfbuchsenmuffen-Verbindung bezogen möglichst gleich sein.



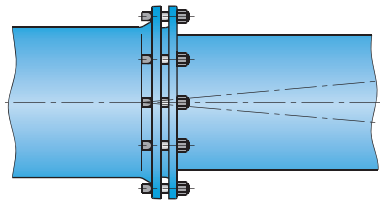
Es sind daher an jeder Verbindung mindestens 3 Messungen erforderlich. Richtige Einbautiefe nochmals kontrollieren. Hammerschrauben und Muttern mit einem gebräuchlichen Bitumenlack nachstreichen.

### Abwinkeln

Nach Fertigstellung der Verbindung in zentrischer Lage können Rohre und Formstücke abgewinkelt werden.

- bis DN 500 – maximal 3°
- DN 700 – maximal 2°
- DN 1000 – maximal 1,5°

1° Abwinkelung ergibt auf eine Rohrlänge von 6 m ca. 10 cm Abweichung von der Achse des zuvor eingebauten Rohres oder Formstückes; z. B. bei 3° = 30 cm.



### Kürzen von Rohren

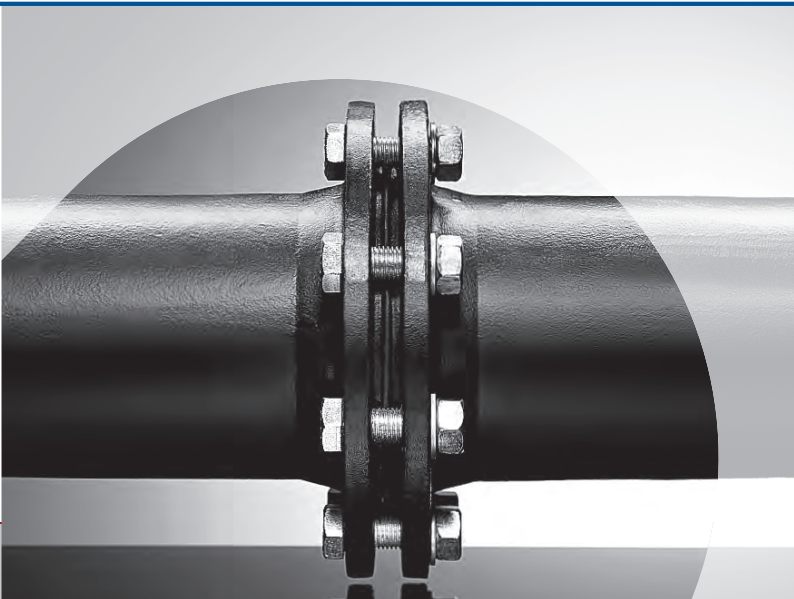
Auf Schnittfähigkeit der Rohre ist zu achten (siehe Seite 364 ff).

### Demontage

Muttern lösen, Stopfbuchsenring entfernen. Einsteckende aus Muffe ziehen.



## 5 FLANSCHVERBINDUNGEN, ROHRE UND FORMSTÜCKE



Die in diesem Kapitel beschriebenen Flanschverbindungen entsprechen der EN 1092-2. Die Flansche können angegossen, angeschraubt oder angeschweißt sein. Alle Flansche mit gleichem DN und gleichem PN sind, unabhängig vom Werkstoff, miteinander kombinierbar. Folgend werden Flanschverbindungen in den Druckstufen PN 10, PN 16, PN 25 und PN 40 dargestellt.

Flansche PN 63 und PN 100 sind ebenfalls möglich. Weitere Informationen hierzu siehe Technische Information „Anwendungsbereich Beschneigungsanlage“.



### Einsatzgebiete/Vorteile

Flanschverbindungen zählen zu den längskraftschlüssigen Verbindungen. Ihr Einsatzgebiet sind die oberirdische Verlegung und Schacht- bzw. Gebäudeinstallationen. Durch die genormten Lochbilder können sie auch zum Übergang zwischen verschiedenen Werkstoffen benutzt werden. Im erdverlegten Bereich werden Flansche vor allem zum Einbau von Absperrorganen eingesetzt.

### PFA – zulässiger Bauteilbetriebsdruck

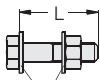
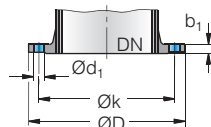
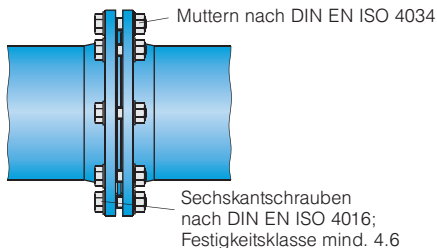
- Die PN-Angabe beschreibt den zulässigen Bauteilbetriebsdruck (PFA).
- PMA =  $1,2 \times \text{PFA}$  (höchster zulässiger Bauteilbetriebsdruck für kurze Zeit, z. B. Druckstoß).
- PEA =  $1,2 \times \text{PFA} + 5$  (höchster zulässiger Bauteilprüfdruck auf der Baustelle).

## 5.1 Flanschverbindungen Flanschverbindungen PN 10

nach EN 1092-2

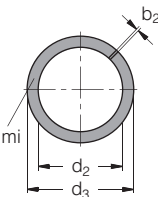
Schrauben, Muttern, Scheiben und Dichtungen  
sind über den Fachhandel zu beziehen.

# DUKTUS



Scheiben nach DIN EN ISO 7091  
Schraubenmaße nach  
FGR/EADIPS-Norm 30

Dichtungen aus Gummi  
mit Stahleinlage  
nach DIN EN 1514-1



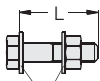
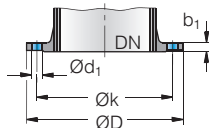
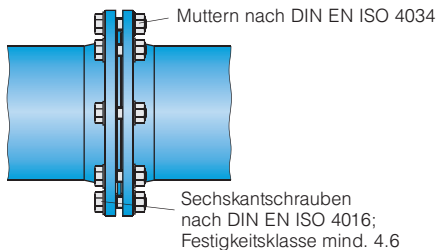
| DN                                | Maße [mm]       |                   |       |          |       |       |       | Schrauben |         |     |
|-----------------------------------|-----------------|-------------------|-------|----------|-------|-------|-------|-----------|---------|-----|
|                                   | $\varnothing D$ | Flansche          |       | Dichtung |       |       | $b_2$ | Anzahl    | Gewinde | L   |
| $b_1$                             | $\varnothing k$ | $\varnothing d_1$ | $d_2$ | $d_3$    |       |       |       |           |         |     |
| DN 40 bis DN 150 entspricht PN 16 |                 |                   |       |          |       |       |       |           |         |     |
| 200                               | 340             | 20                | 295   | 23       | 220   | 273   | 6     | 8         | M 20    | 80  |
| 250                               | 400             | 22                | 350   | 23       | 273   | 328   | 6     | 12        | M 20    | 90  |
| 300                               | 455             | 24,5              | 400   | 23       | 324   | 378   | 6     | 12        | M 20    | 90  |
| 350                               | 505             | 24,5              | 460   | 23       | 368   | 438   | 7     | 16        | M 20    | 90  |
| 400                               | 565             | 24,5              | 515   | 28       | 420   | 489   | 7     | 16        | M 24    | 100 |
| 500                               | 670             | 26,5              | 620   | 28       | 520   | 594   | 7     | 20        | M 24    | 100 |
| 600                               | 780             | 30                | 725   | 31       | 620   | 695   | 7     | 20        | M 27    | 110 |
| 700                               | 895             | 32,5              | 840   | 31       | 720   | 810   | 8     | 24        | M 27    | 120 |
| 800                               | 1.015           | 35                | 950   | 34       | 820   | 917   | 8     | 24        | M 30    | 120 |
| 900                               | 1.115           | 37,5              | 1.050 | 34       | 920   | 1.017 | 8     | 28        | M 30    | 130 |
| 1000                              | 1.230           | 40                | 1.160 | 37       | 1.025 | 1.124 | 8     | 28        | M 33    | 140 |

## Flanschverbindungen PN 16

nach EN 1092-2

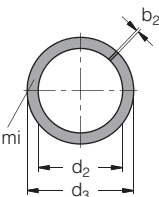
Schrauben, Muttern, Scheiben und Dichtungen sind über den Fachhandel zu beziehen.

# DUKTUS



Scheiben nach DIN EN ISO 7091  
Schraubenmaße nach FGR/EADIPS-Norm 30

Dichtungen aus Gummi mit Stahleinlage nach DIN EN 1514-1



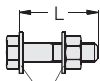
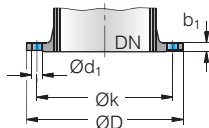
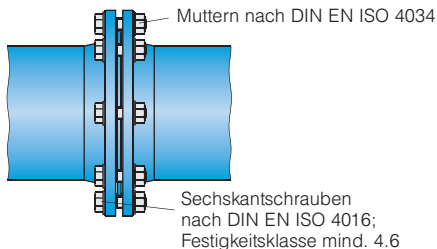
| DN                               | Maße [mm] |                |       |                  |                |                |                | Schrauben |      |     |
|----------------------------------|-----------|----------------|-------|------------------|----------------|----------------|----------------|-----------|------|-----|
|                                  | Ø D       | Flansche       |       | Dichtung         |                |                | Anzahl         | Gewinde   | L    |     |
|                                  |           | b <sub>1</sub> | Ø k   | Ø d <sub>1</sub> | d <sub>2</sub> | d <sub>3</sub> | b <sub>2</sub> |           |      |     |
| DN 40 bis DN 80 entspricht PN 25 |           |                |       |                  |                |                |                |           |      |     |
| 100                              | 220       | 19             | 180   | 19               | 115            | 162            | 5              | 8         | M 16 | 80  |
| 125                              | 250       | 19             | 210   | 19               | 141            | 192            | 5              | 8         | M 16 | 80  |
| 150                              | 285       | 19             | 240   | 23               | 169            | 218            | 5              | 8         | M 20 | 80  |
| 200                              | 340       | 20             | 295   | 23               | 220            | 273            | 6              | 12        | M 20 | 80  |
| 250                              | 400       | 22             | 355   | 28               | 273            | 329            | 6              | 12        | M 24 | 90  |
| 300                              | 455       | 24,5           | 410   | 28               | 324            | 384            | 6              | 12        | M 24 | 100 |
| 350                              | 520       | 26,5           | 470   | 28               | 368            | 444            | 7              | 16        | M 24 | 100 |
| 400                              | 580       | 28             | 525   | 31               | 420            | 495            | 7              | 16        | M 27 | 110 |
| 500                              | 715       | 31,5           | 650   | 34               | 520            | 617            | 7              | 20        | M 30 | 120 |
| 600                              | 840       | 36             | 770   | 37               | 620            | 734            | 7              | 20        | M 33 | 130 |
| 700                              | 910       | 39,5           | 840   | 37               | 720            | 804            | 8              | 24        | M 33 | 140 |
| 800                              | 1.025     | 43             | 950   | 41               | 820            | 911            | 8              | 24        | M 36 | 150 |
| 900                              | 1.125     | 46,5           | 1.050 | 41               | 920            | 1.011          | 8              | 28        | M 36 | 160 |
| 1000                             | 1.255     | 50             | 1.170 | 44               | 1.025          | 1.128          | 8              | 28        | M 39 | 170 |

## Flanschverbindungen PN 25

nach EN 1092-2

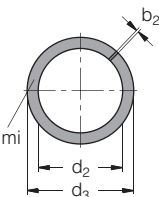
Schrauben, Muttern, Scheiben und Dichtungen sind über den Fachhandel zu beziehen.

# DUKTUS



Scheiben nach DIN EN ISO 7091  
Schraubenmaße nach FGR/EADIPS-Norm 30

Dichtungen aus Gummi mit Stahleinlage nach DIN EN 1514-1



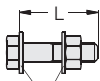
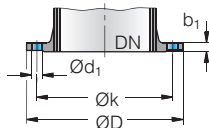
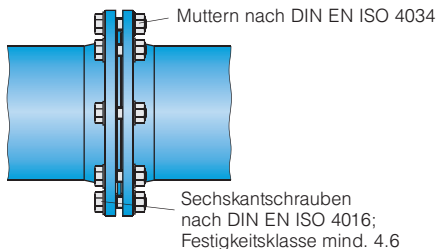
| DN                                | Maße [mm] |                  |                |                |                |       |        | Schrauben |      |     |
|-----------------------------------|-----------|------------------|----------------|----------------|----------------|-------|--------|-----------|------|-----|
|                                   | Ø D       | Flansche         |                | Dichtung       |                |       | Anzahl | Gewinde   | L    |     |
| b <sub>1</sub>                    | Ø k       | Ø d <sub>1</sub> | d <sub>2</sub> | d <sub>3</sub> | b <sub>2</sub> |       |        |           |      |     |
| DN 40 bis DN 100 entspricht PN 40 |           |                  |                |                |                |       |        |           |      |     |
| 125                               | 270       | 19               | 220            | 28             | 141            | 194   | 4,5    | 8         | M 24 | 90  |
| 150                               | 300       | 20               | 250            | 28             | 169            | 224   | 5      | 8         | M 24 | 90  |
| 200                               | 360       | 22               | 310            | 28             | 220            | 284   | 6      | 12        | M 24 | 90  |
| 250                               | 425       | 24,5             | 370            | 31             | 273            | 340   | 6      | 12        | M 27 | 110 |
| 300                               | 485       | 27,5             | 430            | 31             | 324            | 400   | 6      | 16        | M 27 | 110 |
| 350                               | 555       | 30               | 490            | 34             | 368            | 457   | 7      | 16        | M 30 | 110 |
| 400                               | 620       | 32               | 550            | 37             | 420            | 514   | 7      | 16        | M 33 | 120 |
| 500                               | 730       | 36,5             | 660            | 37             | 520            | 624   | 7      | 20        | M 33 | 130 |
| 600                               | 845       | 42               | 770            | 40             | 620            | 731   | 7      | 20        | M 36 | 150 |
| 700                               | 960       | 46,5             | 875            | 43             | 720            | 833   | 8      | 24        | M 39 | 160 |
| 800                               | 1.085     | 51               | 990            | 49             | 820            | 942   | 8      | 24        | M 45 | 180 |
| 900                               | 1.185     | 55,5             | 1.090          | 49             | 920            | 1.042 | 8      | 28        | M 45 | 180 |
| 1000                              | 1.320     | 60               | 1.210          | 56             | 1.025          | 1.154 | 8      | 28        | M 52 | 200 |

## Flanschverbindungen PN 40

nach EN 1092-2

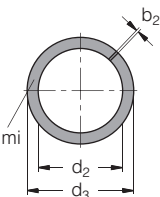
Schrauben, Muttern, Scheiben und Dichtungen sind über den Fachhandel zu beziehen.

# DUKTUS



Scheiben nach DIN EN ISO 7091  
Schraubenmaße nach FGR/EADIPS-Norm 30

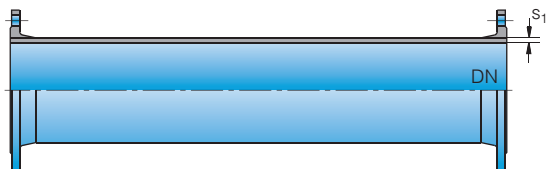
Dichtungen aus Gummi mit Stahleinlage nach DIN EN 1514-1



| DN  | Maße [mm] |                |     |                  |                |                |                | Schrauben |      |     |
|-----|-----------|----------------|-----|------------------|----------------|----------------|----------------|-----------|------|-----|
|     | Ø D       | Flansche       |     | Dichtung         |                |                | Anzahl         | Gewinde   | L    |     |
|     |           | b <sub>1</sub> | Ø k | Ø d <sub>1</sub> | d <sub>2</sub> | d <sub>3</sub> | b <sub>2</sub> |           |      |     |
| 40  | 150       | 19             | 110 | 19               | 49             | 92             | 5,5            | 4         | M 16 | 70  |
| 50  | 165       | 19             | 125 | 19               | 61             | 107            | 5,5            | 4         | M 16 | 70  |
| 65  | 185       | 19             | 145 | 19               | 77             | 127            | 5,5            | 8         | M 16 | 70  |
| 80  | 200       | 19             | 160 | 19               | 89             | 142            | 5,5            | 8         | M 16 | 80  |
| 100 | 235       | 19             | 190 | 23               | 115            | 168            | 8              | 8         | M 20 | 80  |
| 125 | 270       | 23,5           | 220 | 28               | 141            | 194            | 8              | 8         | M 24 | 90  |
| 150 | 300       | 26             | 250 | 28               | 169            | 224            | 8              | 8         | M 24 | 100 |
| 200 | 375       | 30             | 320 | 31               | 220            | 290            | 8              | 12        | M 27 | 110 |
| 250 | 450       | 34,5           | 385 | 34               | 273            | 352            | 8              | 12        | M 30 | 120 |
| 300 | 515       | 39,5           | 450 | 34               | 324            | 417            | 8              | 16        | M 30 | 130 |
| 350 | 580       | 44             | 510 | 37               | 368            | 474            | 8              | 16        | M 33 | 150 |
| 400 | 660       | 48             | 585 | 41               | 420            | 546            | 8              | 16        | M 36 | 160 |
| 500 | 755       | 52             | 670 | 44               | 520            | 628            | 10             | 20        | M 39 | 170 |
| 600 | 890       | 58             | 795 | 50               | 620            | 747            | 10             | 20        | M 45 | 190 |

**5.2 Flanschenrohre**  
**aus duktilem Gusseisen FF-Rohre**  
**PN 10, PN 16 u. PN 25 nach EN 545**  
**mit Integralfansch**  
**(Typ 21) nach EN 1092-2**

**DUKTUS**



Achtung: Das Trennen von FF-Rohren mit Integralfansch wird nicht empfohlen.

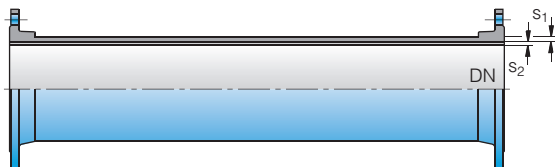
Außen: Epoxidharz nach DIN EN 14 901

Innen: Epoxidharz nach DIN EN 14 901

| DN   | Maße          |               | [m]<br>Baulänge | Masse [kg] ~             |                 |       |      |
|------|---------------|---------------|-----------------|--------------------------|-----------------|-------|------|
|      | [mm]<br>$d_1$ | [mm]<br>$s_1$ |                 | 1 m Rohr<br>ohne Flansch | eines Flansches |       |      |
|      |               |               |                 | PN 10                    | PN 16           | PN 25 |      |
| 80   | 98            | 7             | 0,1 - 2,0       | 16,1                     | 2,8             | 2,8   | 2,8  |
| 100  | 118           | 7,2           |                 | 20,4                     | 3,3             | 3,3   | 3,8  |
| 125  | 144           | 7,5           |                 | 26,4                     | 4               | 4     | 4,7  |
| 150  | 170           | 7,8           |                 | 32,4                     | 5               | 5     | 6    |
| 200  | 222           | 8,4           | 0,1 - 3,0       | 46,1                     | 6,9             | 6,7   | 8,7  |
| 250  | 274           | 9             |                 | 61,3                     | 9,8             | 9,4   | 13   |
| 300  | 326           | 9,6           |                 | 78,1                     | 13              | 12,6  | 17,7 |
| 350  | 378           | 10,2          |                 | 96,5                     | 14,7            | 17,5  | 25,4 |
| 400  | 429           | 10,8          | 0,2 - 3,0       | 116,2                    | 17,2            | 22,1  | 33,2 |
| 500  | 532           | 12            |                 | 160,6                    | 23,2            | 37,4  | 47,2 |
| 600  | 635           | 13,2          |                 | 211,3                    | 32,8            | 57,6  | 68   |
| 700  | 738           | 14,4          |                 | 268,5                    | 44,3            | 57,4  | -    |
| 800  | 842           | 15,6          | 0,4 - 2,0       | 332,1                    | 58,5            | 76,8  | -    |
| 900  | 945           | 16,8          | 0,4 - 3,0       | 401,7                    | 69,6            | 91,4  | -    |
| 1000 | 1.048         | 18            |                 | 477,7                    | 87,6            | 127   | -    |

**Flanschenrohre**  
**aus duktilem Gusseisen FF-Rohre PN 10,**  
**PN 16 u. PN 25** nach EN 545  
 mit Gewindeflansch  
 (Typ 13) nach EN 1092-2

**DUKTUS**



Achtung: Trennen von FF-Rohren erst nach Prüfung des Außendurchmessers.  
 Zulässige Außendurchmesser und Toleranzen siehe Seite 364.

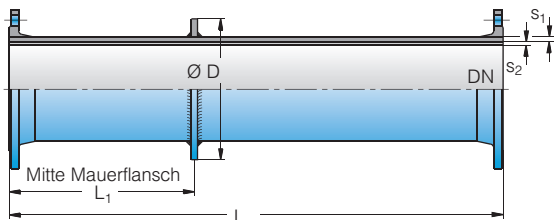
Außen: Zink-Überzug mit Deckbeschichtung  
 Innen: Zementmörtel-Auskleidung

| DN  | Maße  |       |     | [m]<br>Baulänge | Masse [kg] ~             |       |                 |       |       |
|-----|-------|-------|-----|-----------------|--------------------------|-------|-----------------|-------|-------|
|     | [mm]  |       | [m] |                 | 1 m Rohr<br>ohne Flansch |       | eines Flansches |       |       |
|     | $d_1$ | $s_1$ |     | $s_2$           | ZMA                      | Guss  | PN 10           | PN 16 | PN 25 |
| 80  | 98    | 6     | 4   | 0,7 - 5,8       | 2                        | 12,2  | 3,3             | 3,3   | 3,3   |
| 100 | 118   | 6     |     |                 | 2,5                      | 14,9  | 3,8             | 3,8   | 4,6   |
| 125 | 144   | 6,2   |     |                 | 3,1                      | 18,9  | 4,8             | 4,8   | 5,7   |
| 150 | 170   | 7,8   |     |                 | 3,7                      | 28    | 6               | 6     | 8,6   |
| 200 | 222   | 8,4   |     |                 | 4,9                      | 39,8  | 8,2             | 8     | 10,2  |
| 250 | 274   | 9     |     |                 | 6,1                      | 52,8  | 11,6            | 11,6  | 15,1  |
| 300 | 326   | 11,2  |     |                 | 7,3                      | 78,1  | 15,1            | 15,1  | 20,1  |
| 350 | 378   | 11,9  | 5   | 0,7 - 4,0       | 12,3                     | 96,5  | 17,7            | 20,4  | 27,9  |
| 400 | 429   | 12,6  |     |                 | 14                       | 116,3 | 21              | 25,5  | 36,4  |
| 500 | 532   | 14    |     |                 | 17,5                     | 160,6 | 31              | 47    |       |
| 600 | 635   | 15,4  |     |                 | 20,9                     | 211,3 | 42,7            | 66,2  |       |



Flanschenrohre  
aus duktilem Gusseisen FF-Rohre PN 10, PN 16  
u. PN 25 nach EN 545  
mit Mauerflansch  
nach Werksnorm

**DUKTUS**



Achtung: Trennen von FF-Rohren erst nach Prüfung des Außendurchmessers.  
Zulässige Außendurchmesser und Toleranzen siehe Seite 364.

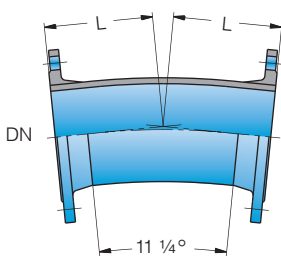
Außen: Zink-Überzug mit Deckbeschichtung, Mauerflansch roh  
Innen: Zementmörtel-Auskleidung

| DN  | Maße [mm] |              |       | Masse [kg] ~         |       |       |
|-----|-----------|--------------|-------|----------------------|-------|-------|
|     | PN 10     | Ø D<br>PN 16 | PN 25 | eines Mauerflansches |       |       |
|     |           |              |       | PN 10                | PN 16 | PN 25 |
| 80  |           | 140          |       |                      | 0,7   |       |
| 100 |           | 160          |       |                      | 0,8   |       |
| 125 |           | 190          |       |                      | 1     |       |
| 150 |           | 230          |       |                      | 1,5   |       |
| 200 |           | 300          |       |                      | 3     |       |
| 250 | 320       |              | 370   | 1,7                  |       | 5,7   |
| 300 | 380       |              | 430   | 2,3                  |       | 8,2   |
| 350 | 440       |              | 500   | 3,1                  |       | 13,1  |
| 400 | 500       |              | 530   | 4,9                  |       | 10,4  |
| 500 | 620       |              | 650   | 8,8                  |       |       |
| 600 | 740       |              | 780   | 15,1                 |       |       |

Größere DN und PN auf Anfrage; Bei Bestellung angeben: L, L<sub>1</sub>, Ausführung als Einflanschstück, von Tabelle abweichender Ø D; Mauerflansche sind auch als Segmente lieferbar, die baustellenseitig aufgeschweißt werden können. Betongüte mindestens C20/25, 3 Tage Abbindezeit

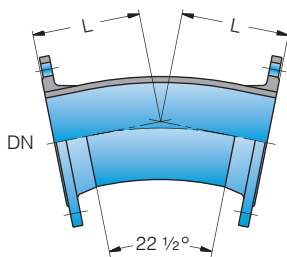
5.3 Flanschformstücke  
 FFK-Stücke 11  
 Doppelflanschbögen 11¼°  
 nach Werksnorm

DUKTUS



| DN  | Maße [mm]<br>L | Masse [kg] ~ |      |      |       |
|-----|----------------|--------------|------|------|-------|
|     |                | PN10         | PN16 | PN25 | PN40  |
| 80  | 130            | 9,5          |      |      |       |
| 100 | 140            | 11,9         |      | 12,9 |       |
| 125 | 150            | 15,3         |      | 17,3 | 20,5  |
| 150 | 160            | 19           |      | 21,5 | 25,5  |
| 200 | 180            | 26           | 25   | 29,5 | 39    |
| 250 | 210            | 41,5         | 41   | 48   | 65,5  |
| 300 | 255            | 60           | 59,5 | 69,5 | 96,5  |
| 350 | 105            | 56           | 61,5 | 77   | 135,9 |
| 400 | 113            | 58           | 67,5 | 90   | 165,3 |
| 500 | 135            | 85           | 113  | 134  | 232,8 |
| 600 | 174            | 157          | 202  | 223  | 253,2 |
| 700 | 194            | 243          | 269  | 299  | -     |
| 800 | 213            | 330          | 366  | 333  |       |

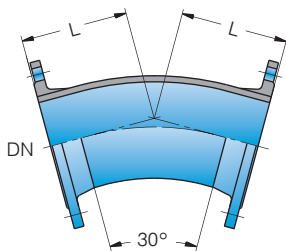
FFK-Stücke 22  
 Doppelflanschbögen 22½°  
 nach EN 545



| DN  | Maße [mm]<br>L | Masse [kg] ~ |      |      |       |
|-----|----------------|--------------|------|------|-------|
|     |                | PN10         | PN16 | PN25 | PN40  |
| 80  | 130            | 9,5          |      |      |       |
| 100 | 140            | 11,9         |      | 12,9 |       |
| 125 | 150            | 15,3         |      | 17,8 | 20,5  |
| 150 | 160            | 19,7         |      | 21,5 | 25,5  |
| 200 | 180            | 29           | 27,5 | 32,5 | 42    |
| 250 | 210            | 41,5         | 41   | 48   | 65,5  |
| 300 | 255            | 60           | 59   | 69,5 | 96,5  |
| 350 | 140            | 58           | 64   | 81   | 128   |
| 400 | 153            | 67           | 75,5 | 98   | 156,5 |
| 500 | 185            | 99           | 127  | 148  | 232   |
| 600 | 254            | 182          | 227  | 248  | 350   |
| 700 | 284            | 313          | 339  | 334  | -     |
| 800 | 314            | 428          | 646  | 445  |       |

FFK-Stücke 30  
 Doppelflanschbögen 30°  
 nach Werksnorm

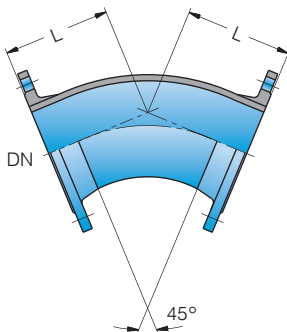
DUKTUS



| DN  | Maße [mm]<br>L | Masse [kg] ~ |      |      |       |
|-----|----------------|--------------|------|------|-------|
|     |                | PN10         | PN16 | PN25 | PN40  |
| 80  | 130            | 9,5          |      |      |       |
| 100 | 140            | 11,9         |      | 12,9 |       |
| 125 | 150            | 15,3         |      | 17,8 | 20,5  |
| 150 | 160            | 19,5         |      | 19,5 | 25    |
| 200 | 180            | 29           | 27,5 | 32,5 | 42    |
| 250 | 210            | 41,5         | 40,5 | 48   | 65    |
| 300 | 255            | 59,5         | 59   | 69   | 96    |
| 350 | 165            | 65           | 71   | 88   | 138   |
| 400 | 183            | 73           | 82,5 | 106  | 163,5 |
| 500 | 220            | 109          | 137  | 158  | 256   |
| 600 | 309            | 212          | 257  | 278  | 284   |
| 700 | 346            | 360          | 386  | 430  | -     |
| 800 | 383            | 493          | 529  | 674  |       |

FFK-Stücke 45  
 Doppelflanschbögen 45°  
 nach EN 545

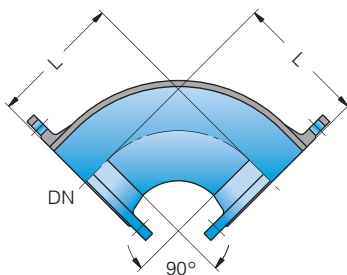
**DUKTUS**



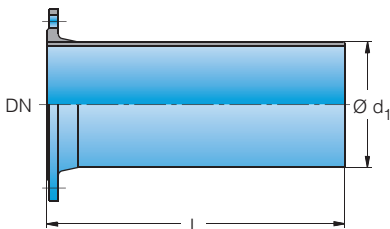
| DN   | Maße [mm]<br>L | Masse [kg] ~ |       |       |       |
|------|----------------|--------------|-------|-------|-------|
|      |                | PN10         | PN16  | PN25  | PN40  |
| 80   | 130            | 9,4          |       |       |       |
| 100  | 140/200*       | 11,3         |       | 12,3* |       |
| 125  | 150            | 14,5         |       | 15,7  | 18,3  |
| 150  | 160            | 18,4         |       | 20,5  | 24,5  |
| 200  | 180            | 27,5         | 27    | 31    | 41,5  |
| 250  | 350            | 54,5         | 54    | 61,5  | 82    |
| 300  | 400            | 77,2         | 76,2  | 87,7  | 118,2 |
| 350  | 298            | 75,5         | 82    | 99    | 141   |
| 400  | 324            | 94,4         | 106,4 | 128,4 | 196,4 |
| 500  | 375            | 143,5        | 173,5 | 196,5 | 264,5 |
| 600  | 426            | 210          | 263   | 292   | 397   |
| 700  | 478            | 292,5        | 322,5 | 392,5 | -     |
| 800  | 529            | 399,5        | 437,5 | 535,5 |       |
| 900  | 581            | 513          | 561   | 682   |       |
| 1000 | 632            | 661          | 744   | 899   |       |

**Q-Stücke**  
**Doppelflanschbögen 90°**  
 nach EN 545

**DUKTUS**



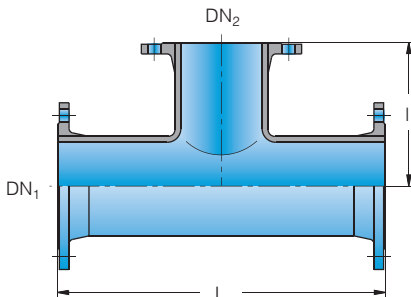
| DN   | Maße [mm]<br>L | Masse [kg] ~ |       |       |       |
|------|----------------|--------------|-------|-------|-------|
|      |                | PN10         | PN16  | PN25  | PN40  |
| 80   | 165            | 9,7          |       |       |       |
| 100  | 180            | 12,3         |       | 12,3  |       |
| 125  | 200            | 18,0         |       | 21,1  | 22,3  |
| 150  | 220            | 19,8         |       | 21,8  | 26,3  |
| 200  | 260            | 31,2         | 30,2  | 34,7  | 45,2  |
| 250  | 350            | 50           | 49    | 57    | 77    |
| 300  | 400            | 69,9         | 68,9  | 80,4  | 110,9 |
| 350  | 450            | 93,1         | 102,2 | 146   | 190   |
| 400  | 500            | 133,2        | 146,2 | 205,5 | 272,5 |
| 500  | 600            | 179          | 209   | 233   | 300   |
| 600  | 700            | 269          | 322   | 350   | 455   |
| 700  | 800            | 381,5        | 411,5 | 481,5 | -     |
| 800  | 900            | 527          | 565,5 | 664,5 |       |
| 900  | 1.000          | 690          | 737   | 858   |       |
| 1000 | 1.100          | 896          | 979   | 1.135 |       |



| DN   | Maße [mm] |       | Masse [kg] ~ |      |      |      |
|------|-----------|-------|--------------|------|------|------|
|      | L         | $d_1$ | PN10         | PN16 | PN25 | PN40 |
| 80   | 350       | 98    | 7,5          |      |      |      |
| 100  | 360       | 118   | 8,5          |      | 10,4 |      |
| 125  | 370       | 144   | 12,4         |      | 13,1 | 14,3 |
| 150  | 380       | 170   | 15,6         |      | 16,6 | 17,5 |
| 200  | 400       | 222   | 24,6         | 24   | 24,5 | 29   |
| 250  | 420       | 274   | 32           | 31,5 | 36   | 45   |
| 300  | 440       | 326   | 43,2         | 42,7 | 47,7 | 63,2 |
| 350  | 460       | 378   | 52,3         | 55,3 | 64,3 | 85,3 |
| 400  | 480       | 429   | 64,3         | 70,3 | 81,3 | 115  |
| 500  | 520       | 532   | 93,9         | 109  | 121  | 154  |
| 600  | 560       | 635   | 133          | 159  | 173  | 226  |
| 700  | 600       | 738   | 179          | 194  | 228  | –    |
| 800  | 600       | 842   | 226          | 245  | 294  | –    |
| 900  | 600       | 945   | 272          | 295  | 356  | –    |
| 1000 | 600       | 1.048 | 328          | 369  | 447  | –    |

**T-Stücke**  
**Doppelflanschstücke mit Flanschabzweig**  
 nach EN 545

**DUKTUS**



| DN <sub>1</sub> | DN <sub>2</sub>  | Maße [mm]       |                 |                 |                 | Masse [kg] ~  |               |               |               |
|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|                 |                  | Version 1       |                 | Version 2       |                 | V1/V2<br>PN10 | V1/V2<br>PN16 | V1/V2<br>PN25 | V1/V2<br>PN40 |
|                 |                  | L <sub>v1</sub> | l <sub>v1</sub> | L <sub>v2</sub> | l <sub>v2</sub> |               |               |               |               |
| 80              | 40 <sup>1)</sup> | 330             | 155             | 330             | 160             | 14,7/14,5     |               |               |               |
|                 | 50               |                 | 160             |                 | 165             | 15,7/14,2     |               |               |               |
|                 | 80               |                 | 165             |                 | 165             | 17,0/15,6     |               |               |               |
| 100             | 40 <sup>1)</sup> | 360             | 170             | 360             | 170             | 17,8/18,0     |               | 17,2/19,0     |               |
|                 | 50               |                 | 175             |                 | 175             | 18,7/17,1     |               | 22,7/18,1     |               |
|                 | 80               |                 | 180             |                 | 180             | 20,2/18,4     |               | 24,5/19,6     |               |
|                 | 100              |                 | 180             |                 | 180             | 21,3/19,0     |               | 22,0/20,5     |               |
| 125             | 80               | 400             | 190             | 400             | 190             | 25,4/22,8     |               | 30,0/24,3*    |               |
|                 | 100              |                 | 195             |                 | 195             | 27,0/23,8     |               | 26,0/25,8*    |               |
|                 | 125              |                 | 200             |                 | 200             | 28,1/25,2     |               | 32,5/26,7     |               |
| 150             | 80               | 440             | 205             | 440             | 205             | 31,9/28,5     |               | 41,6/30,5     |               |
|                 | 100              |                 | 210             |                 | 210             | 32,4/29,4     |               | 42,1/31,9     |               |
|                 | 125              |                 | 215             |                 | 215             | 34,6/30,9     |               | 33,5/33,4*    |               |
|                 | 150              |                 | 220             |                 | 220             | 32,2/32,3     | 36,2/32,3     | 49,1/35,3     | 58,3/41,9     |
| 200             | 80               | 520             | 235             | 520             | 235             | 47,4/42,2     |               | 47,4/41,7     |               |
|                 | 100              |                 | 240             |                 | 240             | 47,5/43,1     |               | 47,5/42,6     |               |
|                 | 125              |                 | 245             |                 | 245             | 50,0/51,0     |               | 61,0/55,0     |               |
|                 | 150              |                 | 250             |                 | 250             | 51,3/46,0     |               | 51,3/45,5     |               |
|                 | 200              |                 | 260             |                 | 260             | 51,8/49,5     |               | 51,8/48,5     |               |
|                 |                  |                 |                 |                 |                 | 77,5/55,0     |               | 94,0/70,5     |               |

1) Version 1 nach Werksnorm; \* Version 2 auf Anfrage





| DN <sub>1</sub> | DN <sub>2</sub>   | Maße [mm]       |                 |                 |                 | Masse [kg] ~  |              |               |              |               |  |               |  |
|-----------------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--|---------------|--|
|                 |                   | Version 1       |                 | Version 2       |                 | V1/V2<br>PN10 |              | V1/V2<br>PN16 |              | V1/V2<br>PN25 |  | V1/V2<br>PN40 |  |
|                 |                   | L <sub>v1</sub> | l <sub>v1</sub> | L <sub>v2</sub> | l <sub>v2</sub> |               |              |               |              |               |  |               |  |
| 250             | 80 <sup>1)</sup>  | 700             | 265             | 700             | 265             | 74,0/66,5     | 74,0/66,0    | 78,0/74,0     | 114,0/95,0   |               |  |               |  |
|                 | 100               |                 |                 |                 | 275             | 75,0/67,6     | 75,0/66,6    | 103,0/75,1    | 123,1/95,2   |               |  |               |  |
|                 | 125               |                 |                 |                 | 280             | 75,0/92,0     | 75,0/91,0    | 75,5/100,0    | 95,5/121,0   |               |  |               |  |
|                 | 150 <sup>1)</sup> |                 |                 |                 | 300             | 300           | 78,3/72,0    | 78,3/71,5     | 110,7/79,5   | 128,5/100,5   |  |               |  |
|                 | 200               |                 |                 |                 | 325             | 325           | 88,7/76,0    | 88,7/75,5     | 94,0/83,5    | 119,0/104,5   |  |               |  |
|                 | 250               |                 |                 |                 | 350             | 350           | 91,8/81,0    | 91,8/81,0     | 121,0/88,5   | 130,0/109,5   |  |               |  |
| 300             | 80 <sup>1)</sup>  | 800             | 290             | 800             | 290             | 120,6/96,5    | 120,6/95,5   | 108,0/108,0*  | 142,0/142,0* |               |  |               |  |
|                 | 100               |                 |                 |                 | 300             | 104,2/98,5    | 104,2/97,5   | 158,0/104,8*  | 143,0/135,8* |               |  |               |  |
|                 | 150 <sup>1)</sup> |                 |                 |                 | 325             | 325           | 108,0/101,0  | 108,0/100,0   | 116,0/112,0* | 179,5/145,0*  |  |               |  |
|                 | 200               |                 |                 |                 | 350             | 350           | 114,0/102,4  | 114,0/101,4   | 130,0/114,4* | 164,0/151,4*  |  |               |  |
|                 | 250 <sup>1)</sup> |                 |                 |                 | 375             | 400           | 121,0/113,9  | 121,0/112,9   | 129,0/128,9* | 174,0/175,9*  |  |               |  |
|                 | 300               |                 |                 |                 | 400             | 375           | 131,0/114,0  | 131,0/113,0   | 194,0/128,0* | 188,0/168,0*  |  |               |  |
| 350             | 100               | 850             | 325             | 850             | 325             | 130,1/115,5*  | 140,4/121,5* | 173,0/138,5*  | 183,0/181,5* |               |  |               |  |
|                 | 200               |                 |                 |                 | 137,7/120,5*    | 149,0/126,5*  | 160,0/145,5* | 210,0/193,5*  |              |               |  |               |  |
|                 | 350               |                 |                 |                 | 425             | 425           | 150,6/138,8* | 151,0/147,8*  | 192,0/172,8* | 249,0/236,8*  |  |               |  |
| 400             | 80 <sup>1)</sup>  | 900             | 350             | 900             | 350             | 167,4/141,0   | 180,4/153,0  | 186,0/235,0*  | 253,0/302,0* |               |  |               |  |
|                 | 100               |                 |                 |                 |                 | 170,6/143,0   | 185,8/155,0  | 187,0/176,4*  | 254,0/244,4* |               |  |               |  |
|                 | 150 <sup>1)</sup> |                 |                 |                 |                 | 157,0/145,0   | 169,0/157,0  | 192,0/241,0*  | 262,0/310,0* |               |  |               |  |
|                 | 200               |                 |                 |                 |                 | 192,2/165,0   | 192,2/177,0  | 213,8/183,3*  | 277,0/255,3* |               |  |               |  |
|                 | 300 <sup>1)</sup> |                 |                 |                 |                 | 196,0/177,0   | 200,3/191,0  | 228,0/271,0*  | 308,0/354,0* |               |  |               |  |
|                 | 400               |                 |                 |                 |                 | 198,5/191,5   | 225,0/210,0  | 254,0/219,5   | 356,0/320,5* |               |  |               |  |
| 500             | 80                | 1.000           | 400             | 1.000           | 400             | 233,5/200,0   | 234,0/228,0  | 281,0/260,0*  | 348,0/328,0* |               |  |               |  |
|                 | 100               |                 |                 |                 |                 | 236,5/208,0   | 265,0/238,0  | 305,6/264,5*  | 349,0/331,5* |               |  |               |  |
|                 | 150               |                 |                 |                 |                 | 243,5/216,0   | 273,5/252,0  | 288,0/359,0*  | 362,0/428,0* |               |  |               |  |
|                 | 200               |                 |                 |                 |                 | 260,3/224,0   | 291,6/266,0  | 292,0/269,5*  | 362,0/342,5* |               |  |               |  |
|                 | 300 <sup>1)</sup> |                 |                 |                 |                 | 277,0/245,0   | 285,0/294,0  | 305,0/393,0   | 391,0/476,0* |               |  |               |  |
|                 | 400               |                 |                 |                 |                 | 286,2/234,7*  | 346,7/270,7* | 356,4/305,7*  | 447,0/406,7* |               |  |               |  |
| 500             | 311,0/302,5       | 317,5/350,0     | 356,6/324,6*    | 469,0/425,6*    |                 |               |              |               |              |               |  |               |  |
| 600             | 80                | 450             | 450             | 450             | 358,0/304,0*    | 389,0/353,0*  | 374,0/374,0* | 468,0/478,0*  |              |               |  |               |  |
|                 | 100               |                 |                 |                 | 373,7/334,0     | 408,5/369,0   | 375,0/518,0* | 469,0/623,0*  |              |               |  |               |  |
|                 | 150 <sup>1)</sup> |                 |                 |                 | 386,6/336,0     | 388,0/372,0   | 380,0/522,0* | 476,0/630,0*  |              |               |  |               |  |
|                 | 200               |                 |                 |                 | 319,4/342,0     | 417,9/378,0   | 410,0/387,0* | 502,0/497,0*  |              |               |  |               |  |
|                 | 300               |                 |                 |                 | 392,0/360,0     | 440,6/413,0   | 444,0/553,0* | 530,0/673,0*  |              |               |  |               |  |
|                 | 400               |                 |                 |                 | 380,0/374,0     | 434,0/432,0   | 507,1/422,0* | 594,0/561,0*  |              |               |  |               |  |
|                 | 500 <sup>1)</sup> | 395,0/390,0     | 460,0/456,0     | 493,0/697,0*    | 623,0/746,0*    |               |              |               |              |               |  |               |  |
|                 | 600               | 413,0/440,0     | 513,0/518,0     | 480,0/465,0*    | 659,0/623,0*    |               |              |               |              |               |  |               |  |

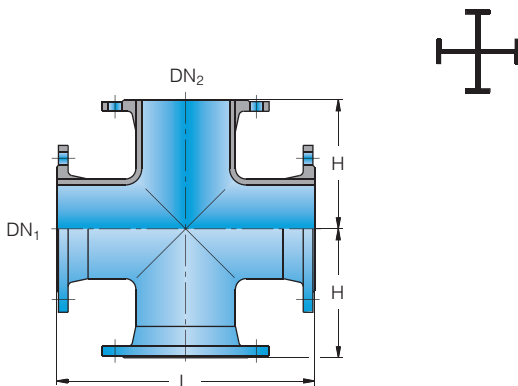
1) Version 1 nach Werksnorm; \* Version 2 auf Anfrage



| DN <sub>1</sub>   | DN <sub>2</sub>   | Maße [mm]         |                 |                 |                  | Masse [kg] ~     |                  |                  |                |                |              |              |
|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|----------------|----------------|--------------|--------------|
|                   |                   | Version 1         |                 | Version 2       |                  | V1/V2            |                  | V1/V2            |                | V1/V2<br>PN40  |              |              |
|                   |                   | L <sub>V1</sub>   | l <sub>V1</sub> | L <sub>V2</sub> | l <sub>V2</sub>  | PN10             | PN16             | PN25             |                |                |              |              |
| 700               | 100 <sup>1)</sup> | 650               | 525             | 650             | 510              | 325,0/270,0*     | 351,0/296,0*     | 473,0/366,0*     | -              |                |              |              |
|                   | 150 <sup>1)</sup> |                   |                 | 1.200           | 500              | 326,0/608,0*     | 352,0/638,0*     | 474,0/659,0*     |                |                |              |              |
|                   | 200               |                   |                 | 650             | 525              | 355,3/265,9*     | 393,1/295,9*     | 486,0/366,9*     |                |                |              |              |
|                   | 300 <sup>1)</sup> | 870               | 555             | 870             | 540              | 404,0/344,0*     | 432,0/370,0*     | 524,0/444,0*     |                |                |              |              |
|                   | 400               |                   |                 |                 | 555              | 490,9/337,5*     | 467,0/372,5*     | 566,0/453,5*     |                |                |              |              |
|                   | 500 <sup>1)</sup> |                   |                 |                 | 570              | 570,8/669,0*     | 563,0/714,0*     | 675,0/796,0*     |                |                |              |              |
|                   | 600 <sup>1)</sup> |                   |                 |                 | 1.200            | 600              | 1.200            | 585              |                | 572,4/686,0*   | 658,8/743,0* | 704,0/827,0* |
|                   | 700               |                   |                 |                 | 600              | 635,0/459,0*     | 622,0/504,0*     | 726,0/609,0*     |                |                |              |              |
| 800               | 80 <sup>1)</sup>  | 690               | 570             | -               | -                | 426,5/-          | 464,5/-          | 556,5/-          | -              |                |              |              |
|                   | 100 <sup>1)</sup> |                   |                 | 570             | 417,5/354,0      | 471,0/390,0      | 558,0/528,0*     |                  |                |                |              |              |
|                   | 150 <sup>1)</sup> |                   |                 | 580             | 690              | 580              | 457,2/370,0      | 428,0/392,0      |                | 562,0/476,0*   |              |              |
|                   | 200               | 585               | 585             | 468,7/349,5     | 475,0/387,5      | 570,0/487,5*     |                  |                  |                |                |              |              |
|                   | 300 <sup>1)</sup> | 600               | 690             | 600             | 574,6/443,0      | 545,0/478,0      | 640,0/620,0*     |                  |                |                |              |              |
|                   | 400               | 910               | 615             | 910             | 615              | 583,2/434,0      | 580,0/478,0      | 682,0/588,0*     |                |                |              |              |
|                   | 500 <sup>1)</sup> | 1.350             | 645             | 1.350           | 630              | 737,6/607,0      | 738,0/657,0      | 841,0/795,0*     |                |                |              |              |
|                   | 600               |                   |                 | 1.350           | 645              | 694,4/599,5      | 769,0/663,5      | 872,0/776,5*     |                |                |              |              |
|                   | 700 <sup>1)</sup> |                   |                 | 1.300           | 650              | 719,0/916,0*     | 771,0/916,0*     | 896,0/1.054,0*   |                |                |              |              |
|                   | 800               |                   |                 | 1.350           | 675              | 756,0/631,5      | 760,0/689,5      | 967,0/836,5*     |                |                |              |              |
| 900               | 100 <sup>1)</sup> | 730               | 640             | 730             | 640              | 702,0/445,0*     | 472,0/488,0*     | 588,0/730,0*     | -              |                |              |              |
|                   | 200               |                   |                 |                 | 645              | 645              | 455,0/432,0*     | 477,0/480,0*     |                | 593,0/603,0*   |              |              |
|                   | 300 <sup>1)</sup> |                   |                 |                 | 950              | 660              | 950              | 660              |                | 544,0/544,0*   | 566,0/588,0* | 685,0/690,0* |
|                   | 400               | 675               | 675             | 552,0/532,5*    | 574,0/585,5*     | 596,0/717,5*     |                  |                  |                |                |              |              |
|                   | 500               | -                 | -               | 1.500           | 690              | -/784,0*         | -/842,0*         | -/960,0*         |                |                |              |              |
|                   | 600               | -                 | -               | 1.500           | 705              | -/771,0*         | -/846,0*         | -/981,0*         |                |                |              |              |
|                   | 900               | -                 | -               | 1.500           | 750              | -/818,0*         | -/890,0*         | -/1.071,0*       |                |                |              |              |
|                   | 1000              | 150 <sup>1)</sup> | 770             | 705             | -                | -                | 588,0/-          | 667,0/-          |                | 817,0/-        | -            |              |
| 200               |                   | 770               |                 |                 | 705              | 591,0/541,0*     | 670,0/624,0*     | 820,0/782,0*     |                |                |              |              |
| 300 <sup>1)</sup> |                   | 990               |                 |                 | 735              | 1.500            | 750              | 681,0/1.363,0*   | 760,0/1.360,0* | 915,0/1.516,0* |              |              |
| 400               |                   | 990               | 735             | 990             | 735              | 693,0/658,0      | 774,0/746,0      | 935,0/913,0      |                |                |              |              |
| 500 <sup>1)</sup> |                   | 1.650             | 825             | 1.500           | 750              | 1.010,0/1.396,0  | 1.114,0/1.395,0  | 1.284,0/1.551,0  |                |                |              |              |
| 600               |                   |                   |                 | 1.650           | 765              | 1.025,0/990,5    | 1.141,0/1.099,5  | 1.302,0/1.269,5  |                |                |              |              |
| 700 <sup>1)</sup> |                   |                   |                 | 750             | 1.048,0/1.446,0* | 1.161,0/1.445,0* | 1.351,0/1.601,0* |                  |                |                |              |              |
| 800 <sup>1)</sup> |                   |                   |                 | 1.500           | 750              | 1.075,0/1.468,0  | 1.182,0/1.465,0  | 1.398,0/1.621,0* |                |                |              |              |
| 900 <sup>1)</sup> |                   |                   |                 | 750             | 1.095,0/1.464,0* | 1.207,0/1.460,0* | 1.415,0/1.616,0* |                  |                |                |              |              |
| 1000              |                   |                   |                 | 1.650           | 825              | 1.125,0/1.058,5  | 1.245,0/1.183,5  | 1.472,0/1.416,5* |                |                |              |              |

1) Version 1 nach Werksnorm; \* Version 2 auf Anfrage

**TT-Stücke**  
**Doppelflanschstücke**  
**mit zwei Flanschabzweigen**  
 nach Werksnorm



| DN <sub>1</sub> | DN <sub>2</sub> | Maße [mm] |     | Masse [kg] ~ |       |
|-----------------|-----------------|-----------|-----|--------------|-------|
|                 |                 | L         | H   | PN10         | PN16  |
| 80              | 80              | 330       | 165 | 23,1         |       |
| 100             | 80              | 360       | 175 | 23,8         |       |
|                 | 100             |           | 180 | 27,1         |       |
| 125             | 100             | 400       | 195 | 35           |       |
|                 | 125             |           | 200 | 35,2         |       |
| 150             | 80              | 440       | 205 | 38,5         |       |
|                 | 100             |           | 210 | 41           |       |
|                 | 125             |           | 215 | 43,4         |       |
|                 | 150             |           | 220 | 46,6         |       |
| 200             | 80              | 520       | 235 | 45,8         | 45,8  |
|                 | 100             |           | 240 | 51,6         | 51,6  |
|                 | 150             |           | 250 | 59,6         | 59,6  |
|                 | 200             |           | 260 | 68,7         | 68,7  |
| 250             | 80              | 700       | 270 | 99           | 99    |
|                 | 100             |           | 275 | 101          | 101   |
|                 | 125             |           |     | 103          | 103   |
|                 | 150             |           | 300 | 107          | 107   |
|                 | 200             |           | 325 | 114,8        | 114,8 |
|                 | 250             |           | 350 | 119,5        | 119,5 |

Höhere Drücke auf Anfrage

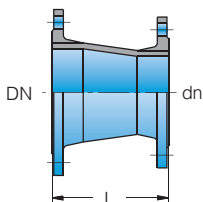
TT-Stücke  
Doppelflanschstücke  
mit zwei Flanschabzweigen  
nach Werksnorm

DUKTUS



| DN <sub>1</sub> | DN <sub>2</sub> | Maße [mm] |     | Masse [kg] ~ |       |
|-----------------|-----------------|-----------|-----|--------------|-------|
|                 |                 | L         | H   | PN10         | PN16  |
| 300             | 80              | 800       | 295 | 128          | 128   |
|                 | 100             |           | 300 | 141          | 141   |
|                 | 150             |           | 325 | 145          | 145   |
|                 | 200             |           | 350 | 167          | 167   |
|                 | 250             |           | 375 | 170          | 170   |
|                 | 300             |           | 400 | 196          | 196   |
| 350             | 100             | 850       | 325 | 126,5        | 132,5 |
|                 | 300             |           | 425 | 174          | 180   |
|                 | 350             |           | 425 | 193          | 199   |
| 400             | 80              | 900       | 345 | 148          | 158   |
|                 | 100             |           | 350 | 152          | 162   |
|                 | 150             |           |     | 157          | 167   |
|                 | 200             |           |     | 161,5        | 172   |
|                 | 250             |           | 176 | 181,5        |       |
|                 | 300             |           | 450 | 196          | 209   |
|                 | 350             |           |     | 218          | 231   |
|                 | 400             |           |     | 252          | 257   |
| 500             | 80              | 1000      | 400 | 213          | 241   |
|                 | 150             |           |     | 336          | 364   |
|                 | 200             |           |     | 339          | 367   |
|                 | 250             |           | 500 | 343          | 371   |
|                 | 300             |           |     | 373          | 401   |
|                 | 400             |           |     | 378          | 411   |
|                 | 500             |           |     | 386          | 431   |
| 600             | 150             | 1100      | 450 | 309          | 361   |
|                 | 200             |           |     | 314          | 364   |
|                 | 250             |           |     | 319          | 369   |
|                 | 300             |           | 550 | 372          | 422   |
|                 | 350             |           |     | 376          | 428   |
|                 | 400             |           |     | 381          | 444   |
|                 | 500             |           |     | 415          | 478   |
|                 | 600             |           |     | 530          | 547   |
| 700             | 400             | 870       | 555 | 446          | 482   |
|                 | 700             | 1.200     | 600 | 658          | 610   |

Höhere Drücke auf Anfrage



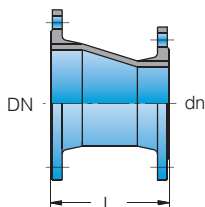
| DN <sub>1</sub> | dn                | Maße [mm]<br>L | Masse [kg] ~ |      |      |      |
|-----------------|-------------------|----------------|--------------|------|------|------|
|                 |                   |                | PN10         | PN16 | PN25 | PN40 |
| 80              | 40 <sup>1)</sup>  | 200            | 7,8          |      |      |      |
|                 | 50 <sup>1)</sup>  |                | 7,9          |      |      |      |
|                 | 65                |                | 9,2          |      |      |      |
| 100             | 40 <sup>1)</sup>  | 200            | 8,9          |      | 9,7  |      |
|                 | 50 <sup>1)</sup>  |                | 9,4          |      | 11   |      |
|                 | 65 <sup>1)</sup>  |                | 10,6         |      | 12,6 |      |
|                 | 80                |                | 11,1         |      | 13,1 |      |
| 125             | 40 <sup>1)</sup>  | 200            | 12,5         |      | 13,5 | 13,5 |
|                 | 50 <sup>1)</sup>  |                | 12,6         |      | 14,5 | 14,5 |
|                 | 65 <sup>1)</sup>  |                | 13           |      | 15,5 | 15,5 |
|                 | 80 <sup>1)</sup>  |                | 13           |      | 17,5 | 17,5 |
|                 | 100               |                | 13,1         |      | 18   | 18   |
| 150             | 40 <sup>1)</sup>  | 300            | 14,4         |      | 15,4 | 17,4 |
|                 | 50 <sup>1)</sup>  |                | 17,4         |      | 18,4 | 20,4 |
|                 | 65 <sup>1)</sup>  |                | 17,9         |      | 18,4 | 21,4 |
|                 | 80 <sup>1)</sup>  | 200            | 13,9         |      | 15,9 | 15,9 |
|                 | 100 <sup>1)</sup> |                | 15,9         |      | 18,8 | 20,4 |
|                 | 125               |                | 16,4         |      | 18,4 | 22,4 |
| 200             | 50 <sup>1)</sup>  | 300            | 20,6         | 20,6 | 25,1 | 32,1 |
|                 | 80 <sup>1)</sup>  |                | 22,9         | 22,9 | 28,1 | 34,1 |
|                 | 100 <sup>1)</sup> |                | 23,8         | 23,8 | 29,2 | 37,5 |
|                 | 125 <sup>1)</sup> |                | 25,5         | 25,5 | 30,9 | 38,5 |
|                 | 150               |                | 26,4         | 26,4 | 35,1 | 39,4 |

1) nach Werksnorm

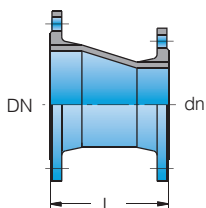


| DN <sub>1</sub> | dn                | Maße [mm]<br>L | Masse [kg] ~ |       |       |       |
|-----------------|-------------------|----------------|--------------|-------|-------|-------|
|                 |                   |                | PN10         | PN16  | PN25  | PN40  |
| 250             | 80 <sup>1)</sup>  | 300            | 26           | 29    | 30,5  | 41    |
|                 | 100 <sup>1)</sup> |                | 29           | 32,5  | 33    | 44    |
|                 | 125 <sup>1)</sup> |                | 31,5         | 32,5  | 33    | 46,5  |
|                 | 150 <sup>1)</sup> |                | 32,5         | 33    | 36,6  | 55,5  |
|                 | 200               |                | 34,1         | 34,1  | 40    | 56,5  |
| 300             | 100 <sup>1)</sup> | 300            | 29           | 29    | 35    | 48    |
|                 | 150 <sup>1)</sup> |                | 33           | 32,5  | 38    | 55    |
|                 | 200 <sup>1)</sup> |                | 35,9         | 35,4  | 42,9  | 63,9  |
|                 | 250               |                | 40,8         | 39,8  | 49,3  | 74,8  |
| 350             | 200 <sup>1)</sup> | 600            | 87           | 90    | 103   | 127   |
|                 | 250 <sup>1)</sup> | 300            | 44,4         | 46,9  | 59,4  | 90,4  |
|                 | 300               |                | 49,7         | 52,2  | 66,2  | 103,2 |
| 400             | 200 <sup>1)</sup> | 300            | 45,6         | 50,5  | 63,5  | 98    |
|                 | 250 <sup>1)</sup> |                | 49,1         | 54,6  | 69,6  | 113,1 |
|                 | 300               |                | 54,4         | 59,4  | 76,4  | 125,9 |
|                 | 350               |                | 58,1         | 66,6  | 86,1  | 141,1 |
| 500             | 350 <sup>1)</sup> | 600            | 145          | 149   | 166   | 201   |
|                 | 400               |                | 133,6        | 163,6 | 175,6 | 210,6 |
| 600             | 400 <sup>1)</sup> | 600            | 178          | 219   | 237,5 | 309,5 |
|                 | 500               |                | 185,5        | 226,5 | 257   | 343   |
| 700             | 400 <sup>1)</sup> | 600            | 253,5        | 281,5 | 334,5 | -     |
|                 | 500 <sup>1)</sup> |                | 258          | 273   | 337   |       |
|                 | 600               |                | 301,4        | 332,4 | 285,4 |       |
| 800             | 500 <sup>1)</sup> | 600            | 308,5        | 359,5 | 442,5 | -     |
|                 | 600 <sup>1)</sup> |                | 363          | 375   | 459   |       |
|                 | 700               |                | 397,3        | 431,3 | 484,3 |       |
| 900             | 600 <sup>1)</sup> | 600            | 336          | 384   | 453   | -     |
|                 | 700 <sup>1)</sup> |                | 456          | 497   | 481   |       |
|                 | 800               |                | 374,2        | 414,2 | 518,2 |       |
| 1000            | 800 <sup>1)</sup> | 600            | 516          | 612   | 739   | -     |
|                 | 900               |                | 530,2        | 592,2 | 576,2 |       |

1) nach Werksnorm



| DN <sub>1</sub> | dn  | Maße [mm]<br>L | Masse [kg] ~ |      |      |      |
|-----------------|-----|----------------|--------------|------|------|------|
|                 |     |                | PN10         | PN16 | PN25 | PN40 |
| 50              | 40  | 200            | 7            |      |      |      |
| 65              | 40  | 200            | 8,5          |      |      |      |
|                 | 50  |                | 9            |      |      |      |
| 80              | 40  | 200            | 9,2          |      |      |      |
|                 | 50  |                | 9,7          |      |      |      |
|                 | 65  |                | 10,7         |      |      |      |
| 100             | 40  | 200            | 11,1         |      | 11,6 |      |
|                 | 50  |                | 12,1         |      | 12,1 |      |
|                 | 65  |                | 12,6         |      | 12,6 |      |
|                 | 80  |                | 13,1         |      | 13,1 |      |
| 125             | 50  | 200            | 13,6         |      | 14,2 | 16,1 |
|                 | 65  |                | 14,6         |      | 15,1 | 16,4 |
|                 | 80  |                | 15,6         |      | 16,2 | 17,5 |
|                 | 100 |                | 16,5         |      | 17,1 | 18,4 |
| 150             | 50  | 300            | 17,9         |      | 21,5 | 23,5 |
|                 | 80  |                | 19           |      | 23   | 25   |
|                 | 100 |                | 20           |      | 24,5 | 26,5 |
|                 | 125 |                | 25,5         |      | 25,5 | 29   |
| 200             | 80  | 300            | 24,4         | 25   | 27   | 33,5 |
|                 | 100 |                | 24,5         | 24,5 | 28   | 34   |
|                 | 125 |                | 25,5         | 25,5 | 29   | 35   |
|                 | 150 |                | 29,5         | 29,5 | 31,5 | 38,5 |

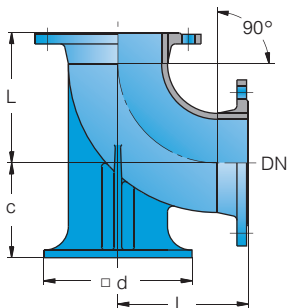


| DN <sub>1</sub> | dn  | Maße [mm]<br>L | Masse [kg] ~ |      |       |       |
|-----------------|-----|----------------|--------------|------|-------|-------|
|                 |     |                | PN10         | PN16 | PN25  | PN40  |
| 250             | 100 | 300            | 35,5         | 35,5 | 39    | 49    |
|                 | 125 |                | 36           | 36   | 39,5  | 50,5  |
|                 | 150 |                | 40           | 40   | 42,5  | 51,5  |
|                 | 200 |                | 42           | 42   | 48    | 64    |
| 300             | 100 | 300            | 40,5         | 40,5 | 45    | 60    |
|                 | 150 |                | 42,5         | 46,1 | 59    | 82    |
|                 | 200 |                | 53,1         | 53,1 | 63    | 87,5  |
|                 | 250 |                | 55           | 55   | 66,5  | 94    |
| 350             | 200 | 500            | 82           | 85   | 99    | 122   |
|                 | 250 |                | 83           | 85,5 | 101   | 128   |
|                 | 300 |                | 108          | 114  | 125   | 162   |
| 400             | 150 | 500            | 81           | 90   | 102   | 138   |
|                 | 200 | 600            | 85           | 85   | 110,5 | 150,5 |
|                 | 250 | 500            | 91           | 102  | 123   | 163   |
|                 | 300 |                | 105          | 104  | 124   | 183   |
|                 | 350 |                | 117          | 126  | 145   | 200   |
| 500             | 250 | 500            | 114,5        | 127  | 140,5 | 186   |
|                 | 300 |                | 115          | 135  | 153   | 204   |
|                 | 350 |                | 120,5        | 141  | 158   | 207   |
|                 | 400 |                | 162          | 162  | 194   | 194   |
| 600             | 300 | 500            | 182          | 193  | 212   | 288   |
|                 | 400 |                | 196          | 241  | 252   | 345   |
|                 | 500 |                | 236          | 252  | 262   | 357   |

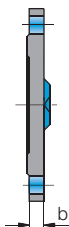


**N-Stücke**  
**Doppelflansch-Fußbögen 90°**  
 nach EN 545

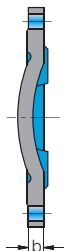
**DUKTUS**



| DN  | L   | Maße [mm] |     | Masse [kg] ~ |       |       |       |
|-----|-----|-----------|-----|--------------|-------|-------|-------|
|     |     | c         | □ d | PN 10        | PN 16 | PN 25 | PN 40 |
| 80  | 165 | 110       | 180 | 13,2         |       |       |       |
| 100 | 180 | 125       | 200 | 16,9         | 17,9  |       |       |
| 125 | 200 | 140       | 225 | 22,1         |       | 23,1  | 26,1  |
| 150 | 220 | 160       | 250 | 28,8         |       | 30,8  | 35,8  |
| 200 | 260 | 190       | 300 | 46,2         | 45,2  | 49,7  | 60,2  |
| 250 | 350 | 225       | 350 | 73,5         | 72,5  | 80,5  | 101   |
| 300 | 400 | 255       | 400 | 103,9        | 102,9 | 113,9 | 144,9 |
| 350 | 450 | 290       | 450 | 136          | 142   | 158   | 201   |
| 400 | 500 | 320       | 500 | 176,4        | 186,4 | 209,4 | 277,4 |
| 500 | 600 | 385       | 600 | 281          | 311   | 335   | 402   |
| 600 | 700 | 450       | 700 | 425          | 478   | 506   | 612   |



bis DN 250

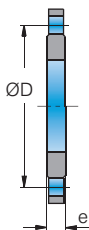


über DN 250

| DN   | b [mm] |       |                    |                  | Masse [kg] ~ |       |       |       | Anbohrmöglichkeiten<br>[°] |
|------|--------|-------|--------------------|------------------|--------------|-------|-------|-------|----------------------------|
|      | PN 10  | PN 16 | PN 25              | PN 40            | PN 10        | PN 16 | PN 25 | PN 40 |                            |
| 40   | 16     |       |                    |                  | 2,5          |       |       |       | 1 x 1/2" zentrisch         |
| 50   | 16     |       |                    |                  | 3            |       |       |       |                            |
| 65   | 16     |       |                    |                  | 4            |       |       |       |                            |
| 80   | 16     |       |                    |                  | 3,6          |       |       |       |                            |
| 100  | 16     |       |                    |                  | 4,3          |       | 4,8   |       | 1 x 2" zentrisch           |
| 125  | 16     |       |                    | 20,5             | 5,6          |       | 6,2   | 7,9   |                            |
| 150  | 16     | 17    |                    | 23               | 7,2          |       | 8,3   | 11,1  |                            |
| 200  | 17     |       | 19                 | 27               | 11           | 10,8  | 13,3  | 20    |                            |
| 250  | 19     |       | 21,5               | 31               | 16,9         | 16,6  | 21    | 33,5  |                            |
| 300  | 20,5   |       | 23,5               | 35,5             | 26           | 25,5  | 32    | 51,5  | 2 x 2" exzentrisch         |
| 350  | 20,5   | 22,5  | 26                 | 40 <sup>1)</sup> | 33           | 37    | 46    | 73,5  |                            |
| 400  | 20,5   | 24    | 28                 | 44 <sup>1)</sup> | 41           | 49    | 62,5  | 106   |                            |
| 500  | 22,5   | 27,5  | 32,5               | 48 <sup>1)</sup> | 65           | 85,5  | 102   | 151   |                            |
| 600  | 25     | 31    | 37                 | 53 <sup>1)</sup> | 99,5         | 136   | 159   | 230   |                            |
| 700  | 27,5   | 34,5  | 41,5 <sup>1)</sup> | –                | 147          | 179   | 225   | –     |                            |
| 800  | 30     | 38    | 46 <sup>1)</sup>   | –                | 207          | 252   | 325   | –     |                            |
| 900  | 32,5   | 41,5  | 50,5 <sup>1)</sup> | –                | 273          | 335   | 429   | –     |                            |
| 1000 | 35     | 45    | 55 <sup>1)</sup>   | –                | 360          | 453   | 578   | –     |                            |

1) nach Werknorm, Flanschanschlussmaße nach EN 1092-2; höhere Drücke auf Anfrage

Übergangsf lansche DN 80  
Übergangsf lansche PN 10 auf PN 40  
nach Werksnorm



| DN | Maße [mm] |    | PN [bar] | Masse [kg] ~ |
|----|-----------|----|----------|--------------|
|    | D         | e  |          |              |
| 80 | 200       | 27 | 10/40    | 3,9          |

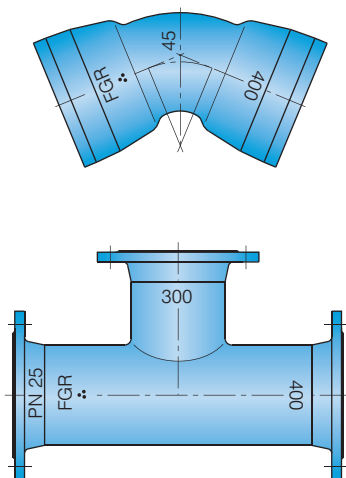
Alle von Mitgliedsfirmen der „Fachgemeinschaft Gussrohrsysteme/European Association for Ductile Iron Pipe Systems (FGR/EADIPS)“ hergestellten Formstücke tragen das Zeichen „FGR“ – Ausdruck der Einhaltung aller Richtlinien zur Erlangung des „Qualitätssiegels FGR“.

Darüber hinaus sind die Stücke mit der Nennweite und die Bögen mit dem jeweiligen Zentrierwinkel gekennzeichnet.

Bei Flanschenformstücken werden die Nenndrücke 16, 25 und 40 aufgegossen oder aufgestempelt. Flanschenformstücke für PN 10 und alle Muffenformstücke sind ohne Nenndruckangabe.

Zur Kennzeichnung des Werkstoffes „duktiles Gusseisen“ tragen die Formstücke drei im Dreieck (♣) erhabene auf der Außenfläche angeordnete Punkte.

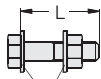
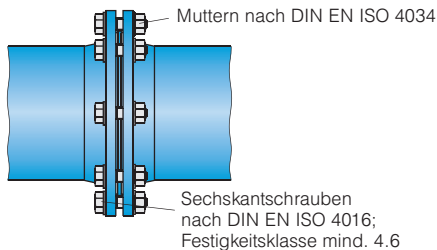
In Sonderfällen können weitere Markierungen festgelegt werden.



### Geltungsbereich

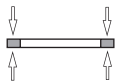
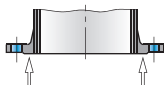
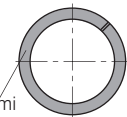
Diese Einbauanleitung gilt für Rohre und Formstücke aus duktilem Gusseisen nach EN 545 mit Flanschen nach EN 1092-2.

### Aufbau der Verbindung



Scheiben nach DIN EN ISO 7091  
Schraubenmaße nach  
FGR/EADIPS-Norm 30

Dichtungen aus Gummi  
mit Stahlrinne  
nach DIN EN 1514-1



Die mit Pfeil gekennzeichneten Flächen an Dichtleiste, Dichtung und die Schraubenlöcher sind zu reinigen und eventuelle Anstrichhäufungen zu entfernen.

### Zusammenbau der Verbindung

Empfehlungen für Transport, Lagerung und Einbau siehe Seite 289 ff.

Aus Gründen der besseren Montage und Betriebssicherheit, sollten nur Flachdichtungen mit Stahleinlage eingebaut werden.

Flanschenrohre und Formstücke müssen sorgfältig aufgelagert werden.

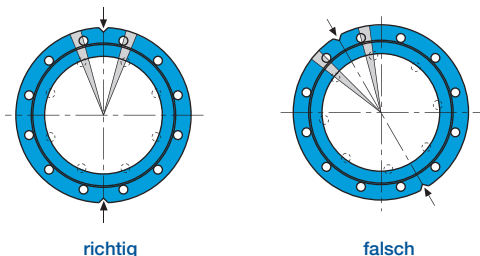
Unterschiedliche Belastungen und Setzungen können von den starren Rohrverbindungen nicht abgefangen werden. Auf keinen Fall dürfen die Rohre und Formstücke mit Steinen und anderen Materialien unterbaut werden.

### Anordnung der Schraubenlöcher

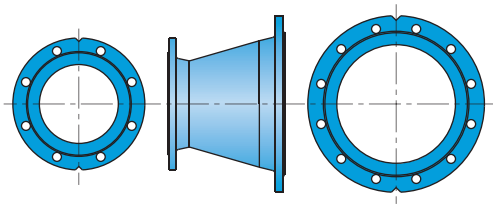
Bei Flanschenrohren und Flanschenformstücken gilt für die Anordnung der Schraubenlöcher die Regel, dass in die zur Rohrleitungsebene senkrecht stehende Flanschenachse keine Schraubenlöcher fallen.

### Anmerkung für den Einbau von Flanschenformstücken

Um die einwandfreie Montage zu erleichtern, sind an den Flanschen der Formstücke zwei gegenüberliegende Kerben angebracht. Diese müssen beim Einbau senkrecht bzw. waagrecht ausgerichtet werden.



## Einbau von FFR-Stücken



Beispiel: FFR 300/200 PN 10

Bedingt durch unterschiedliche Anzahl der Schraubenlöcher bei FFR-Stücken liegen bei falschem Einbau die anschließenden Armaturen oder Formstücke schief im Raum. Mögliche Verdrehungsgrade (je nach Nennweite) bis zu 22,5°.

### **Achtung!**

Verdrehungsgrade bei großen Nennweiten kaum wahrnehmbar.

### **Anzugsdrehmomente**

Das Anzugsdrehmoment  $M_D$  ist vom Dichtwerkstoff, von der Nennweite DN und vom Nenndruck PN abhängig.

Bitte sprechen Sie Ihren Dichtungshersteller an.

## 5.5 Berechnung von Höhenversätzen mit Flanschformstücken

### Formeln

$$L_H = H / \tan \alpha$$

$$L_S = H / \sin \alpha$$

$$L_{FF} = L_S - 2 \cdot L$$

$$L_{Ges} = L_H + 2 \cdot L$$

H = Höhenversatz Rohrachse bis Rohrachse

L = Schenkellänge des FFK

$\alpha$  = Winkel des FFK

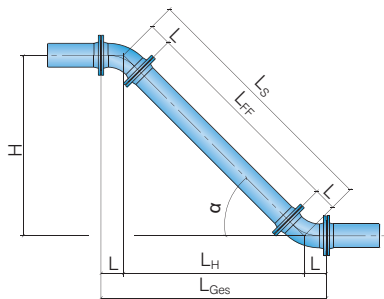


Tabelle 1: Schenkellängen „L“ [cm] der FFK-Stücke in Abhängigkeit von Winkel  $\alpha$  und Durchmesser „DN“

| Winkel $\alpha$<br>des FFK | L [cm] Schenkellänge des FFK |        |        |        |        |        |        |        |        |
|----------------------------|------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                            | DN 80                        | DN 100 | DN 125 | DN 150 | DN 200 | DN 250 | DN 300 | DN 350 | DN 400 |
| 11°                        | 13,0                         | 14,0   | 15,0   | 16,0   | 18,0   | 21,0   | 25,0   | 10,5   | 11,3   |
| 22°                        | 13,0                         | 14,0   | 15,0   | 16,0   | 18,0   | 21,0   | 25,0   | 14,0   | 15,3   |
| 30°                        | 13,0                         | 14,0   | 15,0   | 16,0   | 18,0   | 21,0   | 25,0   | 16,5   | 18,3   |
| 45°                        | 13,0                         | 14,0   | 15,0   | 16,0   | 18,0   | 35,0   | 40,0   | 29,8   | 32,4   |
| 90°                        | 16,5                         | 18,0   | 20,0   | 22,0   | 26,0   | 35,0   | 40,0   | 45,0   | 50,0   |

| Winkel $\alpha$<br>des FFK | L [cm] Schenkellänge des FFK |        |        |        |        |         |
|----------------------------|------------------------------|--------|--------|--------|--------|---------|
|                            | DN 500                       | DN 600 | DN 700 | DN 800 | DN 900 | DN 1000 |
| 11°                        | 13,5                         | 17,4   | 19,4   | 21,3   | –      | –       |
| 22°                        | 18,5                         | 25,4   | 28,4   | 31,4   | –      | –       |
| 30°                        | 22,0                         | 30,9   | 34,6   | 38,3   | –      | –       |
| 45°                        | 37,5                         | 42,6   | 47,8   | 52,9   | 58,1   | 63,2    |
| 90°                        | 60,0                         | 70,0   | 80,0   | 90,0   | 100,0  | 110,0   |

Abweichungen der Maße sind möglich. Schenkellängen „L“ sind auch im Kapitel 6 zu finden.



**Tabelle 2 zur Bestimmung der Länge „L<sub>s</sub>“ [cm] in Abhängigkeit von Winkel  $\alpha$  und Höhenversatz „H“**

| Länge der Schräge „L <sub>s</sub> “ [cm] |              |  |      |      |       |       |       |       |       |       |       |
|--|--------------|--|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Winkel $\alpha$ des FFK                  | sin $\alpha$ | Höhenversatz H [cm] (Rohrachse zu Rohrachse) |      |      |       |       |       |       |       |       |       |
|  |              | 5  | 10   | 15   | 20    | 25    | 30    | 35    | 40    | 45    | 50    |
| 11°                                      | 0,19081      | 26,2   | 52,4 | 78,6 | 104,8 | 131,0 | 157,2 | 183,4 | 209,6 | 235,8 | 262,0 |
| 22°                                      | 0,37461      | 13,3   | 26,7 | 40,0 | 53,4  | 66,7  | 80,1  | 93,4  | 106,8 | 120,1 | 133,5 |
| 30°                                      | 0,5          | 10,0   | 20,0 | 30,0 | 40,0  | 50,0  | 60,0  | 70,0  | 80,0  | 90,0  | 100,0 |
| 45°                                      | 0,70711      | 7,1  | 14,1 | 21,2 | 28,3  | 35,4  | 42,4  | 49,5  | 56,6  | 63,6  | 70,7  |
| 90°                                      | 1            | 5,0  | 10,0 | 15,0 | 20,0  | 25,0  | 30,0  | 35,0  | 40,0  | 45,0  | 50,0  |

| Länge der Schräge „L <sub>s</sub> “ [cm] |              |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--|--------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Winkel $\alpha$ des FFK                  | sin $\alpha$ | Höhenversatz H [cm] (Rohrachse zu Rohrachse) |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|  |              | 55   | 60    | 65    | 70    | 75    | 80    | 85    | 90    | 95    | 100   |
| 11°                                      | 0,19081      | 288,2  | 314,4 | 340,7 | 366,9 | 393,1 | 419,3 | 445,5 | 471,7 | 497,9 | 524,1 |
| 22°                                      | 0,37461      | 146,8  | 160,2 | 173,5 | 186,9 | 200,2 | 213,6 | 226,9 | 240,2 | 253,6 | 266,9 |
| 30°                                      | 0,5          | 110,0  | 120,0 | 130,0 | 140,0 | 150,0 | 160,0 | 170,0 | 180,0 | 190,0 | 200,0 |
| 45°                                      | 0,70711      | 77,8   | 84,9  | 91,9  | 99,0  | 106,1 | 113,1 | 120,2 | 127,3 | 134,3 | 141,4 |
| 90°                                      | 1            | 55,0   | 60,0  | 65,0  | 70,0  | 75,0  | 80,0  | 85,0  | 90,0  | 95,0  | 100,0 |

**Tabelle 3 zur Bestimmung der Länge „L<sub>H</sub>“ [cm] in Abhängigkeit von Winkel  $\alpha$  und Höhenversatz „H“**

| Horizontale Länge des Versatzes „L <sub>H</sub> “ [cm] von Knickpunkt zu Knickpunkt |              |  |      |      |       |       |       |       |       |       |       |
|---|--------------|--|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Winkel<br>$\alpha$ des<br>FFK   | tan $\alpha$ | Höhenversatz H [cm] (Rohrachse zu Rohrachse) |      |      |       |       |       |       |       |       |       |
|   |              | 5  | 10   | 15   | 20    | 25    | 30    | 35    | 40    | 45    | 50    |
| 11°   | 0,19438      | 25,7   | 51,4 | 77,2 | 102,9 | 128,6 | 154,3 | 180,1 | 205,8 | 231,5 | 257,2 |
| 22°   | 0,40403      | 12,4   | 24,8 | 37,1 | 49,5  | 61,9  | 74,3  | 86,6  | 99,0  | 111,4 | 123,8 |
| 30°   | 0,57735      | 8,7  | 17,3 | 26,0 | 34,6  | 43,3  | 52,0  | 60,6  | 69,3  | 77,9  | 86,6  |
| 45°   | 1            | 5,0  | 10,0 | 15,0 | 20,0  | 25,0  | 30,0  | 35,0  | 40,0  | 45,0  | 50,0  |
| 90°   | $\infty$     | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   |

| Horizontale Länge des Versatzes „L <sub>H</sub> “ [cm] von Knickpunkt zu Knickpunkt |              |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|--------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Winkel<br>$\alpha$ des<br>FFK   | tan $\alpha$ | Höhenversatz H [cm] (Rohrachse zu Rohrachse) |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|   |              | 55   | 60    | 65    | 70    | 75    | 80    | 85    | 90    | 95    | 100   |
| 11°   | 0,19438      | 283,0  | 308,7 | 334,4 | 360,1 | 385,8 | 411,6 | 437,3 | 463,0 | 488,7 | 514,5 |
| 22°   | 0,40403      | 136,1  | 148,5 | 160,9 | 173,3 | 185,6 | 198,0 | 210,4 | 222,8 | 235,1 | 247,5 |
| 30°   | 0,57735      | 95,3   | 103,9 | 112,6 | 121,2 | 129,9 | 138,6 | 147,2 | 155,9 | 164,5 | 173,2 |
| 45°   | 1            | 55,0   | 60,0  | 65,0  | 70,0  | 75,0  | 80,0  | 85,0  | 90,0  | 95,0  | 100,0 |
| 90°   | $\infty$     | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   |

## Wie lang muss das FF-Stück sein, wenn das FFK-Stück vorhanden und der Höhenversatz bekannt ist?

1. Den Wert „ $L_S$ “ in Abhängigkeit vom bekannten Höhenversatz und den Winkel  $\alpha$  des FFK-Stückes aus Tabelle 2 entnehmen.
2. Die Schenkellänge „ $L$ “ des FFK-Stückes der Tabelle 1 oder unserem Trinkwasserkatalog entnehmen.
3. Zur Ermittlung der gesuchten Länge des FF-Stückes „ $L_{FF}$ “ von „ $L_S$ “ zweimal „ $L$ “ abziehen.

### Beispiel:

FFK 30°, DN 200, H = 70 cm

140 cm

18,0 cm

$$L_{FF} = 140 \text{ cm} - 2 \cdot 18 \text{ cm} = 104 \text{ cm}$$

## Wie groß ist der Höhenversatz „H“, wenn das FF-Stück und die FFK-Stücke vorhanden sind?

1. Die Länge des FF-Stückes „ $L_{FF}$ “ messen.
2. Die Schenkellänge „ $L$ “ des FFK-Stückes der Tabelle 1 oder unserem Trinkwasserkatalog entnehmen.
3. „ $L_S$ “ ausrechnen:  $L_S = L_{FF} + 2 \cdot L$
4. Den  $\sin \alpha$  der vorhandenen FFK-Stücke der Tabelle 2 entnehmen.
5. Der entstehende Höhenversatz „H“ errechnet sich wie folgt:  $H = L_S \cdot \sin \alpha$

### Beispiel:

FFK 30°, DN 200,  $L_{FF} = 104 \text{ cm}$

104 cm

18,0 cm

$$L_S = 104 \text{ cm} + 2 \cdot 18 \text{ cm} = 140 \text{ cm}$$

0,5 cm

$$H = 140 \text{ cm} \cdot 0,5 = 70 \text{ cm}$$

## Wie lang ist der Versatz „ $L_{GES}$ “, wenn der Höhenversatz „H“ und der Winkel der FFK-Stücke bekannt ist“?

1. Den Wert „ $L_H$ “ in Abhängigkeit vom bekannten Höhenversatz und den Winkel  $\alpha$  des FFK-Stückes aus Tabelle 3 entnehmen.
2. Die Schenkellänge „ $L$ “ des FFK-Stückes der Tabelle 1 oder unserem Trinkwasserkatalog entnehmen.
3. „ $L_{GES}$ “ ausrechnen:  $L_{GES} = L_H + 2 \cdot L$

### Beispiel:

FFK 30°, DN 200, H = 70 cm

121,2 cm

18,0 cm

$$L_{GES} = 121,2 \text{ cm} + 2 \cdot 18 \text{ cm} =$$

157,2 cm



## 6 BESCHICHTUNGEN

(Aufbau, Wirkungsweise, Einsatzgebiete, Einbauanleitungen)



Duktile Gussrohre und Formstücke werden mit werkseitig aufgetragenen Innen- und Außenbeschichtungen ausgeliefert. Die verschiedenen Beschichtungen für Rohre können in Abhängigkeit unterschiedlichster Faktoren ausgewählt und fast beliebig kombiniert werden. Einige entscheidende Einflussgrößen sind:

- Durchflussmedium
- Boden- und Grundwasseraggressivität
- Korngröße der Einbettung
- Temperatur des Mediums
- Temperatur der Umgebung
- Einbauverfahren

Im folgenden Kapitel werden die verschiedenen Innen- und Außenbeschichtungen von Rohren in Aufbau, Wirkungsweise und Einbaubedingungen beschrieben.

Als Beschichtung für Formstücke hat sich innen und außen die Epoxidharzbeschichtung nach EN 14 901 als Stand der Technik durchgesetzt. Formstücke mit dieser Beschichtung können sowohl in der Trinkwasser-Versorgung, als auch für die Abwasserentsorgung eingesetzt werden. Andere Beschichtungen, wie zum Beispiel Zementmörtel-Auskleidung, Email oder Bitumen, sind auf Anfrage möglich.



## 6.1. Außenbeschichtungen Zementmörtel-Umhüllung (Duktus ZMU)



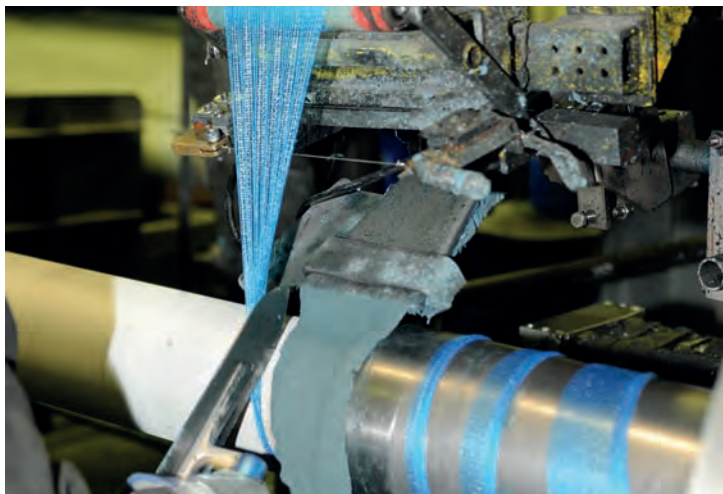
### Aufbau

Die Zementmörtel-Umhüllung ist für Rohre der Nennweiten DN 80 bis DN 1000 in der Baulänge 6 m und für alle Steckmuffen-Verbindungen verfügbar.

Sie entspricht der EN 15 542. Die Nennschichtdicke beträgt entsprechend 5 mm. Unter der ZMU befindet sich immer ein Zink-Überzug von mindestens 200 g/m<sup>2</sup>. Zwischen Zink und ZMU kann zusätzlich eine Grundierung aufgebracht werden. Diese kann jedoch bei einer polymermodifizierten ZMU entfallen. Das Aufbringen des Zementmörtels erfolgt im Extrusions-Verfahren (Wickeln) oder im Spritzverfahren.

Der Muffenschutz erfolgt mit einer Gummischutzmanschette oder mit Schrumpfmateriale. (siehe Kapitel 7, Seite 276 ff.)

Für besondere Einsatzbedingungen, wie zum Beispiel grabenloser Einbau in rolligen Böden, bieten wir zusätzlich unsere ZMU-Plus-Beschichtung an. Hierfür wird das Rohr soweit mit ZMU aufgemantelt, dass eine zylindrische Außenkontur entsteht.



### **Wirkungsweise**

Die ZMU ist ein hoch wirksamer Korrosionsschutz und schützt sowohl vor chemischen, als auch vor mechanischen Angriffen.

Die chemische Schutzwirkung basiert vor allem auf Porosität und Alkalität des verwendeten Mörtels auf Basis Hochofenzement. Durch Einwirkung von Erdfeuchte oder Grundwasser wird an der Oberfläche des Gussrohres auf Dauer ein pH-Wert  $>10$  erzeugt, wodurch zuverlässig Korrosion unterbunden wird.

Durch den unter der ZMU befindlichen Zink-Überzug wird der Korrosionsschutz, auch in dem ungewöhnlichen Fall einer mechanischen Beschädigung der ZMU, aufrecht erhalten.

Durch entsprechende Vorgaben der EN 15 542 werden überdies zulässige mechanische Belastungen fixiert. So sind unter anderem die Haftzug- und die Schlagfestigkeit genormt. Die Folge daraus ist eine überragende mechanische Belastbarkeit der ZMU.

### **Einsatzgebiete**

Auf Grund der hervorragenden mechanischen und chemischen Schutzeigenschaften der ZMU können Rohre mit dieser Außenbeschichtung nahezu universell eingesetzt werden. Wesentliche Einsatzgebiete sind:

- aggressive /kontaminierte Böden  
Gemäß Anhang D der EN 545 können Rohre aus duktilem Gusseisen mit faserverstärkter Zementmörtel-Umhüllung nach EN 15542 in Böden beliebiger Korrosivität eingebaut werden.
- grobkörniges Rohrumhüllungsmaterial  
Das DVGW-Arbeitsblatt W 400-2 wiederum regelt die zulässigen Korngrößen der Rohrumhüllungsmaterialien. Nach Anhang G dieses Arbeitsblattes ist ein Größtkorn von 100 mm in runder oder gebrochener Form für Rohre mit Zementmörtel-Umhüllung zulässig.



- grabenlose Einbauverfahren  
Die für duktile Gussrohre relevanten grabenlosen Einbauverfahren werden in den DVGW-Arbeitsblättern GW 320-1 bis GW 324 geregelt. Demnach sind Rohre mit ZMU für alle diese Verfahren zugelassen.
- Streuströme  
Nach neuesten Untersuchungen sollten in Gebieten mit Streuströmen Gussrohre mit ZMU eingesetzt werden. Beim Einbau von nicht elektrisch leitenden Verbindungen kann somit eine negative Beeinflussung der Rohrleitung durch Streuströme ausgeschlossen werden.



### 6.1.2. Einbauanleitung ZMU

#### Geltungsbereich

Diese Einbauanleitung gilt für Rohre aus duktilem Gusseisen nach EN 545 mit Zementmörtel-Umhüllung (ZMU) nach EN 15 542.

Zur Herstellung der Rohrverbindung ist die jeweils gültige Einbauanleitung zu beachten.

#### Hinweise für den Einbau

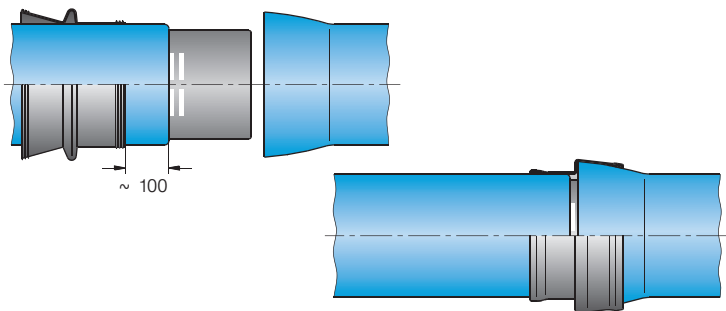
Der Einbau muss so erfolgen, dass die ZMU nicht beschädigt wird. Zum Schutz der Muffenverbindungen stehen folgende Möglichkeiten zur Verfügung:

- ZM-Schutzmanschette,
- Schrumpfmateriale oder Schutzbänder (nach DIN 30 672),
- Mörtelbandage (z. B. Fa. Ergelit) für Sonderanwendungen.

#### ZM-Schutzmanschetten

ZM-Schutzmanschetten können universell für TYTON®, BRS® und für BLS®-Steckmuffen-Verbindungen bis DN 1000 eingesetzt werden.

Vor der Montage der Verbindung wird die Manschette umgestülpt und – mit dem größeren Durchmesser voran – auf das Einsteckende soweit aufgezogen, dass die ZMU ca. 100 mm vorsteht. Die Montage kann durch Gleitmittel auf der ZMU erleichtert werden.



Nach der Montage der Verbindung und dem Prüfen des Dichtungssitzes mit dem Taster wird die Manschette umgeklappt, bis an die Muffenstirn herangezogen und über die Muffe gestülpt. Sie liegt dann eng und fest an.

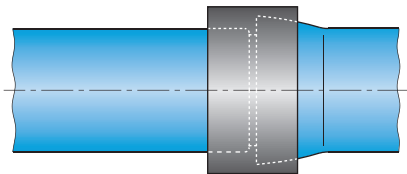
## Schrumpfmateriale und Schutzbänder

Schrumpfmateriale und Schutzbänder können bei allen Verbindungen eingesetzt werden. Das Schrumpfmateriale muss für die Abmessungen der jeweiligen Verbindung und den Einsatzfall geeignet sein; siehe Kapitel 7, Seite 276 ff.

## Aufbringen der (geschlossenen) Schrumpfmuffe

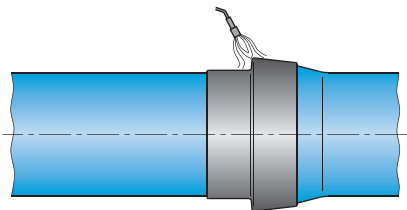
Die Schrumpfmuffe ist vor dem Herstellen der Verbindung über das Muffenende zu ziehen. Die zu umhüllende Oberfläche gemäß Merkblatt GW 15 vorbereiten, d.h. den Installationsbereich von Rost, Fett, Schmutz und allen losen Partikeln befreien.

Die Fläche mit der Propangasflamme auf ca. 60 °C vorwärmen und damit trocknen. Danach wird die Schrumpfmuffe über die Verbindung gezogen, wobei sich etwa die Hälfte der Länge auf der Muffe befinden sollte.



Die in der Schrumpfmuffe befindliche Schutzeinlage darf erst nach dem Positionieren auf der Muffe und kurz vor dem Erwärmen entfernt werden.

Mit einer weich eingestellten Propangasflamme wird die Schrumpfmuffe in Höhe der Muffenstirn ringsherum solange gleichmäßig erwärmt, bis der Schrumpfprozess einsetzt und sich die Muffenkontur abzeichnet. Dann wird unter gleichmäßiger Temperaturführung, wobei der Brenner fächernd in Umfangsrichtung geführt werden soll, zuerst der Muffenteil, dann von der Muffenstirn ausgehend der Teil des Rohrschafes aufgeschumpft.



Der Vorgang ist einwandfrei durchgeführt wenn:

- die Muffe/Manschette vollständig auf die Rohrverbindung aufgeschrumpft ist,
- sie glatt, ohne Kaltstellen und Luftblasen anliegt, der Dichtungskleber an beiden Enden herausgepresst wurde,
- die geforderte Überlappung von 50 mm auf die Werksumhüllung eingehalten wurde.

### **Umhüllung einer Muffenverbindung mit (offener) Schrumpfmanschette aus Bandmaterial**

Offene Schrumpfmanschetten gibt es vorkonfektioniert mit bereits integrierter Verschlusslasche oder in Rollen zu 30 m mit jeweils einer Verschlusslasche pro Muffe.

Das Schrumpfband, in Rollen von 30 m, ist auf der Baustelle entsprechend zu zuschneiden (siehe Seite 278).

Die zu umhüllende Oberfläche gemäß Merkblatt GW 15 vorbereiten, d. h. den Installationsbereich von Rost, Fett, Schmutz und allen losen Partikeln befreien. Die Fläche mit der Propangasflamme auf ca. 60 °C vorwärmen und damit trocknen.

Schutzfolie ca. 150 mm von der Manschette abziehen. Das Manschettenende rechtwinklig zur Rohrachse zentrisch über der Rohrverbindung positionieren und unter gleichzeitiger Entfernung der restlichen Schutzfolie die Manschette lose umlegen. Die Überlappung der Manschettenenden soll mindestens 80 mm betragen und im oberen Rohrdrittel gut zugänglich liegen.

Bei niedrigen Umgebungstemperaturen ist es vorteilhaft, die Kleberseite der Überlappungsstelle sowie der Verschlusslasche kurz zu erwärmen.

Mit weicher, gelber Flamme unter ständiger Bewegung die zentrisch über der Überlappung platzierte Verschlusslasche von außen gleichmäßig erwärmen, bis sich die Gitterstruktur des Gewebes abzeichnet. Dann mit Handschuh gut andrücken. Die Manschette unter gleichmäßiger Bewegung der Flamme in Rohrfangsrichtung zuerst auf der Verschlusslasche abgewandten Seite auf die Rohrmuffe und danach in gleicher Weise auf das Einsteckende aufschrumpfen.

Der Vorgang ist einwandfrei durchgeführt wenn:

- die Muffe/Manschette vollständig auf die Rohrverbindung aufgeschrumpft ist,
- sie glatt, ohne Kaltstellen und Luftblasen anliegt, der Dichtungskleber an beiden Enden herausgepresst wurde,
- die geforderte Überlappung von 50 mm auf die Werksumhüllung eingehalten wurde.

Die in den Einbauanleitungen angegebenen Abwinkelbarkeiten können bei den zuvor beschriebenen Muffenisolierungsarten auch nach dem Isolieren voll ausgenutzt werden.

Anstelle der molekularvernetzten Thermofit-Schrumpfmateriale können auch Schutzbänder eingesetzt werden, wenn diese den Anforderungen nach DIN 30 672 entsprechen und eine DIN/DVGW-Registrier-Nummer tragen.

### **Umwickeln mit Schutzbändern**

Nach Fertigstellung der Verbindung wird das Schutzband in mehreren Lagen so über die Verbindung gewickelt, dass sie die ZMU  $\geq 50$  mm überdeckt.

### **Umwickeln mit Mörtelbandage (Fa. Ergelit)**

Mörtelband in einem wassergefüllten Eimer durchtränken bis keine Luftblasen austreten. Maximal zwei Minuten.

Nasses Band entnehmen und leicht ausdrücken.

Band auf den zu umhüllenden Bereich (ZMU  $\geq 50$  mm überdecken) aufwickeln und der Kontur anpassen.

Für 6 mm Schichtdicke Bandage zweimal umwickeln bzw. 50 % überlappen. Nach ca. 1 Std. bis 3 Std. ist die Nachisolierung mechanisch belastbar.

### **Verfüllen des Rohrgrabens**

Die Bettung der Rohre ist gemäß EN 805 bzw. DVGW-Arbeitsblatt W 400-2 vorzunehmen.

Als Füllmaterial kann praktisch jedes Aushubmaterial, selbst Böden mit Steineinschlüssen bis zu einem Größtkorn von 100 mm, eingesetzt werden (siehe DVGW-Arbeitsblatt W 400-2). Eine Sandumhüllung bzw. Umhüllung mit Fremdmaterial ist nur in besonderen Fällen notwendig.

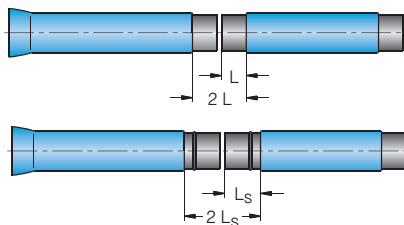
Im Bereich von Verkehrsflächen ist das Merkblatt für das Verfüllen von Leitungsgräben (Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen, Köln) zu beachten.

Die mit ZM-Schutzmanschetten oder Schrumpfmateriale geschützten Steckmuffen-Verbindungen sind mit feinkörnigem Material zu umhüllen oder mit Rohrschutzmatten zu schützen.

### Kürzen von Rohren

Auf Schnittfähigkeit der Rohre ist zu achten (siehe Seite 364).

Vor dem Schneiden sollte die ZMU auf der Länge  $2L$  bzw.  $2L_S$  entsprechend der nachstehenden Tabelle entfernt werden. (Bei Überschiebern ist das Maß für das „Überschieben“ zusätzlich zu berücksichtigen).



| DN   | TYTON®/BRS®<br>L (mm) | BLS®<br>L <sub>S</sub> (mm) |
|------|-----------------------|-----------------------------|
| 80   | 95                    | 165                         |
| 100  | 100                   | 175                         |
| 125  | 100                   | 185                         |
| 150  | 105                   | 190                         |
| 200  | 110                   | 200                         |
| 250  | 115                   | 205                         |
| 300  | 120                   | 210                         |
| 350  | 120                   | –                           |
| 400  | 120                   | 230                         |
| 500  | 130                   | 245                         |
| 600  | 145                   | 300                         |
| 700  | 205                   | 315                         |
| 800  | 220                   | 330                         |
| 900  | 230                   | 345                         |
| 1000 | 245                   | 360                         |

ZMU-freie Einsteckendlänge TYTON® gilt für Muffen entsprechend

DIN 28 603

bis

DN 600

Form A

ab

DN 700

Form B (Langmuffe)

## Schritte zur Entfernung der ZMU

- Markierung für ZMU-Schnitte gemäß vorstehender Tabelle aufbringen
- Entlang der Markierung die ZMU bis etwa zur Hälfte der Schichtdicke (2-3 mm tief) einschneiden. Zum Einschneiden der ZMU eignen sich z. B. Trennscheiben vom Typ C24RT (Achtung: Nicht in die Gusswand einschneiden) oder spezielle Trennscheiben mit Tiefenbegrenzung (siehe Preisliste oder Seite 275). Geeignete Arbeitskleidung und Schutzausrüstung (z. B. Brille, Atemschutz, etc.) tragen.
- Zwei bis drei Längsschnitte (wie vor beschrieben) im abzulösenden Bereich über den Umfang verteilt einbringen
- Bei Rohren mit Haftvermittler zwischen Zink und ZMU ist es notwendig vor dem Ablösen die ZMU auf ca. 160-200 °C zu erwärmen. Diese Rohre sind durch einen Strich unter der Beschriftung „DIN EN 15 542“ gekennzeichnet
- Die ZMU durch leichte Hammerschläge – beginnend an der Längstrennstelle – ablösen
- Alle Schnitte mit einem Meißel trennen
- ZMU abnehmen und das Einsteckende mit Schaber und Drahtbürste von ZMU-Resten befreien
- Nun kann das Rohr getrennt und das Einsteckende gemäß Abschnitt „Kürzen von Rohren“ (siehe Seite 366) angefast werden

Die entstehenden, verzinkten Einsteckenden sind unbedingt mit einer geeigneten Deckbeschichtung nachzustreichen!

## Montage von Anbohrarmaturen

Das Setzen von Hausanschlüssen auf duktile Gussrohre mit Zementmörtel-Umhüllung erfolgt vorzugsweise unter Verwendung von Anbohrarmaturen mit innen liegender Dichthülse.

Diese Art von Anbohrarmaturen dichtet innerhalb der Lochleitung direkt gegen die Gussrohroberfläche in der Bohrung ab. Armaturen dieser Art werden von zahlreichen Herstellern, wie z. B. Erhard, EWE oder Hawle angeboten.

Für weitere Informationen siehe DVGW-Merkblatt W 333.

### **Baustellenseitiges Ausbessern der ZMU**

Abgelöste Stellen der ZMU dürfen nur mit dem vom Rohrhersteller gelieferten Reparatur-Set ausgebessert werden.

#### **Inhalt:**

ca. 4 kg Zement/Sand-Gemisch,  
zusätzlich ca. 5 m Gaze, 200 mm breit,  
ca. 1 Liter Additiv-Gemisch

Der Inhalt ist speziell für die Verwendung mit Duktus Röhren abgestimmt.  
Keine Komponente darf durch beliebiges Material ersetzt oder für andere,  
als die auf dem Reparaturset angegebenen Zementsorten verwendet werden!

#### **Reparaturanleitung:**

Eine fachgerechte Reparatur ist nur bei Temperaturen oberhalb von 5 °C möglich.  
Außer dem Reparatur-Set werden benötigt:

Gummihandschuhe  
staubsichere Schutzbrille  
Drahtbürste  
Spachtel  
zusätzliches Mischgefäß  
evtl. Wasser

#### **bei groben Schäden:**

**Hammer**

**Meißel**

#### **Vorbereitung der Reparaturstelle**

Bei leichten Oberflächenbeschädigungen lediglich die losen und nicht fest anhaftenden Bestandteile im Bereich der Schadstelle mit der Drahtbürste entfernen. Zum Schluss die Schadstelle befeuchten.

Bei größeren Schäden ist es ratsam, den Zementmörtel an der Schadstelle mit Hammer und Meißel vollständig (bis auf das blanke Metall) zu entfernen.

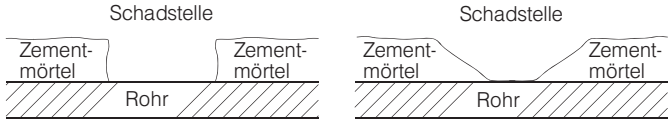
Hierbei muss die Schutzbrille getragen werden!

Der Zementmörtel ist so zu entfernen, dass gerade Kanten entstehen:



richtig

falsch



Beim Entfernen des Zementmörtels ist übermäßige Gewaltanwendung zu vermeiden, um ein Abheben im Bereich neben der Schadstelle zu verhindern.

Noch verbliebenes, loses Material wird mit der Drahtbürste entfernt und die Schadstelle angefeuchtet.

### Mischung:

Zu Beginn die Additivlösung gut aufrühren. Die Mörtelaufbereitung sollte mit möglichst wenig Additiv- und Wasserzugabe erfolgen, bis ein spachtelfähiges Gemisch entsteht – im Normalfall enthält das verdünnte Additiv genug Wasser. Zu Beginn nur die Additivlösung verwenden und vorsichtig dosieren. Bei Bedarf (z. B. bei hohen Temperaturen im Sommer) Wasser nachdosieren.

### Verarbeitung:

Sobald der Mörtel gut verarbeitbar ist, wird die Schadstelle damit ausgespachtelt und abschließend mit einem breiten, feuchten Pinsel oder einem feuchten Handfeger die reparierte Stelle geglättet, insbesondere die Randzonen der ausgebesserten Fläche. Bei großflächigen Schäden wird die Gaze zur Abstützung des Mörtels in der Reparaturstelle verwendet. Dazu wird die Gaze etwa 1-2 mm unter der Oberfläche des Mörtels platziert. Die Gaze darf nicht mit der Metalloberfläche in Kontakt kommen, um Dichtwirkung zu vermeiden.

Das Reparatur-Set zum Schluss wieder luftdicht verschließen.

### Trocknung und Inbetriebnahme:

Besonders großflächige Ausbesserungen sollten mit Folie abgedeckt werden, um durch langsames Trocknen die Gefahr von Rissbildung zu minimieren.

Es wird empfohlen, mindestens zwölf Stunden bis zum Einbau zu warten oder die Reparaturstelle ausreichend vor mechanischen Belastungen zu schützen.

## 6.1. Außenbeschichtungen Zink-Überzug mit Deckbeschichtung

DUKTUS

### Aufbau

Zink-Überzug mit Deckbeschichtung ist für Rohre der Nennweiten DN 80 bis DN 1000 in der Baulänge 6 m und für alle Steckmuffen-Verbindungen verfügbar. Die Deckbeschichtung kann aus einem Expoxidharzlack oder Bitumen bestehen. Sie entspricht der EN 545. Folgenden Farben stehen zur Verfügung:

- Blau für Trinkwasser
- Grün für Brauchwasser
- Schwarz (Bitumen) für Beschneigungsanlagen und Turbinenleitungen

Weitere Farben auf Anfrage.

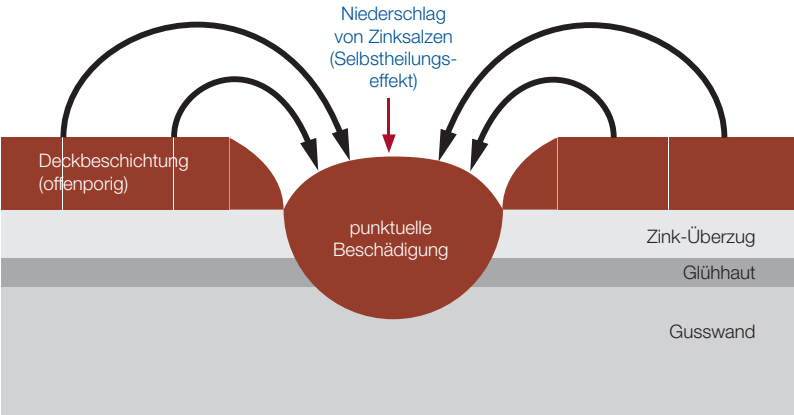
Die mittlere Schichtdicke der Deckbeschichtung beträgt 70  $\mu\text{m}$ . Unter der Deckbeschichtung befindet sich ein Zink-Überzug von mindestens 200  $\text{g}/\text{m}^2$ .

### Wirkungsweise

Der schützende Effekt des Zinküberzuges mit Deckbeschichtung beruht auf drei Faktoren:

- der elektrochemischen Wirkung des Zinks
- einer Verminderung der Nachdiffusion des angreifenden Mediums durch die gebildeten, wasserunlöslichen Zink-Reaktionsprodukte
- der antibakteriellen Wirkung von Zinksalzen

Bei Beschädigungen des Korrosionsschutzes bis auf die Gussoberfläche bildet sich an der Schadstelle ein elektrochemisches Element, ein sogenanntes Makroelement. Nach der Spannungsreihe der Metalle ist Zink im Vergleich zu Eisen das unedlere Metall, es besitzt ein elektrochemisch negativeres Potential und geht bei leitender Verbindung mit Eisen und Anwesenheit eines Elektrolyten in Lösung. In elektrochemischem Sinne stellt daher die freigelegte Gussoberfläche die Kathode und die verzinkte Rohroberfläche die Anode dar. Zinkionen wandern zur Schadstelle und bilden eine Vernabungsschicht, welche die Korrosion stoppt.



## *Kathodische Schutzwirkung des Zinks an Verletzungen der Schutzschicht*

Bei im Erdreich verlegten Rohren verwandelt sich die Zinkschicht im Laufe der Zeit in eine dichte, festhaftende, undurchlässige und gleichmäßig kristalline Schicht unlöslicher Verbindungen, bestehend aus Zinkoxiden, Hydraten und Zinksalzen unterschiedlicher Zusammensetzung. Dabei werden durch die poröse Deckbeschichtung die Austauschvorgänge zwischen Zink und Erdreich zwar behindert, aber nicht ganz unterdrückt und Bedingungen für eine langsame Umwandlung in räumlich begrenztem Bereich geschaffen, die für eine Auskristallisation von Salzen günstig sind.

Dieser Schicht aus Korrosionsprodukten des Zinks ist es zuzuschreiben, dass die Schutzwirkung erhalten bleibt, auch wenn das ursprünglich vorhandene metallische Zink umgewandelt wurde.

In anaeroben Böden, in denen bakterielle Korrosion durch sulfatreduzierende Bakterien auftreten kann, schützt Zink durch seine antibakterielle Wirkung und die Fähigkeit den pH-Wert an der Phasengrenze Gusseisen-Boden zu erhöhen.

### Einsatzgebiete

Rohre mit Zink-Überzug werden vor allem in Bereichen eingesetzt, in denen Bodenaustausch vorgesehen ist. Das liegt im Wesentlichen an zwei Faktoren:

- Die zulässige Körnung des Rohrumhüllungsmaterials ist nach DVGW-W 400-2, Anhang G auf 0 bis 32 mm (Rundkorn) bzw. 0 bis 16 mm (gebrochenes Material) limitiert.
- Gemäß EN 545 sind als Umhüllungsmaterial viele Böden zugelassen – Ausnahmen bilden jedoch Böden
  - mit einem niedrigen Bodenwiderstand von weniger als 1.500 Ohm x cm bei Einbau oberhalb des Wasserspiegels oder weniger als 2.500 Ohm x cm bei Einbau unterhalb des Wasserspiegels
  - Mischböden, d. h. mit zwei oder mehr verschiedenen Arten von Böden
  - Böden mit einem pH-Wert unter 6 und einer hohen Basenkapazität
  - Böden die Abfälle, Asche, Schlacke enthalten oder durch Abfälle oder industrielle Abwässer verunreinigt sind.

Eine dickere Deckbeschichtung, mit einer örtlichen Mindestdicke von 100 µm, kann bei Einbau oberhalb des Grundwasserspiegels den Einsatzbereich auf einen Widerstand von 1.000 Ohm x cm und unterhalb des Grundwasserspiegels auf 1.500 Ohm x cm erweitern.

Weitere Informationen hierzu sind im Kapitel 9 zu finden.

### Einbauanleitung

Es sind die Hinweise aus Kapitel 9 bezüglich Einbettungsmaterial und Kürzen von Rohren zu beachten.

## 6.1. Außenbeschichtungen Zink-Aluminium-Überzug mit Deckbeschichtung (Duktus Zink-Plus)



### Aufbau

Der Zink-Aluminium-Überzug mit Deckbeschichtung ist für Rohre der Nennweiten DN 80 bis DN 1000 in der Baulänge 6 m und für alle Steckmuffen-Verbindungen verfügbar. Die Deckbeschichtung besteht aus einem blauen Epoxidharzlack. Sie entspricht der EN 545. Weitere Farben auf Anfrage.

Die mittlere Schichtdicke der Deckbeschichtung beträgt 70  $\mu\text{m}$ .

Unter der Deckbeschichtung befindet sich eine Zink-Aluminium-Legierung (85% Zink und 15% Aluminium) von mindestens 400  $\text{g/m}^2$ .

### Wirkungsweise

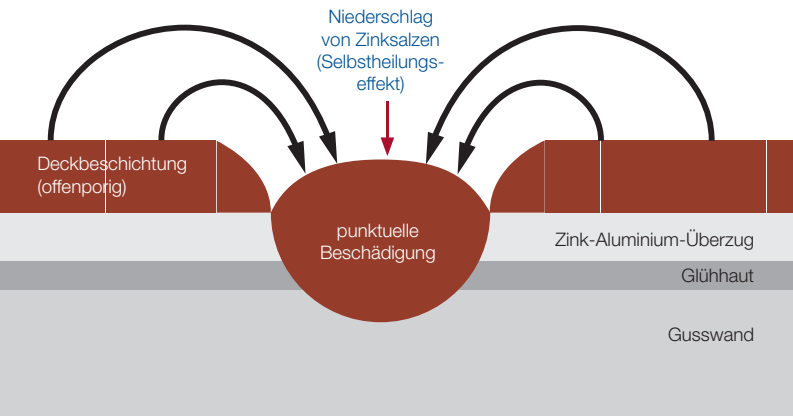
Der schützende Effekt der Zink-Aluminium-Legierung mit Deckbeschichtung beruht auf drei Faktoren:

- der elektrochemischen Wirkung des Zinks
- einer Verminderung der Nachdiffusion des angreifenden Mediums durch die gebildeten, wasserunlöslichen Zink-Reaktionsprodukte
- der antibakteriellen Wirkung von Zinksalzen

Bei Beschädigungen des Korrosionsschutzes bis auf die Gussoberfläche bildet sich an der Schadstelle ein elektrochemisches Element, ein sogenanntes Makroelement. Nach der Spannungsreihe der Metalle ist Zink im Vergleich zu Eisen das unedlere Metall, es besitzt ein elektrochemisch negativeres Potential und geht bei leitender Verbindung mit Eisen und Anwesenheit eines Elektrolyten in Lösung. In elektrochemischem Sinne stellt daher die freigelegte Gussoberfläche die Kathode und die verzinkte Rohroberfläche die Anode dar. Zinkionen wandern zur Schadstelle und bilden eine Vernabungsschicht, welche die Korrosion stoppt.

## 6.1. Außenbeschichtungen Zink-Aluminium-Überzug mit Deckbeschichtung (Duktus Zink-Plus)

DUKTUS



### *Kathodische Schutzwirkung des Zinks an Verletzungen der Schutzschicht*

Bei im Erdreich verlegten Rohren verwandelt sich die Zinkschicht im Laufe der Zeit in eine dichte, festhaftende, undurchlässige und gleichmäßig kristalline Schicht unlöslicher Verbindungen, bestehend aus Zinkoxiden, Hydraten und Zinksalzen unterschiedlicher Zusammensetzung. Dabei werden durch die poröse Deckbeschichtung die Austauschvorgänge zwischen Zink und Erdreich zwar behindert, aber nicht ganz unterdrückt und Bedingungen für eine langsame Umwandlung in räumlich begrenztem Bereich geschaffen, die für eine Auskristallisation von Salzen günstig sind.

Dieser Schicht aus Korrosionsprodukten des Zinks ist es zuzuschreiben, dass die Schutzwirkung erhalten bleibt, auch wenn das ursprünglich vorhandene metallische Zink umgewandelt wurde.

Um den Effekt dieser Umwandlung möglichst lang herauszuzögern und somit die galvanische Schutzwirkung aufrecht zu erhalten, wird dem Zink durch Legierung ein 15 %-iger Anteil Aluminium beigefügt. Hieraus und aus der Erhöhung der Gesamtmasse an Zink ergibt sich eine weitere Steigerung der zu erwartenden technischen Nutzungsdauer und eine Erweiterung der Einsatzgebiete.

In anaeroben Böden, in denen bakterielle Korrosion durch sulfatreduzierende Bakterien auftreten kann, schützt Zink zusätzlich durch seine antibakterielle Wirkung und die Fähigkeit den pH-Wert an der Phasengrenze Gusseisen-Boden zu erhöhen.

## Einsatzgebiete

Rohre mit Zink-Aluminium-Überzug (Duktus Zink-Plus) werden vor allem in Bereichen eingesetzt, in denen Bodenaustausch vorgesehen ist. Das liegt im Wesentlichen an den zulässigen Korngrößen. Die zulässige Körnung des Rohrumhüllungsmaterials ist nach DVGW-W 400-2, Anhang G auf 0 – 32 mm (Rundkorn) bzw. 0 – 16 mm (gebrochenes Material) limitiert.

Hinsichtlich der Aggressivität des Umhüllungsmaterials sind wenig Grenzen gesetzt. Nach EN 545 sind lediglich folgende Böden ausgenommen:

- säurehaltige torfige Böden
- Böden, die Abfälle, Asche oder Schlacke enthalten oder durch Abfälle oder industrielle Abwässer verunreinigt sind
- Böden unterhalb des Meeresspiegels mit einem Bodenwiderstand von weniger als 500 Ohm x cm.

In solchen Böden, aber auch bei Auftreten von Streuströmen, ist es empfehlenswert, Rohre mit einer Zementmörtel-Umhüllung einzusetzen (siehe 6.1).

Weitere Informationen hierzu sind im Kapitel 9 zu finden.

## Einbauanleitung

Es sind die Hinweise aus Kapitel 9 bezüglich Einbettungsmaterial und Kürzen von Rohren zu beachten.

## 6.1. Außenbeschichtungen Wärmedämmte Gussrohre und Formstücke (WKG)

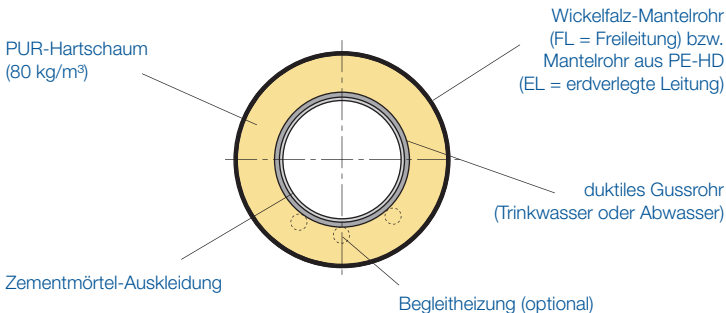
# DUKTUS

### Aufbau des WKG-Rohr-Systems

Bei dem WKG-Rohr-System handelt es sich um Rohre und Muffenbögen (MMK, MMQ) aus duktilem Gusseisen nach EN 545 (Wasser) bzw. EN 598 (Abwasser) mit TYTON<sup>®</sup>-, BRS<sup>®</sup>- oder BLS<sup>®</sup>-Steckmuffen-Verbindung.

Die Rohre und Formstücke sind mit einer Wärmedämmung aus FCKW-freiem Polyurethan (PUR)-Hartschaum mit einer durchschnittlichen Gesamtdichte von 80 kg/m<sup>3</sup> umhüllt. Dieser Hartschaum wird bei Freileitungen (FL) durch ein Wickelfalz-Mantelrohr nach EN 1506 aus verzinktem Stahlblech oder Edelstahl, bzw. bei frostgefährdeten erdverlegten Leitungen (EL) durch ein Mantelrohr aus PE-HD nach EN 253 gegen äußere Einflüsse geschützt.

Im Bereich der Steckmuffen-Verbindung wird der vorhandene Spalt mit einem Ring aus Weichpolyethylen (WPE) ausgefüllt und mit einer Blechmuffe entsprechend des gewählten Wickelfalzmaterials (System FL = Freileitung) bzw. einer PE-Schrumpfbandage bei erdverlegten Leitungen (System EL) abgedeckt.



### Wirkungsweise

Durch die Dämmung wird der Wärmeverlust der Leitung und folglich des Trinkwassers gebremst. So können auch längere Stagnationszeiten, gerade bei kleineren Durchmessern, ohne ein Zufrieren der Leitung überbrückt werden. Die genauen Zeiträume hängen von verschiedenen Faktoren, wie Umgebungstemperatur, Wassertemperatur, Dämmschichtdicke und örtlichen Gegebenheiten ab. Einen Überblick über mögliche Stagnationszeiten geben die Tabellen auf Seite 254.



Sollten diese Zeiten nicht ausreichend sein, besteht die Möglichkeit eine Begleitheizung zu integrieren. Diese besteht im Wesentlichen aus einem, auf das Medienrohr aufgeklebten selbstlimitierenden Heizkabel, das über ein Thermostat zur gewünschten Temperatur einschaltet. Anzahl und Heizleistung der Kabel sind den Gegebenheiten anzupassen.

Für eine Beratung wenden Sie sich an unsere Anwendungstechnik unter 06441 491248 oder [anwendungstechnik@duktus.com](mailto:anwendungstechnik@duktus.com).

## Einsatzgebiete

### Frostgefährdete Leitungen

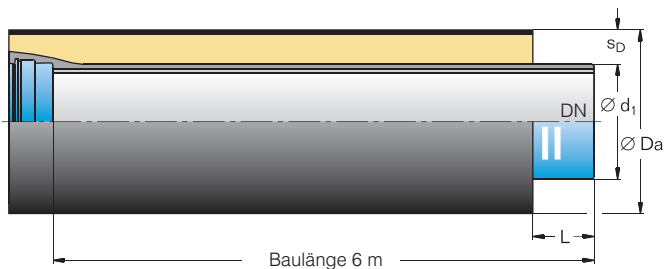
WKG-Rohre und Formstücke kommen überall dort zum Einsatz, wo mit einem Zufrieren der Leitung zu rechnen ist. Typische Anwendungsfälle sind:

- Brückenleitungen und oberirdisch verlegte Leitungen.  
Dabei sollte immer auf formschlüssige Verbindungssysteme (BLS®) zurückgegriffen werden. Als Mantel bietet sich verzinktes Stahlblech oder Edelstahl an.
- Erdverlegte Leitungen mit geringer Überdeckung.  
In diesem Fall wird auf einen PE-Außenmantel zurückgegriffen. Die Körnung des Umhüllungsmaterials sollte 0 bis 40 mm (Rundkorn) bzw. 0 bis 11 mm (gebrochenes Material) nicht überschreiten. Der Korrosivität des Umhüllungsmaterials ist nicht limitiert. Es stehen, je nach Gegebenheit, TYTON®, BRS®- oder BLS®-Verbindungen zur Verfügung



## Lieferprogramm

**WKG-Rohre mit TYTON®-Steckmuffen-Verbindung** nach DIN 28 603 oder  
längskraftschlüssiger BRS®-Steckmuffen-Verbindung\* bis DN 600  
FL-Wickelfalz-Mantelrohr/EL-PE-HD-Mantelrohr



| DN  | Maße [mm]         |                   |     |       | Masse [kg] ~ 1) |         |
|-----|-------------------|-------------------|-----|-------|-----------------|---------|
|     | $\varnothing D_a$ | $\varnothing d_1$ | L   | $s_D$ | FL-Rohr*        | EL-Rohr |
| 80  | 180               | 98                | 94  | 41,0  | 112             | 108     |
| 100 | 200               | 118               | 98  | 41,0  | 135             | 129     |
| 125 | 225               | 144               | 101 | 40,5  | 168             | 159     |
| 150 | 250               | 170               | 104 | 40,0  | 207             | 195     |
| 200 | 315               | 222               | 110 | 46,5  | 276             | 261     |
| 250 | 400               | 274               | 115 | 63,0  | 369             | 366     |
| 300 | 450               | 326               | 120 | 62,0  | 453             | 456     |
| 400 | 560               | 429               | 120 | 65,5  | 683             | 696     |
| 500 | 710               | 532               | 130 | 89,0  | 966             | 983     |
| 600 | 800               | 635               | 130 | 82,5  | 1.218           | 1.266   |
| 700 | 900               | 738               | 172 | 81,0  | 1.548           | 1.614   |
| 800 | 1.000             | 842               | 184 | 79,0  | 1.896           | 1.974   |

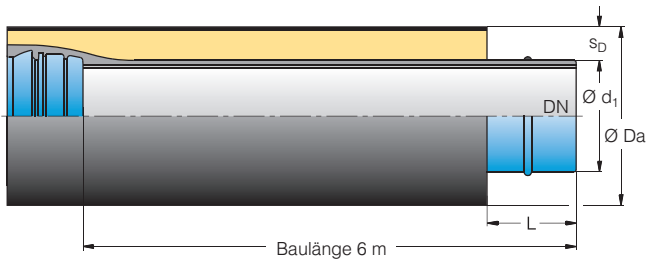
1) Gesamtmasse; andere Nennweiten, Dämmschichtdicken und Begleitheizung auf Anfrage.

\* Bei Anwendungen in Freileitungen ist Rücksprache mit unserer Anwendungstechnik erforderlich.

## WKG-Rohre mit BLS®-Steckmuffen-Verbindung

FL-Wickelfalz-Mantelrohr

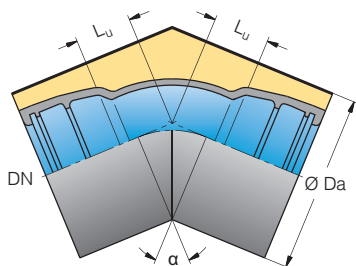
EL-PE-HD-Mantelrohr



| DN  | Maße [mm]        |                  |     |                | Masse [kg] ~ 1) |         |
|-----|------------------|------------------|-----|----------------|-----------------|---------|
|     | Ø D <sub>a</sub> | Ø d <sub>1</sub> | L   | s <sub>D</sub> | FL-Rohr         | EL-Rohr |
| 80  | 180              | 98               | 207 | 41,0           | 121             | 110     |
| 100 | 225              | 118              | 215 | 53,5           | 149             | 140     |
| 125 | 250              | 144              | 223 | 53,0           | 180             | 171     |
| 150 | 280              | 170              | 230 | 55,0           | 212             | 204     |
| 200 | 355              | 222              | 240 | 66,5           | 300             | 288     |
| 250 | 400              | 274              | 265 | 63,0           | 383             | 378     |
| 300 | 450              | 326              | 270 | 62,0           | 476             | 471     |
| 400 | 560              | 429              | 290 | 65,5           | 705             | 715     |
| 500 | 710              | 532              | 300 | 89,0           | 986             | 1.003   |
| 600 | 800              | 635              | 280 | 82,5           | 1.266           | 1.314   |
| 700 | 900              | 738              | 302 | 81,0           | 1.632           | 1.698   |
| 800 | 1.000            | 842              | 314 | 79,0           | 2.004           | 2.082   |

1) Gesamtmasse, andere Nennweiten, Dämmschichtdicken und Begleitheizung auf Anfrage.

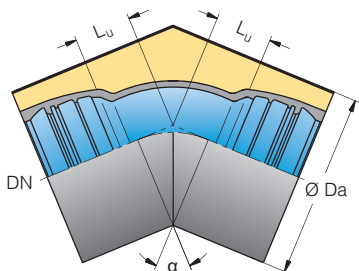
**WKG-Muffenbögen (MMK) mit TYTON®-Steckmuffen-Verbindung  
oder längskraftschlüssiger BRS®-Steckmuffen-Verbindung bis DN 600**  
FL\*-Wickelfalz-Mantelrohr/EL-PE-HD-Mantelrohr



| DN  | Ø Da | Maße $L_u$ [mm] |            |            |            |            | MMQ<br>(90°) |
|-----|------|-----------------|------------|------------|------------|------------|--------------|
|     |      | MMK<br>11°      | MMK<br>22° | MMK<br>30° | MMK<br>45° | MMK<br>90° |              |
| 80  | 180  | 30              | 40         | 45         | 55         | 100        |              |
| 100 | 200  | 30              | 40         | 50         | 65         | 120        |              |
| 125 | 225  | 35              | 50         | 55         | 75         | 145        |              |
| 150 | 250  | 35              | 55         | 65         | 85         | 170        |              |
| 200 | 315  | 40              | 65         | 80         | 110        | 220        |              |
| 250 | 400  | 50              | 75         | 95         | 130        | 270        |              |
| 300 | 450  | 55              | 85         | 110        | 150        | 320        |              |
| 400 | 560  | 65              | 110        | 140        | 195        | 430        |              |
| 500 | 710  | 75              | 130        | 170        | 240        | 550        |              |
| 600 | 800  | 85              | 150        | 200        | 285        | 645        |              |

Andere Nennweiten, Dämmschichtdicken und Begleitheizung auf Anfrage. Andere Formstücktypen müssen bauseits isoliert werden. \*Bei Anwendung von TYTON®- oder BRS®-Steckmuffen-Verbindungen in Freileitungen ist Rücksprache mit unserer Anwendungstechnik erforderlich.

## WKG-Muffenbögen (MMK) mit BLS®-Steckmuffen-Verbindung FL-Wickelfalz-Mantelrohr/EL-PE-HD-Mantelrohr

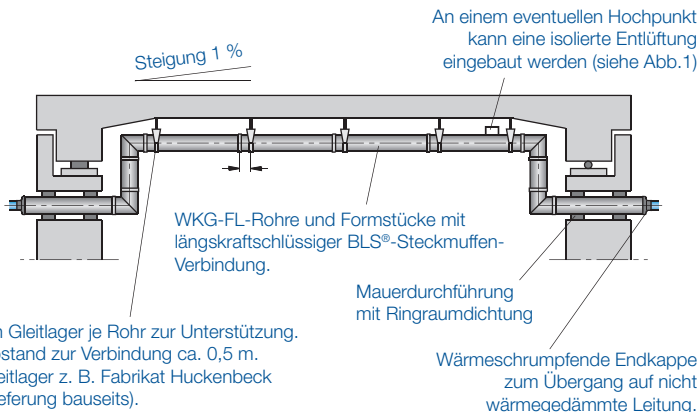


| DN  | Ø Da | Maße L <sub>u</sub> [mm] |            |            |            |              |
|-----|------|--------------------------|------------|------------|------------|--------------|
|     |      | MMK<br>11°               | MMK<br>22° | MMK<br>30° | MMK<br>45° | MMQ<br>(90°) |
| 80  | 180  | 30                       | 40         | 45         | 55         | 100          |
| 100 | 225  | 30                       | 40         | 50         | 65         | 120          |
| 125 | 250  | 35                       | 50         | 55         | 75         | 145          |
| 150 | 280  | 35                       | 55         | 65         | 85         | 170          |
| 200 | 355  | 40                       | 65         | 80         | 110        | 220          |
| 250 | 400  | 50                       | 75         | 95         | 130        | 270          |
| 300 | 450  | 55                       | 85         | 110        | 150        | 320          |
| 400 | 560  | 65                       | 110        | 140        | 195        | 430          |
| 500 | 710  | 75                       | 130        | 170        | 240        | –            |
| 600 | 800  | 85                       | 150        | 200        | 285        | –            |

Andere Nennweiten, Dämmschichtdicken und Begleitheizung auf Anfrage. Andere Formstücktypen müssen bauseits isoliert werden.

## Beispiel für den Einbau einer Brückenleitung mit WKG-FL-System Steckmuffen-Verbindung

# DUKTUS



Optional bauseitig:

z. B. selbsttätiger Belüfter S-050 mit Frostschutzhaube – Fabrikat Airvalve

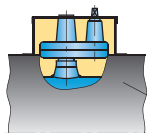


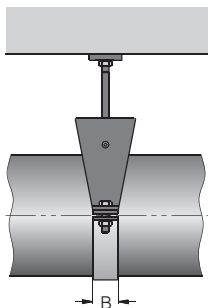
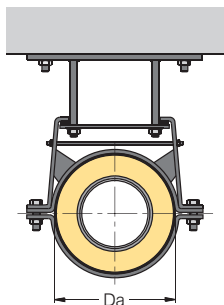
Abb.1

Manuelle Entlüftung (z. B. Anbohrschelle mit  
Universalthawling 1" oder 1,5")

Die Längenänderung zwischen Rohrleitung und Brücke kann über die Abwinkelung in den Bögen kompensiert werden.

Bei Fragen sprechen Sie bitte unsere Anwendungstechnik an.

Gleitlager mit Abhebesicherung zum Andübeln oder zur Befestigung auf Konsolen, zur Befestigung an Brücken, für WKG-Rohre gemäß statischer Erfordernis (z. B. Fabrikat Huckenbeck, Lieferung bauseits).



Schellenbreite „B“ in mm bei 6 m Abstand.

| DN | 80-125 | 150-200 | 250-300 | 400-500 | 600-700 | 800 |
|----|--------|---------|---------|---------|---------|-----|
| B  | 100    | 150     | 200     | 300     | 400     | 450 |

**Stillstandszeiten bei Rohren mit Vollfüllung  
(Wassertemperatur 8 °C)**

**DUKTUS**

Freileitung (FL) Wickelfalz-Mantelrohr  
mit TYTON®-Steckmuffen-Verbindung

| Mediumrohr<br>DN | Dämmdicke<br>[mm]<br>sD | Außentemperatur -20 °C |                     | Außentemperatur -30 °C |                     |
|------------------|-------------------------|------------------------|---------------------|------------------------|---------------------|
|                  |                         | bis 0 °C<br>[h]        | bis 25 % Eis<br>[h] | bis 0 °C<br>[h]        | bis 25 % Eis<br>[h] |
| 80               | 41,0                    | 10                     | 21                  | 7                      | 14                  |
| 100              | 41,0                    | 12                     | 28                  | 9                      | 19                  |
| 125              | 40,5                    | 16                     | 39                  | 11                     | 26                  |
| 150              | 40,0                    | 20                     | 49                  | 14                     | 32                  |
| 200              | 46,5                    | 31                     | 80                  | 22                     | 53                  |
| 250              | 63,0                    | 51                     | 135                 | 36                     | 90                  |
| 300              | 62,0                    | 62                     | 167                 | 44                     | 111                 |
| 400              | 65,5                    | 89                     | 241                 | 63                     | 161                 |
| 500              | 89,0                    | 150                    | 410                 | 106                    | 273                 |
| 600              | 82,5                    | 172                    | 472                 | 120                    | 315                 |
| 700              | 81,0                    | 199                    | > 500               | 140                    | 366                 |
| 800              | 79,0                    | 224                    |                     | 157                    | 415                 |

Bei anderen Außentemperaturen sprechen Sie bitte unsere Anwendungstechnik an.



**Stillstandszeiten bei Rohren mit Vollfüllung  
(Wassertemperatur 8 °C)**



Erdverlegte Leitung (EL) Mantelrohr aus PE-HD  
mit TYTON®-Steckmuffen-Verbindung

| Mediumrohr<br>DN | Dämmdicke<br>[mm]<br>sD | maximale Frosttiefe 1,4 m |                  |               |                  |
|------------------|-------------------------|---------------------------|------------------|---------------|------------------|
|                  |                         | Deckung 0,3 m             |                  | Deckung 0,5 m |                  |
|                  |                         | bis 0 °C [h]              | bis 25 % Eis [h] | bis 0 °C [h]  | bis 25 % Eis [h] |
| 80               | 41,0                    | 24                        | 68               | 32            | 102              |
| 100              | 41,0                    | 31                        | 94               | 41            | 142              |
| 125              | 40,5                    | 40                        | 130              | 53            | 196              |
| 150              | 40,0                    | 49                        | 169              | 64            | 254              |
| 200              | 46,5                    | 76                        | 292              | 100           | 440              |
| 250              | 63,0                    | 125                       | > 500            | 164           | > 500            |
| 300              | 62,0                    | 151                       |                  | 199           |                  |
| 400              | 65,5                    | 214                       |                  | 282           |                  |
| 500              | 89,0                    | 447                       |                  | > 500         |                  |
| 600              | 82,5                    | > 500                     |                  |               |                  |
| 700              | 81,0                    |                           |                  |               |                  |
| 800              | 79,0                    |                           |                  |               |                  |

Bei anderen Frosttiefen und Überdeckungen sprechen Sie bitte unsere Anwendungstechnik an.

### **Geltungsbereich**

Diese Einbauanleitung gilt für wärme gedämmte Gussrohre und Formstücke (WKG). Zur Herstellung der Rohr- bzw. Formstückverbindungen verweisen wir auf die jeweils gültige Einbauanleitung für Druckrohre aus duktilen Gusseisen mit:

- TYTON®-Steckmuffen-Verbindung,
- längskraftschlüssiger BLS®-Steckmuffen-Verbindung,
- längskraftschlüssiger BRS®-Steckmuffen-Verbindung.

### **Besondere Hinweise für Transport und Lagerung**

Beim Be- und Entladen, beim Transport an der Baustelle sowie beim Einbau sind Gurte zu benutzen.

Die Rohre dürfen nur auf Holzbalken von mindestens 10 cm Breite oder anderen geeigneten Materialien, ca. 1,5 m von den Rohrenden entfernt, abgelegt werden.

### **Sie dürfen nicht:**

- stoßartig abgesetzt,
- vom Fahrzeug abgeworfen,
- geschleift und gerollt,
- gestapelt werden.

### **Montagegeräte und Hilfsmittel**

- Montageset TYTON® (abgewinkelter Schraubendreher und Taster),
- Montagegerät V 303 für Rohre DN 80 – DN 400,<sup>1)</sup>
- Ketten- oder Seilzuggerät für alle anderen Nennweiten.

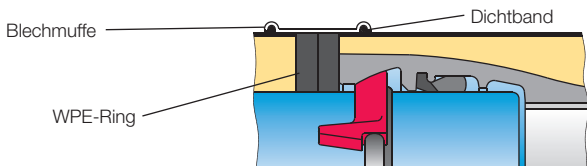
### **Bei Rohren mit längskraftschlüssiger BLS®-Steckmuffen-Verbindung zusätzlich:**

- Kupferschweißlehre,
- Spannband (ab DN 600). Siehe Seite 100.

<sup>1)</sup> Für BRS®-Steckmuffen-Verbindungen ab DN 350 Kettenzuggerät verwenden

### System Freileitungen-FL (Wickelfalz-Mantelrohr)

Nachdem die Verbindung montiert bzw. montiert und verriegelt ist, werden, je nach Verbindungsart (TYTON®, BRS® \*, BLS®), ein oder mehrere Ringe aus Weichpolyethylen (WPE) in den verbliebenen Spalt zwischen Einsteckende und Muffenstirn eingesetzt. Anschließend erfolgt die Abdichtung des Stoßes durch eine Blechmuffe.



Dazu wird bauseits in die Sicken der Blechmuffe ein mitgeliefertes, elastisches Dichtband eingesetzt. Die Blechmuffe wird mittig über dem Stoß mit Blechschrauben fixiert.

### System erdverlegte Leitungen-EL (Mantelrohr aus PE-HD)

Isolieren des Spaltes, wie bei dem System FL.

Anschließend erfolgt die Abdichtung des Stoßes mit wärmeschrumpfendem Material (Schrumpfbandage).

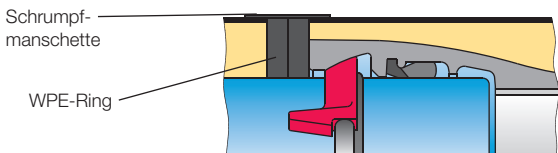
Geschlossene Manschetten sind vor Montage der Steckmuffen-Verbindung über den Rohrschaft zu schieben.

Die zu umhüllende Oberfläche von Fett, Schmutz und losen Partikeln säubern. Mit Hilfe einer weich eingestellten Propangasflamme diese Fläche auf ca. 60 °C erwärmen. Die Kleberschutzfolie ca. 150 mm weit von der Schrumpfmanschette abziehen.

\* Bei Anwendungen von TYTON®- oder BRS®-Steckmuffen-Verbindungen in Freileitungen ist eine Rücksprache mit unserer Anwendungstechnik erforderlich.

Das freie Ende der Manschette rechtwinklig zur Leitungssachse mittig über der Verbindung fixieren und bei gleichzeitigem Abziehen der restlichen Schutzfolie die Manschette lose um das Mantelrohr legen. Überlappung der Manschette min. 80 mm im gut erreichbaren Bereich des Scheitels der Leitung.

Bei niedrigen Umgebungstemperaturen ist es empfehlenswert, die Innenseite des Manschettenüberlappungsbereiches sowie die Innenseite der Verschlusslasche kurz zu erwärmen und fest anzudrücken.



Von außen mit weicher Flamme unter ständiger Bewegung die Verschlusslasche gleichmäßig erwärmen, bis sich das Glasfasergewebe abzeichnet. Die Verschlusslasche von Hand (mit Handschuh) fest andrücken.

Die Manschette mit weicher Flamme unter gleichmäßiger Bewegung in Umfangsrichtung aufschumpfen.

#### Das Aufschumpfen ist einwandfrei durchgeführt, wenn:

- die Manschette vollständig aufgeschumpft ist,
- diese glatt, ohne Kaltstellen bzw. Luftblasen anliegt, der Dichtungskleber an beiden Enden der Manschette herausgedrückt wurde,
- die Überlappung auf dem Mantelrohr mindestens 50 mm beträgt.

Der Übergang von einer WKG-Leitung auf duktile Gussrohre ohne Wärmedämmung erfolgt mittels einer wärmeschumpfenden Endkappe. Die Montage erfolgt sinngemäß wie bei den Schrupfbandagen.

## **Kürzen von Rohren**

Auf Schnittfähigkeit der Rohre ist zu achten (siehe Seite 364).

Schnittrohre sind mit einem durchgehenden Längsstrich (Klebeband) auf dem Mantelrohr und an der Muffenstirnseite mit einem weißen Stempelaufdruck „SR“ (Schnittrohr) gekennzeichnet.

Vor dem Kürzen des Mediumrohres auf die gewünschte Länge, ist das Mantelrohr und der PUR-Hartschaum im Bereich des Einsteckendes zu entfernen.

Die erforderliche Länge des Einsteckendes ist vom Originalrohr oder laut Tabelle Seite 248/255 auf das zu kürzende Rohrstück zu übertragen.

Beim Einbau von Überschiebern (EU- und U-Stücken) mit Schraub- bzw. Stopfbuchsenmuffen muss entsprechend der Bausituation der größere Freiraum (PUR-Hartschaum und Mantelrohr) berücksichtigt werden.

Die Einsteckenden sind je nach Verbindungsart gemäß der entsprechenden Einbauanleitung herzustellen.

Achtung: Heizkabel nicht beschädigen!

## **Auflagerung System FL**

Die min. Auflager- bzw. Schellenbreiten für Freileitungsrohre sind zu beachten (siehe Seite 253).

## **Erdeinbau System EL**

Die Bettung der Rohre ist gemäß DVGW-Arbeitsblatt W400-2 bzw. EN 805 vorzunehmen.

Im Bereich von Verkehrsflächen ist das Merkblatt für das Verfüllen von Leitungsgräben (Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen, Köln) zu beachten. Bei geringen Überdeckungshöhen < 0,5 m ist mit Lastverteilplatten über der Leitungszone zu arbeiten.

Für weitere technische Fragen steht Ihnen unsere Anwendungstechnik zur Verfügung!

## **Begleitheizung**

Bei Verwendung von WKG-Rohren mit Begleitheizung ist darauf zu achten, dass das Heizkabel in der Sohle positioniert wird.

## Formstückbeschichtung

(innen und außen)

### Aufbau

Ähnlich wie bei den Armaturen gewinnt die Pulverbeschichtung von Formstücken mit Epoxidharzpulver eine immer größere Bedeutung. Nach EN 545 sind derart umhüllte Formstücke für Böden aller Aggressivitätsklassen geeignet.

Die Formstücke werden zu diesem Zweck zunächst einer Oberflächenbehandlung durch Strahlen (Reinheitsgrad SA 2,5) unterzogen. Danach werden die Teile auf eine Objekttemperatur von ca. 200 °C erhitzt und in einem Wirbelsinterbecken mit Epoxidharzpulver getaucht oder mit Hilfe einer Sprühpistole elektrostatisch beschichtet. Dabei werden porenfreie Schichtdicken von mehr als 250 µm erreicht. Je nach Anlagentyp kann der Beschichtungsvorgang automatisiert werden. Die abgekühlten Formstücke werden an den Aufhängepunkten nachgebessert, geprüft und verpackt.

Die Beschichtung unserer Formstücke entspricht den Vorgaben der EN 14 901 und der „Gütegemeinschaft Schwere Korrosionsschutz“ (GSK).



**RAL** GÜTEZEICHEN  
SCHWERER KORROSIONSSCHUTZ  
VON ARMATUREN UND FORMSTÜCKEN

## Wirkungsweise

Die Korrosionsschutzwirkung beruht auf der absolut von Poren freien Epoxidharzbeschichtung, die alle korrosiven Einflüsse vom Gusseisen fernhalten. Solange die Beschichtung intakt ist, wird ein Schutz gewährleistet. Verletzungen der Beschichtung sind zu vermeiden bzw. schnellstmöglich auszubessern.

## Einsatzgebiete

Duktile Formstücke mit Epoxidharz-Deckbeschichtung nach EN 14 901 können für den Transport von Trinkwasser, Brauchwasser, Oberflächenwasser, Rohwasser und Abwasser eingesetzt werden.

Sie können gemäß EN 545 in Böden beliebiger Korrosivität eingebaut werden.

Die Körnung des Verfüllmaterials sollten 0 bis 32 mm (Rundkorn) bzw. 0 bis 16 mm (gebrochenes Korn) nicht überschreiten.

## Einbauanleitung

Beschädigungen der Außen- und Innenbeschichtung sind unbedingt zu vermeiden. Sollte es dennoch zu einer Beschädigung kommen, so ist diese schnellstmöglich auszubessern. Hierfür sind eventuell lose Bestandteile der Beschichtung zu entfernen und die Schadstelle mit einem geeigneten Epoxidharzlack nachzustreichen. Vor dem Einbau des reparierten Formstücks muss die nachgearbeitete Stelle ausgehärtet sein.



### Zementmörtel-Auskleidung

#### Aufbau

Duktile Gussrohre von Duktus werden grundsätzlich mit einer Zementmörtel-Auskleidung (ZMA) auf Basis Hochofenzement (HOZ) versehen.

Die ZMA von Rohren aus duktilem Gusseisen ist integraler Bestandteil des Produkts. Daher sind die Anforderungen und Prüfmethode in der Produktnorm EN 545 enthalten.

Im Rotationsschleuderverfahren wird nach dem Einbringen des Frischmörtels (Sand-Zement-Wasser-Mischung) das Rohr auf eine so hohe Rotationsgeschwindigkeit gebracht, dass die Zentrifugalbeschleunigung mindestens das Zwanzigfache der Erdbeschleunigung beträgt. Durch diese Beschleunigung und durch zusätzliche Rüttelkräfte erfährt der Frischmörtel eine Verdichtung und Glättung. Beim Rotationsschleudern wird ein Teil des Zugabewassers ausgetrieben. Zur Oberfläche der Zementmörtel-Auskleidung hin entsteht dadurch eine Anreicherung von Feinkorn und Feinbestandteilen.

In Reifekammern härtet die Zementmörtel-Auskleidung bei definierter Luftfeuchte und Temperatur aus. Die ZMA von Rohren aus duktilem Gusseisen ist in EN 545 genormt. Die Stärke der ZMA beträgt je nach Nennweite 4 bis 6 mm.

| DN            | Schichtdicke |                   | Maximale Rissbreite und maximaler radialer Versatz |
|---------------|--------------|-------------------|--|
|               | Nennwert     | Grenzabweichung * |  |
|               | [mm]         |                   | [mm]   |
| 40 bis 300    | 4            | -1,5              | 0,4  |
| 350 bis 600   | 5            | -2,0              | 0,5  |
| 700 bis 1.200 | 6            | -2,5              | 0,6  |

\* es ist nur das untere Grenzmaß gegeben



### Wirkungsweise

Die ZM-Auskleidung hat eine aktive und passive Schutzwirkung. Die aktive Wirkung beruht auf einem elektrochemischen Prozess. In die Poren des Zementmörtels dringt Wasser ein. Dabei nimmt das Wasser durch Aufnahme von freiem Kalk aus dem Mörtel einen Wert von über pH 12 an. In diesem pH-Bereich ist bei Gusseisen keine Korrosion möglich.

Die passive Wirkung ergibt sich durch die mechanische Trennung von gusseiserner Rohrwand und Wasser.

### Einsatzgebiete

Duktile Gussrohrleitungen mit einer ZMA auf Basis HOZ können für den Transport aller Arten von Wasser für den menschlichen Gebrauch eingesetzt werden, die der EU-Richtlinie 98/83/EG entsprechen.

Für andere Wasserarten, wie zum Beispiel Rohwässer, sind die Anwendungsgrenzen in Abhängigkeit von der für die Auskleidung verwendeten Zementsorte in der folgenden Tabelle angegeben.

| Wasserkennwerte                            | Portlandzement | Hochofenzement | Tonerdezement |
|--|----------------|----------------|---------------|
| Mindestwert für pH                         | 6-12           | 5,5-12         | 4-10          |
| Maximalgehalt (mg/l) für:                  |                |                |               |
| - aggressives CO <sub>2</sub>              | 7              | 15             | unbegrenzt    |
| - Sulfat (SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> )   | 400            | 3.000          | unbegrenzt    |
| - Magnesium (Mg <sup>++</sup> )            | 100            | 500            | unbegrenzt    |
| - Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) | 30             | 30             | unbegrenzt    |

### **Ausbesserung der Zementmörtelauskleidung**

#### **Baustellenseitiges Ausbessern der ZMA**

Beschädigte Stellen der ZMA dürfen nur mit dem vom Rohrerhersteller gelieferten Reparatur-Set ausgebessert werden.

Inhalt des Reparatur-Sets:

ca. 5 kg Zement/Sand-Gemisch,

ca. 1 Liter Additiv-Gemisch

Der Inhalt ist speziell für die Verwendung mit Duktus-Trinkwasserrohren abgestimmt. Keine Komponente darf durch beliebiges Material ersetzt oder für andere, als die auf dem Reparaturset angegebenen Zementmörtelsorten verwendet werden!

Reparaturanleitung:

Eine fachgerechte Reparatur ist nur bei Temperaturen oberhalb von 5 °C möglich.

Außer dem Reparatur-Set werden benötigt:

Gummihandschuhe

staubsichere Schutzbrille

Drahtbürste, Spachtel

zusätzliches Mischgefäß

evtl. Trinkwasser

Bei groben Schäden:

Hammer

Meißel

#### **Vorbereiten der Reparaturstelle**

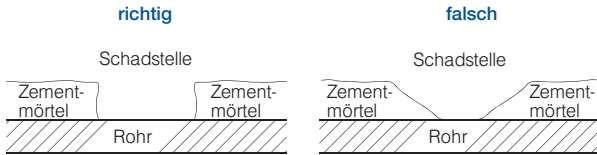
Bei leichten Oberflächenbeschädigungen lediglich die losen und nicht fest anhaftenden Bestandteile im Bereich der Schadstelle mit der Drahtbürste entfernen.

Zum Schluss die Schadstelle befeuchten.

Bei größeren Schäden ist es ratsam, den Zementmörtel an der Schadstelle mit Hammer und Meißel vollständig (bis auf das blanke Metall) zu entfernen.

Hierbei muss die Schutzbrille getragen werden!

Der Zementmörtel ist so zu entfernen, dass gerade Kanten entstehen:



Beim Entfernen des Zementmörtels ist übermäßige Gewaltanwendung zu vermeiden, um ein Abheben im Bereich neben der Schadstelle zu verhindern.

Noch verbliebenes, loses Material wird mit der Drahtbürste entfernt und die Schadstelle angefeuchtet.

### Mischung:

Zu Beginn die Additivlösung gut aufrühren. Die Mörtelaufbereitung sollte mit möglichst wenig Additiv- und Wasserzugabe erfolgen, bis ein spachtelfähiges Gemisch entsteht – im Normalfall enthält das verdünnte Additiv genug Wasser. Zu Beginn nur die Additivlösung verwenden und vorsichtig dosieren. Bei Bedarf (z. B. bei hohen Temperaturen im Sommer) Wasser nachdosieren.

### Verarbeitung:

Sobald der Mörtel gut verarbeitbar ist, wird die Schadstelle damit ausgespachtelt und abschließend mit einem breiten, feuchten Pinsel oder einem feuchten Handfeger die reparierte Stelle geglättet, insbesondere die Randzonen der ausgebesserten Fläche.

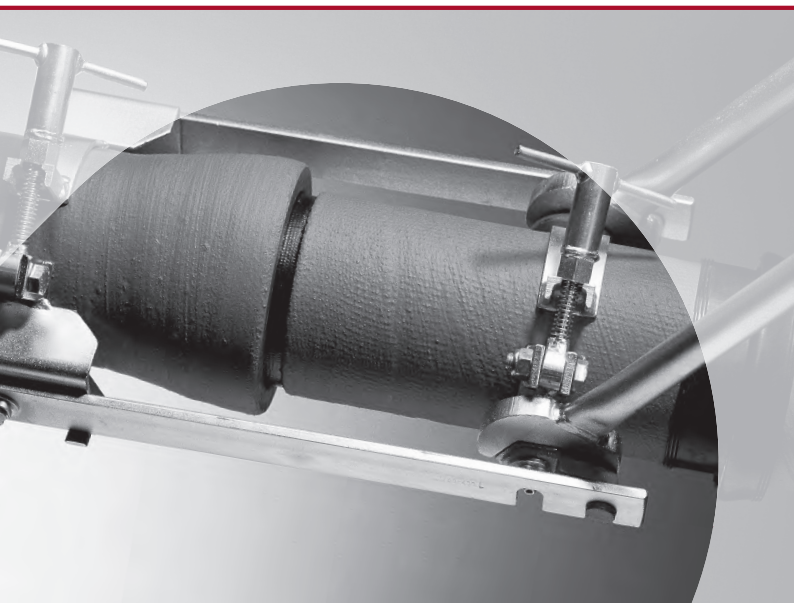
### Trocknung und Inbetriebnahme:

Die Rohre können direkt eingebaut werden; die ausgebesserten Stellen sind jedoch erst nach ca. einer Stunde physikalisch (Stöße, Schwingungen usw.) belastbar, bei feuchtkalther Witterung auch deutlich später.

Die Leitung darf frühestens zwölf Stunden nach einer Ausbesserung in Betrieb genommen werden.



## 7 ZUBEHÖR



Für die Montage von Rohren und Formstücken sind folgende Montagegeräte und Hilfsmittel notwendig:

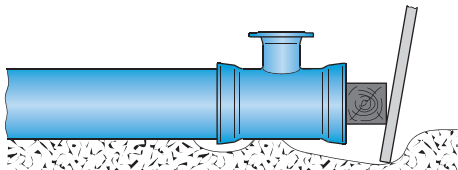
**Hinweis: Für die Montage der BRS®-Steckmuffen-Verbindung ist ab einschließlich DN 350 ein Kettenzuggerät einzusetzen!**

### Montagegeräte:

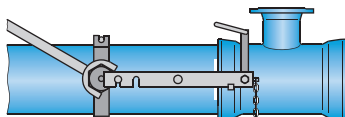
| DN                | Rohre          | Formstücke                        |   |       |   |
|-------------------|----------------|-----------------------------------|---|-------|---|
| 80                | Hebel          | MMA, MMB,<br>MMR und<br>EU: Hebel | Muffenbogen:<br>Montagegerät<br>(z. B. Typ 1) |       |   |
| 100               |                |                                   |   |       |   |
| 125               |                |                                   |   |       |   |
| 80                | Montagegerät   |                                   |   |       |   |
| 100               |                |                                   |   | Typ 1 | Wie bei Rohren                                |
| 125               |                |                                   |   | Typ 2 | Wie bei Rohren + Bügel<br>mit Kette von Typ 1 |
| 150               |                |                                   |   |       |   |
| 200               |                |                                   |   | Typ 3 | Wie bei Rohren                                |
| 250               |                |                                   |   |       |   |
| 300               | Kettenzuggerät |                                   | Wie bei Rohren                                |       |   |
| 350 <sup>1)</sup> |                |                                   |   |       |   |
| 400 <sup>1)</sup> |                |                                   |   |       |   |
| 500               |                |                                   |   |       |   |
| 600               |                |                                   |   |       |   |
| 700               |                |                                   |   |       |   |
| 800               |                |                                   |   |       |   |
| 900               |                |                                   |   |       |   |
| 1000              |                |                                   |   |       |   |

1) Für BRS®-Steckmuffen-Verbindung ab DN 350 Kettenzuggeräte verwenden.

### Hebel bis DN 125



## Montagegerät bis DN 400



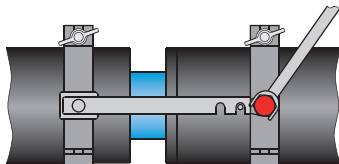
| DN                | bestehend aus                   |                       | Masse [kg] ~ |
|-------------------|---------------------------------|-----------------------|--------------|
|                   | Typ 1                           | Typ 2                 |              |
| 80                |                                 |                       | 13,8         |
| 100               |                                 |                       | 14,0         |
| 125               |                                 |                       | 15,0         |
| 150               |                                 |                       | 15,5         |
| 200               | 1 Schelle<br>1 Bügel<br>2 Hebel | 2 Schellen<br>2 Hebel | 17,1         |
| 250               |                                 |                       | 18,1         |
| 300               |                                 |                       | 20,5         |
| 350 <sup>1)</sup> |                                 |                       | 23,5         |
| 400 <sup>1)</sup> |                                 |                       | 25,0         |

1) Für BRS®-Steckmuffen-Verbindung ab DN 350 Kettzuggeräte verwenden.

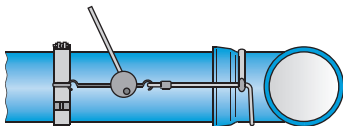
**Montagegerät Typ 1** für Rohre und Formstücke DN 80 bis DN 400 mit Zink- oder Zink-Aluminiumüberzug und Deckbeschichtung (Kennzeichnung silber).

**Montagegerät Typ 2** für Rohre mit Zementmörtel-Umhüllung (ZMU) DN 80 bis DN 400 (Kennzeichnung blau).

**Montagegerät Typ 3** für Rohre und Formstücke DN 80 bis DN 400 mit Wärmedämmung (WKG), (Kennzeichnung rot).



## Kettenzuggerät DN 350 bis DN 1000



| DN                | bestehend aus  | Masse [kg] ~ |
|-------------------|--|--------------|
| 350 <sup>1)</sup> |  | 92           |
| 400 <sup>1)</sup> |  | 97           |
| 500               |  | 101          |
| 600               |  | 105          |
| 700               |  | 108          |
| 800               |  | 112          |
| 900               | 2 Kettenzüge 32 kN<br>1 Seilbügel<br>Zugseil 2500 cm<br>1 Montageschelle   | 115          |
| 1000              | 2 Kettenzüge 63 kN<br>1 Seilbügel<br>1 Zugseil 4800 cm<br>1 Montageschelle | 119          |

1) Für BRS®-Steckmuffen-Verbindung ab DN 350 Kettenzuggerät verwenden.

### Hilfsmittel:

Handfeger, Putztücher, Drahtbürste, Spachtel, Kratzer (z. B. umgebogener Schraubendreher), Pinsel, Gleitmittel, Taster.

### zum Kürzen der Rohre:

Trennschleifgerät mit Trennscheibe für Stein, z. B. Typ C24RT Spezial bzw. Schruppscheibe zum Abrunden des Einsteckendes.



## Montagegeräte und Hilfsmittel für Rohre und Formstücke mit BLS®- Steckmuffen-Verbindung



Zusätzlich zu den üblichen Montagegeräten und Hilfsmitteln kann bei der Verlegung von Rohren und Formstücken mit BLS®-Steckmuffen-Verbindung unter Umständen noch Folgendes benötigt werden.

| DN          | Zubehör  | Einsatzbereich   |
|-------------|--|--|
| 80 bis 500  | Drehmomentschlüssel mit min.<br>60 Nm Drehmoment   | Anziehen der Schrauben<br>des Klemmrings   |
| 80 bis 1000 | Kupferschweißlehre der<br>entsprechenden Nennweite | nachträgliches Aufbringen<br>von Schweißraupen,<br>(z. B. an geschnittenen Rohren) |

## Demontagegerät



Ein Demontagegerät setzt sich zusammen aus einem Schlagteil und der in nachfolgender Tabelle angegebenen Anzahl der Entriegelungsbleche.

| DN        | 80 | 100 | 125 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 500 | 600 |
|-----------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Stückzahl | 4  | 4   | 5   | 6   | 8   | 10  | 12  | 14  | 15  | 19  | 23  |

Für die Montage von Rohren und Formstücken sind folgende Montagegeräte und Hilfsmittel notwendig:

**Montagegeräte:**

| DN   | Schraubmuffen-Verbindung                   | Stopfbuchsenmuffen-Verbindung |
|------|--|-------------------------------|
| 40   | Hakenschlüssel<br>Holzramme<br>Strickeisen |                               |
| 50   |  |                               |
| 65   |  |                               |
| 80   |  |                               |
| 100  |  |                               |
| 125  |  |                               |
| 150  |  |                               |
| 200  |  |                               |
| 250  |  |                               |
| 300  |  |                               |
| 350  |  |                               |
| 400  |  |                               |
| 500  |  |                               |
| 600  |  |                               |
| 700  |  |                               |
| 800  |  |                               |
| 900  |  |                               |
| 1000 |  |                               |

**Hilfsmittel:**

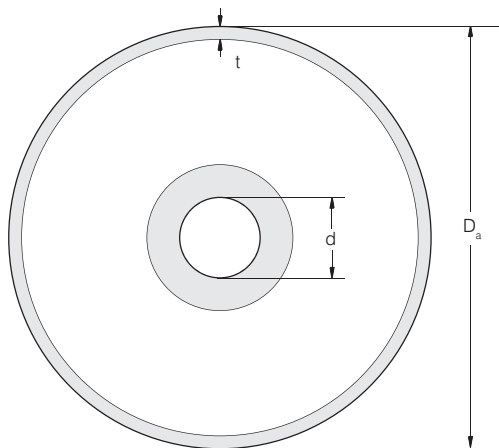
Handfeger, Drahtbürste, Spachtel, Kreide, Hammer, Pinsel, Gleitmittel.

Hakenschlüssel



|              |     |     |     |     |     |
|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| DN           | 40  | 80  | 100 | 125 | 150 |
| Masse [kg] ~ | 2,4 | 3,3 | 4   | 5,6 | 6   |

|              |     |      |      |      |     |
|--------------|-----|------|------|------|-----|
| DN           | 200 | 250  | 300  | 350  | 400 |
| Masse [kg] ~ | 7,7 | 10,5 | 10,7 | 16,2 | 18  |

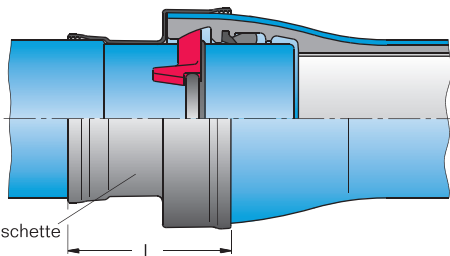
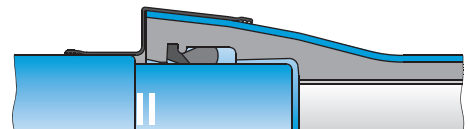


| $D_a$ | Maße [mm] |     | Masse [kg] ~ |
|-------|-----------|-----|--------------|
|       | $d$       | $t$ |              |
| 115   | 22,2      | 3,5 | 0,7          |

Diese Trennscheibe wird zum Einschneiden der ZMU von Rohren verwendet (siehe Seite 237). Durch den Tiefenanschlag wird das versehentliche Einschneiden der Gusswand wirkungsvoll vermieden.

ZM-Schutzmanschetten für Rohre mit  
Zementmörtel-Umhüllung (ZMU)  
TYTON<sup>®</sup>-, BRS<sup>®</sup>- und BLS<sup>®</sup>-Steckmuffen-  
Verbindung

DUKTUS

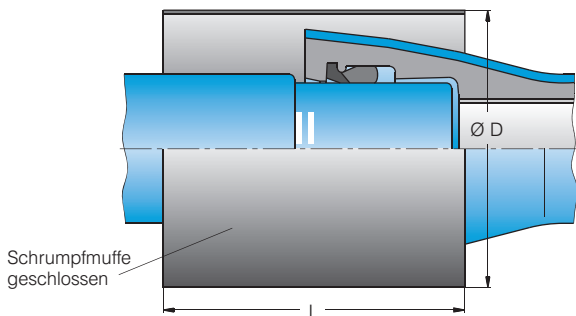


Es handelt sich um Kombi-Manschetten, die sowohl bei TYTON<sup>®</sup>- und BRS<sup>®</sup>-, als auch BLS<sup>®</sup> Muffen passen.

| DN   | Maße [mm]<br>L |
|------|----------------|
| 80   | 155            |
| 100  | 155            |
| 125  | 160            |
| 150  | 165            |
| 200  | 170            |
| 250  | 180            |
| 300  | 200            |
| 400  | 210            |
| 500  | 210            |
| 600  | 265            |
| 700  | 265            |
| 800  | 265            |
| 900  | 265            |
| 1000 | 265            |

Schrumpfmuffe geschlossen für Rohre  
mit Zementmörtel-Umhüllung (ZMU)  
TYTON®, BRS®- oder BLS®-Verbindung  
DN 80 bis DN 500

**DUKTUS**

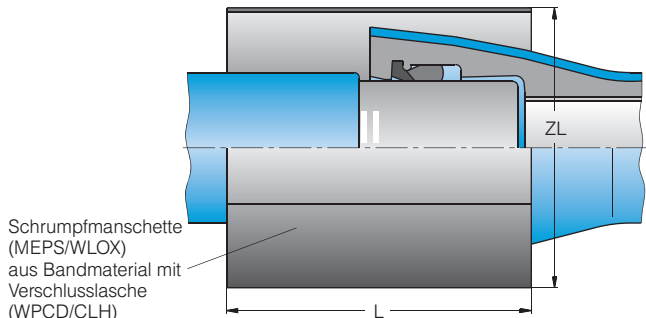


| DN  | Produkt | Produktbezeichnung |            |                | Maße [mm] |                     |
|-----|---------|--------------------|------------|----------------|-----------|---------------------|
|     |         | Belastungsklasse   | Breite „L“ | Nennweite (DN) | L         | ØD/Ød <sup>1)</sup> |
| 80  | MPSM    | C30                | 300        | DN XXX         | 300       | 200/80              |
| 100 |         |                    |            |                | 300       | 235/100             |
| 125 |         |                    |            |                | 300       | 280/135             |
| 150 |         |                    |            |                | 300       | 280/135             |
| 200 |         |                    |            |                | 300       | 340/205             |
| 250 | PMO     | C30                | 300        | DN XXX         | 300       | 405/243             |
| 300 |         |                    |            |                | 300       | 460/275             |
| 350 |         |                    |            |                | 300       | 515/314             |
| 400 |         |                    |            |                | 300       | 565/345             |
| 500 |         |                    |            |                | 300       | 680/414             |

1) Ø D/Ø d ~ im nicht geschrumpften Zustand/maximales Schrumpfmaß; Maße und Schrumpfraten können je nach Produkt leicht variieren; ab DN 600 sind offene Schrumpfmanschetten einzusetzen – siehe nächste Seite

**Schrumpfmanschette offen**  
**vorkonfektioniert mit Verschlusslasche für Rohre**  
**mit Zementmörtel-Umhüllung (ZMU)**  
**DN 600 bis DN 1000**

**DUKTUS**



Breite „L“ = 300 mm (12 inch) für TYTON®/BRS®

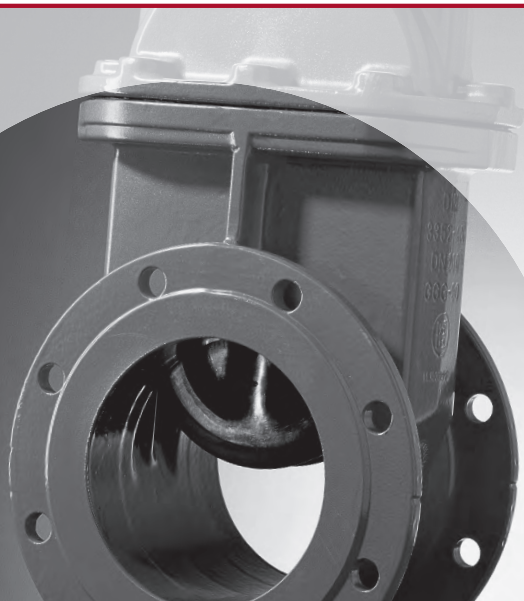
Breite „L“ = 450 mm (17 inch) für BLS®

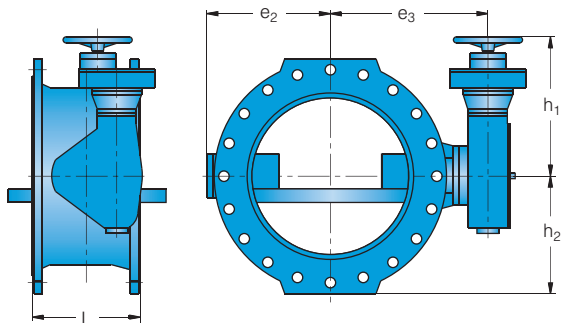
| DN   | Produktbezeichnung                   |                  |              |                | Maße [mm]<br>ZL <sup>1)</sup> |
|------|--------------------------------------|------------------|--------------|----------------|-------------------------------|
|      | Produkt                              | Belastungsklasse | Breite „L“   | Nennweite (DN) |                               |
| 600  | MEPS<br>inkl. WPCP IV 8x12 oder 8x17 | C30              | 300 oder 450 | DN XXX         | 2.500                         |
| 700  |                                      |                  |              |                | 2.950                         |
| 800  |                                      |                  |              |                | 3.260                         |
| 900  | WLOX<br>inkl. CLH-150-300 oder 450   | C30              | 300 oder 450 | DN XXX         | 3.600                         |
| 1000 |                                      |                  |              |                | 3.960                         |

1) Manschetten sind bereits auf die angegebene Länge vorkonfektioniert und mit einer Verschlusslasche versehen. Rollenware à 30 m für DN 250 bis DN 1000 auf Anfrage



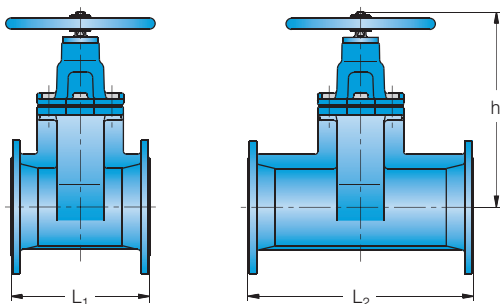
## 8 ZUBEHÖR VOM FACHHANDEL





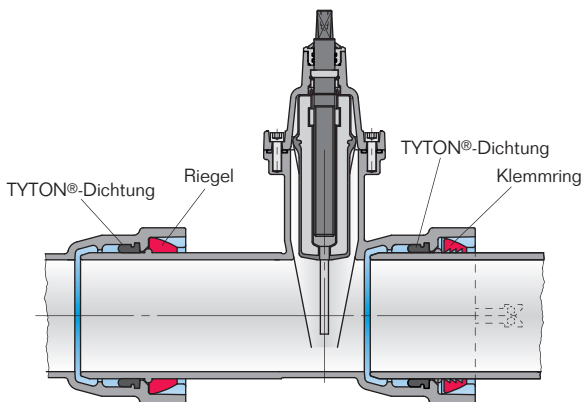
| DN   | L   | Maße [mm]      |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |
|------|-----|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|      |     | PN 10          |                |                |                | PN 16          |                |                |                | PN 25          |                |                |                |
|      |     | e <sub>2</sub> | e <sub>3</sub> | h <sub>1</sub> | h <sub>2</sub> | e <sub>2</sub> | e <sub>3</sub> | h <sub>1</sub> | h <sub>2</sub> | e <sub>2</sub> | e <sub>3</sub> | h <sub>1</sub> | h <sub>2</sub> |
| 200  | 230 | 180            | 246            | 222            | 175            | 180            | 246            | 222            | 175            | 226            | 277            | 320            | 185            |
| 250  | 250 | 204            | 270            | 222            | 205            | 228            | 303            | 244            | 205            | 256            | 307            | 320            | 215            |
| 300  | 270 | 253            | 328            | 244            | 230            | 253            | 328            | 244            | 230            | 324            | 390            | 348            | 245            |
| 350  | 290 | 273            | 348            | 244            | 260            | 295            | 390            | 321            | 270            | 354            | 420            | 348            | 280            |
| 400  | 310 | 321            | 418            | 321            | 290            | 321            | 418            | 321            | 295            | 384            | 465            | 387            | 315            |
| 500  | 350 | 373            | 480            | 346            | 340            | 390            | 492            | 346            | 360            | 444            | 535            | 579            | 370            |
| 600  | 390 | 425            | 532            | 346            | 395            | 446            | 504            | 346            | 425            | 494            | 585            | 579            | 425            |
| 700  | 430 | 490            | 570            | 505            | 455            | 523            | 523            | 579            | 460            | 574            | 685            | 676            | 485            |
| 800  | 470 | 565            | 655            | 484            | 515            | 592            | 592            | 579            | 520            | 634            | 745            | 676            | 550            |
| 900  | 510 | 625            | 715            | 580            | 562            | 672            | 672            | 533            | 570            | 709            | 820            | 676            | 600            |
| 1000 | 550 | 695            | 785            | 580            | 630            | 732            | 732            | 676            | 635            | 784            | 905            | 751            | 665            |

Über den Fachhandel zu beziehen. Bei den Maßen handelt es sich um unverbindliche Werte;  
Fabrikat Erhard. Weitere Details erfragen Sie bitte beim Hersteller.



| DN  | Maße [mm]           |                     |       |
|-----|---------------------|---------------------|-------|
|     | L <sub>1</sub> (F4) | L <sub>2</sub> (F5) | h     |
| 40  | 140                 | 240                 | 250   |
| 50  | 150                 | 250                 | 270   |
| 65  | 170                 | 270                 | 310   |
| 80  | 180                 | 280                 | 335   |
| 100 | 190                 | 300                 | 385   |
| 125 | 200                 | 325                 | 445   |
| 150 | 210                 | 350                 | 480   |
| 200 | 230                 | 400                 | 610   |
| 250 | 250                 | 450                 | 740   |
| 300 | 270                 | 500                 | 800   |
| 350 | 290                 | 550                 | 940   |
| 400 | 310                 | 600                 | 1.030 |
| 500 | 350                 | 700                 | 1.240 |

Über den Fachhandel zu beziehen



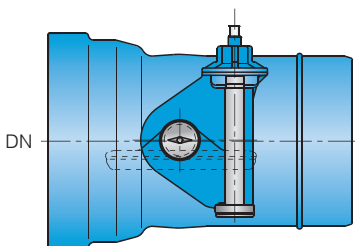
**Multamedschieber 2 mit BLS®-Steckmuffen-Verbindung  
der Fa. Erhard Armaturen**

**Beschichtung:**

- innen Email
- außen Epoxidpulverbeschichtung

| Nennweite<br>DN | Abwinkelbarkeit<br>[°] | PFA<br>[bar] |
|-----------------|------------------------|--------------|
| 80              | 5                      | 16           |
| 100             | 5                      |              |
| 125             | 5                      |              |
| 150             | 5                      |              |
| 200             | 4                      |              |

Weitere Details erfragen Sie bitte beim Hersteller



**ROCO-Absperklappe mit BLS®-Steckmuffen-Verbindung  
der Fa. Erhard Armaturen**

**Beschichtung:**

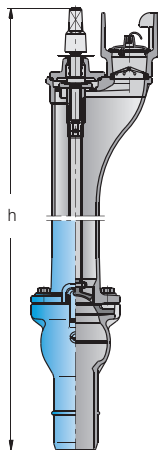
- innen Email
- außen Epoxidpulverbeschichtung

| Nennweite<br>DN | Abwinkelbarkeit<br>[°] | PFA<br>[bar] |
|-----------------|------------------------|--------------|
| 200             | 5                      | 16           |
| 250             |                        |              |
| 300             |                        |              |

Weitere Details erfragen Sie bitte beim Hersteller.

**Unterflurhydranten mit BLS®-  
Steckmuffen-Verbindung  
aus duktilem Gusseisen  
nach DIN 3221**

**DUKTUS**



**Unterflurhydranten mit BLS®-Steckmuffen-Verbindung  
der Fa. Erhard Armaturen**

**Beschichtung:**

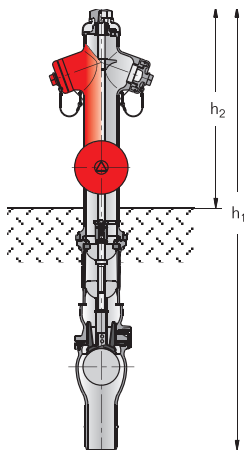
- innen Email
- außen Epoxidpulverbeschichtung

| Nennweite<br>DN | Rohrdeckung RD<br>[m] | Bauhöhe h<br>[mm] | Masse<br>[kg] | PFA<br>[bar] |
|-----------------|-----------------------|-------------------|---------------|--------------|
| 80              | 1,00                  | 865               | 32            | 16           |
|                 | 1,25                  | 1.115             | 37            |              |
|                 | 1,50                  | 1.365             | 42            |              |

Passender Hydrantenfuß siehe Kapitel 2, Seite 82; Weitere Details erfragen Sie bitte beim Hersteller.

Überflurhydranten mit BLS®-Steckmuffen-  
Verbindung  
aus duktilem Gusseisen  
nach DIN 3222

**DUKTUS**



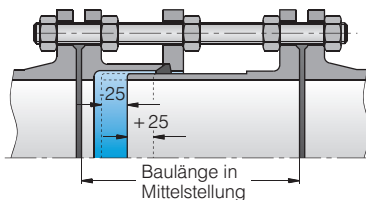
Überflurhydranten mit BLS®-Steckmuffen-Verbindung  
der Fa. Erhard Armaturen

**Beschichtung:**

- innen Email
- außen
  - unter Flur: Grundemail mit zweifacher Kunstharzbeschichtung
  - über Flur: Spritzverzinkung mit Deckbeschichtung „feuerrot“ RAL 3000

| Nennweite<br>DN | Rohr-<br>deckung<br>RD [m] | Bauhöhe $h_1$<br>[mm] | Bauhöhe $h_2$<br>[mm] | 2 obere<br>Festkupp-<br>lungen | 2 untere<br>Festkupp-<br>lungen | Masse<br>[kg] | PFA<br>[bar] |
|-----------------|----------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------|--------------|
| 80              | 1,25                       | 2.233                 | 1.030                 | B                              | -                               | 94            | 16           |
|                 | 1,50                       | 2.483                 |                       | DIN 14 318                     |                                 | 100           |              |
| 100             | 1,25                       | 2.242                 | 1.030                 | B                              | A                               | 98            |              |
|                 | 1,50                       | 2.492                 |                       | DIN 14 318                     | DIN 14 319                      | 104           |              |

Passender Hydrantenfuß siehe Kapitel 2, Seite 82; Weitere Details erfragen Sie bitte beim Hersteller.



**Werkstoff:** Stahl oder Edelstahl  
**Beschichtung:** innen/außen EKB

| DN   | mittlere Baulänge [mm] |       |       | Masse [kg] ~ |       |       |
|------|------------------------|-------|-------|--------------|-------|-------|
|      | PN 10                  | PN 16 | PN 25 | PN 10        | PN 16 | PN 25 |
| 80   | 200                    |       | 210   | 16           |       | 21    |
| 100  | 200                    |       | 220   | 20           |       | 33    |
| 125  | 200                    |       | 220   | 25           |       | 42    |
| 150  | 200                    |       | 230   | 34           |       | 53    |
| 200  | 220                    |       | 230   | 48           |       | 74    |
| 250  | 220                    | 230   | 250   | 65           | 74    | 102   |
| 300  | 220                    | 250   | 250   | 72           | 92    | 131   |
| 350  | 230                    | 260   | 270   | 94           | 126   | 193   |
| 400  | 230                    | 270   | 280   | 122          | 162   | 246   |
| 500  | 260                    | 280   | 300   | 162          | 240   | 324   |
| 600  | 260                    | 300   | 320   | 205          | 330   | 432   |
| 700  | 260                    | 300   | 340   | 256          | 366   | 571   |
| 800  | 290                    | 320   | 360   | 352          | 482   | 801   |
| 900  | 290                    | 320   | 380   | 405          | 546   | 886   |
| 1000 | 290                    | 340   | 400   | 484          | 715   | 1.270 |

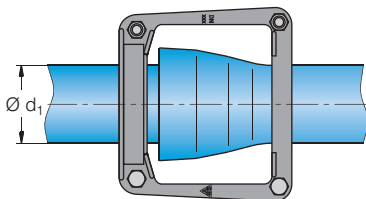
Höhere Drücke und DN möglich. Über den Fachhandel zu beziehen. Bei den Maßen handelt es sich um unverbindliche Werte. Fabrikat Firma Porn, Type PO.

Weitere Details erfragen Sie bitte beim Hersteller.



Rillenschellen zur nachträglichen  
Schubsicherung  
für Rohre und Formstücke mit  
Steck- und Schraubmuffen-Verbindung

**DUKTUS**



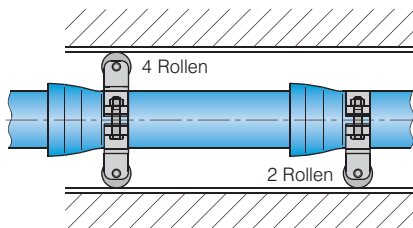
**Werkstoff:** bis einschl. DN 300 aus GGG  
ab DN 350 aus Stahl

**Beschichtung:** innen/außen EKB

| DN  | d <sub>1</sub><br>[mm] | PFA<br>[bar] | Masse<br>[kg] ~ |
|-----|------------------------|--------------|-----------------|
| 40  | 56                     | 16           | 1,2             |
| 50  | 66                     |              | 1,3             |
| 65  | 82                     |              | 1,7             |
| 80  | 98                     |              | 3,9             |
| 100 | 118                    |              | 4,2             |
| 125 | 144                    |              | 5               |
| 150 | 170                    |              | 8,7             |
| 200 | 222                    |              | 14,6            |
| 250 | 274                    |              | 24              |
| 300 | 326                    |              | 29              |
| 350 | 378                    | 10           | 50              |
| 400 | 429                    |              | 65              |
| 500 | 532                    |              | 80              |
| 600 | 635                    |              | 95              |

Höhere Drücke auf Anfrage. Über den Fachhandel zu beziehen. Bei den Maßen handelt es sich um unverbindliche Werte. Fabrikat HUC-Rillenschubsicherung der Firma Huckenbeck.

Bis DN 200 zweiteilig, darüber hinaus dreiteilig. Weitere Details erfragen Sie bitte beim Hersteller.



### Transportschellen für Rohre und Formstücke der Fa. Huckenbeck

- Werkstoff:** Stahl  
Rollen aus Stahl oder Kunststoff
- Beschichtung:** roh-schwarz, verzinkt oder Edelstahl
- Ausführungen:** mit 2 oder 4 Rollen  
Schellen für Kabelschutzrohre möglich
- Auflagerung:** Bei duktilen Gussrohren ist eine Auflagerung alle 6 m bzw. hinter jeder Muffe ausreichend

|                   |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| DN                | 80  | 100 | 125 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 |
| Mantelrohr min. Ø | 250 | 250 | 300 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 |

|                   |     |     |     |     |       |       |       |
|-------------------|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|
| DN                | 400 | 500 | 600 | 700 | 800   | 900   | 1000  |
| Mantelrohr min. Ø | 600 | 700 | 800 | 900 | 1.100 | 1.400 | 1.400 |

Weitere Ausführungen sind auf Anfrage möglich. Mantelrohr-Innendurchmesser in mm angeben. Über den Fachhandel zu beziehen.

## 9 PLANUNG, TRANSPORT, EINBAU



Durch eingehende Fertigungs- und Endkontrollen mit integrierter Dichtheits- und Festigkeitsprüfung der Rohre und Formstücke ist sichergestellt, dass nur einwandfreies Material ausgeliefert wird.

Sorgfältige Behandlung der Erzeugnisse bei Transport, Lagerung und Einbau ist die Voraussetzung für eine langjährige einwandfreie Funktion der Trinkwasserleitungen. Deshalb empfehlen wir, Rohre und Formstücke nur unter Aufsicht einer Fachkraft abladen und einbauen zu lassen.

### Abladen und Lagern von Rohren und Rohrbündeln

Rohre bis zu DN 350 werden gebündelt als Rohrbunde geliefert, darüber hinaus als einzelne Rohre. Die genaue Anzahl der Rohre pro Bund ist in der folgenden Tabelle aufgeführt. Die Rohrmassen sind bei Bedarf den jeweiligen Produktinformationen zu entnehmen.

| Rohre je Bund |    |     |     |     |     |     |     |     |
|---------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| DN            | 80 | 100 | 125 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 |
| 6 m-Rohre     | 15 | 15  | 10  | 6   | 6   | 4   | 4   | 4   |

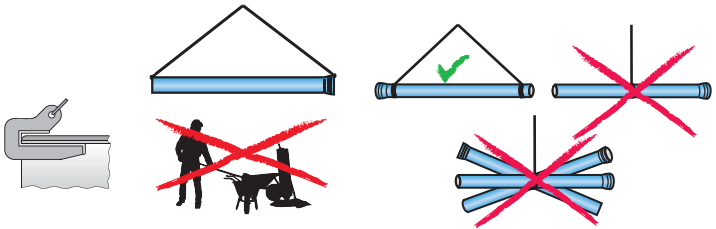
Für das Be- und Entladen von Rohren und Rohrbündeln mit dem Kran sind Gurte zu verwenden. Sofern einzelne Rohre mit Kranhaken abgeladen werden, muss dies mit breiten und abgepolsterten Haken, die an den Kopfen eingehängt werden, geschehen, da sonst die Gefahr von Beschädigungen des Rohres und dessen Beschichtung besteht. Besonders bei größeren Rohren muss ein der Rohrform angepasster Schuh verwendet werden.

Alternativ zum Be- und Entladen mit dem Kran können auch geeignete Gabelstapler verwendet werden. Dabei ist besonderes Augenmerk darauf zu legen, dass:

- die Rohre nicht seitlich über die Gabel kippen können (die Gabel sollte mindestens 1,5 m breit sein),
- die Rohre nicht von der Gabel rollen können,
- die Gabel ausreichend gepolstert ist, damit Beschädigungen am Rohr vermieden werden.

Während des Be- und Entladevorganges darf sich niemand unter bzw. auf dem Rohr oder Rohrbündel, noch im Gefahrenbereich des Kranes befinden.

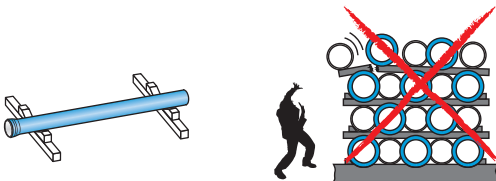
Zum manuellen Transport von Formstücken sind zuerst die Deckel vorübergehend zu entfernen!



Die Rohre bzw. Rohrstapel dürfen nur auf Holzbalken oder anderen geeigneten Materialien abgelegt werden.

Sie sollen:

- nicht stoßartig abgesetzt,
- nicht vom Fahrzeug abgeworfen,
- nicht geschleift und nicht über längere Strecken gerollt
- gegen rollen und rutschen gesichert,
- auf einem ebenen und tragfähigen Untergrund gelagert werden.

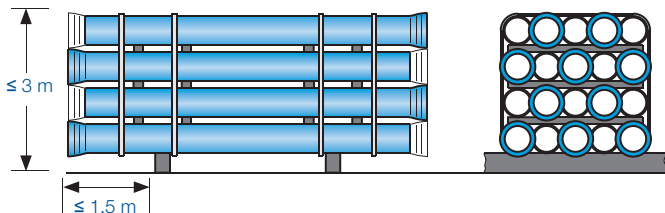


Werden duktile Trinkwasserrohre im Stapel gelagert, so sind sie auf Holzbalken von mindestens 10 cm Breite, ca. 1,5 m von den Rohrenden entfernt, abzusetzen.

## Maximal zulässige Stapelhöhe

| DN       | Lagen |
|----------|-------|
| 80–150   | 15    |
| 200–300  | 10    |
| 350–600  | 4     |
| 700–1000 | 2     |

Stapelhöhen über 3,0 m sind aus Gründen der Unfallverhütung zu vermeiden.  
Wärmegeämmte Gussrohre (WKG) dürfen nicht gestapelt werden!



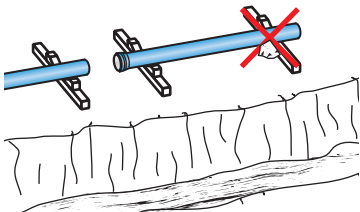
## Öffnen von Rohrbündeln

Die Rohrbünde sind mit Stahl- oder Kunststoffbändern gebündelt. Die Bänder dürfen nur mit geeigneten Werkzeugen, wie Bleischere oder einem Seitenschneider, durchtrennt werden. Meißel, Brechstange, Pickel o. Ä. können die Außenbeschichtung des Rohres beschädigen und stellen darüber hinaus eine erhöhte Unfallgefahr dar. Bevor die Stahlbänder durchtrennt werden, ist sicherzustellen dass:

- der Rohrstapel auf einem möglichst ebenen, nicht geneigten, und tragfähigen Untergrund steht,
- die Rohre gegen rollen und rutschen gesichert sind,
- niemand vor oder auf dem Rohrstapel steht.

## Verteilen der Rohre auf der Baustelle

Werden die Rohre vor Einbau längs des Rohrgrabens verteilt, sind sie wie bereits beschrieben auf Holzbalken o. Ä. zu lagern und gegen rutschen und rollen zu sichern. Die Verschlusskappen von Trinkwasserrohren sind erst unmittelbar vor dem Einbau zu entfernen.



## Lagerung der Dichtung

Um die Betriebssicherheit der Rohrleitung sicherzustellen, ist es erforderlich, nur den Gütevorschriften entsprechende Dichtungen, die vom Gussrohrhersteller mitgeliefert werden, einzubauen. Bei Verwendung anderer Dichtungen verfallen Gewährleistungsansprüche.

Die Dichtungen sind kühl, trocken und unverformt zu lagern. Sie sind vor direkter Sonneneinstrahlung zu schützen. Es ist darauf zu achten, dass sie nicht beschädigt werden und nicht verschmutzen.

Die Dichtungen erfahren bei Temperaturen unter 0 °C eine gewisse Härtezunahme. Bei Außentemperaturen unter 0 °C sind die Ringe daher zur Erleichterung der Montage bei einer Temperatur von über 10 °C zu lagern.

Die Dichtungen sind erst unmittelbar vor Montage der Lagerstelle zu entnehmen und vor Einbau auf Beschmutzung und Beschädigung hin zu überprüfen.

## 9.2 Rohrgraben und Rohrbettung

Der Rohrgraben ist entsprechend den bestehenden technischen Vorschriften anzulegen.

Zu beachten sind u. a.:

EN 805, EN 1610, DIN 18 300, DIN 4124, DIN 50 929 Teil 3, DIN 30 375 Teil 2, DVGW Arbeitsblätter W 400-2 bzw. GW 9, ATV DWK-Arbeitsblatt A 139 und das Merkblatt für das Verfüllen von Leitungsgräben.

### Einbau

Der Einbau der Rohre und Formstücke ist entsprechend unseren Einbauanleitungen vorzunehmen. Die Rohraußenbeschichtung und das Rohreinbettungsmaterial ist entsprechend DIN 30 675 Teil 2 zu wählen.

| Rohrumhüllung   | Schichtdicke                           | empfohlene Umhüllung der Rohrverbindungen  | korrosionsschutzgerechte Bettung | Einsatzbereiche Bodenklasse |
|---|--|--|----------------------------------|-----------------------------|
| Zink-Überzug mit Deckbeschichtung nach EN 545           | Zink<br>200 g/m <sup>2</sup>           | keine  | ohne                             | I, II                       |
|   |  |  | mit                              | I, II, III <sup>2)</sup>    |
| Zink-Aluminium-Überzug mit Deckbeschichtung nach EN 545 | Zink-Aluminium<br>400 g/m <sup>2</sup> | keine  | ohne                             | I, II, III <sup>2)</sup>    |
| Zementmörtel-umhüllung nach EN 15 542                   | 5,0 mm                                 | Gummimanschetten oder wärmeschrumpfendes Material oder Umhüllung nach DIN 30 672-B-50M <sup>1)</sup> oder DIN 30 672-C-50M <sup>1)</sup> | ohne                             | I, II, III                  |

1) Bei Dauerbetriebstemperatur T 30 °C darf für die Rohrverbindung die Umhüllung DIN 30 672-B-30M oder DIN 30 672-C-30M verwendet werden.

2) Nicht geeignet bei ständiger Einwirkung von Eluaten mit pH < 6, sowie bei Torf-, Moor-, Schlick- und Marschböden.

Es sind die Hinweise in Abschnitt 4.1 der DIN 30 675, Teil 2, zu beachten.



Die Bodenklassen I bis III sind gemäß DVGW-Arbeitsblatt GW 9 bzw. DIN 50 929 Teil 3 zu bestimmen. Hierbei gilt folgende Aufteilung

| Einordnung der Böden nach Hauptgruppen nach DIN 50 929 Teil 3 |             |                           |
|---|-------------|---------------------------|
| Bewertungszahl  | Bodenklasse | Bodenaggressivität        |
| > 0   | I a         | praktisch nicht aggressiv |
| -1 bis -4   | I b         | schwach aggressiv         |
| -5 bis -10  | II          | aggressiv                 |
| < -10   | III         | stark aggressiv           |

Neben der Aggressivität des Bodens spielt noch die Korngröße eine Rolle bei der Auswahl der Rohr-Außenbeschichtung. Das DVGW-Arbeitsblatt W 400-2 gibt einen Überblick über die zulässigen Korngrößen.

| Rohrmaterial      | Umhüllung                                    | Korngröße rundes Material               | Korngröße gebrochenes Material          |
|-------------------|--|---|---|
| duktile Gussrohre | Zink/Bitumen<br>Zink/Epoxy<br>Zink-Alu/Epoxy | 0-32 mm<br>Einzelkörner bis max. 63 mm  | 0-16 mm<br>Einzelkörner bis max. 32 mm  |
| duktile Gussrohre | ZMU  | 0-63 mm<br>Einzelkörner bis max. 100 mm | 0-63 mm<br>Einzelkörner bis max. 100 mm |

### Verfüllen des Rohrgrabens

Der Rohrgraben im Straßenkörper ist entsprechend dem „Merkblatt für das Verfüllen von Leitungsgräben“ der Forschungsgesellschaft für das Straßen- und Verkehrswesen e.V. (FGSV) in Köln, sowie die „Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau“ (ZTV E – StB 94), auszuführen.

### Druckprüfung

Für die Durchführung von Druckprüfungen von Druckleitungen ist die EN 805 bzw. das DVGW Arbeitsblatt W 400-2 maßgebend. Während der Druckprüfung sind alle Arbeiten an den zu prüfenden Leitungen einzustellen. Vor allem bei Druckleitungen ist ein ausreichender Sicherheitsabstand einzuhalten.

### 9.3 Bemessung von Betonwiderlagern

Kurzfassung zum DVGW-Arbeitsblatt GW 310

DUKTUS

Diese Kurzfassung für die Handhabung auf Baustellen gilt nur für Kraftaufnahmen an Endverschlüssen, Richtungsänderungen und Abzweigen in der Waagerechten unter folgenden Randbedingungen:

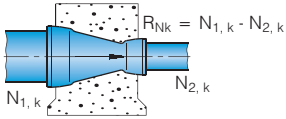
- Nennweite  $DN \leq 300$
- Beton der Güteklasse C 30/37
- symmetrische Anordnung des Widerlagers zur Wirkungslinie der aufzunehmenden Kraft ( $N, R_N$ )
- Lastausbreitungswinkel im Beton:  $2\alpha_K = 90^\circ$
- Außentemperaturen zwischen  $+10^\circ\text{C}$  und  $+30^\circ\text{C}$
- horizontales Gelände
- Betonieren gegen ungestörten Boden und senkrechte Grabenwand
- Gründungstiefe  $h$  des Widerlagers:  $1,0\text{ m} \leq h \leq 3,0\text{ m}$

- Widerlagerhöhe  $h_G$  an der Grabenwand:  $\frac{1}{4}h \leq h_G \leq \frac{2}{3}h$

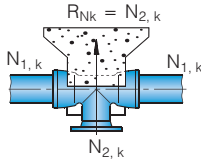
- Abbindezeit bis zur Druckprüfung: mindestens 3 Tage
- annähernd quadratische Widerlagerdruckfläche an der Grabenwand;  $h_G \times b_G$
- Grundwasserspiegel tiefer als Widerlagersohle

Aus praktischen Erwägungen wird auf die Angabe der Werte ( $h_R$  und  $b_R$ ) für die Kraftübertragungsfläche Rohr/Widerlager verzichtet und empfohlen, das Rohrleitungsteil in voller Breite bis zu den Muffen und mit ausreichender Betonüberdeckung im Beton einzubetonieren.

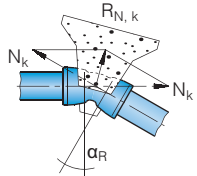
Für Werte außerhalb der oben stehenden Parameter verweisen wir auf das DVGW-Arbeitsblatt GW 310, Ausgabe Januar 2008.



Reduzierung



Abzweig



Bogen

Charakteristische Längskraft:  $N_k = p \cdot \frac{\pi \cdot d_a^2}{4}$  [kN]

Charakteristische resultierende Kraft:

$$R_{N,k} = 2N_k \cdot \sin \frac{\alpha_R}{2} \rightarrow R_{N,k} = N_k \cdot a \quad [\text{kN}] \quad \text{mit} \quad a = 2 \cdot \sin \alpha_R / 2$$

(a – siehe folgende Tabelle)

$d_a$  = Rohraußendurchmesser [m]

$p$  = Innendruck (Prüfdruck) [kN/m<sup>2</sup>] → 1 bar = 100 kN/m<sup>2</sup>

| $\alpha$ | 11° | 22° | 30° | 45° | Endverschluss<br>und Abzweig | 90° |
|----------|-----|-----|-----|-----|------------------------------|-----|
| a        | 0,2 | 0,4 | 0,5 | 0,8 | 1,0                          | 1,4 |

Die folgende Tabelle zeigt für die gängigsten Nennweiten und Bögen berechnete Werte der resultierenden Kraft  $R_{N,k}$  bei einem Prüfdruck von 15 bar. Mit diesen Werten ist es nun möglich die notwendige Anlagefläche eines Widerlagers gegen den Boden zu berechnen.

| DN   | $N_k$ [kN]<br>(15 bar) | $R_{N,k}$ für Bogenwinkel [kN] |       |       |       |         |
|------|------------------------|--------------------------------|-------|-------|-------|---------|
|      |                        | 11¼°                           | 22½°  | 30°   | 45°   | 90°     |
| 65   | 7,9                    | 1,5                            | 3,1   | 4,1   | 6,1   | 11,2    |
| 80   | 11,3                   | 2,2                            | 4,4   | 5,9   | 8,7   | 16,0    |
| 100  | 16,4                   | 3,2                            | 6,4   | 8,5   | 12,6  | 23,2    |
| 125  | 22,4                   | 4,8                            | 9,5   | 12,6  | 18,7  | 34,5    |
| 150  | 34,0                   | 6,7                            | 13,3  | 17,6  | 26,1  | 48,1    |
| 200  | 58,1                   | 11,4                           | 22,7  | 30,1  | 44,4  | 82,1    |
| 250  | 88,4                   | 17,3                           | 34,5  | 45,8  | 67,7  | 125,1   |
| 300  | 125,2                  | 24,5                           | 48,9  | 64,8  | 95,8  | 177,1   |
| 350  | 168,3                  | 33,0                           | 65,7  | 87,1  | 128,8 | 238,1   |
| 400  | 216,8                  | 42,5                           | 84,6  | 112,2 | 165,9 | 305,6   |
| 500  | 333,4                  | 65,4                           | 130,1 | 172,6 | 255,2 | 471,5   |
| 600  | 475,0                  | 93,1                           | 185,4 | 245,9 | 363,6 | 671,8   |
| 700  | 641,6                  | 125,8                          | 250,4 | 332,1 | 491,1 | 907,4   |
| 800  | 835,2                  | 163,7                          | 325,9 | 432,3 | 639,3 | 1.181,2 |
| 900  | 1.052,1                | 206,2                          | 410,5 | 544,6 | 805,2 | 1.478,9 |
| 1000 | 1.293,9                | 253,7                          | 504,9 | 669,8 | 990,3 | 1.829,9 |

Notwendige Anlagefläche gegen Boden:

$$A_G = b_G \cdot h_G \quad [m^2] \quad A_G = \frac{R_{N,k}}{\sigma_{h,w}} \quad [m^2]$$

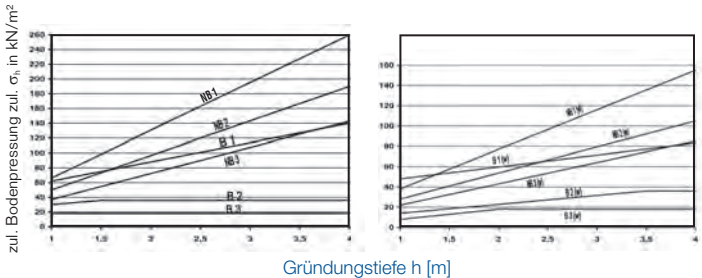
zul.  $\sigma_{h,w}$  = zulässige Bodenpressung [kN/m<sup>2</sup>]

(siehe Diagramme auf Seite 299)

Zulässige Bodenpressung  $zul. \sigma_{h,w}$  in Abhängigkeit von Bodengruppe und Gründungstiefe  $h$  für Widerlager mit quadratischer Druckfläche ( $h_G/b_G = 1$ )

über Wasser

unter Wasser



- NB1: Naturschotter scharfkantig; Kies oder Sand, dicht gelagert
- NB2: sandiger Kies oder Sand, mitteldicht gelagert
- NB3: sandiger Kies oder Sand, locker gelagert
- B1: Geschiebemergel, Lehm oder Ton, min. halbfeste Konsistenz (nicht knetbar)
- B2: Lehm, Schluff oder Ton, mindestens steife Konsistenz (schwer knetbar)
- B3: Lehm, Schluff oder Ton, mindestens weiche Konsistenz (leicht knetbar)

Für einen beliebigen Prüfdruck  $p$  gilt:

$$A_G = \frac{R_{N,k}}{zul. \sigma_{h,w}} \cdot \frac{p}{15} \quad [m^2]$$

### Beispiel:

- Leitung DN 200
- Prüfdruck  $p = 30$  bar
- Bodenpressung  $zul. \sigma_{h,w} = 50$  kN/m<sup>2</sup>
- Krümmungswinkel  $\alpha_k = 30^\circ$

Frage: Wie groß muss die Anlagefläche  $A_G$  gegen Boden sein?  
 $R_N = 30,1 \text{ kN}$  (siehe Tabelle Seite 298)

$$A_G = \frac{30,1}{50} \cdot \frac{30}{15} \text{ [m}^2\text{]}$$

$$A_G = \underline{\underline{1,204 \text{ m}^2}}$$

Zur Berechnung von Betonwiderlagern nach DVGW Merkblatt 310 steht überdies auf [www.eadips.org](http://www.eadips.org) ein Rechentool zur Verfügung.

Tabelle für die Bemessung von Betonwiderlagern an Bögen und Abzweigen

gerechnet für einen Prüfdruck von 15 bar und eine Bodenpressung von 100 kN/m<sup>2</sup>;  
 $F = B \times H$

| DN  | cm <sup>2</sup><br>cm x cm | $\alpha = 11^\circ$ | $\alpha = 22^\circ$ | $\alpha = 30^\circ$ | $\alpha = 45^\circ$ | $\alpha = 90^\circ$ | Endverschluss<br>u. Abzweige <sup>1)</sup> |
|-----|----------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--|
| 80  | F                          | 500                 | 500                 | 590                 | 870                 | 1.600               | 1.130                                      |
|     | B x H                      | 20 x 25             | 20 x 25             | 24 x 25             | 29 x 30             | 38 x 42             | 34 x 34                                    |
| 100 | F                          | 500                 | 640                 | 850                 | 1.260               | 2.320               | 1.640                                      |
|     | B x H                      | 20 x 25             | 25 x 26             | 29 x 30             | 35 x 36             | 48 x 49             | 40 x 41                                    |
| 125 | F                          | 500                 | 950                 | 1.260               | 1.870               | 3.450               | 2.440                                      |
|     | B x H                      | 20 x 25             | 30 x 32             | 35 x 36             | 43 x 44             | 58 x 60             | 49 x 50                                    |
| 150 | F                          | 670                 | 1.330               | 1.760               | 2.610               | 4.810               | 3.400                                      |
|     | B x H                      | 20 x 25             | 36 x 37             | 42 x 42             | 50 x 52             | 69 x 70             | 58 x 59                                    |
| 200 | F                          | 1.140               | 2.270               | 3.010               | 4.440               | 8.210               | 5.810                                      |
|     | B x H                      | 33 x 35             | 48 x 48             | 55 x 55             | 67 x 67             | 91 x 91             | 76 x 77                                    |
| 250 | F                          | 1.730               | 3.450               | 4.580               | 6.770               | 12.510              | 8.840                                      |
|     | B x H                      | 42 x 42             | 59 x 59             | 68 x 68             | 82 x 83             | 112 x 112           | 94 x 94                                    |
| 300 | F                          | 2.450               | 4.890               | 6.480               | 9.580               | 17.710              | 12.520                                     |
|     | B x H                      | 49 x 50             | 70 x 77             | 80 x 81             | 98 x 98             | 133 x 133           | 112 x 112                                  |
| 400 | F                          | 4.250               | 8.460               | 11.220              | 16.590              | 30.560              | 21.680                                     |
|     | B x H                      | 65 x 66             | 92 x 92             | 106 x 106           | 129 x 129           | 175 x 175           | 147 x 148                                  |

1) Diese Werte gelten nur für Endverschlüsse und Abzweige der angegebenen Nennweite.

## 9.4 Zu sichernde Rohrleitungslänge

Kurzfassung zum DVGW-Arbeitsblatt GW 368  
(Ausgabe Juni 2002)

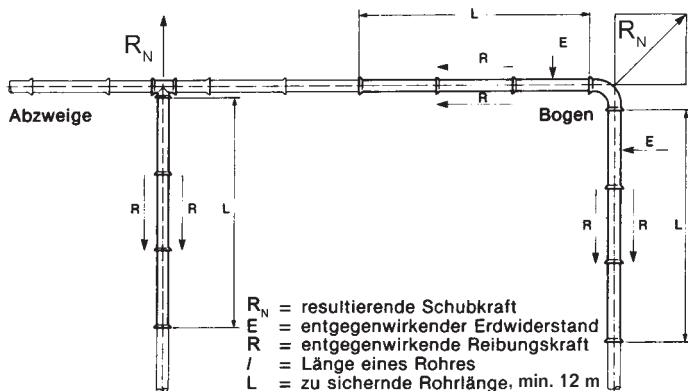
An Bögen, Abzweigen, Endverschlüssen und Reduzierstücken von Rohrleitungen treten Kräfte auf, deren Größe z. B. nach dem DVGW-Merkblatt GW 310 ermittelt werden kann. Bei Rohrleitungen mit längskraftschlüssigen Rohrverbindungen, z. B. Schweiß- oder Flanschverbindungen, werden diese Kräfte durch die Rohrverbindung übertragen; bei Rohren mit nichtlängskraftschlüssigen Verbindungen, z. B. Steckmuffen (TYTON®-Verbindung) oder Schraubmuffen, müssen diese Kräfte

- durch Betonwiderlager abgefangen (siehe GW 310) oder
- durch das Herstellen der Längskraftschlüssigkeit mehrerer Muffen (Muffensicherung) übertragen und auf den umgebenden Boden abgeleitet werden.

Die Anzahl der Muffen, die durch das Herstellen der Längskraftschlüssigkeit zu sichern sind, ist abhängig vom Prüfdruck, der Rohrenweite und der Güte der Rohrgraben-Verfüllung (Bodenart, Verdichtungsgrad).

Den durch den Innendruck hervorgerufenen Kräften wirken entgegen:

- bei Bögen, Abzweigen, Endverschlüssen und Reduzierstücken: die Reibungskräfte zwischen Rohrwand und umgebendem Boden;
- bei Bögen außerdem der an den anschließenden Rohren wirkende Erdwiderstand.



### Reibungszahl und Bodenpressung

#### Reibungszahl

Die Reibungszahl  $\mu$  für die Reibung zwischen Erde und Rohr liegt zwischen 0,1 und 0,6. Empfohlen wird:

- $\mu = 0,5$  für nichtbindige Sande, Kiese und Geschiebemergel (Bodenarten NB1 bis NB3 nach GW 310)
- $\mu = 0,25$  für stark lehmigen Sand, sandigen Lehm, Mergel, Lehm, Löß oder Lößlehm und Ton mit mindestens halbfester Konsistenz (Bodenart B1 nach GW 310)
- $\mu = 0,5$  bei Zementmörtel-Umhüllung
- $\mu = 0$  bei Einbau der Rohrleitung im Grundwasser und/oder in schwer verdichtbaren bindigen Böden weicher und steifer Konsistenz (Bodenarten B2 bis B4 nach GW 310) → In diesem Fall wird empfohlen, die gesamte Rohrleitung längskraftschlüssig zu sichern.

#### Bodenpressung

Die mögliche Bodenpressung ist sehr stark vom Verdichtungsgrad der Grabenfüllung in unmittelbarer Umgebung des Rohres abhängig. Die Verdichtung der Grabenfüllung sollte mindestens  $D_{pr} = 95\%$  betragen. In diesem Fall kann mit um 50 % reduzierten Werten der zulässigen horizontalen Bodenpressung zul.  $\sigma_h$ , w gemäß Diagramm GW 310 (siehe Seite 299) gerechnet werden.

#### Anmerkungen

In jedem Fall sind mindestens zu sichern:

- bei Bögen: auf jeder Seite 2 Muffen,
- bei Abzweigen und Endverschlüssen: 2 Muffen,
- bei Reduzierstücken: 2 Muffen auf der Seite mit der größeren Nennweite.



Die folgenden Tabellen zeigen für verschiedene Parameter wie Reibungszahl, Bodenpressung, Rohrdeckung und Systemprüfdruck die zu sichernden Rohrleitungslängen für Rohre aus duktilem Gusseisen.

Bei der Bogensicherung gegen „Luft“ entspricht die zu sichernde Rohrleitungslänge der eines Abzweiges oder Endverschlusses (180°).

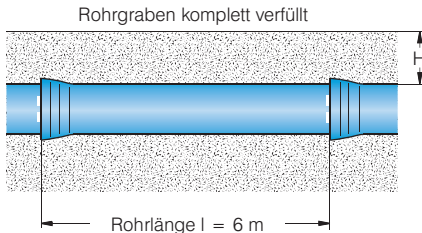
Weitere Berechnungen können auf [www.eadips.org](http://www.eadips.org) durchgeführt werden.

## Geltungsbereich

Die Richtlinien des DVGW – GW 368 (Ausgabe Juni 2002) gelten für die Herstellung und den Einbau längskraftschlüssiger Muffenverbindungsteile zur Sicherung von Rohrleitungssystemen und Formstücken aus duktilem Gusseisen nach EN 545 bzw. DIN 28 650 für die Wasserversorgung sowie Armaturen aus Gusseisen mit KugelGrafit.

## Die nachstehenden Tabellen gelten unter folgenden Voraussetzungen:

- Der Rohrgraben wird vollständig bis zur Höhe H verfüllt
- Das Verfüllmaterial ist sorgfältig verdichtet ( $D_{pr} = 95 \%$ )
- Im Rohrgraben steht kein Wasser



**Zu sichernde Rohrlänge L [m] bei folgenden Parametern:**

Boden in Leitungszone: Schotter, Sand oder Kies, dicht gelagert (NB1)

Reibungszahl:  $\mu = 0,50$ Bodenpressung: zul.  $\sigma_{h,w} = 40 \text{ kN/m}^2$ Rohrdeckung:  $H = 1,00 \text{ [m]}$  (Rohrgraben komplett verfüllt)

## Zu sichernde Rohrlänge L [m] bei 10 bar Prüfdruck

| Bogen \ DN | 80 | 100 | 125 | 150 | 200 | 250 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 |
|------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 180°       | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 15  | 18  | 22  | 25  | 28  | 31  | 34   |
| 90°        | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 15  | 18  | 21  | 24  | 27  | 30   |
| 45°        | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 13  | 16  | 19  | 22  | 25   |
| 30°        | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 15  | 18  | 21   |
| 22°        | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 13  | 16   |
| 11°        | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12   |

## Zu sichernde Rohrlänge L [m] bei 15 bar Prüfdruck

| Bogen \ DN | 80 | 100 | 125 | 150 | 200 | 250 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 |
|------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 180°       | 12 | 12  | 12  | 12  | 13  | 16  | 19  | 24  | 30  | 34  | 39  | 44  | 48  | 52   |
| 90°        | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 13  | 19  | 24  | 29  | 34  | 38  | 43  | 47   |
| 45°        | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 13  | 19  | 24  | 29  | 33  | 38  | 42   |
| 30°        | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 14  | 19  | 24  | 29  | 33  | 38   |
| 22°        | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 14  | 19  | 24  | 29  | 33  | 38   |
| 11°        | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 16   |

## Zu sichernde Rohrlänge L [m] bei 21 bar Prüfdruck

| Bogen \ DN | 80 | 100 | 125 | 150 | 200 | 250 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 |
|------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 180°       | 12 | 12  | 12  | 14  | 19  | 23  | 27  | 34  | 41  | 48  | 55  | 61  | 67  | 73   |
| 90°        | 12 | 12  | 12  | 12  | 13  | 17  | 21  | 29  | 36  | 43  | 49  | 56  | 62  | 68   |
| 45°        | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 15  | 23  | 30  | 37  | 44  | 51  | 57  | 63   |
| 30°        | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 15  | 25  | 33  | 40  | 46  | 52  | 58   |
| 22°        | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 20  | 27  | 34  | 41  | 48  | 54   |
| 11°        | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 16  | 23  | 29  | 36   |

## Zu sichernde Rohrlänge L [m] bei folgenden Parametern:

Boden in Leitungszone: Schotter, Sand oder Kies, dicht gelagert (NB1)

Reibungszahl:  $\mu = 0,50$

Bodenpressung: zul.  $\sigma_{h,w} = 40 \text{ kN/m}^2$

Rohrdeckung:  $H = 1,00 \text{ [m]}$  (Rohrgraben komplett verfüllt)

## Zu sichernde Rohrlänge L [m] bei 30 bar Prüfdruck

| DN<br>Bogen | 80 | 100 | 125 | 150 | 200 | 250 | 300 | 400 | 500 | 600 |
|-------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 180°        | 12 | 15  | 18  | 21  | 27  | 32  | 38  | 49  | 59  | 69  |
| 90°         | 12 | 12  | 12  | 14  | 20  | 26  | 32  | 43  | 53  | 63  |
| 45°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 15  | 24  | 29  | 38  | 48  | 58  |
| 30°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 15  | 21  | 32  | 43  | 53  |
| 22°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 16  | 27  | 38  | 48  |
| 11°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 18  | 29  |

## Zu sichernde Rohrlänge L [m] bei 45 bar Prüfdruck

| DN<br>Bogen | 80 | 100 | 125 | 150 | 200 | 250 | 300 |
|-------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 180°        | 18 | 22  | 26  | 31  | 40  | 49  | 57  |
| 90°         | 12 | 16  | 20  | 25  | 34  | 43  | 51  |
| 45°         | 12 | 12  | 14  | 19  | 28  | 37  | 45  |
| 30°         | 12 | 12  | 12  | 14  | 23  | 32  | 40  |
| 22°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 17  | 26  | 35  |
| 11°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 14  |

**Zu sichernde Rohrlänge L [m] bei folgenden Parametern:**

Boden in Leitungszone: stark lehmiger Sand, sandiger Lehm, Lehm, Ton, Mergel (B1)

 Reibungszahl:  $\mu = 0,25$ 

 Bodenpressung: zul.  $\sigma_{h,w} = 30 \text{ kN/m}^2$ 

 Rohrdeckung:  $H = 1,00 \text{ [m]}$  (Rohrgraben komplett verfüllt)

**Zu sichernde Rohrlänge L [m] bei 10 bar Prüfdruck**

| DN<br>Bogen | 80 | 100 | 125 | 150 | 200 | 250 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 |
|-------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 180°        | 12 | 12  | 12  | 13  | 17  | 21  | 24  | 32  | 39  | 45  | 52  | 58  | 63  | 69   |
| 90°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 15  | 18  | 26  | 33  | 40  | 46  | 53  | 58  | 64   |
| 45°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 18  | 25  | 32  | 39  | 45  | 51  | 57   |
| 30°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 17  | 25  | 31  | 38  | 44  | 50   |
| 22°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 15  | 17  | 24  | 30  | 37  | 43   |
| 11°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 16   |

**Zu sichernde Rohrlänge L [m] bei 15 bar Prüfdruck**

| DN<br>Bogen | 80 | 100 | 125 | 150 | 200 | 250 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 |
|-------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 180°        | 12 | 15  | 18  | 21  | 27  | 32  | 38  | 49  | 59  | 69  | 78  | 87  | 96  | 104  |
| 90°         | 12 | 12  | 12  | 13  | 19  | 25  | 31  | 42  | 52  | 62  | 71  | 81  | 89  | 97   |
| 45°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 16  | 22  | 32  | 44  | 54  | 64  | 73  | 82  | 90   |
| 30°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 14  | 26  | 37  | 47  | 57  | 66  | 75  | 84   |
| 22°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 17  | 29  | 39  | 49  | 59  | 68  | 77   |
| 11°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 22  | 31  | 41  | 50   |

**Zu sichernde Rohrlänge L [m] bei 21 bar Prüfdruck**

| DN<br>Bogen | 80 | 100 | 125 | 150 | 200 | 250 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 |
|-------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 180°        | 17 | 20  | 25  | 29  | 37  | 45  | 53  | 68  | 83  | 96  | 110 | 122 | 134 | 145  |
| 90°         | 12 | 13  | 17  | 21  | 30  | 38  | 46  | 61  | 76  | 90  | 103 | 115 | 127 | 139  |
| 45°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 21  | 29  | 37  | 53  | 68  | 82  | 95  | 108 | 120 | 132  |
| 30°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 13  | 21  | 29  | 45  | 60  | 74  | 88  | 101 | 113 | 125  |
| 22°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 13  | 21  | 37  | 52  | 67  | 80  | 94  | 106 | 120  |
| 11°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 18  | 22  | 38  | 52  | 66  | 79  | 92   |

## Zu sichernde Rohrlänge L [m] bei folgenden Parametern:

Boden in Leitungszone: stark lehmiger Sand, sandiger Lehm, Lehm, Ton, Mergel (B1)  
 Reibungszahl:  $\mu = 0,25$   
 Bodenpressung: zul.  $\sigma_{h,w} = 30 \text{ kN/m}^2$   
 Rohrdeckung:  $H = 1,00 \text{ [m]}$  (Rohrgraben komplett verfüllt)

## Zu sichernde Rohrlänge L [m] bei 30 bar Prüfdruck

| DN<br>Bogen | 80 | 100 | 125 | 150 | 200 | 250 | 300 | 400 | 500 | 600 |
|-------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 180°        | 23 | 28  | 34  | 41  | 53  | 64  | 76  | 98  | 118 | 138 |
| 90°         | 17 | 22  | 28  | 34  | 47  | 58  | 70  | 92  | 113 | 132 |
| 45°         | 12 | 13  | 19  | 25  | 38  | 50  | 61  | 84  | 105 | 125 |
| 30°         | 12 | 12  | 12  | 17  | 30  | 42  | 53  | 76  | 97  | 118 |
| 22°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 21  | 33  | 45  | 68  | 89  | 110 |
| 11°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 14  | 37  | 59  | 81  |

## Zu sichernde Rohrlänge L [m] bei 45 bar Prüfdruck

| DN<br>Bogen | 80 | 100 | 125 | 150 | 200 | 250 | 300 |
|-------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 180°        | 35 | 43  | 52  | 61  | 80  | 97  | 114 |
| 90°         | 29 | 36  | 46  | 55  | 73  | 91  | 108 |
| 45°         | 20 | 27  | 37  | 46  | 65  | 82  | 100 |
| 30°         | 12 | 19  | 29  | 38  | 57  | 74  | 92  |
| 22°         | 12 | 12  | 20  | 29  | 48  | 66  | 83  |
| 11°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 16  | 34  | 52  |

**Zu sichernde Rohrlänge L [m] bei folgenden Parametern:**

Boden in Leitungszone: stark lehmiger Sand, sandiger Lehm, Lehm, Ton, Mergel (B1)

Reibungszahl:  $\mu = 0,50$ Bodenpressung: zul.  $\sigma_{h,w} = 30 \text{ kN/m}^2$ Rohrdeckung:  $H = 1,00 \text{ [m]}$  (Rohrgraben komplett verfüllt)**Zu sichernde Rohrlänge L [m] bei 10 bar Prüfdruck**

| DN<br>Bogen | 80 | 100 | 125 | 150 | 200 | 250 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 |
|-------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 180°        | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 15  | 19  | 22  | 25  | 28  | 31  | 34   |
| 90°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 16  | 19  | 23  | 26  | 29  | 32   |
| 45°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 15  | 19  | 22  | 25  | 28   |
| 30°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 15  | 18  | 22  | 25   |
| 22°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 15  | 18  | 21   |
| 11°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12   |

**Zu sichernde Rohrlänge L [m] bei 15 bar Prüfdruck**

| DN<br>Bogen | 80 | 100 | 125 | 150 | 200 | 250 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 |
|-------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 180°        | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 15  | 18  | 24  | 29  | 34  | 39  | 43  | 47  | 52   |
| 90°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 15  | 21  | 26  | 31  | 36  | 40  | 45  | 49   |
| 45°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 16  | 22  | 27  | 32  | 37  | 41  | 45   |
| 30°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 13  | 18  | 23  | 28  | 33  | 38  | 42   |
| 22°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 14  | 19  | 25  | 29  | 34  | 39   |
| 11°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 16  | 20  | 25   |

**Zu sichernde Rohrlänge L [m] bei 21 bar Prüfdruck**

| DN<br>Bogen | 80 | 100 | 125 | 150 | 200 | 250 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 |
|-------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 180°        | 12 | 12  | 12  | 13  | 18  | 22  | 26  | 33  | 41  | 48  | 54  | 61  | 67  | 73   |
| 90°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 15  | 19  | 23  | 30  | 38  | 45  | 52  | 58  | 64  | 70   |
| 45°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 14  | 19  | 26  | 34  | 41  | 48  | 54  | 60  | 66   |
| 30°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 15  | 23  | 30  | 37  | 44  | 51  | 57  | 63   |
| 22°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 18  | 26  | 33  | 40  | 47  | 53  | 60   |
| 11°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 19  | 26  | 33  | 40  | 46   |

## Zu sichernde Rohrlänge L [m] bei folgenden Parametern:

Boden in Leitungszone: stark lehmiger Sand, sandiger Lehm, Lehm, Ton, Mergel (B1)  
 Reibungszahl:  $\mu = 0,50$   
 Bodenpressung: zul.  $\sigma_{h,w} = 30 \text{ kN/m}^2$   
 Rohrdeckung:  $H = 1,00 \text{ [m]}$  (Rohrgraben komplett verfüllt)

## Zu sichernde Rohrlänge L [m] bei 30 bar Prüfdruck

| DN<br>Bogen | 80 | 100 | 125 | 150 | 200 | 250 | 300 | 400 | 500 | 600 |
|-------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 180°        | 12 | 13  | 16  | 20  | 26  | 32  | 37  | 48  | 59  | 69  |
| 90°         | 12 | 12  | 13  | 16  | 23  | 28  | 34  | 45  | 56  | 66  |
| 45°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 18  | 24  | 30  | 41  | 52  | 62  |
| 30°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 14  | 20  | 26  | 37  | 48  | 58  |
| 22°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 16  | 22  | 33  | 44  | 54  |
| 11°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 18  | 29  | 40  |

## Zu sichernde Rohrlänge L [m] bei 45 bar Prüfdruck

| DN<br>Bogen | 80 | 100 | 125 | 150 | 200 | 250 | 300 |
|-------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 180°        | 17 | 21  | 25  | 30  | 39  | 48  | 57  |
| 90°         | 14 | 18  | 22  | 27  | 36  | 45  | 54  |
| 45°         | 12 | 13  | 18  | 23  | 32  | 41  | 49  |
| 30°         | 12 | 12  | 14  | 18  | 28  | 37  | 45  |
| 22°         | 12 | 12  | 12  | 14  | 23  | 32  | 41  |
| 11°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 16  | 26  |

**Zu sichernde Rohrlänge L [m] bei folgenden Parametern:**

Boden in Leitungszone: Schotter, Sand oder Kies, dicht gelagert (NB1)

 Reibungszahl:  $\mu = 0,50$ 

 Bodenpressung: zul.  $\sigma_{h,w} = 40 \text{ kN/m}^2$ 

 Rohrdeckung:  $H = 1,50 \text{ [m]}$  (Rohrgraben komplett verfüllt)

**Zu sichernde Rohrlänge L [m] bei 10 bar Prüfdruck**

| DN<br>Bogen | 80 | 100 | 125 | 150 | 200 | 250 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 |
|-------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 180°        | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 13  | 15  | 18  | 20  | 22  | 25   |
| 90°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 13  | 15  | 18  | 20  | 22   |
| 45°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 14  | 16  | 19   |
| 30°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 13  | 15   |
| 22°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12   |
| 11°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12   |

**Zu sichernde Rohrlänge L [m] bei 15 bar Prüfdruck**

| DN<br>Bogen | 80 | 100 | 125 | 150 | 200 | 250 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 |
|-------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 180°        | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 16  | 20  | 24  | 27  | 31  | 34  | 37   |
| 90°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 13  | 17  | 21  | 25  | 28  | 31  | 35   |
| 45°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 13  | 17  | 21  | 24  | 28  | 31   |
| 30°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 14  | 18  | 21  | 25  | 28   |
| 22°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 14  | 18  | 21  | 25  | 28   |
| 11°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12   |

**Zu sichernde Rohrlänge L [m] bei 21 bar Prüfdruck**

| DN<br>Bogen | 80 | 100 | 125 | 150 | 200 | 250 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 |
|-------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 180°        | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 15  | 18  | 23  | 28  | 33  | 38  | 43  | 48  | 52   |
| 90°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 15  | 20  | 26  | 31  | 36  | 41  | 45  | 50   |
| 45°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 16  | 22  | 27  | 32  | 37  | 42  | 46   |
| 30°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 18  | 24  | 29  | 34  | 38  | 43   |
| 22°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 15  | 20  | 25  | 30  | 35  | 40   |
| 11°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 17  | 22  | 27   |



## Zu sichernde Rohrlänge L [m] bei folgenden Parametern:

Boden in Leitungszone: Schotter, Sand oder Kies, dicht gelagert (NB1)

Reibungszahl:  $\mu = 0,50$

Bodenpressung: zul.  $\sigma_{h,w} = 40 \text{ kN/m}^2$

Rohrdeckung:  $H = 1,50 \text{ [m]}$  (Rohrgraben komplett verfüllt)

## Zu sichernde Rohrlänge L [m] bei 30 bar Prüfdruck

| Bogen \ DN | 80 | 100 | 125 | 150 | 200 | 250 | 300 | 400 | 500 | 600 |
|------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 180°       | 12 | 12  | 12  | 13  | 17  | 21  | 25  | 33  | 41  | 48  |
| 90°        | 12 | 12  | 12  | 12  | 15  | 19  | 23  | 31  | 38  | 45  |
| 45°        | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 15  | 19  | 27  | 34  | 42  |
| 30°        | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 15  | 23  | 31  | 38  |
| 22°        | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 19  | 27  | 35  |
| 11°        | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 13  | 21  |

## Zu sichernde Rohrlänge L [m] bei 45 bar Prüfdruck

| Bogen \ DN | 80 | 100 | 125 | 150 | 200 | 250 | 300 |
|------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 180°       | 12 | 12  | 17  | 20  | 27  | 32  | 39  |
| 90°        | 12 | 12  | 14  | 17  | 24  | 30  | 36  |
| 45°        | 12 | 12  | 12  | 13  | 20  | 26  | 32  |
| 30°        | 12 | 12  | 12  | 12  | 16  | 22  | 29  |
| 22°        | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 18  | 25  |
| 11°        | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  |

**Zu sichernde Rohrlänge L [m] bei folgenden Parametern:**

Boden in Leitungszone: stark lehmiger Sand, sandiger Lehm, Lehm, Ton, Mergel (B1)

Reibungszahl:  $\mu = 0,25$ Bodenpressung: zul.  $\sigma_{h,w} = 30 \text{ kN/m}^2$ Rohrdeckung:  $H = 1,50 \text{ [m]}$  (Rohrgraben komplett verfüllt)**Zu sichernde Rohrlänge L [m] bei 10 bar Prüfdruck**

| DN<br>Bogen | 80 | 100 | 125 | 150 | 200 | 250 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 |
|-------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 180°        | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 14  | 17  | 22  | 27  | 32  | 37  | 41  | 46  | 50   |
| 90°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 13  | 18  | 23  | 28  | 33  | 38  | 42  | 46   |
| 45°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 13  | 18  | 23  | 28  | 32  | 37  | 41   |
| 30°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 17  | 22  | 27  | 32  | 36   |
| 22°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 17  | 22  | 26  | 31   |
| 11°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12   |

**Zu sichernde Rohrlänge L [m] bei 15 bar Prüfdruck**

| DN<br>Bogen | 80 | 100 | 125 | 150 | 200 | 250 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 |
|-------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 180°        | 12 | 12  | 12  | 13  | 18  | 22  | 26  | 34  | 41  | 48  | 56  | 62  | 69  | 75   |
| 90°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 13  | 18  | 22  | 30  | 37  | 45  | 52  | 59  | 65  | 72   |
| 45°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 16  | 24  | 32  | 39  | 46  | 53  | 60  | 67   |
| 30°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 18  | 26  | 34  | 41  | 48  | 55  | 62   |
| 22°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 13  | 21  | 28  | 36  | 43  | 50  | 57   |
| 11°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 19  | 23  | 30  | 37   |

**Zu sichernde Rohrlänge L [m] bei 21 bar Prüfdruck**

| DN<br>Bogen | 80 | 100 | 125 | 150 | 200 | 250 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 |
|-------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 180°        | 12 | 13  | 16  | 19  | 25  | 31  | 36  | 47  | 58  | 68  | 78  | 88  | 97  | 106  |
| 90°         | 12 | 12  | 13  | 15  | 21  | 27  | 32  | 43  | 54  | 64  | 74  | 84  | 93  | 102  |
| 45°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 15  | 21  | 26  | 38  | 48  | 59  | 69  | 79  | 88  | 97   |
| 30°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 15  | 21  | 32  | 43  | 54  | 64  | 74  | 83  | 92   |
| 22°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 15  | 27  | 37  | 48  | 58  | 68  | 78  | 87   |
| 11°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 17  | 37  | 38  | 48  | 58  | 68   |

## Zu sichernde Rohrlänge L [m] bei folgenden Parametern:

Boden in Leitungszone: stark lehmiger Sand, sandiger Lehm, Lehm, Ton, Mergel (B1)  
 Reibungszahl:  $\mu = 0,25$   
 Bodenpressung: zul.  $\sigma_{h,w} = 30 \text{ kN/m}^2$   
 Rohrdeckung:  $H = 1,50 \text{ [m]}$  (Rohrgraben komplett verfüllt)

## Zu sichernde Rohrlänge L [m] bei 30 bar Prüfdruck

| DN<br>Bogen | 80 | 100 | 125 | 150 | 200 | 250 | 300 | 400 | 500 | 600 |
|-------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 180°        | 16 | 19  | 23  | 28  | 36  | 44  | 52  | 68  | 83  | 98  |
| 90°         | 12 | 15  | 19  | 23  | 32  | 40  | 48  | 64  | 79  | 94  |
| 45°         | 12 | 12  | 13  | 17  | 26  | 34  | 42  | 58  | 73  | 88  |
| 30°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 20  | 29  | 37  | 53  | 68  | 83  |
| 22°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 14  | 23  | 31  | 47  | 63  | 78  |
| 11°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 26  | 42  | 57  |

## Zu sichernde Rohrlänge L [m] bei 45 bar Prüfdruck

| DN<br>Bogen | 80 | 100 | 125 | 150 | 200 | 250 | 300 |
|-------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 180°        | 24 | 29  | 36  | 42  | 54  | 67  | 79  |
| 90°         | 20 | 25  | 31  | 38  | 50  | 63  | 75  |
| 45°         | 14 | 19  | 25  | 32  | 44  | 57  | 69  |
| 30°         | 12 | 13  | 20  | 26  | 39  | 51  | 64  |
| 22°         | 12 | 12  | 14  | 20  | 33  | 45  | 58  |
| 11°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 24  | 36  |

**Zu sichernde Rohrlänge L [m] bei folgenden Parametern:**

Boden in Leitungszone: stark lehmiger Sand, sandiger Lehm, Lehm, Ton, Mergel (B1)

Reibungszahl:  $\mu = 0,50$ Bodenpressung: zul.  $\sigma_{h,w} = 30 \text{ kN/m}^2$ Rohrdeckung:  $H = 1,50 \text{ [m]}$  (Rohrgraben komplett verfüllt)**Zu sichernde Rohrlänge L [m] bei 10 bar Prüfdruck**

| DN<br>Bogen | 80 | 100 | 125 | 150 | 200 | 250 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 |
|-------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 180°        | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 13  | 16  | 18  | 20  | 23  | 25   |
| 90°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 14  | 16  | 18  | 21  | 23   |
| 45°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 13  | 16  | 18  | 20   |
| 30°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 13  | 16  | 18   |
| 22°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 13  | 15   |
| 11°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12   |

**Zu sichernde Rohrlänge L [m] bei 15 bar Prüfdruck**

| DN<br>Bogen | 80 | 100 | 125 | 150 | 200 | 250 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 |
|-------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 180°        | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 13  | 16  | 20  | 24  | 28  | 31  | 34  | 38   |
| 90°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 14  | 18  | 22  | 26  | 29  | 32  | 36   |
| 45°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 15  | 19  | 23  | 26  | 30  | 33   |
| 30°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 13  | 17  | 20  | 24  | 27  | 31   |
| 22°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 14  | 18  | 21  | 25  | 28   |
| 11°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 15  | 18   |

**Zu sichernde Rohrlänge L [m] bei 21 bar Prüfdruck**

| DN<br>Bogen | 80 | 100 | 125 | 150 | 200 | 250 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 |
|-------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 180°        | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 15  | 18  | 23  | 29  | 35  | 39  | 44  | 48  | 53   |
| 90°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 13  | 16  | 21  | 27  | 32  | 37  | 42  | 46  | 51   |
| 45°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 13  | 18  | 24  | 29  | 34  | 39  | 44  | 48   |
| 30°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 16  | 21  | 26  | 32  | 36  | 41  | 46   |
| 22°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 13  | 18  | 24  | 29  | 34  | 38  | 43   |
| 11°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 13  | 19  | 24  | 29  | 34   |

## Zu sichernde Rohrlänge L [m] bei folgenden Parametern:

Boden in Leitungszone: stark lehmiger Sand, sandiger Lehm, Lehm, Ton, Mergel (B1)

Reibungszahl:  $\mu = 0,50$

Bodenpressung: zul.  $\sigma_{h,w} = 30 \text{ kN/m}^2$

Rohrdeckung:  $H = 1,50 \text{ [m]}$  (Rohrgraben komplett verfüllt)

## Zu sichernde Rohrlänge L [m] bei 30 bar Prüfdruck

| DN<br>Bogen | 80 | 100 | 125 | 150 | 200 | 250 | 300 | 400 | 500 | 600 |
|-------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 180°        | 12 | 12  | 12  | 13  | 18  | 22  | 26  | 34  | 41  | 49  |
| 90°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 16  | 20  | 24  | 32  | 39  | 47  |
| 45°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 13  | 17  | 21  | 29  | 36  | 44  |
| 30°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 14  | 18  | 26  | 34  | 41  |
| 22°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 15  | 23  | 31  | 38  |
| 11°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 13  | 21  | 28  |

## Zu sichernde Rohrlänge L [m] bei 45 bar Prüfdruck

| DN<br>Bogen | 80 | 100 | 125 | 150 | 200 | 250 | 300 |
|-------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 180°        | 12 | 14  | 17  | 21  | 27  | 33  | 39  |
| 90°         | 12 | 12  | 15  | 18  | 25  | 31  | 37  |
| 45°         | 12 | 12  | 12  | 15  | 22  | 28  | 34  |
| 30°         | 12 | 12  | 12  | 13  | 19  | 25  | 31  |
| 22°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 16  | 22  | 29  |
| 11°         | 12 | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 18  |

Nach EN 805 müssen Rohrleitungen einer Innendruckprüfung unterzogen werden. Maßgebend für die Durchführung der Prüfung bei Wasserleitungen ist die EN 805 bzw. das DVGW-Arbeitsblatt W 400-2.

### Prüfabschnitte

Längere Leitungen sind, falls notwendig, in Teilabschnitte zu unterteilen. Die Prüfabschnitte sind so festzulegen, dass

- der Prüfdruck an der tiefsten Stelle jedes Prüfabschnittes erreicht wird,
- am höchsten Punkt jedes Prüfabschnittes min. der 1,1-fache Wert des Systemprüfdruckes (MDP) erreicht wird,
- die erforderliche Wassermenge für die Druckprüfung bereitgestellt und abgelassen werden kann,
- die maximale Prüflänge 2,5 – 3 km nicht übersteigt.

Die Leitung ist so gut wie möglich, ggf. durch „Molchen“, zu entlüften und vom Tiefpunkt aus mit Trinkwasser zu befüllen.

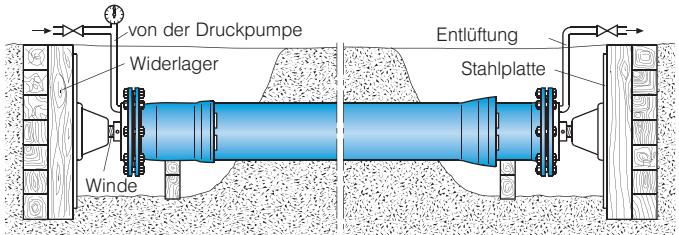
### Verfüllung und Sicherung

Falls erforderlich müssen Rohre vor der Druckprüfung so mit Verfüllmaterial abgedeckt werden, dass Lageänderungen vermieden werden. Ein Verfüllen der Verbindungen ist freigestellt.

Nicht längskraftschlüssige Leitungen sind an den Enden, an Bögen, Abzweigungen und Reduzierungen gegen die durch den Innendruck auftretenden Kräfte zu verankern. Die Bemessung der hierzu notwendigen Widerlager erfolgt nach GW 310.

Bei längskraftschlüssigen Systemen kann der Einbau von Widerlagern entfallen, sofern die zu sichernde Länge pro Einbaufall nach GW 368 eingehalten wird.

Das Abdrücken gegen eine geschlossene Absperrarmatur ist nicht zweckmäßig. Die Temperatur an der Rohraußenwand ist möglichst konstant zu halten und darf 20 °C nicht überschreiten.



## Füllen der Rohrleitung

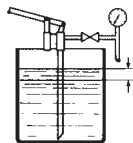
Die Rohrleitung ist zweckmäßigerweise vom Leitungstiefpunkt aus so zu füllen, dass an den ausreichend groß bemessenen Entlüftungsstellen der Leitungshochpunkte die in der Rohrleitung enthaltene Luft leicht entweichen kann.

Es werden folgende Füllmengen in l/s empfohlen:

| DN        | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| Füllmenge | 0,3 | 0,7 | 1,5 | 2   | 3   | 6   | 9   | 14  | 19  | 25  | 32  | 40   |

Bei Trinkwasserleitungen sollte in Verbindung mit der Druckprüfung eine erste Desinfektion vorgenommen werden, wozu eine Konzentration von mindestens 50 mg Chlor/l Wasser notwendig ist. Je nach Verschmutzungsgrad kann der Chloranteil bis 150 mg/l Wasser erhöht werden.

Über Undichtheiten oder ungenügende Entlüftung kann das Verhältnis der zugegebenen Wassermenge zur erfolgten Drucksteigerung einen Anhalt geben. Deshalb sollte bei der Drucksteigerung der Wasserverbrauch von bar zu bar notiert werden.



Wasserverbrauch  
für 1 bar

| bar | mm | in Liter |
|-----|----|----------|
| 0-1 |    |          |
| 1-2 |    |          |
| 2-3 |    |          |
| 3-4 |    |          |
| 5-6 |    |          |

Bei vorschriftsmäßig verlegter und entlüfteter Leitung ist die nachzupumpende Wassermenge je bar Drucksteigerung annähernd konstant. Sie beträgt (theoretisch) unter Berücksichtigung der Kompressibilität des Wassers und des elastischen Verhaltens des Rohres ca.  $50 \text{ ml/m}^3$  Leitungsinhalt/bar. In der Praxis ist dieser Wert um das 1,5 bis 2,0-fache höher, da Lufteinschlüsse in den Rohr- und Formstück-Verbindungen und in den Armaturen komprimiert werden müssen.



### Durchführung der Druckprüfung

Für die Durchführung der Druckprüfung an duktilen Gussrohren sind im DVGW-Arbeitsblatt W 400-2 folgende Verfahren beschrieben:

- Normalverfahren (für alle DN mit und ohne ZM-Auskleidung)
- beschleunigtes Normalverfahren (bis DN 600, mit ZM-Auskleidung)

Im Nachfolgenden werden die beiden am häufigsten angewandten Verfahren, das Normalverfahren und das beschleunigte Normalverfahren, beschrieben.

Die Höhe des Prüfdruckes bei beiden Verfahren beträgt:

- für Leitungen mit einem zulässigen Betriebsdruck bis 10 bar: 1,5 x Nenndruck
- für Leitungen mit einem zulässigen Betriebsdruck über 10 bar: Nenndruck + 5 bar.

### Das Normalverfahren

Das Normalverfahren wird in drei Phasen durchgeführt:

- Vorprüfung
- Druckabfallprüfung
- Hauptprüfung

#### Vorprüfung

Die Vorprüfung dient zur Sättigung der ZM-Auskleidung und zur Streckung der Leitung. Um dies zu erreichen wird der Prüfdruck durch ständiges Nachpumpen für eine Dauer von 24 Stunden konstant gehalten. Wenn unzulässige Lageveränderungen oder Undichtigkeiten auftreten, ist die Rohrleitung zu entspannen und die Ursache zu beheben.

**Druckabfallprüfung**

Die Druckabfallprüfung dient der Feststellung der Luftfreiheit der Rohrleitung. Luft einschüsse in der Rohrleitung können zu falschen Messergebnissen führen bzw. kleine Undichten überdecken.

Der Leitung wird ein Wasservolumen  $\Delta V$  entnommen, bis sich ein Druckabfall  $\Delta p$  von mindestens 0,5 bar einstellt. Das entnommene Wasservolumen  $\Delta V$  wird gemessen. Der Prüfdruck wird im Anschluss wieder hergestellt.

Die Leitung gilt als ausreichend entlüftet, wenn  $\Delta V$  nicht größer als  $\Delta V_{zul}$  ist. Anderenfalls muss die Leitung nochmals entlüftet werden.

$\Delta V_{zul}$  errechnet sich wie folgt:

$$\Delta V_{zul} = 15 \cdot a \cdot \Delta p \cdot L$$

|                  |   |   |
|------------------|---|---|
| $\Delta V_{zul}$ | = | zulässige Volumenänderung [cm <sup>3</sup> ]  |
| $\Delta p$       | = | gemessener Druckabfall [bar]  |
| L                | = | Länge der geprüften Strecke [m]   |
| a                | = | Druckkonstante, die die Rohrart kennzeichnet [cm <sup>3</sup> /(bar x m)]<br>→ siehe folgende Tabelle |

| DN  | a     | DN   | a       |
|-----|-------|------|---------|
| 80  | 0,314 | 400  | 9,632   |
| 100 | 0,492 | 500  | 15,614  |
| 125 | 0,792 | 600  | 23,178  |
| 150 | 1,163 | 700  | 32,340  |
| 200 | 2,147 | 800  | 43,243  |
| 250 | 3,482 | 900  | 55,679  |
| 300 | 5,172 | 1000 | 69,749  |
| 350 | 7,147 | 1200 | 103,280 |

## Hauptprüfung

Im Anschluss an die Druckabfallprüfung wird die Hauptprüfung durchgeführt.

Für die Prüfdauer gelten folgende Werte:

|      |                   |      |
|------|-------------------|------|
| bis  | DN 400            | 3 h  |
|      | DN 500 bis DN 700 | 12 h |
| über | DN 700            | 24 h |

Die Prüfbedingungen gelten als erfüllt, wenn der Druckabfall am Ende der Prüfung nicht größer ist als nachfolgend angegeben:

| Nenndruck | Prüfdruck  | Druckabfall maximal |
|-----------|------------|---------------------|
| 10        | 15 bar     | 0,1 bar             |
| 16        | 21 bar     | 0,15 bar            |
| über 16   | PN + 5 bar | 0,2 bar             |

## Prüfbericht

Ein Prüfbericht ist anzufertigen. Muster für Prüfberichte sind im DVGW-Arbeitsblatt W 400-2 enthalten. In ihnen findet man die erforderlichen Angaben, wie z. B.:

- Beschreibung der Leitung
- Prüfdaten
- Durchführung der Prüfung
- Feststellungen während der Prüfung
- Prüfvermerk

### Das beschleunigte Normalverfahren

Der Vorteil des beschleunigten Normalverfahrens besteht vor allem in der enormen Zeitersparnis. Der Zeitaufwand liegt bei lediglich ca. 1,5 Stunden.

Das beschleunigte Normalverfahren wird in drei Phasen durchgeführt:

- Sättigungsphase
- Druckabfallprüfung
- Dichtheitsprüfung

#### Sättigungsphase

Zum Erreichen eines hohen Sättigungsgrades wird der Prüfdruck während einer halben Stunde durch ständiges Nachpumpen konstant gehalten. Für die Sättigung ist in erster Linie die Höhe des Prüfdruckes maßgebend. Zu niedriger Druck kann nicht durch eine Verlängerung der Sättigungsphase ausgeglichen werden.

#### Druckabfallprüfung

Die Druckabfallprüfung dient der Feststellung der Luftfreiheit der Rohrleitung. Luft einschüsse in der Rohrleitung können zu falschen Messergebnissen führen bzw. kleine Undichten überdecken.

Der Leitung wird bei Prüfdruck ein Wasservolumen  $\Delta V_{zul}$  entnommen. Der daraus resultierende Druckabfall  $\Delta p$  wird gemessen. Dies ist in der anschließenden Dichtheitsprüfung der zulässige Druckabfall  $\Delta p_{zul}$ . Der Prüfdruck ist nach der Druckabfallprüfung wieder herzustellen.

$\Delta V_{zul}$  errechnet sich wie folgt:

$$\Delta V_{zul} = (DN \cdot L) / (100 \cdot k)$$

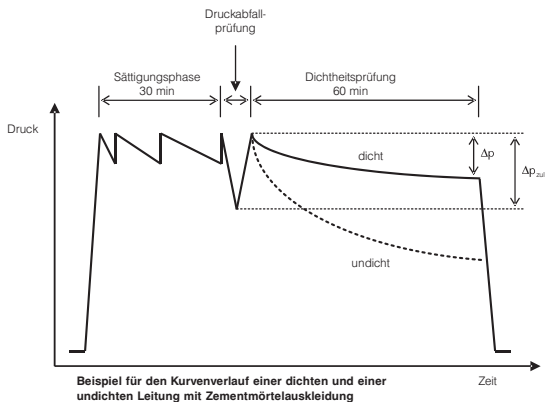
- $\Delta V_{zul}$  = zulässige Volumenänderung [cm<sup>3</sup>]  
 L = Länge der geprüften Strecke [m]  
 100 x k = Proportionalitätsfaktor, k = 1 m/cm<sup>3</sup>

Die Leitung gilt als ausreichend entlüftet, wenn bei der Entnahme des Wasservolumens  $\Delta V_{zul}$  der Druckabfall größer oder gleich der in der folgenden Tabelle genannten Grenzwerte für  $\Delta p$  ist.

| Nennweite DN | Mindestdruckabfall $\Delta p$<br>[bar] |
|--------------|--|
| 80           | 1,4                                    |
| 100          | 1,2                                    |
| 150          | 0,8                                    |
| 200          | 0,6                                    |
| 250          | 0,5                                    |
| 300          | 0,4                                    |
| 350          | 0,35                                   |
| 400          | 0,3                                    |
| 500          | 0,2                                    |
| 600          | 0,1                                    |

## Dichtheitsprüfung

Die Leitung gilt als dicht, wenn der Druckabfall  $\Delta p$  in gleichen Zeitabschnitten ständig abnimmt und über die Dauer der Dichtheitsprüfung den in der Druckabfallprüfung ermittelten Wert  $\Delta p_{zul}$  nicht übersteigt. Die Prüfdauer beträgt eine Stunde.



## Prüfbericht

Ein Prüfbericht ist anzufertigen. Muster für Prüfberichte sind im DVGW-Arbeitsblatt W 400-2 enthalten. In ihnen findet man die erforderlichen Angaben, wie z. B.:

- Beschreibung der Leitung
- Prüfdaten
- Durchführung der Prüfung
- Feststellungen während der Prüfung
- Prüfvermerk

Die Desinfektionsmaßnahmen betreffen sowohl das Trinkwasser selbst als auch die gesamten Anlagen zur Trinkwasserversorgung. Die Desinfektionswirkung ist mit verschiedenen Desinfektionsmitteln und mit unterschiedlichen Desinfektionsverfahren zu erreichen. Erst nach vorliegenden einwandfreien Prüfergebnissen gilt die Desinfektion einer Rohrleitung als erfolgreich beendet.

### Allgemeines

Die Wasserversorgungsunternehmen müssen Trinkwasser in hygienisch einwandfreier Beschaffenheit zur Verfügung stellen. Diese Anforderungen sind im Lebensmittel-, Bedarfsgegenstände- und Futtermittelgesetzbuch, im Infektionsschutzgesetz sowie in der Trinkwasserverordnung festgeschrieben. Trinkwasser muss danach so beschaffen sein, dass sein Verzehr die Gesundheit nicht schädigt. Eine Voraussetzung dafür ist, dass sich die Trinkwasserleitung in hygienisch einwandfreiem Zustand befindet.

Dies wird durch die Desinfektion der Trinkwasserleitung erreicht.

Die Desinfektion beinhaltet alle Maßnahmen, die die Keimzahl so vermindern, dass die Qualität des in den Rohrleitungen transportierten Wassers nicht beeinträchtigt wird.

Diese Desinfektionsmaßnahmen beziehen sich dabei auf das Trinkwasser, aber auch auf die Anlagen der Wasserversorgung.

Nach dem Lebensmittelgesetz handelt es sich bei den Rohrleitungen um „Bedarfsgegenstände, die beim Inverkehrbringen von Trinkwasser verwendet werden und dabei mit diesem in Berührung kommen“.

Trinkwasserleitungen sind nach DVGW-Arbeitsblatt W 291 zu desinfizieren. Bei Rohren aus duktilem Gusseisen mit Zementmörtel-Auskleidung ist es zweckmäßig, die Desinfektion gleichzeitig mit der Druckprüfung durchzuführen.

Beim Bau von Trinkwasserleitungen ist darauf zu achten, dass Verunreinigungen in den später wasserführenden Rohren von vornherein möglichst ausgeschlossen werden.

Verunreinigungen durch Personal, Arbeitsgeräte (schmutzige Lappen zum Auswischen der Muffe etc.) sowie Schadstoffeintrag durch die Luft (ölbaltiger Abgasnebel von 2-Takt-Rohrschneidern) sind auszuschließen. Die Enden von Rohrleitungen müssen so dicht verschlossen sein, dass weder Grundwasser, Schmutzwasser noch Tiere eindringen können.

Eine Desinfektion muss in folgenden Fällen sichergestellt sein:

- vor Inbetriebnahme von Trinkwasserleitungen
- nach Reparaturen und Arbeiten am Leitungsnetz
- bei Stagnation des Trinkwassers
- bei Verkeimung von Trinkwasserleitungen

### Spülen von Trinkwasserleitungen

Nach DVGW-Arbeitsblatt W 291 reicht bei Leitungen geringer Nennweite bis DN 150 das Spülen mit Trinkwasser als einfachstes Mittel zur Reduzierung der Bakterienkonzentration meist aus. Unter Umständen kann damit eine zusätzliche Desinfektion überflüssig werden.

Beim Spülen ist auf eine ausreichende Fließgeschwindigkeit (mindestens 1,5 m/s) zu achten. Die Spülwirkung lässt sich durch gleichzeitiges Molchen oder durch Spülen mit einem Wasser-Luft-Gemisch verstärken.

Der 3-fache bis 5-fache Leitungsinhalt (bei  $\leq$  DN 150) und der 2-fache bis 3-fache Leitungsinhalt ( $\geq$  DN 200) sollte als Spülwassermenge mindestens vorhanden sein.

Beim Spülen ist zu beachten:

- Es dürfen nur für Trinkwasser geeignete, gespülte und möglichst desinfizierte Hilfsmittel, z. B. Schläuche, zum Einsatz gelangen.
- Gefälleleitungen werden von oben nach unten gespült.
- Eingepresste Luft muss öl- und staubfrei sein.
- Wasser aus der Spülstrecke darf nicht in das Versorgungsnetz und zu den Verbrauchern gelangen.
- Im Versorgungsnetz darf kein unzulässiger Druckabfall entstehen.
- Beim Entleeren muss das Rücksaugen von Schmutzwasser ausgeschlossen sein.
- Nach dem Spülen mit einem Luft-Wasser-Gemisch ist die Leitung einwandfrei zu entlüften.



## Desinfektionsmittel

Die Wahl des Desinfektionsmittels ist nach den örtlichen Gegebenheiten zu treffen. Dafür ist z. B. auf eine sachgerechte Handhabung und eine effektive Wirksamkeit des Desinfektionsmittels zu achten, sowie dessen Beseitigung sicherzustellen. Für die Desinfektion von Trinkwasserleitungen werden am häufigsten die folgenden Mittel benutzt:

Natriumhypochlorit, Kaliumpermanganat, Wasserstoffperoxid und Chlordioxid.

Auf Grund der Prüfung nach Gefahrstoffverordnung ist die Anwendung chlorhaltiger Desinfektionsmittel kritisch zu beachten. Wenn auf Desinfektionsmittel nicht verzichtet werden kann, sollte in erster Linie Wasserstoffperoxid und Kaliumpermanganat verwendet werden. Beide Mittel können als Arbeitslösung in Konzentration eingesetzt werden, in denen sie unter der Gefahrstoffquelle liegen. (Schlicht, bbr 2/2003).

## Natriumhypochlorit (NaOCl)

Natriumhypochlorit ist das am meisten eingesetzte Desinfektionsmittel.

Es wird handelsüblich als Natriumhypochlorit-Lösung (Chlorbleichlaug) angeboten. Die Lösung sollte einen Gehalt an freiem Chlor von mindestens 12 % (150 bis 160 g Chlor/l) haben. Dabei ist zu beachten, dass der Gehalt an freiem Chlor bei der Lagerung der Lösung ständig abnimmt. Er ist deshalb nach längerer Lagerung zu überprüfen. Eine bewährte Desinfektionslösung für Gussrohre mit Zementmörtel-Auskleidung hat z. B. eine Konzentration von 50 mg Chlor/l Wasser.

Bei Nachchlorungen ist eine höhere Konzentration (bis auf ca. 150 mg Chlor/l Wasser) zu empfehlen.

Der pH-Wert der Natriumhypochlorit-Lösung liegt zwischen 11,5 und 12,5. Bei der Desinfektion einer Rohrleitung erhöht eine solche Lösung zwangsläufig den pH-Wert des behandelten Wassers.

Von einer Senkung des pH-Wertes durch Vermischen der Lösung mit Säuren ist abzuraten, weil Chlorgas entweichen und einen Unfall auslösen kann. Eine Mischung mit sehr harten Wässern kann zur Ausfällung von Calciumcarbonat führen.

Chlorhaltige Desinfektionslösungen sind in jedem Fall vor der Einleitung in die Kanalisation bzw. in ein Gewässer so zu behandeln, dass sie unschädlich werden. Dies kann durch Verdünnung oder durch chemische Neutralisation mit Natriumthiosulfat geschehen. Weiterhin ist eine Entchlorung durch Filtration über Aktivkohlefilter möglich.

### **Wasserstoffperoxid (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)**

Wasserstoffperoxid ist eine farblose, mit Wasser gut mischbare Flüssigkeit. Man setzt handelsübliche Lösungen mit einer Konzentration von 35 % und 50 % ein.

Der allmähliche Zerfall von Wasserstoffperoxid in Wasser und Sauerstoff beschleunigt sich durch die Einwirkung von Wärme, Licht und Staub sowie Schwermetallverbindungen und organischen Stoffen. Darum ist die Lösung frei von diesen Einflüssen zu lagern. Im Handel sind Desinfektionsmittel mit Wasserstoffperoxid-Lösungen unter verschiedenen Handelsnamen erhältlich.

Handelsübliche Wasserstoffperoxid-Lösungen verwendet man nur verdünnt zur Desinfektion. Sie sollten auf der Baustelle nicht in einer Konzentration über 5 % zum Einsatz gelangen.

Bewährt haben sich bei neu verlegten Rohrleitungen Konzentrationen von 150 mg/l Wasser und Standzeiten von 24 Stunden. Wasserstoffperoxid kann im Gegensatz zu chlorhaltigen Lösungen mit diesen Konzentrationen auch in die Kanalisation eingeleitet werden.

Eine Nachbehandlung vor der Einleitung ist im Regelfall nicht erforderlich.

### **Kaliumpermanganat (KMnO<sub>4</sub>)**

Kaliumpermanganat ist in Form von violetten Kristallen lieferbar und so praktisch unbegrenzt haltbar. Die Löslichkeit in Wasser ist sehr stark temperaturabhängig (28 g/l Wasser bei 0 °C, 91 g/l Wasser bei 30 °C).

Je nach Konzentration hat die Lösung folgende Farben: Tiefviolett für starke Lösungen, Rotviolett bei mittelstarken Lösungen, Rosa für verdünnte Lösungen.

Die Desinfektion mit Kaliumpermanganat hat sich auf Grund der einfachen Behandlung und Entsorgung in den letzten Jahren zunehmend bewährt.

Die Desinfektion mit Kaliumpermanganat-Lösung ist so ähnlich wie die mit Chlor durchzuführen. Dabei verwendet man Lösungen mit einer Konzentration von 3 bis 4 %.

Die Anwendungskonzentration soll etwa bei 10 mg Kaliumpermanganat/l Wasser liegen. Kaliumpermanganat-Lösungen lassen sich durch Zugabe von Ascorbinsäure (Vitamin C) vollständig reduzieren. Dies ist durch einen Farbumschlag von violett in farblos zu erkennen.

## **Chlordioxid (ClO<sub>2</sub>)**

Chlordioxid ist ein gut wasserlösliches Gas, welches aus den beiden Einzelkomponenten Natriumchloritlösung und Natriumperoxidsulfat hergestellt wird. Im Umgang mit der gebrauchsfertigen Lösung sind die Herstellerhinweise zu beachten. Der Behälter für die konzentrierte Chlordioxid-Dosierlösung (0,3 Gew.-%) muss so beschaffen sein, dass kein Chlordioxidgas austreten kann.

### **Chemische Eigenschaften:**

Die Einzelkomponenten für die Chlordioxidherzeugung sind gut in verschlossenen Gebinden nahezu unbegrenzt lagerstabil. Chlordioxid wird durch Zusammengeben von Komponente 1 und Komponente 2 erzeugt. Unter Licht- und Wärmeeinwirkung unterliegt Chlordioxid der Zersetzung in ionische Endprodukte. Das fertig angesetzte Produkt sollte daher dunkel und kühl gelagert werden. Unter diesen Bedingungen ist eine wässrige, 0,3 %ige und pH-neutrale Chlordioxidlösung bei 22 °C ca. 40 Tage haltbar.

### **Dosierlösung:**

Wässrige Lösung mit 0,3 % bzw. 3 g/l ClO<sub>2</sub>; sie wird dem Wasser zugesetzt, um die gewünschte Desinfektionsmittelkonzentration zu erreichen.

### **Entsorgung:**

Bei der Desinfektion von Wasserverteilungsanlagen ist vor Einleitung des überschüssigen Chlordioxids und Chlorits, eines seiner Reaktionsendprodukte, in die Kanalisation bzw. in offene Vorfluter eine Inaktivierung erforderlich. (z. B. mit Calciumsulfitfiltern oder Aktivkohlefiltern).

## Desinfektionsverfahren

### Standverfahren

Bei diesem Verfahren erfolgt die Desinfektion durch längeres Stehen (nicht unter 12 Stunden) der Lösung in der Leitung. Dabei ist zu beachten, dass die Lösung der Desinfektionsmittel dem Wasser in einem konstanten Verhältnis beigemischt wird.

Die Zugabe darf erst beendet werden, wenn die gesamte Leitung mit der Desinfektionslösung gefüllt ist.

Natürlich darf keine Desinfektionslösung in das in Betrieb befindliche Rohrnetz dringen! Innerhalb der Standzeit sollten Schieber und Hydranten betätigt werden, um auch diese zu desinfizieren.

Bei sehr hartnäckigen Verkeimungen sind Nachdesinfektionen notwendig. Dabei darf die Konzentration der Desinfektionslösung zunehmen.

Eine nochmalige Spülung mit ausreichender Wassermenge bei hoher Fließgeschwindigkeit ist unbedingt notwendig.

Die Desinfektion wird so lange wiederholt, bis einwandfreie mikrobiologische Befunde der Proben vorliegen.

Bei der Anwendung von Natriumhypochlorit muss nach der Standzeit noch Chlor im Wasser nachweisbar sein.

### Fließverfahren

Bei Rohrleitungen großer Nennweiten kann es vorteilhaft sein, während eines größeren Zeitraumes gleichzeitig zu spülen und zu desinfizieren.

Dabei muss mehrfach im Verlauf des Spülvorganges die Konzentration des Desinfektionsmittels im ausfließenden Wasser überprüft werden.

Es ist eine 2 bis 3-fache Erneuerung des Leitungsinhaltes notwendig.

### **Desinfektion während der Druckprüfung**

Gut bewährt hat sich die Kombination von Desinfektion und Druckprüfung einer Rohrleitung. Dabei wird Wasser mit bereits zugemischtem Desinfektionsmittel zur Druckprüfung verwendet. Der hohe Druck presst die Desinfektionslösung in die Poren der Zementmörtel-Auskleidung. Bei diesem Verfahren ist eine Trennung der zu desinfizierenden Leitung von in Betrieb befindlichen Leitungen unerlässlich.

### **Desinfektionsmaßnahmen bei Arbeiten an bestehenden Leitungen**

Bei Reparaturen und nachträglichen Einbindungen muss oft ein Netzabschnitt aus zwingenden Gründen sehr schnell wieder in Betrieb genommen werden, so dass eine Desinfektion nach den zuvor beschriebenen Verfahren nicht durchgeführt werden kann. Dann ist durch andere Maßnahmen sicherzustellen, dass sich die Trinkwasserleitung nach Abschluss der Arbeiten in hygienisch einwandfreiem Zustand befindet.

So können bereits mit sauberem Wasser oder Desinfektionslösung gereinigte Teile eingebaut werden. Nach Beendigung der Arbeiten ist die Rohrleitung bei entsprechend hoher Fließgeschwindigkeit mit Wasser zu spülen.

Sollte eine zusätzliche Desinfektion der Leitung erforderlich sein, ist dafür zu sorgen, dass keine Desinfektionslösung in die angeschlossenen Anlagenteile eindringt.

Die Leitung darf erst nach gründlichem Spülen wieder in Betrieb genommen werden.

### **Entsorgung**

Desinfektionslösungen sind ohne Schädigung der Umwelt zu entsorgen.

Grundsätzlich sind die einschlägigen Normen und Arbeitsblätter zu beachten. Besonders hervorzuheben ist das DVGW-Arbeitsblatt W 291 und die Trinkwasserverordnung.

Ergänzend sind die produktspezifischen Informationen der Hersteller von Desinfektionsmitteln, die Sicherheitsdatenblätter und Unfallverhütungsvorschriften zu beachten.

### Mikrobiologische Kontrolle und Freigabe

Nach der Desinfizierung von Rohrleitungen, d. h. nach dem Beenden der Spülung, sind der Leitung Wasserproben für mikrobiologische Untersuchungen zu entnehmen. Das geschieht am Leitungsende oder, bei längeren Leitungen, auch an Teilstücken.

Bei der Probenahme sind die in der Norm „Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung“ (DEV) angegebenen Maßnahmen unbedingt zu berücksichtigen. Dazu gehören das Ablaufenlassen, das Reinigen und das Abflammen der Entnahmeventile.

Nach den bestehenden Richtlinien ist die Desinfektion als erfolgreich zu betrachten, wenn die mikrobiologische Wasseruntersuchung belegt, dass die Koloniezahl den Richtwert von 100 je ml Wasser nicht überschreitet. Dabei dürfen im Wasser keine *Escherichia coli* (*E-coli*) und keine coliformen Keime enthalten sein.

Sollte eine dieser Forderungen nicht erfüllt werden können, so ist die Desinfektion der Rohrleitung zu wiederholen.

Erst wenn die mikrobiologische Unbedenklichkeit auf Grund von entsprechenden Untersuchungsergebnissen nachgewiesen ist, kann die Freigabe der Trinkwasserleitung erfolgen. Bei allen Untersuchungen sind die Richtlinien der Trinkwasserverordnung zu beachten.

### Desinfektionsablauf

Zusammengefasst sind folgende Verfahrensschritte bei der Desinfektion von Trinkwasserleitungen einzuhalten (siehe auch DVGW-Arbeitsblatt W 291):

- Leitung spülen
- Leitung desinfizieren
- Nach entsprechender Standzeit Desinfektionslösung ablassen und gegebenenfalls neutralisieren
- Leitung spülen
- Probenahme und mikrobiologische Untersuchung

Erst nach Vorlage von einwandfreien Ergebnissen darf die eingebundene Leitung in Betrieb genommen werden.

Im Hinblick auf die wichtige Funktion der Desinfektion von Trinkwasserleitungen ist der vorbeschriebene Arbeitsablauf exakt einzuhalten.

Eine Berechnung ist notwendig, um die hydraulische Leistungsfähigkeit der Rohrleitung sicherzustellen. Hohe Fließgeschwindigkeiten führen zu erheblichen Druckverlusten. Vor allem bei langen Druckleitungen hat die Fließgeschwindigkeit einen großen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit der gesamten Versorgungsanlage.

Geringe Fließgeschwindigkeiten haben lange Verweilzeiten (Stagnation) zur Folge. Hier ist auf einen ausreichenden Wasseraustausch aus hygienischen Gründen (Wassertrübung, Verkeimung) zu achten.

Für die hydraulische Bemessung von Wasserrohrleitungen sind das DVGW-Arbeitsblatt GW 303-1 und das W 400-1 ausschlaggebend.

Im W 400-1 sind die optimalen Fließgeschwindigkeiten in Abhängigkeit vom Leitungstyp (Hauptleitung, Anschlußleitung, etc.) angegeben. Im Wesentlichen liegen diese zwischen **1,0 m/s bis 2,0 m/s**.

Das GW 303-1 trifft unter anderem Aussagen hinsichtlich der betrieblichen Rauheit ( $k_2$ , hier  **$k_i$  – integrale Rauheit** genannt) von Rohrnetzen. In der integralen Rauheit werden alle widerstandsbildenden Anteile einer Leitung bzw. eines Netzes, wie Wandrauheit, Muffenübergänge, Ablagerungen, Wirkung von Leitungseinbauten (Armaturen, Bögen, Abzweige, Reduzierungen u. a.) zusammengefasst. Für alle Rohrleitungsmaterialien gleichermaßen wurden die folgenden einheitlichen Werte festgelegt:

$k_i = 0,1$  mm für Fernleitungen und Zubringerleitungen mit gestreckter Leitungsführung

$k_i = 0,4$  mm für Leitungen mit weitgehend gestreckter Leitungsführung

$k_i = 1,0$  mm für neue Netze; hierdurch wird der Einfluss starker Vermaischung näherungsweise berücksichtigt.

Anhand der folgenden Tabellen kann eine grobe Abschätzung der Fließgeschwindigkeiten ( $v$ ) und Druckverluste ( $l$ ) in Abhängigkeit von DN, integraler Rauheit ( $k_i$ ) und Durchfluß ( $Q$ ) erfolgen.

Ein kostenloses Rechentool zur hydraulischen Berechnung von duktilen Gussrohren steht auf [www.eadips.org](http://www.eadips.org) zum Download bereit.

| Q [l/s] | DN 80   |                         |                         |                         |
|---------|---------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|         | v [m/s] | $k_f = 0,1$<br>J [m/km] | $k_f = 0,4$<br>J [m/km] | $k_f = 1,0$<br>J [m/km] |
| 0,50    | 0,10    | 0,232                   | 0,258                   | 0,303                   |
| 0,60    | 0,12    | 0,320                   | 0,360                   | 0,427                   |
| 0,70    | 0,14    | 0,420                   | 0,477                   | 0,572                   |
| 0,80    | 0,16    | 0,532                   | 0,610                   | 0,737                   |
| 0,90    | 0,18    | 0,656                   | 0,758                   | 0,924                   |
| 1,00    | 0,20    | 0,791                   | 0,992                   | 1,130                   |
| 1,25    | 0,25    | 1,181                   | 1,400                   | 1,738                   |
| 1,50    | 0,30    | 1,641                   | 1,975                   | 2,474                   |
| 1,75    | 0,35    | 2,171                   | 2,645                   | 3,339                   |
| 2,00    | 0,40    | 2,770                   | 3,412                   | 4,334                   |
| 2,25    | 0,45    | 3,438                   | 4,274                   | 5,457                   |
| 2,50    | 0,50    | 4,173                   | 5,233                   | 6,710                   |
| 2,75    | 0,55    | 4,976                   | 6,287                   | 8,091                   |
| 3,00    | 0,60    | 5,846                   | 7,437                   | 9,601                   |
| 3,25    | 0,65    | 6,784                   | 8,683                   | 11,24                   |
| 3,50    | 0,70    | 7,788                   | 10,03                   | 13,01                   |
| 3,75    | 0,75    | 8,859                   | 11,46                   | 14,91                   |
| 4,00    | 0,80    | 9,996                   | 13,00                   | 16,93                   |
| 4,25    | 0,85    | 11,20                   | 14,63                   | 19,09                   |
| 4,50    | 0,90    | 12,47                   | 16,35                   | 21,37                   |
| 4,75    | 0,94    | 13,81                   | 18,17                   | 23,78                   |
| 5,00    | 0,99    | 15,21                   | 20,09                   | 26,33                   |
| 5,25    | 1,04    | 16,68                   | 22,10                   | 29,00                   |
| 5,50    | 1,09    | 18,21                   | 24,21                   | 31,80                   |
| 5,75    | 1,14    | 19,81                   | 26,41                   | 34,72                   |
| 6,00    | 1,19    | 21,48                   | 28,71                   | 37,78                   |
| 6,25    | 1,24    | 23,21                   | 31,10                   | 40,97                   |
| 6,50    | 1,29    | 25,01                   | 33,59                   | 44,28                   |
| 6,75    | 1,34    | 26,87                   | 36,18                   | 47,73                   |
| 7,00    | 1,39    | 28,80                   | 38,86                   | 51,30                   |
| 7,25    | 1,44    | 30,80                   | 41,64                   | 55,01                   |
| 7,50    | 1,49    | 32,86                   | 44,51                   | 58,84                   |
| 7,75    | 1,54    | 34,98                   | 47,48                   | 62,80                   |
| 8,00    | 1,59    | 37,18                   | 50,54                   | 66,89                   |
| 8,25    | 1,64    | 39,43                   | 53,70                   | 71,10                   |
| 8,50    | 1,69    | 41,76                   | 56,96                   | 75,45                   |
| 8,75    | 1,74    | 44,15                   | 60,31                   | 79,93                   |
| 9,00    | 1,79    | 46,60                   | 63,76                   | 84,53                   |
| 9,25    | 1,84    | 49,12                   | 67,30                   | 89,27                   |



| Q [l/s] | DN 80   |                         |                         |                         |
|---------|---------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|         | v [m/s] | $k_f = 0,1$<br>J [m/km] | $k_f = 0,4$<br>J [m/km] | $k_f = 1,0$<br>J [m/km] |
| 9,50    | 1,89    | 51,71                   | 70,94                   | 94,13                   |
| 9,75    | 1,94    | 54,36                   | 74,67                   | 99,12                   |
| 10,00   | 1,99    | 57,07                   | 78,50                   | 104,2                   |
| 10,25   | 2,04    | 59,86                   | 82,43                   | 109,5                   |
| 10,50   | 2,09    | 62,71                   | 86,45                   | 114,9                   |
| 10,75   | 2,14    | 65,62                   | 90,57                   | 120,4                   |
| 11,00   | 2,19    | 68,60                   | 94,78                   | 126,0                   |
| 11,50   | 2,29    | 74,75                   | 103,5                   | 137,7                   |
| 12,00   | 2,39    | 81,17                   | 112,6                   | 149,9                   |
| 12,50   | 2,49    | 87,85                   | 122,1                   | 162,5                   |
| 13,00   | 2,59    | 94,79                   | 131,9                   | 175,8                   |
| 13,50   | 2,69    | 102,0                   | 142,2                   | 189,5                   |
| 14,00   | 2,79    | 109,5                   | 152,8                   | 203,7                   |
| 14,50   | 2,88    | 117,2                   | 163,8                   | 218,5                   |
| 15,00   | 2,98    | 125,2                   | 175,2                   | 233,7                   |
| 15,50   | 3,08    | 133,4                   | 187,0                   | 249,5                   |
| 16,00   | 3,18    | 141,9                   | 199,1                   | 265,8                   |
| 16,50   | 3,28    | 150,7                   | 211,7                   | 282,6                   |
| 17,00   | 3,38    | 159,7                   | 224,6                   | 300,0                   |
| 17,50   | 3,48    | 169,0                   | 237,9                   | 317,8                   |
| 18,00   | 3,58    | 178,6                   | 251,6                   | 336,2                   |
| 18,50   | 3,68    | 188,4                   | 265,6                   | 355,1                   |
| 19,00   | 3,78    | 198,5                   | 280,1                   | 374,5                   |
| 19,50   | 3,88    | 208,8                   | 294,9                   | 394,4                   |
| 20,00   | 3,98    | 219,4                   | 310,2                   | 414,8                   |
| 20,50   | 4,08    | 230,3                   | 325,8                   | 435,8                   |
| 21,00   | 4,18    | 241,4                   | 341,7                   | 457,2                   |
| 21,50   | 4,28    | 252,8                   | 358,1                   | 479,2                   |
| 22,00   | 4,38    | 264,5                   | 374,9                   |                         |
| 22,50   | 4,48    | 276,4                   | 392,0                   |                         |
| 23,00   | 4,58    | 288,6                   | 409,5                   |                         |
| 23,50   | 4,68    | 301,0                   | 427,4                   |                         |
| 24,00   | 4,77    | 313,7                   | 445,7                   |                         |
| 24,50   | 4,87    | 326,6                   | 464,3                   |                         |
| 25,00   | 4,97    | 339,9                   | 483,4                   |                         |
| 25,50   | 5,07    | 353,3                   |                         |                         |
| 26,00   | 5,17    | 367,1                   |                         |                         |
| 26,50   | 5,27    | 381,1                   |                         |                         |

| Q [l/s] | DN 100  |                         |                         |                         |
|---------|---------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|         | v [m/s] | $k_f = 0,1$<br>J [m/km] | $k_f = 0,4$<br>J [m/km] | $k_f = 1,0$<br>J [m/km] |
| 0,60    | 0,08    | 0,110                   | 0,120                   | 0,137                   |
| 0,70    | 0,09    | 0,144                   | 0,158                   | 0,183                   |
| 0,80    | 0,10    | 0,182                   | 0,201                   | 0,235                   |
| 0,90    | 0,11    | 0,224                   | 0,249                   | 0,293                   |
| 1,00    | 0,13    | 0,269                   | 0,302                   | 0,357                   |
| 1,25    | 0,16    | 0,400                   | 0,456                   | 0,546                   |
| 1,50    | 0,19    | 0,554                   | 0,639                   | 0,774                   |
| 1,75    | 0,22    | 0,730                   | 0,852                   | 1,041                   |
| 2,00    | 0,25    | 0,929                   | 1,095                   | 1,347                   |
| 2,25    | 0,29    | 1,149                   | 1,367                   | 1,693                   |
| 2,50    | 0,32    | 1,392                   | 1,669                   | 2,077                   |
| 2,75    | 0,35    | 1,656                   | 2,000                   | 2,501                   |
| 3,00    | 0,38    | 1,941                   | 2,361                   | 2,964                   |
| 3,25    | 0,41    | 2,247                   | 2,751                   | 3,466                   |
| 3,50    | 0,45    | 2,575                   | 3,171                   | 4,007                   |
| 3,75    | 0,48    | 2,924                   | 3,620                   | 4,587                   |
| 4,00    | 0,51    | 3,294                   | 4,099                   | 5,207                   |
| 4,25    | 0,54    | 3,684                   | 4,607                   | 5,865                   |
| 4,50    | 0,57    | 4,096                   | 5,144                   | 6,563                   |
| 4,75    | 0,60    | 4,528                   | 5,710                   | 7,300                   |
| 5,00    | 0,64    | 4,982                   | 6,306                   | 8,076                   |
| 5,25    | 0,67    | 5,456                   | 6,932                   | 8,891                   |
| 5,50    | 0,70    | 5,950                   | 7,587                   | 9,745                   |
| 5,75    | 0,73    | 6,466                   | 8,271                   | 10,64                   |
| 6,00    | 0,76    | 7,002                   | 8,984                   | 11,57                   |
| 6,25    | 0,80    | 7,558                   | 9,727                   | 12,54                   |
| 6,50    | 0,83    | 8,136                   | 10,50                   | 13,55                   |
| 6,75    | 0,86    | 8,733                   | 11,30                   | 14,60                   |
| 7,00    | 0,89    | 9,352                   | 12,13                   | 15,69                   |
| 7,25    | 0,92    | 9,991                   | 12,99                   | 16,82                   |
| 7,50    | 0,95    | 10,65                   | 13,88                   | 17,99                   |
| 7,75    | 0,99    | 11,33                   | 14,80                   | 19,19                   |
| 8,00    | 1,02    | 12,03                   | 15,75                   | 20,44                   |
| 8,25    | 1,05    | 12,75                   | 16,73                   | 21,72                   |
| 8,50    | 1,08    | 13,49                   | 17,73                   | 23,05                   |
| 8,75    | 1,11    | 14,25                   | 18,77                   | 24,41                   |
| 9,00    | 1,15    | 15,04                   | 19,84                   | 25,81                   |
| 9,25    | 1,18    | 15,84                   | 20,93                   | 27,25                   |
| 9,50    | 1,21    | 16,66                   | 22,05                   | 28,73                   |

| Q [l/s] | DN 100  |                         |                         |                         |
|---------|---------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|         | v [m/s] | $k_f = 0,1$<br>J [m/km] | $k_f = 0,4$<br>J [m/km] | $k_f = 1,0$<br>J [m/km] |
| 9,75    | 1,24    | 17,51                   | 23,21                   | 30,25                   |
| 10,00   | 1,27    | 18,37                   | 24,39                   | 31,81                   |
| 10,25   | 1,31    | 19,26                   | 25,60                   | 33,41                   |
| 10,50   | 1,34    | 20,16                   | 26,85                   | 35,05                   |
| 10,75   | 1,37    | 21,09                   | 28,12                   | 36,72                   |
| 11,00   | 1,40    | 22,03                   | 29,42                   | 38,44                   |
| 11,50   | 1,46    | 23,98                   | 32,11                   | 41,98                   |
| 12,00   | 1,53    | 26,02                   | 34,91                   | 45,69                   |
| 12,50   | 1,59    | 28,13                   | 37,84                   | 49,55                   |
| 13,00   | 1,66    | 30,33                   | 40,88                   | 53,57                   |
| 13,50   | 1,72    | 32,61                   | 44,03                   | 57,74                   |
| 14,00   | 1,78    | 34,97                   | 47,31                   | 62,07                   |
| 14,50   | 1,85    | 37,41                   | 50,70                   | 66,55                   |
| 15,00   | 1,91    | 39,93                   | 54,21                   | 71,20                   |
| 15,50   | 1,97    | 42,53                   | 57,84                   | 76,00                   |
| 16,00   | 2,04    | 45,22                   | 61,59                   | 80,95                   |
| 16,50   | 2,10    | 47,99                   | 65,45                   | 86,07                   |
| 17,00   | 2,16    | 50,83                   | 69,43                   | 91,33                   |
| 17,50   | 2,23    | 53,76                   | 73,52                   | 96,76                   |
| 18,00   | 2,29    | 56,77                   | 77,74                   | 102,3                   |
| 18,50   | 2,36    | 59,86                   | 82,07                   | 108,1                   |
| 19,00   | 2,42    | 63,04                   | 86,52                   | 114,0                   |
| 19,50   | 2,48    | 66,29                   | 91,09                   | 120,0                   |
| 20,00   | 2,55    | 69,63                   | 95,77                   | 126,2                   |
| 20,50   | 2,61    | 73,04                   | 100,6                   | 132,6                   |
| 21,00   | 2,67    | 76,54                   | 105,5                   | 139,1                   |
| 21,50   | 2,74    | 80,12                   | 110,5                   | 145,8                   |
| 22,00   | 2,80    | 83,78                   | 115,7                   | 152,6                   |
| 22,50   | 2,86    | 87,52                   | 120,9                   | 159,6                   |
| 23,00   | 2,93    | 91,34                   | 126,3                   | 166,8                   |
| 23,50   | 2,99    | 95,24                   | 131,8                   | 174,1                   |
| 24,00   | 3,06    | 99,23                   | 137,5                   | 181,5                   |
| 24,50   | 3,12    | 103,3                   | 143,2                   | 189,1                   |
| 25,00   | 3,18    | 107,4                   | 149,1                   | 196,9                   |
| 25,50   | 3,25    | 111,7                   | 155,0                   | 204,9                   |
| 26,00   | 3,31    | 116,0                   | 161,1                   | 212,9                   |
| 26,50   | 3,37    | 120,4                   | 167,3                   | 221,2                   |
| 27,00   | 3,44    | 124,8                   | 173,7                   | 229,6                   |

| Q [l/s] | DN 125  |                         |                         |                         |
|---------|---------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|         | v [m/s] | $k_f = 0,1$<br>J [m/km] | $k_f = 0,4$<br>J [m/km] | $k_f = 1,0$<br>J [m/km] |
| 1,00    | 0,08    | 0,090                   | 0,098                   | 0,112                   |
| 1,25    | 0,10    | 0,134                   | 0,147                   | 0,170                   |
| 1,50    | 0,12    | 0,184                   | 0,205                   | 0,240                   |
| 1,75    | 0,14    | 0,242                   | 0,272                   | 0,321                   |
| 2,00    | 0,16    | 0,307                   | 0,348                   | 0,414                   |
| 2,25    | 0,18    | 0,379                   | 0,433                   | 0,518                   |
| 2,50    | 0,20    | 0,458                   | 0,527                   | 0,635                   |
| 2,75    | 0,22    | 0,544                   | 0,630                   | 0,762                   |
| 3,00    | 0,24    | 0,636                   | 0,742                   | 0,902                   |
| 3,25    | 0,26    | 0,736                   | 0,862                   | 1,053                   |
| 3,50    | 0,28    | 0,841                   | 0,992                   | 1,216                   |
| 3,75    | 0,30    | 0,954                   | 1,130                   | 1,390                   |
| 4,00    | 0,32    | 1,073                   | 1,277                   | 1,576                   |
| 4,25    | 0,34    | 1,198                   | 1,433                   | 1,773                   |
| 4,50    | 0,36    | 1,330                   | 1,598                   | 1,983                   |
| 4,75    | 0,38    | 1,468                   | 1,772                   | 2,203                   |
| 5,00    | 0,40    | 1,613                   | 1,954                   | 2,436                   |
| 5,25    | 0,42    | 1,765                   | 2,146                   | 2,680                   |
| 5,50    | 0,44    | 1,922                   | 2,346                   | 2,935                   |
| 5,75    | 0,46    | 2,086                   | 2,555                   | 3,203                   |
| 6,00    | 0,48    | 2,257                   | 2,772                   | 3,481                   |
| 6,25    | 0,50    | 2,434                   | 2,999                   | 3,772                   |
| 6,50    | 0,52    | 2,617                   | 3,234                   | 4,074                   |
| 6,75    | 0,54    | 2,806                   | 3,479                   | 4,387                   |
| 7,00    | 0,56    | 3,002                   | 3,732                   | 4,713                   |
| 7,25    | 0,59    | 3,204                   | 3,993                   | 5,049                   |
| 7,50    | 0,61    | 3,413                   | 4,264                   | 5,398                   |
| 7,75    | 0,63    | 3,628                   | 4,543                   | 5,758                   |
| 8,00    | 0,65    | 3,849                   | 4,831                   | 6,130                   |
| 8,25    | 0,67    | 4,076                   | 5,128                   | 6,513                   |
| 8,50    | 0,69    | 4,310                   | 5,434                   | 6,908                   |
| 8,75    | 0,71    | 4,550                   | 5,749                   | 7,314                   |
| 9,00    | 0,73    | 4,796                   | 6,072                   | 7,732                   |
| 9,25    | 0,75    | 5,048                   | 6,404                   | 8,162                   |
| 9,50    | 0,77    | 5,307                   | 6,745                   | 8,603                   |
| 9,75    | 0,79    | 5,572                   | 7,095                   | 9,056                   |
| 10,00   | 0,81    | 5,843                   | 7,454                   | 9,521                   |
| 10,50   | 0,85    | 6,404                   | 8,197                   | 10,48                   |
| 11,00   | 0,89    | 6,990                   | 8,976                   | 11,49                   |

| Q [l/s] | DN 125  |                         |                         |                         |
|---------|---------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|         | v [m/s] | $k_f = 0,1$<br>J [m/km] | $k_f = 0,4$<br>J [m/km] | $k_f = 1,0$<br>J [m/km] |
| 11,50   | 0,93    | 7,601                   | 9,790                   | 12,55                   |
| 12,00   | 0,97    | 8,237                   | 10,64                   | 13,65                   |
| 12,50   | 1,01    | 8,897                   | 11,52                   | 14,80                   |
| 13,00   | 1,05    | 9,583                   | 12,44                   | 16,00                   |
| 13,50   | 1,09    | 10,29                   | 13,40                   | 17,24                   |
| 14,00   | 1,13    | 11,03                   | 14,39                   | 18,53                   |
| 14,50   | 1,17    | 11,79                   | 15,41                   | 19,87                   |
| 15,00   | 1,21    | 12,57                   | 16,47                   | 21,25                   |
| 15,50   | 1,25    | 13,38                   | 17,57                   | 22,68                   |
| 16,00   | 1,29    | 14,22                   | 18,70                   | 24,15                   |
| 16,50   | 1,33    | 15,07                   | 19,86                   | 25,67                   |
| 17,00   | 1,37    | 15,96                   | 21,06                   | 27,24                   |
| 17,50   | 1,41    | 16,87                   | 22,30                   | 28,85                   |
| 18,00   | 1,45    | 17,80                   | 23,57                   | 30,51                   |
| 18,50   | 1,49    | 18,76                   | 24,88                   | 32,22                   |
| 19,00   | 1,53    | 19,74                   | 26,22                   | 33,97                   |
| 19,50   | 1,57    | 20,75                   | 27,59                   | 35,77                   |
| 20,00   | 1,61    | 21,78                   | 29,01                   | 37,62                   |
| 20,50   | 1,65    | 22,83                   | 30,45                   | 39,51                   |
| 21,00   | 1,69    | 23,91                   | 31,93                   | 41,45                   |
| 21,50   | 1,74    | 25,02                   | 33,45                   | 43,44                   |
| 22,00   | 1,78    | 26,15                   | 35,00                   | 45,47                   |
| 22,50   | 1,82    | 27,31                   | 36,59                   | 47,54                   |
| 23,00   | 1,86    | 28,49                   | 38,21                   | 49,67                   |
| 23,50   | 1,90    | 29,69                   | 39,87                   | 51,84                   |
| 24,00   | 1,94    | 30,92                   | 41,56                   | 54,06                   |
| 24,50   | 1,98    | 32,17                   | 43,29                   | 56,32                   |
| 25,00   | 2,02    | 33,45                   | 45,06                   | 58,63                   |
| 25,50   | 2,06    | 34,75                   | 46,85                   | 60,99                   |
| 26,00   | 2,10    | 36,08                   | 48,69                   | 63,39                   |
| 26,50   | 2,14    | 37,43                   | 50,56                   | 65,84                   |
| 27,00   | 2,18    | 38,81                   | 52,46                   | 68,34                   |
| 27,50   | 2,22    | 40,21                   | 54,40                   | 70,88                   |
| 28,00   | 2,26    | 41,64                   | 56,37                   | 73,47                   |
| 28,50   | 2,30    | 43,09                   | 58,38                   | 76,10                   |
| 29,00   | 2,34    | 44,56                   | 60,43                   | 78,78                   |
| 29,50   | 2,38    | 46,06                   | 62,51                   | 81,51                   |
| 30,00   | 2,42    | 47,59                   | 64,62                   | 84,29                   |
| 30,50   | 2,46    | 49,13                   | 66,77                   | 87,11                   |

| Q [l/s] | DN 125  |                         |                         |                         |
|---------|---------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|         | v [m/s] | $k_f = 0,1$<br>J [m/km] | $k_f = 0,4$<br>J [m/km] | $k_f = 1,0$<br>J [m/km] |
| 31,0    | 2,50    | 50,71                   | 68,96                   | 89,97                   |
| 31,5    | 2,54    | 52,31                   | 71,18                   | 92,89                   |
| 32,0    | 2,58    | 53,93                   | 73,43                   | 95,85                   |
| 32,5    | 2,62    | 55,58                   | 75,72                   | 98,85                   |
| 33,0    | 2,66    | 57,25                   | 78,05                   | 101,9                   |
| 33,5    | 2,70    | 58,94                   | 80,41                   | 105,0                   |
| 34,0    | 2,74    | 60,67                   | 82,81                   | 108,2                   |
| 34,5    | 2,78    | 62,41                   | 85,24                   | 111,3                   |
| 35,0    | 2,82    | 64,18                   | 87,70                   | 114,6                   |
| 35,5    | 2,87    | 65,98                   | 90,21                   | 117,9                   |
| 36,0    | 2,91    | 67,80                   | 92,74                   | 121,2                   |
| 36,5    | 2,95    | 69,64                   | 95,31                   | 124,6                   |
| 37,0    | 2,99    | 71,51                   | 97,92                   | 128,0                   |
| 37,5    | 3,03    | 73,40                   | 100,6                   | 131,5                   |
| 38,0    | 3,07    | 75,32                   | 103,2                   | 135,0                   |
| 38,5    | 3,11    | 77,26                   | 106,0                   | 138,6                   |
| 39,0    | 3,15    | 79,23                   | 108,7                   | 142,2                   |
| 39,5    | 3,19    | 81,22                   | 111,5                   | 145,8                   |
| 40,0    | 3,23    | 83,24                   | 114,3                   | 149,5                   |
| 40,5    | 3,27    | 85,28                   | 117,2                   | 153,3                   |
| 41,0    | 3,31    | 87,34                   | 120,0                   | 157,1                   |
| 41,5    | 3,35    | 89,43                   | 123,0                   | 160,9                   |
| 42,0    | 3,39    | 91,55                   | 125,9                   | 164,8                   |
| 42,5    | 3,43    | 93,69                   | 128,9                   | 168,7                   |
| 43,0    | 3,47    | 95,85                   | 131,9                   | 172,7                   |
| 43,5    | 3,51    | 98,04                   | 135,0                   | 176,7                   |
| 44,0    | 3,55    | 100,3                   | 138,1                   | 180,8                   |
| 44,5    | 3,59    | 102,5                   | 141,2                   | 184,9                   |
| 45,0    | 3,63    | 104,8                   | 144,4                   | 189,1                   |
| 45,5    | 3,67    | 107,0                   | 147,6                   | 193,3                   |
| 46,0    | 3,71    | 109,3                   | 150,9                   | 197,6                   |
| 46,5    | 3,75    | 111,7                   | 154,1                   | 201,9                   |
| 47,0    | 3,79    | 114,0                   | 157,4                   | 206,2                   |
| 47,5    | 3,83    | 116,4                   | 160,8                   | 210,6                   |
| 48,0    | 3,87    | 118,8                   | 164,2                   | 215,1                   |
| 48,5    | 3,91    | 121,3                   | 167,6                   | 219,6                   |
| 49,0    | 3,95    | 123,7                   | 171,0                   | 224,1                   |
| 49,5    | 4,00    | 126,2                   | 174,5                   | 228,7                   |

| Q [l/s] | DN 150  |                         |                         |                         |
|---------|---------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|         | v [m/s] | $k_f = 0,1$<br>J [m/km] | $k_f = 0,4$<br>J [m/km] | $k_f = 1,0$<br>J [m/km] |
| 1,50    | 0,08    | 0,076                   | 0,083                   | 0,094                   |
| 1,75    | 0,10    | 0,100                   | 0,109                   | 0,125                   |
| 2,00    | 0,11    | 0,127                   | 0,139                   | 0,161                   |
| 2,25    | 0,13    | 0,156                   | 0,173                   | 0,201                   |
| 2,50    | 0,14    | 0,188                   | 0,210                   | 0,246                   |
| 2,75    | 0,15    | 0,223                   | 0,250                   | 0,295                   |
| 3,00    | 0,17    | 0,260                   | 0,294                   | 0,348                   |
| 3,25    | 0,18    | 0,301                   | 0,341                   | 0,406                   |
| 3,50    | 0,20    | 0,343                   | 0,392                   | 0,468                   |
| 3,75    | 0,21    | 0,389                   | 0,446                   | 0,534                   |
| 4,00    | 0,22    | 0,437                   | 0,503                   | 0,605                   |
| 4,25    | 0,24    | 0,487                   | 0,564                   | 0,680                   |
| 4,50    | 0,25    | 0,540                   | 0,628                   | 0,760                   |
| 4,75    | 0,27    | 0,596                   | 0,695                   | 0,843                   |
| 5,00    | 0,28    | 0,654                   | 0,766                   | 0,932                   |
| 5,25    | 0,29    | 0,715                   | 0,840                   | 1,024                   |
| 5,50    | 0,31    | 0,778                   | 0,917                   | 1,121                   |
| 5,75    | 0,32    | 0,844                   | 0,998                   | 1,222                   |
| 6,00    | 0,34    | 0,912                   | 1,082                   | 1,328                   |
| 6,25    | 0,35    | 0,983                   | 1,170                   | 1,438                   |
| 6,50    | 0,36    | 1,056                   | 1,260                   | 1,552                   |
| 6,75    | 0,38    | 1,131                   | 1,355                   | 1,671                   |
| 7,00    | 0,39    | 1,209                   | 1,452                   | 1,794                   |
| 7,25    | 0,40    | 1,290                   | 1,553                   | 1,922                   |
| 7,50    | 0,42    | 1,373                   | 1,657                   | 2,053                   |
| 7,75    | 0,43    | 1,458                   | 1,764                   | 2,190                   |
| 8,00    | 0,45    | 1,546                   | 1,875                   | 2,330                   |
| 8,25    | 0,46    | 1,637                   | 1,989                   | 2,475                   |
| 8,50    | 0,47    | 1,729                   | 2,107                   | 2,624                   |
| 8,75    | 0,49    | 1,824                   | 2,228                   | 2,778                   |
| 9,00    | 0,50    | 1,922                   | 2,352                   | 2,936                   |
| 9,25    | 0,52    | 2,022                   | 2,479                   | 3,098                   |
| 9,50    | 0,53    | 2,125                   | 2,610                   | 3,265                   |
| 9,75    | 0,54    | 2,229                   | 2,744                   | 3,436                   |
| 10,00   | 0,56    | 2,337                   | 2,882                   | 3,611                   |
| 10,50   | 0,59    | 2,559                   | 3,166                   | 3,975                   |
| 11,00   | 0,61    | 2,790                   | 3,465                   | 4,356                   |
| 11,50   | 0,64    | 3,031                   | 3,776                   | 4,755                   |
| 12,00   | 0,67    | 3,282                   | 4,101                   | 5,171                   |

| Q [l/s] | DN 150  |                         |                         |                         |
|---------|---------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|         | v [m/s] | $k_f = 0,1$<br>J [m/km] | $k_f = 0,4$<br>J [m/km] | $k_f = 1,0$<br>J [m/km] |
| 12,50   | 0,70    | 3,542                   | 4,439                   | 5,604                   |
| 13,00   | 0,73    | 3,812                   | 4,791                   | 6,055                   |
| 13,50   | 0,75    | 4,091                   | 5,155                   | 6,523                   |
| 14,00   | 0,78    | 4,380                   | 5,533                   | 7,009                   |
| 14,50   | 0,81    | 4,678                   | 5,925                   | 7,512                   |
| 15,00   | 0,84    | 4,986                   | 6,329                   | 8,033                   |
| 15,50   | 0,87    | 5,303                   | 6,747                   | 8,571                   |
| 16,00   | 0,89    | 5,630                   | 7,179                   | 9,126                   |
| 16,50   | 0,92    | 5,967                   | 7,623                   | 9,699                   |
| 17,00   | 0,95    | 6,313                   | 8,081                   | 10,29                   |
| 17,50   | 0,98    | 6,668                   | 8,552                   | 10,90                   |
| 18,00   | 1,01    | 7,033                   | 9,037                   | 11,52                   |
| 18,50   | 1,03    | 7,407                   | 9,535                   | 12,17                   |
| 19,00   | 1,06    | 7,791                   | 10,05                   | 12,83                   |
| 19,50   | 1,09    | 8,184                   | 10,57                   | 13,50                   |
| 20,00   | 1,12    | 8,587                   | 11,11                   | 14,20                   |
| 20,50   | 1,14    | 8,999                   | 11,66                   | 14,91                   |
| 21,00   | 1,17    | 9,421                   | 12,22                   | 15,64                   |
| 21,50   | 1,20    | 9,852                   | 12,80                   | 16,39                   |
| 22,00   | 1,23    | 10,29                   | 13,39                   | 17,15                   |
| 22,50   | 1,26    | 10,74                   | 14,00                   | 17,93                   |
| 23,00   | 1,28    | 11,20                   | 14,61                   | 18,73                   |
| 23,50   | 1,31    | 11,67                   | 15,24                   | 19,55                   |
| 24,00   | 1,34    | 12,15                   | 15,89                   | 20,38                   |
| 24,50   | 1,37    | 12,64                   | 16,55                   | 21,24                   |
| 25,00   | 1,40    | 13,13                   | 17,22                   | 22,10                   |
| 25,50   | 1,42    | 13,64                   | 17,90                   | 22,99                   |
| 26,00   | 1,45    | 14,16                   | 18,60                   | 23,89                   |
| 26,50   | 1,48    | 14,68                   | 19,31                   | 24,82                   |
| 27,00   | 1,51    | 15,22                   | 20,03                   | 25,75                   |
| 27,50   | 1,54    | 15,76                   | 20,77                   | 26,71                   |
| 28,00   | 1,56    | 16,31                   | 21,52                   | 27,68                   |
| 28,50   | 1,59    | 16,88                   | 22,28                   | 28,68                   |
| 29,00   | 1,62    | 17,45                   | 23,06                   | 29,68                   |
| 29,50   | 1,65    | 18,03                   | 23,85                   | 30,71                   |
| 30,00   | 1,68    | 18,62                   | 24,65                   | 31,75                   |
| 30,50   | 1,70    | 19,22                   | 25,47                   | 32,81                   |
| 31,00   | 1,73    | 19,83                   | 26,30                   | 33,89                   |
| 31,50   | 1,76    | 20,45                   | 27,14                   | 34,99                   |



| Q [l/s] | DN 150  |                         |                         |                         |
|---------|---------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|         | v [m/s] | $k_1 = 0,1$<br>J [m/km] | $k_1 = 0,4$<br>J [m/km] | $k_1 = 1,0$<br>J [m/km] |
| 32,00   | 1,79    | 21,08                   | 28,00                   | 36,10                   |
| 32,50   | 1,81    | 21,72                   | 28,87                   | 37,23                   |
| 33,00   | 1,84    | 22,37                   | 29,75                   | 38,38                   |
| 33,50   | 1,87    | 23,02                   | 30,65                   | 39,54                   |
| 34,00   | 1,90    | 23,69                   | 31,56                   | 40,73                   |
| 34,50   | 1,93    | 24,37                   | 32,49                   | 41,93                   |
| 35,00   | 1,95    | 25,05                   | 33,42                   | 43,15                   |
| 35,50   | 1,98    | 25,75                   | 34,37                   | 44,38                   |
| 36,00   | 2,01    | 26,45                   | 35,33                   | 45,63                   |
| 36,50   | 2,04    | 27,16                   | 36,31                   | 46,90                   |
| 37,00   | 2,07    | 27,89                   | 37,30                   | 48,19                   |
| 37,50   | 2,09    | 28,62                   | 38,30                   | 49,49                   |
| 38,00   | 2,12    | 29,36                   | 39,32                   | 50,82                   |
| 38,50   | 2,15    | 30,11                   | 40,35                   | 52,16                   |
| 39,00   | 2,18    | 30,87                   | 41,39                   | 53,51                   |
| 39,50   | 2,21    | 31,64                   | 42,45                   | 54,89                   |
| 40,00   | 2,23    | 32,42                   | 43,52                   | 56,28                   |
| 40,50   | 2,26    | 33,21                   | 44,60                   | 57,69                   |
| 41,00   | 2,29    | 34,01                   | 45,70                   | 59,12                   |
| 41,50   | 2,32    | 34,82                   | 46,81                   | 60,56                   |
| 42,00   | 2,35    | 35,63                   | 47,93                   | 62,02                   |
| 42,50   | 2,37    | 36,46                   | 49,07                   | 63,50                   |
| 43,00   | 2,40    | 37,29                   | 50,22                   | 65,00                   |
| 43,50   | 2,43    | 38,14                   | 51,38                   | 66,51                   |
| 44,00   | 2,46    | 38,99                   | 52,55                   | 68,04                   |
| 44,50   | 2,48    | 39,86                   | 53,74                   | 69,59                   |
| 45,00   | 2,51    | 40,73                   | 54,95                   | 71,16                   |
| 45,50   | 2,54    | 41,61                   | 56,16                   | 72,74                   |
| 46,00   | 2,57    | 42,50                   | 57,39                   | 74,34                   |
| 46,50   | 2,60    | 43,40                   | 58,63                   | 75,96                   |
| 47,00   | 2,62    | 44,31                   | 59,89                   | 77,59                   |
| 47,50   | 2,65    | 45,23                   | 61,16                   | 79,25                   |
| 48,00   | 2,68    | 46,16                   | 62,44                   | 80,92                   |
| 48,50   | 2,71    | 47,10                   | 63,74                   | 82,61                   |
| 49,00   | 2,74    | 48,05                   | 65,04                   | 84,31                   |
| 49,50   | 2,76    | 49,01                   | 66,37                   | 86,03                   |
| 50,00   | 2,79    | 49,98                   | 67,70                   | 87,78                   |
| 51,00   | 2,85    | 51,94                   | 70,41                   | 91,31                   |

| Q [l/s] | DN 200  |                         |                         |                         |
|---------|---------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|         | v [m/s] | $k_f = 0,1$<br>J [m/km] | $k_f = 0,4$<br>J [m/km] | $k_f = 1,0$<br>J [m/km] |
| 2,50    | 0,08    | 0,045                   | 0,048                   | 0,054                   |
| 3,00    | 0,09    | 0,062                   | 0,067                   | 0,076                   |
| 3,50    | 0,11    | 0,081                   | 0,089                   | 0,102                   |
| 4,00    | 0,12    | 0,103                   | 0,114                   | 0,131                   |
| 4,50    | 0,14    | 0,127                   | 0,141                   | 0,164                   |
| 5,00    | 0,15    | 0,154                   | 0,172                   | 0,200                   |
| 5,50    | 0,17    | 0,183                   | 0,205                   | 0,240                   |
| 6,00    | 0,18    | 0,214                   | 0,241                   | 0,284                   |
| 6,50    | 0,20    | 0,247                   | 0,280                   | 0,331                   |
| 7,00    | 0,22    | 0,282                   | 0,321                   | 0,382                   |
| 7,50    | 0,23    | 0,319                   | 0,366                   | 0,436                   |
| 8,00    | 0,25    | 0,359                   | 0,413                   | 0,494                   |
| 8,50    | 0,26    | 0,401                   | 0,463                   | 0,556                   |
| 9,00    | 0,28    | 0,445                   | 0,516                   | 0,621                   |
| 10,00   | 0,31    | 0,539                   | 0,630                   | 0,762                   |
| 11,00   | 0,34    | 0,642                   | 0,755                   | 0,917                   |
| 12,00   | 0,37    | 0,753                   | 0,892                   | 1,087                   |
| 13,00   | 0,40    | 0,872                   | 1,039                   | 1,271                   |
| 14,00   | 0,43    | 1,000                   | 1,197                   | 1,470                   |
| 15,00   | 0,46    | 1,136                   | 1,367                   | 1,682                   |
| 16,00   | 0,49    | 1,280                   | 1,548                   | 1,909                   |
| 17,00   | 0,52    | 1,432                   | 1,740                   | 2,151                   |
| 18,00   | 0,55    | 1,593                   | 1,942                   | 2,407                   |
| 19,00   | 0,58    | 1,762                   | 2,156                   | 2,677                   |
| 20,00   | 0,62    | 1,938                   | 2,381                   | 2,961                   |
| 21,00   | 0,65    | 2,123                   | 2,618                   | 3,260                   |
| 22,00   | 0,68    | 2,316                   | 2,865                   | 3,573                   |
| 23,00   | 0,71    | 2,517                   | 3,123                   | 3,901                   |
| 24,00   | 0,74    | 2,726                   | 3,392                   | 4,242                   |
| 25,00   | 0,77    | 2,943                   | 3,673                   | 4,598                   |
| 26,00   | 0,80    | 3,168                   | 3,964                   | 4,969                   |
| 27,00   | 0,83    | 3,402                   | 4,267                   | 5,354                   |
| 28,00   | 0,86    | 3,643                   | 4,581                   | 5,753                   |
| 29,00   | 0,89    | 3,892                   | 4,905                   | 6,166                   |
| 30,00   | 0,92    | 4,149                   | 5,241                   | 6,594                   |
| 31,00   | 0,95    | 4,414                   | 5,588                   | 7,036                   |
| 32,00   | 0,98    | 4,688                   | 5,946                   | 7,493                   |
| 33,00   | 1,02    | 4,969                   | 6,315                   | 7,964                   |
| 34,00   | 1,05    | 5,258                   | 6,695                   | 8,449                   |

| Q [l/s] | DN 200  |                         |                         |                         |
|---------|---------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|         | v [m/s] | $k_f = 0,1$<br>J [m/km] | $k_f = 0,4$<br>J [m/km] | $k_f = 1,0$<br>J [m/km] |
| 35,00   | 1,08    | 5,555                   | 7,086                   | 8,948                   |
| 36,00   | 1,11    | 5,860                   | 7,488                   | 9,462                   |
| 37,00   | 1,14    | 6,174                   | 7,901                   | 9,990                   |
| 38,00   | 1,17    | 6,495                   | 8,326                   | 10,53                   |
| 39,00   | 1,20    | 6,824                   | 8,761                   | 11,09                   |
| 40,00   | 1,23    | 7,161                   | 9,208                   | 11,66                   |
| 41,00   | 1,26    | 7,506                   | 9,665                   | 12,25                   |
| 42,00   | 1,29    | 7,859                   | 10,13                   | 12,85                   |
| 43,00   | 1,32    | 8,219                   | 10,61                   | 13,46                   |
| 44,00   | 1,35    | 8,588                   | 11,10                   | 14,09                   |
| 45,00   | 1,38    | 8,965                   | 11,61                   | 14,73                   |
| 46,00   | 1,42    | 9,350                   | 12,12                   | 15,39                   |
| 47,00   | 1,45    | 9,742                   | 12,64                   | 16,06                   |
| 48,00   | 1,48    | 10,14                   | 13,18                   | 16,75                   |
| 49,00   | 1,51    | 10,55                   | 13,72                   | 17,45                   |
| 50,00   | 1,54    | 10,97                   | 14,28                   | 18,16                   |
| 52,50   | 1,62    | 12,04                   | 15,72                   | 20,01                   |
| 55,00   | 1,69    | 13,17                   | 17,23                   | 21,95                   |
| 57,50   | 1,77    | 14,34                   | 18,81                   | 23,98                   |
| 60,00   | 1,85    | 15,57                   | 20,46                   | 26,09                   |
| 62,50   | 1,92    | 16,84                   | 22,18                   | 28,30                   |
| 65,00   | 2,00    | 18,17                   | 23,97                   | 30,60                   |
| 70,00   | 2,15    | 20,96                   | 27,75                   | 35,46                   |
| 75,00   | 2,31    | 23,96                   | 31,80                   | 40,68                   |
| 80,00   | 2,46    | 27,15                   | 36,14                   | 46,26                   |
| 85,00   | 2,62    | 30,54                   | 40,75                   | 52,20                   |
| 90,00   | 2,77    | 34,12                   | 45,64                   | 58,49                   |
| 95,00   | 2,92    | 37,91                   | 50,80                   | 65,15                   |
| 100,00  | 3,08    | 41,89                   | 56,24                   | 72,16                   |
| 105,00  | 3,23    | 46,07                   | 61,96                   | 79,53                   |
| 110,00  | 3,39    | 50,44                   | 67,95                   | 87,26                   |
| 115,00  | 3,54    | 55,02                   | 74,23                   | 95,35                   |
| 120,00  | 3,69    | 59,79                   | 80,77                   | 103,8                   |
| 125,00  | 3,85    | 64,76                   | 87,60                   | 112,6                   |
| 130,00  | 4,00    | 69,93                   | 94,70                   | 121,8                   |
| 135,00  | 4,15    | 75,29                   | 102,1                   | 131,3                   |
| 140,00  | 4,31    | 80,85                   | 109,7                   | 141,2                   |
| 145,00  | 4,46    | 86,61                   | 117,7                   | 151,4                   |

| Q [l/s] | DN 250  |                         |                         |                         |
|---------|---------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|         | v [m/s] | $k_f = 0,1$<br>J [m/km] | $k_f = 0,4$<br>J [m/km] | $k_f = 1,0$<br>J [m/km] |
| 4,00    | 0,08    | 0,035                   | 0,038                   | 0,042                   |
| 4,50    | 0,09    | 0,043                   | 0,047                   | 0,053                   |
| 5,00    | 0,10    | 0,052                   | 0,057                   | 0,064                   |
| 5,50    | 0,11    | 0,062                   | 0,068                   | 0,077                   |
| 6,00    | 0,12    | 0,072                   | 0,079                   | 0,090                   |
| 6,50    | 0,13    | 0,084                   | 0,092                   | 0,105                   |
| 7,00    | 0,14    | 0,095                   | 0,105                   | 0,121                   |
| 7,50    | 0,15    | 0,108                   | 0,120                   | 0,138                   |
| 8,00    | 0,16    | 0,121                   | 0,135                   | 0,156                   |
| 8,50    | 0,17    | 0,135                   | 0,151                   | 0,176                   |
| 9,00    | 0,18    | 0,150                   | 0,168                   | 0,196                   |
| 10,00   | 0,20    | 0,181                   | 0,204                   | 0,240                   |
| 11,00   | 0,22    | 0,215                   | 0,244                   | 0,288                   |
| 12,00   | 0,24    | 0,252                   | 0,288                   | 0,341                   |
| 13,00   | 0,26    | 0,292                   | 0,334                   | 0,398                   |
| 14,00   | 0,28    | 0,334                   | 0,385                   | 0,459                   |
| 15,00   | 0,30    | 0,379                   | 0,438                   | 0,525                   |
| 16,00   | 0,31    | 0,426                   | 0,496                   | 0,596                   |
| 17,00   | 0,33    | 0,476                   | 0,556                   | 0,670                   |
| 18,00   | 0,35    | 0,529                   | 0,620                   | 0,749                   |
| 19,00   | 0,37    | 0,584                   | 0,688                   | 0,833                   |
| 20,00   | 0,39    | 0,642                   | 0,758                   | 0,920                   |
| 21,00   | 0,41    | 0,702                   | 0,833                   | 1,013                   |
| 22,00   | 0,43    | 0,765                   | 0,910                   | 1,109                   |
| 23,00   | 0,45    | 0,831                   | 0,992                   | 1,210                   |
| 24,00   | 0,47    | 0,899                   | 1,076                   | 1,315                   |
| 25,00   | 0,49    | 0,970                   | 1,164                   | 1,425                   |
| 26,00   | 0,51    | 1,043                   | 1,256                   | 1,539                   |
| 27,00   | 0,53    | 1,119                   | 1,350                   | 1,658                   |
| 28,00   | 0,55    | 1,197                   | 1,449                   | 1,781                   |
| 29,00   | 0,57    | 1,278                   | 1,550                   | 1,908                   |
| 30,00   | 0,59    | 1,361                   | 1,655                   | 2,039                   |
| 31,00   | 0,61    | 1,447                   | 1,764                   | 2,176                   |
| 32,00   | 0,63    | 1,536                   | 1,876                   | 2,316                   |
| 33,00   | 0,65    | 1,627                   | 1,991                   | 2,461                   |
| 34,00   | 0,67    | 1,720                   | 2,110                   | 2,610                   |
| 35,00   | 0,69    | 1,816                   | 2,232                   | 2,763                   |
| 36,00   | 0,71    | 1,915                   | 2,357                   | 2,921                   |
| 37,00   | 0,73    | 2,016                   | 2,486                   | 3,084                   |

| Q [l/s] | DN 250  |                         |                         |                         |
|---------|---------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|         | v [m/s] | $k_1 = 0,1$<br>J [m/km] | $k_1 = 0,4$<br>J [m/km] | $k_1 = 1,0$<br>J [m/km] |
| 38,00   | 0,75    | 2,119                   | 2,619                   | 3,250                   |
| 39,00   | 0,77    | 2,225                   | 2,754                   | 3,421                   |
| 40,00   | 0,79    | 2,334                   | 2,894                   | 3,597                   |
| 41,00   | 0,81    | 2,445                   | 3,036                   | 3,777                   |
| 42,00   | 0,83    | 2,558                   | 3,182                   | 3,961                   |
| 43,00   | 0,85    | 2,674                   | 3,332                   | 4,150                   |
| 44,00   | 0,87    | 2,792                   | 3,484                   | 4,343                   |
| 45,00   | 0,89    | 2,913                   | 3,641                   | 4,540                   |
| 46,00   | 0,90    | 3,037                   | 3,800                   | 4,742                   |
| 47,00   | 0,92    | 3,163                   | 3,963                   | 4,948                   |
| 48,00   | 0,94    | 3,291                   | 4,130                   | 5,158                   |
| 49,00   | 0,96    | 3,422                   | 4,300                   | 5,373                   |
| 50,00   | 0,98    | 3,556                   | 4,473                   | 5,592                   |
| 52,50   | 1,03    | 3,900                   | 4,921                   | 6,160                   |
| 55,00   | 1,08    | 4,260                   | 5,391                   | 6,755                   |
| 57,50   | 1,13    | 4,635                   | 5,882                   | 7,377                   |
| 60,00   | 1,18    | 5,026                   | 6,394                   | 8,026                   |
| 62,50   | 1,23    | 5,433                   | 6,927                   | 8,703                   |
| 65,00   | 1,28    | 5,854                   | 7,482                   | 9,408                   |
| 70,00   | 1,38    | 6,745                   | 8,655                   | 10,90                   |
| 75,00   | 1,48    | 7,696                   | 9,914                   | 12,50                   |
| 80,00   | 1,57    | 8,710                   | 11,26                   | 14,21                   |
| 85,00   | 1,67    | 9,785                   | 12,69                   | 16,03                   |
| 90,00   | 1,77    | 10,92                   | 14,20                   | 17,96                   |
| 95,00   | 1,87    | 12,12                   | 15,80                   | 20,00                   |
| 100,00  | 1,97    | 13,38                   | 17,49                   | 22,14                   |
| 105,00  | 2,07    | 14,70                   | 19,26                   | 24,40                   |
| 110,00  | 2,16    | 16,09                   | 21,11                   | 26,77                   |
| 115,00  | 2,26    | 17,53                   | 23,05                   | 29,25                   |
| 120,00  | 2,36    | 19,04                   | 25,08                   | 31,83                   |
| 125,00  | 2,46    | 20,60                   | 27,19                   | 34,53                   |
| 130,00  | 2,56    | 22,23                   | 29,39                   | 37,33                   |
| 135,00  | 2,66    | 23,92                   | 31,67                   | 40,25                   |
| 140,00  | 2,75    | 25,68                   | 34,03                   | 43,27                   |
| 145,00  | 2,85    | 27,49                   | 36,49                   | 46,41                   |
| 150,00  | 2,95    | 29,36                   | 39,02                   | 49,65                   |
| 155,00  | 3,05    | 31,30                   | 41,65                   | 53,01                   |
| 160,00  | 3,15    | 33,30                   | 44,35                   | 56,47                   |
| 165,00  | 3,25    | 35,36                   | 47,15                   | 60,04                   |

| Q [l/s] | DN 300  |                         |                         |                         |
|---------|---------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|         | v [m/s] | $k_f = 0,1$<br>J [m/km] | $k_f = 0,4$<br>J [m/km] | $k_f = 1,0$<br>J [m/km] |
| 6,00    | 0,08    | 0,030                   | 0,032                   | 0,036                   |
| 7,00    | 0,10    | 0,039                   | 0,043                   | 0,048                   |
| 8,00    | 0,11    | 0,050                   | 0,054                   | 0,061                   |
| 9,00    | 0,12    | 0,062                   | 0,067                   | 0,077                   |
| 10,00   | 0,14    | 0,075                   | 0,082                   | 0,094                   |
| 11,00   | 0,15    | 0,089                   | 0,098                   | 0,113                   |
| 12,00   | 0,16    | 0,104                   | 0,115                   | 0,133                   |
| 13,00   | 0,18    | 0,120                   | 0,133                   | 0,155                   |
| 14,00   | 0,19    | 0,137                   | 0,153                   | 0,179                   |
| 15,00   | 0,20    | 0,155                   | 0,174                   | 0,204                   |
| 16,00   | 0,22    | 0,174                   | 0,197                   | 0,231                   |
| 17,00   | 0,23    | 0,194                   | 0,220                   | 0,260                   |
| 18,00   | 0,25    | 0,216                   | 0,246                   | 0,290                   |
| 19,00   | 0,26    | 0,238                   | 0,272                   | 0,322                   |
| 20,00   | 0,27    | 0,261                   | 0,300                   | 0,356                   |
| 22,00   | 0,30    | 0,311                   | 0,359                   | 0,428                   |
| 24,00   | 0,33    | 0,365                   | 0,424                   | 0,507                   |
| 26,00   | 0,35    | 0,423                   | 0,493                   | 0,593                   |
| 28,00   | 0,38    | 0,485                   | 0,568                   | 0,685                   |
| 30,00   | 0,41    | 0,551                   | 0,649                   | 0,784                   |
| 32,00   | 0,44    | 0,620                   | 0,734                   | 0,889                   |
| 34,00   | 0,46    | 0,694                   | 0,825                   | 1,002                   |
| 36,00   | 0,49    | 0,772                   | 0,921                   | 1,121                   |
| 38,00   | 0,52    | 0,853                   | 1,022                   | 1,246                   |
| 40,00   | 0,55    | 0,939                   | 1,128                   | 1,378                   |
| 42,00   | 0,57    | 1,028                   | 1,240                   | 1,517                   |
| 44,00   | 0,60    | 1,121                   | 1,357                   | 1,663                   |
| 46,00   | 0,63    | 1,218                   | 1,479                   | 1,815                   |
| 48,00   | 0,65    | 1,319                   | 1,606                   | 1,974                   |
| 50,00   | 0,68    | 1,424                   | 1,738                   | 2,139                   |
| 52,50   | 0,72    | 1,561                   | 1,911                   | 2,355                   |
| 55,00   | 0,75    | 1,703                   | 2,092                   | 2,582                   |
| 57,50   | 0,78    | 1,852                   | 2,281                   | 2,819                   |
| 60,00   | 0,82    | 2,006                   | 2,479                   | 3,066                   |
| 62,50   | 0,85    | 2,167                   | 2,684                   | 3,324                   |
| 65,00   | 0,89    | 2,333                   | 2,898                   | 3,592                   |
| 70,00   | 0,95    | 2,684                   | 3,349                   | 4,159                   |
| 75,00   | 1,02    | 3,059                   | 3,833                   | 4,768                   |
| 80,00   | 1,09    | 3,458                   | 4,350                   | 5,418                   |

| Q [l/s] | DN 300  |                         |                         |                         |
|---------|---------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|         | v [m/s] | $k_f = 0,1$<br>J [m/km] | $k_f = 0,4$<br>J [m/km] | $k_f = 1,0$<br>J [m/km] |
| 85      | 1,16    | 3,880                   | 4,899                   | 6,110                   |
| 90      | 1,23    | 4,327                   | 5,481                   | 6,844                   |
| 95      | 1,30    | 4,797                   | 6,095                   | 7,619                   |
| 100     | 1,36    | 5,291                   | 6,741                   | 8,435                   |
| 105     | 1,43    | 5,808                   | 7,421                   | 9,294                   |
| 110     | 1,50    | 6,350                   | 8,132                   | 10,19                   |
| 115     | 1,57    | 6,915                   | 8,877                   | 11,13                   |
| 120     | 1,64    | 7,504                   | 9,654                   | 12,12                   |
| 125     | 1,70    | 8,116                   | 10,46                   | 13,14                   |
| 130     | 1,77    | 8,752                   | 11,30                   | 14,21                   |
| 135     | 1,84    | 9,412                   | 12,18                   | 15,31                   |
| 140     | 1,91    | 10,10                   | 13,09                   | 16,46                   |
| 145     | 1,98    | 10,80                   | 14,03                   | 17,65                   |
| 150     | 2,05    | 11,53                   | 15,00                   | 18,89                   |
| 155     | 2,11    | 12,29                   | 16,00                   | 20,16                   |
| 160     | 2,18    | 13,07                   | 17,04                   | 21,48                   |
| 165     | 2,25    | 13,87                   | 18,11                   | 22,83                   |
| 170     | 2,32    | 14,69                   | 19,21                   | 24,23                   |
| 175     | 2,39    | 15,54                   | 20,34                   | 25,67                   |
| 180     | 2,45    | 16,41                   | 21,51                   | 27,15                   |
| 185     | 2,52    | 17,31                   | 22,71                   | 28,67                   |
| 190     | 2,59    | 18,23                   | 23,94                   | 30,24                   |
| 195     | 2,66    | 19,17                   | 25,21                   | 31,84                   |
| 200     | 2,73    | 20,14                   | 26,51                   | 33,49                   |
| 205     | 2,79    | 21,13                   | 27,84                   | 35,18                   |
| 210     | 2,86    | 22,15                   | 29,20                   | 36,91                   |
| 215     | 2,93    | 23,18                   | 30,59                   | 38,68                   |
| 220     | 3,00    | 24,25                   | 32,02                   | 40,50                   |
| 225     | 3,07    | 25,33                   | 33,48                   | 42,35                   |
| 230     | 3,14    | 26,44                   | 34,97                   | 44,25                   |
| 235     | 3,20    | 27,57                   | 36,50                   | 46,19                   |
| 240     | 3,27    | 28,73                   | 38,05                   | 48,17                   |
| 245     | 3,34    | 29,91                   | 39,64                   | 50,19                   |
| 250     | 3,41    | 31,11                   | 41,27                   | 52,25                   |
| 255     | 3,48    | 32,34                   | 42,92                   | 54,36                   |
| 260     | 3,54    | 33,59                   | 44,61                   | 56,50                   |
| 265     | 3,61    | 34,86                   | 46,33                   | 58,69                   |
| 270     | 3,68    | 36,16                   | 48,08                   | 60,92                   |

| Q [l/s] | DN 400  |                         |                         |                         |
|---------|---------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|         | v [m/s] | $k_f = 0,1$<br>J [m/km] | $k_f = 0,4$<br>J [m/km] | $k_f = 1,0$<br>J [m/km] |
| 9,00    | 0,07    | 0,016                   | 0,017                   | 0,019                   |
| 10,00   | 0,08    | 0,020                   | 0,021                   | 0,023                   |
| 12,50   | 0,10    | 0,029                   | 0,032                   | 0,035                   |
| 15,00   | 0,12    | 0,041                   | 0,044                   | 0,050                   |
| 17,50   | 0,14    | 0,054                   | 0,059                   | 0,067                   |
| 20,00   | 0,16    | 0,068                   | 0,075                   | 0,086                   |
| 25,00   | 0,20    | 0,102                   | 0,114                   | 0,132                   |
| 30,00   | 0,24    | 0,142                   | 0,161                   | 0,188                   |
| 35,00   | 0,27    | 0,189                   | 0,215                   | 0,253                   |
| 40,00   | 0,31    | 0,241                   | 0,277                   | 0,328                   |
| 45,00   | 0,35    | 0,300                   | 0,347                   | 0,413                   |
| 50,00   | 0,39    | 0,364                   | 0,424                   | 0,508                   |
| 55,00   | 0,43    | 0,434                   | 0,509                   | 0,612                   |
| 60,00   | 0,47    | 0,510                   | 0,602                   | 0,726                   |
| 65,00   | 0,51    | 0,592                   | 0,703                   | 0,849                   |
| 70,00   | 0,55    | 0,679                   | 0,811                   | 0,982                   |
| 75,00   | 0,59    | 0,773                   | 0,926                   | 1,125                   |
| 80,00   | 0,63    | 0,872                   | 1,050                   | 1,277                   |
| 85,00   | 0,67    | 0,977                   | 1,181                   | 1,440                   |
| 90,00   | 0,71    | 1,088                   | 1,319                   | 1,611                   |
| 95,00   | 0,75    | 1,204                   | 1,466                   | 1,793                   |
| 100,00  | 0,78    | 1,326                   | 1,620                   | 1,984                   |
| 105,00  | 0,82    | 1,454                   | 1,781                   | 2,185                   |
| 110,00  | 0,86    | 1,587                   | 1,950                   | 2,395                   |
| 115,00  | 0,90    | 1,726                   | 2,127                   | 2,615                   |
| 120,00  | 0,94    | 1,871                   | 2,312                   | 2,845                   |
| 125,00  | 0,98    | 2,022                   | 2,504                   | 3,085                   |
| 130,00  | 1,02    | 2,178                   | 2,704                   | 3,334                   |
| 135,00  | 1,06    | 2,339                   | 2,911                   | 3,593                   |
| 140,00  | 1,10    | 2,507                   | 3,126                   | 3,861                   |
| 145,00  | 1,14    | 2,680                   | 3,349                   | 4,140                   |
| 150,00  | 1,18    | 2,859                   | 3,579                   | 4,427                   |
| 155,00  | 1,22    | 3,043                   | 3,817                   | 4,725                   |
| 160,00  | 1,26    | 3,233                   | 4,063                   | 5,032                   |
| 165,00  | 1,29    | 3,429                   | 4,316                   | 5,349                   |
| 170,00  | 1,33    | 3,630                   | 4,577                   | 5,675                   |
| 175,00  | 1,37    | 3,837                   | 4,846                   | 6,012                   |
| 180,00  | 1,41    | 4,050                   | 5,122                   | 6,358                   |
| 185,00  | 1,45    | 4,268                   | 5,406                   | 6,713                   |



| Q [l/s] | DN 400  |                         |                         |                         |
|---------|---------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|         | v [m/s] | $k_f = 0,1$<br>J [m/km] | $k_f = 0,4$<br>J [m/km] | $k_f = 1,0$<br>J [m/km] |
| 190     | 1,49    | 4,492                   | 5,697                   | 7,078                   |
| 195     | 1,53    | 4,721                   | 5,996                   | 7,453                   |
| 200     | 1,57    | 4,956                   | 6,303                   | 7,838                   |
| 205     | 1,61    | 5,197                   | 6,617                   | 8,232                   |
| 210     | 1,65    | 5,443                   | 6,939                   | 8,636                   |
| 215     | 1,69    | 5,695                   | 7,269                   | 9,049                   |
| 220     | 1,73    | 5,953                   | 7,606                   | 9,473                   |
| 225     | 1,77    | 6,216                   | 7,951                   | 9,905                   |
| 230     | 1,80    | 6,484                   | 8,303                   | 10,35                   |
| 235     | 1,84    | 6,759                   | 8,664                   | 10,80                   |
| 240     | 1,88    | 7,039                   | 9,031                   | 11,26                   |
| 245     | 1,92    | 7,324                   | 9,407                   | 11,73                   |
| 250     | 1,96    | 7,616                   | 9,790                   | 12,21                   |
| 260     | 2,04    | 8,215                   | 10,58                   | 13,21                   |
| 270     | 2,12    | 8,837                   | 11,40                   | 14,24                   |
| 280     | 2,20    | 9,481                   | 12,25                   | 15,31                   |
| 290     | 2,28    | 10,15                   | 13,13                   | 16,41                   |
| 300     | 2,35    | 10,84                   | 14,04                   | 17,56                   |
| 310     | 2,43    | 11,55                   | 14,98                   | 18,74                   |
| 320     | 2,51    | 12,28                   | 15,95                   | 19,97                   |
| 330     | 2,59    | 13,04                   | 16,96                   | 21,23                   |
| 340     | 2,67    | 13,82                   | 17,99                   | 22,53                   |
| 350     | 2,75    | 14,62                   | 19,05                   | 23,87                   |
| 360     | 2,83    | 15,44                   | 20,15                   | 25,25                   |
| 370     | 2,90    | 16,29                   | 21,27                   | 26,67                   |
| 380     | 2,98    | 17,15                   | 22,43                   | 28,12                   |
| 390     | 3,06    | 18,05                   | 23,62                   | 29,62                   |
| 400     | 3,14    | 18,96                   | 24,83                   | 31,15                   |
| 410     | 3,22    | 19,89                   | 26,08                   | 32,72                   |
| 420     | 3,30    | 20,85                   | 27,36                   | 34,33                   |
| 430     | 3,37    | 21,83                   | 28,67                   | 35,98                   |
| 440     | 3,45    | 22,83                   | 30,00                   | 37,67                   |
| 450     | 3,53    | 23,86                   | 31,37                   | 39,39                   |
| 460     | 3,61    | 24,91                   | 32,77                   | 41,16                   |
| 470     | 3,69    | 25,98                   | 34,20                   | 42,96                   |
| 480     | 3,77    | 27,07                   | 35,67                   | 44,80                   |
| 490     | 3,85    | 28,18                   | 37,16                   | 46,69                   |
| 500     | 3,92    | 29,32                   | 38,68                   | 48,61                   |

| Q [l/s] | DN 500  |                         |                         |                         |
|---------|---------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|         | v [m/s] | $k_f = 0,1$<br>J [m/km] | $k_f = 0,4$<br>J [m/km] | $k_f = 1,0$<br>J [m/km] |
| 15,0    | 0,08    | 0,014                   | 0,015                   | 0,016                   |
| 17,5    | 0,09    | 0,018                   | 0,019                   | 0,022                   |
| 20,0    | 0,10    | 0,023                   | 0,025                   | 0,028                   |
| 25,0    | 0,13    | 0,035                   | 0,037                   | 0,042                   |
| 30,0    | 0,15    | 0,048                   | 0,052                   | 0,060                   |
| 35,0    | 0,18    | 0,063                   | 0,070                   | 0,080                   |
| 40,0    | 0,20    | 0,081                   | 0,090                   | 0,104                   |
| 45,0    | 0,23    | 0,100                   | 0,112                   | 0,130                   |
| 50,0    | 0,25    | 0,121                   | 0,137                   | 0,160                   |
| 55,0    | 0,28    | 0,145                   | 0,164                   | 0,192                   |
| 60,0    | 0,30    | 0,170                   | 0,193                   | 0,227                   |
| 65,0    | 0,33    | 0,197                   | 0,225                   | 0,266                   |
| 70,0    | 0,35    | 0,225                   | 0,259                   | 0,307                   |
| 75,0    | 0,38    | 0,256                   | 0,296                   | 0,351                   |
| 80,0    | 0,40    | 0,288                   | 0,335                   | 0,398                   |
| 85,0    | 0,43    | 0,323                   | 0,376                   | 0,449                   |
| 90,0    | 0,45    | 0,359                   | 0,420                   | 0,502                   |
| 95,0    | 0,48    | 0,397                   | 0,466                   | 0,558                   |
| 100,0   | 0,50    | 0,436                   | 0,514                   | 0,617                   |
| 105,0   | 0,53    | 0,478                   | 0,565                   | 0,679                   |
| 110,0   | 0,55    | 0,521                   | 0,618                   | 0,744                   |
| 115,0   | 0,58    | 0,566                   | 0,674                   | 0,812                   |
| 120,0   | 0,60    | 0,613                   | 0,732                   | 0,883                   |
| 125,0   | 0,63    | 0,662                   | 0,792                   | 0,957                   |
| 130,0   | 0,65    | 0,713                   | 0,854                   | 1,034                   |
| 135,0   | 0,68    | 0,765                   | 0,919                   | 1,114                   |
| 140,0   | 0,70    | 0,819                   | 0,987                   | 1,197                   |
| 145,0   | 0,73    | 0,875                   | 1,056                   | 1,283                   |
| 150,0   | 0,75    | 0,932                   | 1,128                   | 1,372                   |
| 155,0   | 0,78    | 0,992                   | 1,203                   | 1,463                   |
| 160,0   | 0,80    | 1,053                   | 1,280                   | 1,558                   |
| 165,0   | 0,83    | 1,116                   | 1,359                   | 1,656                   |
| 170,0   | 0,85    | 1,181                   | 1,440                   | 1,757                   |
| 175,0   | 0,88    | 1,247                   | 1,524                   | 1,860                   |
| 180,0   | 0,90    | 1,316                   | 1,610                   | 1,967                   |
| 185,0   | 0,93    | 1,386                   | 1,699                   | 2,076                   |
| 190,0   | 0,95    | 1,457                   | 1,790                   | 2,189                   |
| 195,0   | 0,98    | 1,531                   | 1,883                   | 2,304                   |
| 200,0   | 1,00    | 1,606                   | 1,979                   | 2,423                   |

| Q [l/s] | DN 500  |                         |                         |                         |
|---------|---------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|         | v [m/s] | $k_f = 0,1$<br>J [m/km] | $k_f = 0,4$<br>J [m/km] | $k_f = 1,0$<br>J [m/km] |
| 205     | 1,03    | 1,683                   | 2,077                   | 2,544                   |
| 210     | 1,05    | 1,762                   | 2,177                   | 2,669                   |
| 215     | 1,08    | 1,843                   | 2,280                   | 2,796                   |
| 220     | 1,10    | 1,925                   | 2,385                   | 2,927                   |
| 225     | 1,13    | 2,009                   | 2,492                   | 3,060                   |
| 230     | 1,15    | 2,095                   | 2,602                   | 3,196                   |
| 235     | 1,18    | 2,183                   | 2,714                   | 3,335                   |
| 240     | 1,20    | 2,272                   | 2,829                   | 3,478                   |
| 245     | 1,23    | 2,364                   | 2,946                   | 3,623                   |
| 250     | 1,25    | 2,457                   | 3,065                   | 3,771                   |
| 260     | 1,30    | 2,648                   | 3,311                   | 4,076                   |
| 270     | 1,35    | 2,846                   | 3,566                   | 4,393                   |
| 280     | 1,40    | 3,051                   | 3,830                   | 4,722                   |
| 290     | 1,45    | 3,263                   | 4,104                   | 5,063                   |
| 300     | 1,50    | 3,482                   | 4,387                   | 5,416                   |
| 310     | 1,55    | 3,709                   | 4,680                   | 5,780                   |
| 320     | 1,60    | 3,942                   | 4,982                   | 6,157                   |
| 330     | 1,65    | 4,182                   | 5,294                   | 6,545                   |
| 340     | 1,70    | 4,429                   | 5,615                   | 6,945                   |
| 350     | 1,75    | 4,683                   | 5,945                   | 7,358                   |
| 360     | 1,80    | 4,945                   | 6,285                   | 7,782                   |
| 370     | 1,85    | 5,213                   | 6,635                   | 8,217                   |
| 380     | 1,90    | 5,488                   | 6,994                   | 8,665                   |
| 390     | 1,95    | 5,770                   | 7,362                   | 9,125                   |
| 400     | 2,00    | 6,059                   | 7,740                   | 9,596                   |
| 410     | 2,06    | 6,355                   | 8,127                   | 10,08                   |
| 420     | 2,11    | 6,659                   | 8,523                   | 10,57                   |
| 430     | 2,16    | 6,969                   | 8,929                   | 11,08                   |
| 440     | 2,21    | 7,286                   | 9,345                   | 11,60                   |
| 450     | 2,26    | 7,610                   | 9,770                   | 12,13                   |
| 460     | 2,31    | 7,941                   | 10,20                   | 12,67                   |
| 470     | 2,36    | 8,279                   | 10,65                   | 13,23                   |
| 480     | 2,41    | 8,624                   | 11,10                   | 13,79                   |
| 490     | 2,46    | 8,976                   | 11,56                   | 14,37                   |
| 500     | 2,51    | 9,335                   | 12,04                   | 14,96                   |
| 525     | 2,63    | 10,26                   | 13,26                   | 16,49                   |
| 550     | 2,76    | 11,23                   | 14,54                   | 18,09                   |
| 575     | 2,88    | 12,25                   | 15,88                   | 19,77                   |
| 600     | 3,01    | 13,31                   | 17,28                   | 21,52                   |

| Q [l/s] | DN 600  |                         |                         |                         |
|---------|---------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|         | v [m/s] | $k_f = 0,1$<br>J [m/km] | $k_f = 0,4$<br>J [m/km] | $k_f = 1,0$<br>J [m/km] |
| 25      | 0,09    | 0,014                   | 0,015                   | 0,017                   |
| 30      | 0,10    | 0,020                   | 0,021                   | 0,024                   |
| 35      | 0,12    | 0,026                   | 0,028                   | 0,032                   |
| 40      | 0,14    | 0,033                   | 0,036                   | 0,041                   |
| 45      | 0,16    | 0,041                   | 0,045                   | 0,051                   |
| 50      | 0,17    | 0,050                   | 0,055                   | 0,063                   |
| 55      | 0,19    | 0,059                   | 0,066                   | 0,075                   |
| 60      | 0,21    | 0,069                   | 0,077                   | 0,089                   |
| 65      | 0,23    | 0,080                   | 0,090                   | 0,104                   |
| 70      | 0,24    | 0,092                   | 0,103                   | 0,120                   |
| 75      | 0,26    | 0,104                   | 0,118                   | 0,137                   |
| 80      | 0,28    | 0,118                   | 0,133                   | 0,155                   |
| 85      | 0,30    | 0,131                   | 0,149                   | 0,174                   |
| 90      | 0,31    | 0,146                   | 0,166                   | 0,195                   |
| 95      | 0,33    | 0,161                   | 0,184                   | 0,216                   |
| 100     | 0,35    | 0,177                   | 0,203                   | 0,239                   |
| 110     | 0,38    | 0,212                   | 0,244                   | 0,288                   |
| 120     | 0,42    | 0,249                   | 0,288                   | 0,342                   |
| 130     | 0,45    | 0,288                   | 0,336                   | 0,400                   |
| 140     | 0,49    | 0,331                   | 0,388                   | 0,462                   |
| 150     | 0,52    | 0,376                   | 0,443                   | 0,529                   |
| 160     | 0,56    | 0,425                   | 0,501                   | 0,601                   |
| 170     | 0,59    | 0,476                   | 0,564                   | 0,677                   |
| 180     | 0,63    | 0,529                   | 0,630                   | 0,758                   |
| 190     | 0,66    | 0,586                   | 0,700                   | 0,843                   |
| 200     | 0,70    | 0,645                   | 0,773                   | 0,933                   |
| 210     | 0,73    | 0,707                   | 0,850                   | 1,027                   |
| 220     | 0,76    | 0,772                   | 0,930                   | 1,126                   |
| 230     | 0,80    | 0,840                   | 1,015                   | 1,229                   |
| 240     | 0,83    | 0,910                   | 1,102                   | 1,337                   |
| 250     | 0,87    | 0,983                   | 1,194                   | 1,450                   |
| 260     | 0,90    | 1,059                   | 1,289                   | 1,567                   |
| 270     | 0,94    | 1,137                   | 1,388                   | 1,688                   |
| 280     | 0,97    | 1,218                   | 1,490                   | 1,814                   |
| 290     | 1,01    | 1,302                   | 1,596                   | 1,945                   |
| 300     | 1,04    | 1,389                   | 1,705                   | 2,080                   |
| 310     | 1,08    | 1,478                   | 1,819                   | 2,219                   |
| 320     | 1,11    | 1,570                   | 1,935                   | 2,363                   |
| 330     | 1,15    | 1,665                   | 2,056                   | 2,512                   |

| Q [l/s] | DN 600  |                         |                         |                         |
|---------|---------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|         | v [m/s] | $k_1 = 0,1$<br>J [m/km] | $k_1 = 0,4$<br>J [m/km] | $k_1 = 1,0$<br>J [m/km] |
| 340     | 1,18    | 1,763                   | 2,180                   | 2,665                   |
| 350     | 1,22    | 1,863                   | 2,308                   | 2,823                   |
| 360     | 1,25    | 1,966                   | 2,439                   | 2,985                   |
| 370     | 1,29    | 2,071                   | 2,574                   | 3,152                   |
| 380     | 1,32    | 2,180                   | 2,712                   | 3,324                   |
| 390     | 1,36    | 2,291                   | 2,854                   | 3,499                   |
| 400     | 1,39    | 2,405                   | 3,000                   | 3,680                   |
| 410     | 1,43    | 2,521                   | 3,150                   | 3,865                   |
| 420     | 1,46    | 2,640                   | 3,303                   | 4,054                   |
| 430     | 1,49    | 2,762                   | 3,459                   | 4,248                   |
| 440     | 1,53    | 2,887                   | 3,620                   | 4,447                   |
| 450     | 1,56    | 3,014                   | 3,783                   | 4,650                   |
| 460     | 1,60    | 3,144                   | 3,951                   | 4,857                   |
| 470     | 1,63    | 3,277                   | 4,122                   | 5,070                   |
| 480     | 1,67    | 3,412                   | 4,297                   | 5,286                   |
| 490     | 1,70    | 3,550                   | 4,475                   | 5,507                   |
| 500     | 1,74    | 3,691                   | 4,657                   | 5,733                   |
| 520     | 1,81    | 3,981                   | 5,032                   | 6,198                   |
| 540     | 1,88    | 4,282                   | 5,422                   | 6,681                   |
| 560     | 1,95    | 4,593                   | 5,825                   | 7,183                   |
| 580     | 2,02    | 4,915                   | 6,244                   | 7,702                   |
| 600     | 2,09    | 5,248                   | 6,676                   | 8,240                   |
| 625     | 2,17    | 5,679                   | 7,238                   | 8,937                   |
| 650     | 2,26    | 6,127                   | 7,822                   | 9,663                   |
| 675     | 2,35    | 6,592                   | 8,429                   | 10,42                   |
| 700     | 2,43    | 7,074                   | 9,058                   | 11,20                   |
| 725     | 2,52    | 7,573                   | 9,710                   | 12,01                   |
| 750     | 2,61    | 8,089                   | 10,38                   | 12,85                   |
| 775     | 2,69    | 8,621                   | 11,08                   | 13,72                   |
| 800     | 2,78    | 9,170                   | 11,80                   | 14,61                   |
| 825     | 2,87    | 9,736                   | 12,54                   | 15,54                   |
| 850     | 2,95    | 10,32                   | 13,31                   | 16,49                   |
| 875     | 3,04    | 10,92                   | 14,10                   | 17,47                   |
| 900     | 3,13    | 11,54                   | 14,91                   | 18,48                   |
| 925     | 3,22    | 12,17                   | 15,74                   | 19,52                   |
| 950     | 3,30    | 12,82                   | 16,60                   | 20,58                   |
| 975     | 3,39    | 13,49                   | 17,47                   | 21,68                   |
| 1000    | 3,48    | 14,17                   | 18,37                   | 22,80                   |
| 1050    | 3,65    | 15,59                   | 20,24                   | 25,13                   |

| Q [l/s] | DN 700  |                         |                         |                         |
|---------|---------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|         | v [m/s] | $k_f = 0,1$<br>J [m/km] | $k_f = 0,4$<br>J [m/km] | $k_f = 1,0$<br>J [m/km] |
| 30      | 0,08    | 0,010                   | 0,010                   | 0,011                   |
| 35      | 0,09    | 0,013                   | 0,013                   | 0,015                   |
| 40      | 0,10    | 0,016                   | 0,017                   | 0,019                   |
| 45      | 0,12    | 0,020                   | 0,021                   | 0,024                   |
| 50      | 0,13    | 0,024                   | 0,026                   | 0,029                   |
| 55      | 0,14    | 0,028                   | 0,031                   | 0,035                   |
| 60      | 0,15    | 0,033                   | 0,036                   | 0,041                   |
| 65      | 0,17    | 0,038                   | 0,042                   | 0,048                   |
| 70      | 0,18    | 0,044                   | 0,048                   | 0,055                   |
| 75      | 0,19    | 0,050                   | 0,055                   | 0,063                   |
| 80      | 0,21    | 0,056                   | 0,062                   | 0,071                   |
| 85      | 0,22    | 0,063                   | 0,070                   | 0,080                   |
| 90      | 0,23    | 0,070                   | 0,077                   | 0,089                   |
| 95      | 0,24    | 0,077                   | 0,086                   | 0,099                   |
| 100     | 0,26    | 0,084                   | 0,095                   | 0,110                   |
| 110     | 0,28    | 0,101                   | 0,113                   | 0,132                   |
| 120     | 0,31    | 0,118                   | 0,134                   | 0,156                   |
| 130     | 0,33    | 0,137                   | 0,156                   | 0,182                   |
| 140     | 0,36    | 0,157                   | 0,179                   | 0,211                   |
| 150     | 0,38    | 0,178                   | 0,205                   | 0,241                   |
| 160     | 0,41    | 0,201                   | 0,232                   | 0,274                   |
| 170     | 0,44    | 0,225                   | 0,260                   | 0,308                   |
| 180     | 0,46    | 0,250                   | 0,291                   | 0,345                   |
| 190     | 0,49    | 0,277                   | 0,323                   | 0,383                   |
| 200     | 0,51    | 0,304                   | 0,356                   | 0,424                   |
| 210     | 0,54    | 0,333                   | 0,391                   | 0,467                   |
| 220     | 0,56    | 0,364                   | 0,428                   | 0,511                   |
| 230     | 0,59    | 0,395                   | 0,467                   | 0,558                   |
| 240     | 0,62    | 0,428                   | 0,507                   | 0,607                   |
| 250     | 0,64    | 0,462                   | 0,549                   | 0,658                   |
| 260     | 0,67    | 0,497                   | 0,592                   | 0,711                   |
| 270     | 0,69    | 0,534                   | 0,637                   | 0,766                   |
| 280     | 0,72    | 0,572                   | 0,684                   | 0,822                   |
| 290     | 0,74    | 0,611                   | 0,732                   | 0,881                   |
| 300     | 0,77    | 0,651                   | 0,782                   | 0,943                   |
| 310     | 0,80    | 0,693                   | 0,834                   | 1,006                   |
| 320     | 0,82    | 0,736                   | 0,887                   | 1,071                   |
| 330     | 0,85    | 0,780                   | 0,942                   | 1,138                   |
| 340     | 0,87    | 0,825                   | 0,998                   | 1,207                   |

| Q [l/s] | DN 700  |                         |                         |                         |
|---------|---------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|         | v [m/s] | $k_f = 0,1$<br>J [m/km] | $k_f = 0,4$<br>J [m/km] | $k_f = 1,0$<br>J [m/km] |
| 350     | 0,90    | 0,871                   | 1,056                   | 1,278                   |
| 360     | 0,92    | 0,919                   | 1,116                   | 1,352                   |
| 370     | 0,95    | 0,968                   | 1,177                   | 1,427                   |
| 380     | 0,98    | 1,019                   | 1,241                   | 1,504                   |
| 390     | 1,00    | 1,070                   | 1,305                   | 1,584                   |
| 400     | 1,03    | 1,123                   | 1,372                   | 1,665                   |
| 410     | 1,05    | 1,177                   | 1,440                   | 1,749                   |
| 420     | 1,08    | 1,232                   | 1,509                   | 1,834                   |
| 430     | 1,10    | 1,288                   | 1,580                   | 1,922                   |
| 440     | 1,13    | 1,346                   | 1,653                   | 2,011                   |
| 450     | 1,15    | 1,405                   | 1,728                   | 2,103                   |
| 460     | 1,18    | 1,465                   | 1,804                   | 2,197                   |
| 470     | 1,21    | 1,527                   | 1,882                   | 2,293                   |
| 480     | 1,23    | 1,589                   | 1,961                   | 2,390                   |
| 490     | 1,26    | 1,653                   | 2,042                   | 2,490                   |
| 500     | 1,28    | 1,718                   | 2,125                   | 2,592                   |
| 520     | 1,33    | 1,852                   | 2,295                   | 2,802                   |
| 540     | 1,39    | 1,991                   | 2,472                   | 3,020                   |
| 560     | 1,44    | 2,134                   | 2,656                   | 3,246                   |
| 580     | 1,49    | 2,283                   | 2,846                   | 3,480                   |
| 600     | 1,54    | 2,437                   | 3,042                   | 3,723                   |
| 625     | 1,60    | 2,635                   | 3,297                   | 4,037                   |
| 650     | 1,67    | 2,842                   | 3,562                   | 4,365                   |
| 675     | 1,73    | 3,056                   | 3,838                   | 4,705                   |
| 700     | 1,80    | 3,278                   | 4,123                   | 5,058                   |
| 725     | 1,86    | 3,507                   | 4,419                   | 5,423                   |
| 750     | 1,92    | 3,745                   | 4,725                   | 5,802                   |
| 775     | 1,99    | 3,989                   | 5,042                   | 6,193                   |
| 800     | 2,05    | 4,242                   | 5,368                   | 6,597                   |
| 825     | 2,12    | 4,502                   | 5,705                   | 7,014                   |
| 850     | 2,18    | 4,770                   | 6,052                   | 7,443                   |
| 875     | 2,25    | 5,045                   | 6,409                   | 7,885                   |
| 900     | 2,31    | 5,329                   | 6,777                   | 8,340                   |
| 925     | 2,37    | 5,619                   | 7,154                   | 8,808                   |
| 950     | 2,44    | 5,918                   | 7,542                   | 9,288                   |
| 975     | 2,50    | 6,224                   | 7,941                   | 9,781                   |
| 1000    | 2,57    | 6,538                   | 8,349                   | 10,29                   |
| 1050    | 2,69    | 7,188                   | 9,197                   | 11,34                   |
| 1100    | 2,82    | 7,869                   | 10,09                   | 12,44                   |

| Q [l/s] | DN 800  |                         |                         |                         |
|---------|---------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|         | v [m/s] | $k_f = 0,1$<br>J [m/km] | $k_f = 0,4$<br>J [m/km] | $k_f = 1,0$<br>J [m/km] |
| 40      | 0,08    | 0,008                   | 0,009                   | 0,010                   |
| 50      | 0,10    | 0,012                   | 0,013                   | 0,015                   |
| 60      | 0,12    | 0,017                   | 0,019                   | 0,021                   |
| 70      | 0,14    | 0,023                   | 0,025                   | 0,028                   |
| 80      | 0,16    | 0,029                   | 0,032                   | 0,036                   |
| 90      | 0,18    | 0,036                   | 0,039                   | 0,045                   |
| 100     | 0,20    | 0,044                   | 0,048                   | 0,055                   |
| 110     | 0,22    | 0,052                   | 0,057                   | 0,066                   |
| 120     | 0,23    | 0,061                   | 0,068                   | 0,078                   |
| 130     | 0,25    | 0,071                   | 0,079                   | 0,091                   |
| 140     | 0,27    | 0,081                   | 0,091                   | 0,105                   |
| 150     | 0,29    | 0,092                   | 0,103                   | 0,120                   |
| 160     | 0,31    | 0,103                   | 0,117                   | 0,136                   |
| 170     | 0,33    | 0,116                   | 0,131                   | 0,153                   |
| 180     | 0,35    | 0,128                   | 0,146                   | 0,171                   |
| 190     | 0,37    | 0,142                   | 0,162                   | 0,190                   |
| 200     | 0,39    | 0,156                   | 0,179                   | 0,210                   |
| 210     | 0,41    | 0,171                   | 0,197                   | 0,231                   |
| 220     | 0,43    | 0,186                   | 0,215                   | 0,253                   |
| 230     | 0,45    | 0,202                   | 0,234                   | 0,277                   |
| 240     | 0,47    | 0,219                   | 0,254                   | 0,301                   |
| 250     | 0,49    | 0,236                   | 0,275                   | 0,326                   |
| 260     | 0,51    | 0,254                   | 0,297                   | 0,352                   |
| 270     | 0,53    | 0,273                   | 0,319                   | 0,379                   |
| 280     | 0,55    | 0,292                   | 0,342                   | 0,407                   |
| 290     | 0,57    | 0,312                   | 0,366                   | 0,436                   |
| 300     | 0,59    | 0,332                   | 0,391                   | 0,466                   |
| 310     | 0,61    | 0,354                   | 0,417                   | 0,497                   |
| 320     | 0,63    | 0,375                   | 0,443                   | 0,529                   |
| 330     | 0,65    | 0,398                   | 0,471                   | 0,562                   |
| 340     | 0,67    | 0,421                   | 0,499                   | 0,597                   |
| 350     | 0,68    | 0,444                   | 0,528                   | 0,632                   |
| 375     | 0,73    | 0,506                   | 0,603                   | 0,724                   |
| 400     | 0,78    | 0,571                   | 0,684                   | 0,822                   |
| 425     | 0,83    | 0,641                   | 0,770                   | 0,927                   |
| 450     | 0,88    | 0,714                   | 0,861                   | 1,038                   |
| 475     | 0,93    | 0,791                   | 0,957                   | 1,155                   |
| 500     | 0,98    | 0,872                   | 1,058                   | 1,278                   |
| 525     | 1,03    | 0,956                   | 1,164                   | 1,408                   |



| Q [l/s] | DN 800  |                         |                         |                         |
|---------|---------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|         | v [m/s] | $k_f = 0,1$<br>J [m/km] | $k_f = 0,4$<br>J [m/km] | $k_f = 1,0$<br>J [m/km] |
| 550     | 1,08    | 1,045                   | 1,275                   | 1,544                   |
| 575     | 1,13    | 1,137                   | 1,391                   | 1,686                   |
| 600     | 1,17    | 1,233                   | 1,512                   | 1,835                   |
| 625     | 1,22    | 1,333                   | 1,638                   | 1,990                   |
| 650     | 1,27    | 1,437                   | 1,770                   | 2,151                   |
| 675     | 1,32    | 1,544                   | 1,906                   | 2,318                   |
| 700     | 1,37    | 1,656                   | 2,047                   | 2,491                   |
| 725     | 1,42    | 1,771                   | 2,194                   | 2,671                   |
| 750     | 1,47    | 1,890                   | 2,345                   | 2,857                   |
| 775     | 1,52    | 2,013                   | 2,502                   | 3,050                   |
| 800     | 1,57    | 2,139                   | 2,663                   | 3,248                   |
| 825     | 1,61    | 2,270                   | 2,830                   | 3,453                   |
| 850     | 1,66    | 2,404                   | 3,001                   | 3,664                   |
| 875     | 1,71    | 2,542                   | 3,178                   | 3,881                   |
| 900     | 1,76    | 2,684                   | 3,359                   | 4,105                   |
| 925     | 1,81    | 2,829                   | 3,546                   | 4,335                   |
| 950     | 1,86    | 2,979                   | 3,738                   | 4,571                   |
| 975     | 1,91    | 3,132                   | 3,935                   | 4,814                   |
| 1000    | 1,96    | 3,289                   | 4,137                   | 5,062                   |
| 1050    | 2,05    | 3,614                   | 4,555                   | 5,578                   |
| 1100    | 2,15    | 3,954                   | 4,994                   | 6,120                   |
| 1150    | 2,25    | 4,310                   | 5,453                   | 6,686                   |
| 1200    | 2,35    | 4,680                   | 5,933                   | 7,277                   |
| 1250    | 2,45    | 5,066                   | 6,432                   | 7,893                   |
| 1300    | 2,54    | 5,467                   | 6,952                   | 8,535                   |
| 1350    | 2,64    | 5,883                   | 7,492                   | 9,201                   |
| 1400    | 2,74    | 6,315                   | 8,052                   | 9,893                   |
| 1450    | 2,84    | 6,761                   | 8,632                   | 10,61                   |
| 1500    | 2,94    | 7,222                   | 9,232                   | 11,35                   |
| 1550    | 3,03    | 7,699                   | 9,852                   | 12,12                   |
| 1600    | 3,13    | 8,191                   | 10,49                   | 12,91                   |
| 1650    | 3,23    | 8,698                   | 11,15                   | 13,73                   |
| 1700    | 3,33    | 9,220                   | 11,83                   | 14,57                   |
| 1750    | 3,42    | 9,757                   | 12,54                   | 15,43                   |
| 1800    | 3,52    | 10,31                   | 13,26                   | 16,33                   |
| 1850    | 3,62    | 10,88                   | 14,00                   | 17,24                   |
| 1900    | 3,72    | 11,46                   | 14,76                   | 18,18                   |
| 1950    | 3,82    | 12,06                   | 15,54                   | 19,15                   |
| 2000    | 3,91    | 12,67                   | 16,34                   | 20,14                   |

| Q [l/s] | DN 900  |                         |                         |                         |
|---------|---------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|         | v [m/s] | $k_f = 0,1$<br>J [m/km] | $k_f = 0,4$<br>J [m/km] | $k_f = 1,0$<br>J [m/km] |
| 50      | 0,08    | 0,007                   | 0,007                   | 0,008                   |
| 60      | 0,09    | 0,010                   | 0,010                   | 0,011                   |
| 70      | 0,11    | 0,013                   | 0,014                   | 0,015                   |
| 80      | 0,12    | 0,016                   | 0,018                   | 0,020                   |
| 90      | 0,14    | 0,020                   | 0,022                   | 0,025                   |
| 100     | 0,15    | 0,025                   | 0,027                   | 0,030                   |
| 110     | 0,17    | 0,029                   | 0,032                   | 0,036                   |
| 120     | 0,19    | 0,034                   | 0,038                   | 0,043                   |
| 130     | 0,20    | 0,040                   | 0,044                   | 0,050                   |
| 140     | 0,22    | 0,045                   | 0,050                   | 0,057                   |
| 150     | 0,23    | 0,052                   | 0,057                   | 0,065                   |
| 160     | 0,25    | 0,058                   | 0,065                   | 0,074                   |
| 170     | 0,26    | 0,065                   | 0,072                   | 0,083                   |
| 180     | 0,28    | 0,072                   | 0,081                   | 0,093                   |
| 190     | 0,29    | 0,080                   | 0,089                   | 0,104                   |
| 200     | 0,31    | 0,087                   | 0,099                   | 0,114                   |
| 210     | 0,32    | 0,096                   | 0,108                   | 0,126                   |
| 220     | 0,34    | 0,104                   | 0,118                   | 0,138                   |
| 230     | 0,36    | 0,113                   | 0,129                   | 0,150                   |
| 240     | 0,37    | 0,123                   | 0,140                   | 0,163                   |
| 250     | 0,39    | 0,132                   | 0,151                   | 0,177                   |
| 260     | 0,40    | 0,142                   | 0,163                   | 0,191                   |
| 270     | 0,42    | 0,152                   | 0,175                   | 0,206                   |
| 280     | 0,43    | 0,163                   | 0,188                   | 0,221                   |
| 290     | 0,45    | 0,174                   | 0,201                   | 0,236                   |
| 300     | 0,46    | 0,185                   | 0,214                   | 0,253                   |
| 310     | 0,48    | 0,197                   | 0,228                   | 0,270                   |
| 320     | 0,49    | 0,209                   | 0,243                   | 0,287                   |
| 330     | 0,51    | 0,222                   | 0,258                   | 0,305                   |
| 340     | 0,53    | 0,234                   | 0,273                   | 0,323                   |
| 350     | 0,54    | 0,247                   | 0,289                   | 0,342                   |
| 375     | 0,58    | 0,281                   | 0,330                   | 0,392                   |
| 400     | 0,62    | 0,318                   | 0,374                   | 0,445                   |
| 425     | 0,66    | 0,356                   | 0,421                   | 0,501                   |
| 450     | 0,70    | 0,396                   | 0,470                   | 0,561                   |
| 475     | 0,73    | 0,439                   | 0,522                   | 0,624                   |
| 500     | 0,77    | 0,484                   | 0,577                   | 0,691                   |
| 525     | 0,81    | 0,530                   | 0,634                   | 0,761                   |
| 550     | 0,85    | 0,579                   | 0,695                   | 0,834                   |

| Q [l/s] | DN 900  |                         |                         |                         |
|---------|---------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|         | v [m/s] | $k_f = 0,1$<br>J [m/km] | $k_f = 0,4$<br>J [m/km] | $k_f = 1,0$<br>J [m/km] |
| 575     | 0,89    | 0,630                   | 0,758                   | 0,911                   |
| 600     | 0,93    | 0,683                   | 0,824                   | 0,991                   |
| 625     | 0,97    | 0,738                   | 0,892                   | 1,074                   |
| 650     | 1,00    | 0,795                   | 0,963                   | 1,161                   |
| 675     | 1,04    | 0,854                   | 1,037                   | 1,251                   |
| 700     | 1,08    | 0,915                   | 1,114                   | 1,345                   |
| 725     | 1,12    | 0,979                   | 1,193                   | 1,442                   |
| 750     | 1,16    | 1,044                   | 1,275                   | 1,542                   |
| 775     | 1,20    | 1,111                   | 1,360                   | 1,646                   |
| 800     | 1,24    | 1,181                   | 1,447                   | 1,753                   |
| 825     | 1,27    | 1,252                   | 1,538                   | 1,863                   |
| 850     | 1,31    | 1,326                   | 1,630                   | 1,977                   |
| 875     | 1,35    | 1,402                   | 1,726                   | 2,094                   |
| 900     | 1,39    | 1,479                   | 1,825                   | 2,214                   |
| 925     | 1,43    | 1,559                   | 1,926                   | 2,338                   |
| 950     | 1,47    | 1,641                   | 2,029                   | 2,465                   |
| 975     | 1,51    | 1,725                   | 2,136                   | 2,596                   |
| 1000    | 1,55    | 1,811                   | 2,245                   | 2,730                   |
| 1050    | 1,62    | 1,989                   | 2,472                   | 3,008                   |
| 1100    | 1,70    | 2,175                   | 2,709                   | 3,299                   |
| 1150    | 1,78    | 2,370                   | 2,958                   | 3,604                   |
| 1200    | 1,85    | 2,572                   | 3,217                   | 3,922                   |
| 1250    | 1,93    | 2,783                   | 3,487                   | 4,254                   |
| 1300    | 2,01    | 3,003                   | 3,768                   | 4,600                   |
| 1350    | 2,09    | 3,230                   | 4,060                   | 4,958                   |
| 1400    | 2,16    | 3,466                   | 4,363                   | 5,331                   |
| 1450    | 2,24    | 3,709                   | 4,677                   | 5,716                   |
| 1500    | 2,32    | 3,961                   | 5,001                   | 6,115                   |
| 1550    | 2,39    | 4,221                   | 5,337                   | 6,528                   |
| 1600    | 2,47    | 4,490                   | 5,683                   | 6,954                   |
| 1650    | 2,55    | 4,766                   | 6,040                   | 7,394                   |
| 1700    | 2,63    | 5,051                   | 6,409                   | 7,847                   |
| 1750    | 2,70    | 5,344                   | 6,787                   | 8,313                   |
| 1800    | 2,78    | 5,645                   | 7,177                   | 8,793                   |
| 1850    | 2,86    | 5,954                   | 7,578                   | 9,287                   |
| 1900    | 2,94    | 6,272                   | 7,990                   | 9,794                   |
| 1950    | 3,01    | 6,598                   | 8,412                   | 10,31                   |
| 2000    | 3,09    | 6,931                   | 8,845                   | 10,85                   |
| 2050    | 3,17    | 7,274                   | 9,290                   | 11,40                   |

| Q [l/s] | DN 1000 |                         |                         |                         |
|---------|---------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|         | v [m/s] | $k_f = 0,1$<br>J [m/km] | $k_f = 0,4$<br>J [m/km] | $k_f = 1,0$<br>J [m/km] |
| 60      | 0,08    | 0,006                   | 0,006                   | 0,007                   |
| 70      | 0,09    | 0,008                   | 0,008                   | 0,009                   |
| 80      | 0,10    | 0,010                   | 0,010                   | 0,012                   |
| 90      | 0,11    | 0,012                   | 0,013                   | 0,014                   |
| 100     | 0,13    | 0,015                   | 0,016                   | 0,018                   |
| 110     | 0,14    | 0,018                   | 0,019                   | 0,021                   |
| 120     | 0,15    | 0,021                   | 0,022                   | 0,025                   |
| 130     | 0,16    | 0,024                   | 0,026                   | 0,029                   |
| 140     | 0,18    | 0,027                   | 0,030                   | 0,033                   |
| 150     | 0,19    | 0,031                   | 0,034                   | 0,038                   |
| 160     | 0,20    | 0,035                   | 0,038                   | 0,043                   |
| 170     | 0,21    | 0,039                   | 0,043                   | 0,049                   |
| 180     | 0,23    | 0,043                   | 0,047                   | 0,054                   |
| 190     | 0,24    | 0,047                   | 0,053                   | 0,060                   |
| 200     | 0,25    | 0,052                   | 0,058                   | 0,067                   |
| 210     | 0,26    | 0,057                   | 0,064                   | 0,073                   |
| 220     | 0,28    | 0,062                   | 0,069                   | 0,080                   |
| 230     | 0,29    | 0,067                   | 0,076                   | 0,087                   |
| 240     | 0,30    | 0,073                   | 0,082                   | 0,095                   |
| 250     | 0,31    | 0,079                   | 0,089                   | 0,103                   |
| 260     | 0,33    | 0,085                   | 0,095                   | 0,111                   |
| 270     | 0,34    | 0,091                   | 0,103                   | 0,119                   |
| 280     | 0,35    | 0,097                   | 0,110                   | 0,128                   |
| 290     | 0,36    | 0,104                   | 0,118                   | 0,137                   |
| 300     | 0,38    | 0,110                   | 0,126                   | 0,146                   |
| 325     | 0,41    | 0,128                   | 0,146                   | 0,171                   |
| 350     | 0,44    | 0,147                   | 0,169                   | 0,198                   |
| 375     | 0,47    | 0,167                   | 0,193                   | 0,227                   |
| 400     | 0,50    | 0,188                   | 0,218                   | 0,257                   |
| 425     | 0,53    | 0,211                   | 0,245                   | 0,290                   |
| 450     | 0,56    | 0,235                   | 0,274                   | 0,324                   |
| 475     | 0,59    | 0,260                   | 0,304                   | 0,361                   |
| 500     | 0,63    | 0,286                   | 0,336                   | 0,399                   |
| 525     | 0,66    | 0,314                   | 0,370                   | 0,440                   |
| 550     | 0,69    | 0,342                   | 0,405                   | 0,482                   |
| 575     | 0,72    | 0,372                   | 0,441                   | 0,526                   |
| 600     | 0,75    | 0,403                   | 0,479                   | 0,572                   |
| 625     | 0,78    | 0,436                   | 0,519                   | 0,620                   |
| 650     | 0,81    | 0,469                   | 0,560                   | 0,670                   |

| Q [l/s] | DN 1000 |                         |                         |                         |
|---------|---------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|         | v [m/s] | $k_f = 0,1$<br>J [m/km] | $k_f = 0,4$<br>J [m/km] | $k_f = 1,0$<br>J [m/km] |
| 675     | 0,84    | 0,504                   | 0,603                   | 0,722                   |
| 700     | 0,88    | 0,540                   | 0,647                   | 0,776                   |
| 725     | 0,91    | 0,577                   | 0,693                   | 0,832                   |
| 750     | 0,94    | 0,615                   | 0,741                   | 0,889                   |
| 775     | 0,97    | 0,655                   | 0,790                   | 0,949                   |
| 800     | 1,00    | 0,696                   | 0,840                   | 1,011                   |
| 825     | 1,03    | 0,738                   | 0,893                   | 1,074                   |
| 850     | 1,06    | 0,781                   | 0,946                   | 1,140                   |
| 875     | 1,09    | 0,825                   | 1,002                   | 1,207                   |
| 900     | 1,13    | 0,870                   | 1,059                   | 1,276                   |
| 925     | 1,16    | 0,917                   | 1,117                   | 1,348                   |
| 950     | 1,19    | 0,965                   | 1,177                   | 1,421                   |
| 1000    | 1,25    | 1,064                   | 1,302                   | 1,573                   |
| 1050    | 1,31    | 1,169                   | 1,433                   | 1,733                   |
| 1100    | 1,38    | 1,278                   | 1,570                   | 1,901                   |
| 1150    | 1,44    | 1,391                   | 1,714                   | 2,076                   |
| 1200    | 1,50    | 1,510                   | 1,864                   | 2,259                   |
| 1250    | 1,56    | 1,633                   | 2,020                   | 2,450                   |
| 1300    | 1,63    | 1,761                   | 2,182                   | 2,649                   |
| 1350    | 1,69    | 1,893                   | 2,351                   | 2,855                   |
| 1400    | 1,75    | 2,031                   | 2,526                   | 3,069                   |
| 1450    | 1,81    | 2,173                   | 2,707                   | 3,291                   |
| 1500    | 1,88    | 2,320                   | 2,894                   | 3,520                   |
| 1550    | 1,94    | 2,472                   | 3,088                   | 3,758                   |
| 1600    | 2,00    | 2,628                   | 3,288                   | 4,003                   |
| 1650    | 2,06    | 2,789                   | 3,494                   | 4,255                   |
| 1700    | 2,13    | 2,955                   | 3,707                   | 4,516                   |
| 1750    | 2,19    | 3,126                   | 3,926                   | 4,784                   |
| 1800    | 2,25    | 3,301                   | 4,151                   | 5,060                   |
| 1850    | 2,31    | 3,481                   | 4,382                   | 5,344                   |
| 1900    | 2,38    | 3,666                   | 4,619                   | 5,635                   |
| 1950    | 2,44    | 3,855                   | 4,863                   | 5,935                   |
| 2000    | 2,50    | 4,050                   | 5,113                   | 6,242                   |
| 2050    | 2,56    | 4,249                   | 5,370                   | 6,556                   |
| 2100    | 2,63    | 4,453                   | 5,632                   | 6,879                   |
| 2150    | 2,69    | 4,661                   | 5,901                   | 7,209                   |
| 2200    | 2,75    | 4,874                   | 6,176                   | 7,547                   |
| 2250    | 2,81    | 5,092                   | 6,458                   | 7,892                   |
| 2300    | 2,88    | 5,315                   | 6,745                   | 8,246                   |

**Schnittfähigkeit allgemein**

Grundsätzlich sind geschleuderte Muffenrohre bis einschließlich DN 300 immer schnittfähig. Ab DN 350 sind schnittfähige Muffenrohre werkseitig gesondert gekennzeichnet. Siehe folgende zwei Abschnitte.

Bei Muffenrohren > DN 300, die nicht als schnittfähig gekennzeichnet sind, und bei F- und FF-Flanschenrohren, welche aus Rohrschäften hergestellt sind (zu erkennen an einer Zementmörtel-Auskleidung), muss vor dem Schneiden überprüft werden, ob die dafür erforderlichen Voraussetzungen erfüllt sind. Gegossene F- und FF- Flanschenrohre (Innen und Außen Epoxy) sollten nicht als Schnittröhre verwendet werden.

Muffenrohre und Flanschenrohre sind schnittfähig, wenn der Außendurchmesser des Rohrschaftes an der zu schneidenden Stelle innerhalb der zulässigen Toleranzen gemäß nachfolgender Tabelle liegt:

| DN   | Da                                    | Da <sub>max</sub> | Da <sub>min</sub> | U <sub>nenn</sub> | U <sub>max</sub> | U <sub>min</sub> |
|------|---------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|
| 80   | 98 <sup>+1,7</sup> <sub>-2,7</sub>    | 99                | 95,3              | 307,9             | 311,0            | 299,4            |
| 100  | 118 <sup>+1,8</sup> <sub>-2,8</sub>   | 119               | 115,2             | 370,7             | 373,8            | 361,9            |
| 125  | 144 <sup>+1,8</sup> <sub>-2,8</sub>   | 145               | 141,2             | 452,4             | 455,5            | 443,6            |
| 150  | 170 <sup>+1,9</sup> <sub>-2,9</sub>   | 171               | 167,1             | 534,1             | 537,2            | 525,0            |
| 200  | 222 <sup>+1,9</sup> <sub>-2,9</sub>   | 223               | 219,0             | 697,4             | 700,6            | 688,0            |
| 250  | 274 <sup>+1,3</sup> <sub>-3,1</sub>   | 275               | 270,9             | 860,8             | 863,9            | 851,1            |
| 300  | 326 <sup>+1,3</sup> <sub>-3,3</sub>   | 327               | 322,7             | 1.024,2           | 1.027,3          | 1.013,8          |
| 400  | 429 <sup>+1,5</sup> <sub>-3,5</sub>   | 430               | 425,5             | 1.347,7           | 1.350,9          | 1.336,7          |
| 500  | 532 <sup>+1,4</sup> <sub>-3,8</sub>   | 533               | 528,2             | 1.671,3           | 1.674,5          | 1.659,4          |
| 600  | 635 <sup>+1,4</sup> <sub>-4,0</sub>   | 636               | 631,0             | 1.994,9           | 1.998,1          | 1.982,3          |
| 700  | 738 <sup>+1,4</sup> <sub>-4,3</sub>   | 739               | 733,7             | 2.318,5           | 2.321,6          | 2.305,0          |
| 800  | 842 <sup>+1,4</sup> <sub>-4,5</sub>   | 843               | 837,5             | 2.645,2           | 2.648,4          | 2.631,1          |
| 900  | 945 <sup>+1,4</sup> <sub>-4,8</sub>   | 946               | 940,2             | 2.968,8           | 2.971,9          | 2.953,7          |
| 1000 | 1.048 <sup>+1,5</sup> <sub>-5,0</sub> | 1.049             | 1.043,0           | 3.292,4           | 3.295,5          | 3.276,7          |

Da = Außendurchmesser; U = Umfang

Zusätzlich darf die Ovalität an den Einsteckenden der Rohre folgende Werte nicht überschreiten:

- 1 % für DN 250 bis DN 600
- 2 % für DN 600 bis DN 1000

z. B.: Ovalität =  $100 \cdot \left( \frac{738,5 - 735}{738,5 + 735} \right) = 0,24\%$

**Berechnung der Ovalität**

$$\text{Ovalität} = 100 \cdot \left( \frac{A_1 - A_2}{A_1 + A_2} \right)$$

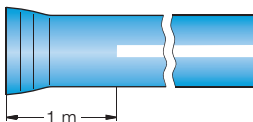
A<sub>1</sub> = die größte Achse in Millimeter  
A<sub>2</sub> = die kleinste Achse in Millimeter

## Schnittfähigkeit

Bis DN 300 sind die gelieferten Rohre im Bereich des Rohrschaftes, bis 1 m von der Muffe entfernt, schnittfähig, so dass eine Verbindung hergestellt werden kann.

Über DN 300 sind nur Rohre mit einem durchgehenden Längsstrich schnittfähig. Solche Rohre (Schnittrohre) müssen gesondert bestellt werden.

Zusätzliches Kennzeichen für ein Schnittrohr ist ein „SR“ an der Muffenstirnseite.



## Werkzeuge

Zum Trennen von duktilen Gussrohren eignen sich am besten Trennschleifgeräte mit verschiedenen Antriebsarten, wie z. B. Pressluft-, Elektro- oder Benzinmotoren.

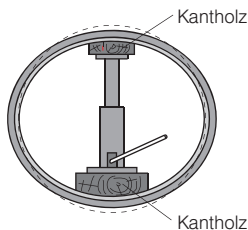
Als Trennscheibe empfehlen wir Scheiben vom Typ C 24 RT Spezial aus Siliziumcarbid.

Dies sind Trennscheiben für Stein, die sich in der Praxis zum Trennen von duktilem Gussrohren bewährt haben.

Beim Trennen der ZM-ausgekleideten oder ZM-umhüllten Rohre sind Schutzbrille und Atemschutz zu tragen.

Anfallende Späne sind sorgfältig aus dem Rohrrinneren zu entfernen.

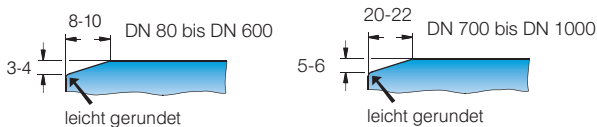
Bei Rohren größerer Nennweite kann es vorkommen, dass nach dem Kürzen die neu entstandenen Einsteckenden etwas oval sind. Gegebenenfalls sind solche Einsteckenden mit geeigneten, innen oder außen angesetzten Vorrichtungen z. B. hydraulische Pressen oder Schellen zu runden. Die Vorrichtung ist erst nach dem Fertigstellen der Verbindung zu entfernen.



### Bearbeiten von Schnittflächen

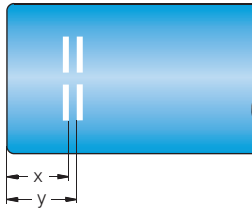
Auf der Baustelle gekürzte Rohre an den Schnittflächen entsprechend dem Originaleinsteckende angefasst werden.

Die Anfasung muss gemäß Skizze ausgeführt werden.



Die blanke Metallfläche wird einem dem Außenschutz des Rohres entsprechenden Lack nachgestrichen. Dafür eignet sich eine schnelltrocknende Deckbeschichtung, die den Anforderungen des Lebensmittelgesetzes entspricht. Zur schnelleren Trocknung empfiehlt es sich, vorher die Rohrenden und anschließend den Anstrich mit einer Gasflamme zu behandeln. Anschließend die Strichmarkierungen vom Originaleinsteckende auf das geschnittene Einsteckende übertragen.





## Maße für Strichmarkierung

|             | DN | 80 | 100 | 125 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 |
|-------------|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Form A      | X  | 69 | 73  | 76  | 79  | 85  | 90  | 95  | 95  |
| Normalmuffe | Y  | 82 | 86  | 89  | 92  | 98  | 103 | 108 | 108 |

|             | DN | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 |
|-------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| Form A      | X  | 95  | 105 | 105 | –   | –   | –   | –    |
| Normalmuffe | Y  | 108 | 118 | 118 | –   | –   | –   | –    |
| Form B      | X  | –   | –   | –   | 148 | 157 | 167 | 177  |
| Langmuffe   | Y  | –   | –   | –   | 161 | 170 | 180 | 190  |

Bei Rohren mit BLS®-Verbindung entfällt die Strichmarkierung. Hier ist stattdessen eine Schweißbraupe aufzubringen. Siehe hierzu die BLS®-Einbauanleitung (Kapitel 2) und die Schweißtechnischen Empfehlungen (Kapitel 9).

Für Kürzen von Rohren mit ZMU sind zusätzlich die Hinweise in Kapitel 6, ab Seite 236 zu beachten.

## 9.9 Schweißtechnische Empfehlungen für das Lichtbogenhandschweißen<sup>1)</sup>



### Geltungsbereich

An Rohren aus duktilem Gusseisen nach EN 545 können in folgenden Fällen Schweißarbeiten durchgeführt werden:

- An Wasserleitungen mit zulässigen Bauteilbetriebsdrücken (PFA) nach EN 545
- Anschweißen von Stützen aus duktilem Gusseisen oder Stahl DN 2“
- Anschweißen von Abgängen aus duktilem Gusseisen oder Stahl DN 80 bis DN 300
- Mauerflansche für das Einbinden in Bauwerke
- Schweißraupen für längskraftschlüssige Steckmuffen-Verbindungen

Diese Empfehlung gilt nicht für im Sandguss hergestellte Formstücke und Rohrleitungsteile sowie Rohrleitungsteile aus Grauguss.

**Rohre unter 4,5 mm Mindestwanddicke dürfen nicht geschweißt werden!**

### Verfahren und Elektroden

Angewendet wird das Lichtbogenhandschweißen mit Stabelektroden auf Nickelbasis, vorzugsweise solche nach EN ISO 1071.

Empfohlene Elektrodentypen:

z. B. Castolin 7330-EC; UTP FN 86; ESAB OK 92.58; Gricast 31 oder 32.

Grundsätzlich gelten die Vorgaben des deutschen Verbandes für Schweißtechnik e.V. (DVS):

DVS 1502, Teil 1+2

DVS 1148

Es sind Schweißer mit Prüfung entsprechend DVS 1148 einzusetzen.

<sup>1)</sup> Lassen Sie sich vor dem erstmaligen Durchführen von Schweißarbeiten durch unsere Anwendungstechnik beraten.

## **Vorbereitungen zum Schweißen**

Die Rohrwandtemperaturen sollen beim Schweißen nicht unter +20 °C liegen.

Der Arbeitsplatz muss trocken sein.

Die Schweißzone muss metallisch blank sein. Verunreinigungen bzw. Zinküberzüge müssen durch Feilen oder Schleifen entfernt werden.

Nadellöcher (Pinholes) dürfen nicht überschweißt werden. Sie müssen bis zum Grund ausgeschliffen und mit Schweißgut aufgefüllt werden. Stutzen sind am Schaftaußendurchmesser so anzupassen, dass der Spalt möglichst 0,5 mm nicht überschreitet.

## **Durchführen der Schweißarbeit**

### **Stromart**

Für das Schweißen kann mit Gleich- oder Wechselstrom gearbeitet werden.

Die Verarbeitungsrichtlinien der Elektrodenhersteller sind zu beachten.

### **Schweißkennwerte**

Die von Elektrodenherstellern angegebenen Stromstärken und Schweißgeschwindigkeiten sind Richtwerte.

### **Vorwärmen**

Vorwärmen ist grundsätzlich vorteilhaft. Vor dem Heften und dem Schweißen der Wurzel-lage ist der Schweißbereich gemäß Tabelle 1 vorzuwärmen.

**Tabelle 1**

Randbedingungen für rissicheres Schweißen an Rohren aus duktilem Gusseisen.

| Schweiß-<br>ausführung<br><br>Rohrwand-<br>dicke (real) | mindestens zweilagig (auch für Rohr/Stutzen-Verbindung) |   |  |
|---|---|---|--|
|   | ohne Wasserfüllung *)                                   | mit Zementmörtel-<br>Auskleidung              | mit Wasserdurchfluss<br>mit Zementmörtel-<br>Auskleidung |
| ≥ 4,7 ... 6 mm  | ohne Zementmörtel-<br>Auskleidung<br>bei 20 °C          | mit Zementmörtel-<br>Auskleidung<br>bei 20 °C | nicht zugelassen   |
| 6 ... 10 mm   | bei 20 °C   | bei 20 °C                                     | bei 20 °C <sup>**)</sup>                                 |
| 10 ... 12 mm  | 150 °C Vorwärmung                                       | bei 20 °C                                     | bei 20 °C <sup>**)</sup>                                 |
| >12 mm  | 150 °C Vorwärmung                                       | 150 °C Vorwärmung                             | 150 °C Vorwärmung  |

<sup>1)</sup> gilt auch für teilgefüllte Rohrleitungen in Schweißbereichen oberhalb des Wasserspiegels

<sup>2)</sup> bei Rohrwandtemperaturen unter 20 °C empfiehlt sich eine Vorwärmung

## Heften

Zu schweißende Teile mit geeigneten Spannvorrichtungen fixieren. Sie müssen an mindestens zwei Stellen geheftet werden. Die Ausläufe von Heftnähten sollen flach sein, damit sie überschweißt werden können; dies kann gegebenenfalls durch Schleifen erreicht werden. Die Heftnähte sind auf Rissfreiheit zu kontrollieren. Gerissene Heftnähte sind auszuschleifen.

## Schweißen

Jede Naht ist möglichst in einem Arbeitsgang zu schweißen. Arbeitsunterbrechungen sollten vermieden werden. Auf Einhaltung der Vorwärmtemperatur während des Schweißens ist zu achten. Sollten Arbeitsunterbrechungen auftreten, ist vor Wiederaufnahme des Schweißvorganges gemäß Tabelle 1 vorzuwärmen.

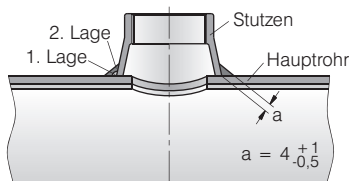
## Anschweißen von Stutzen aus duktilem Gusseisen oder aus Stahl DN 2“

Die Stutzen werden in schweißfertigem Zustand angeliefert und können nach der Vorbehandlung der Schweißzone und Anpassung an den Außendurchmesser mit Kehlnähten angeschweißt werden. Die Schweißnaht besteht aus zwei Lagen.

Die erste Lage (Wurzel) soll ein a-Maß von 3 mm haben.

Die zweite Lage wird zwischen Hauptrohr und Stutzen über die Wurzel hinweg gependelt.

Die fertige Naht soll flach bis leicht hohl sein. Die Prüfung auf Dichtheit wird vor dem Anbohren durchgeführt. An Wasserleitungen mit dem Systemprüfdruck STP (Nenndruck + 5 bar).



## Anschweißen von Abgängen aus duktilem Gusseisen oder Stahl DN 80 bis DN 300

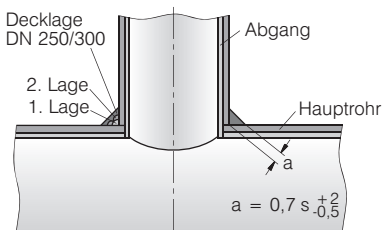
Die Nennweite der Abgänge darf höchstens die Hälfte der Nennweite des Hauptrohres betragen.

Die Abgänge werden mit Kehlnähten angeschweißt. Geschweißt wird im allgemeinen in zwei Lagen. Die erste Lage (Wurzel) soll ein a-Maß von mindestens 3 mm aufweisen.

Die zweite Lage wird zunächst zwischen Wurzel und Hauptrohr und dann zwischen Wurzel und Abgang pendelnd geschweißt. Die fertige Schweißnaht soll flach bis leicht hohl sein und ein a-Maß von  $0,7 s \begin{matrix} +2 \\ -0,5 \end{matrix}$  mm haben. Bei Abgangsnennweiten DN 250 und DN 300 kann zur Erreichung des a-Maßes noch eine Decklage geschweißt werden.

Es kann vorteilhaft sein, größere Abgänge zu puffern. Die Prüfung auf Dichtheit wird vor dem Anbohren durchgeführt. An Wasserleitungen mit dem Systemprüfdruck STP (Nenndruck + 5 bar).

Bei Neuverlegung empfiehlt sich das Anschweißen von Abgängen außerhalb des Grabens. In diesem Fall kann das Hauptrohr vor dem Anschweißen des Abganges angebohrt werden. Die Innendruckprüfung wird dann zusammen mit der Druckprüfung der Rohrleitung durchgeführt.



### Anschweißen von Mauerflanschen aus duktilem Gusseisen oder aus Stahl

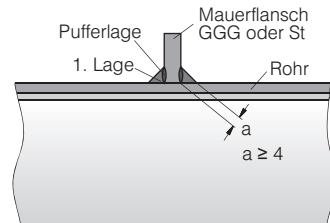
Rohre mit Mauerflansch werden für das Einbinden in Bauwerke verwendet. Durch Schweißen ist es möglich, Mauerflansche an beliebiger Stelle des Rohrschaftes zu befestigen.

Mauerflansche werden als Ringsegmente geliefert und sind eng am Rohr anzulegen.

### Schweißen

Mauerflansche werden mit mindestens zweilagigen Kehlnähten angeschweißt, dabei darf ein a-Maß von 4 mm nicht unterschritten werden. Bei größeren Nennweiten mit entsprechenden Wanddicken ist eine Pufferlage zu empfehlen.

Die Schweißnahtlänge ist nach den betrieblichen Anforderungen festzulegen (zulässige Schubspannung  $\tau_{zul} = 130 \text{ N/mm}^2$ ).  
Ringsegmente sind nach dem Anschweißen miteinander zu verschweißen.



## Aufbringen von Schweißraupen

Bei Rohren mit formschlüssigen/längskraftschlüssigen Steckmuffen-Verbindungen sind nach dem Kürzen auf der Baustelle die Schweißraupen zu ergänzen.

Vorgehensweise, Hilfsmittel und Maßvorgaben sind in den Einbauanleitungen unter „Kürzen von Rohren“ beschrieben.

## Nachbehandlung

Eine thermische Nachbehandlung von Schweißverbindungen oder geschweißten Teilen ist nicht erforderlich.

Der Nahtbereich ist nach dem Erkalten zu säubern und nach der Prüfung mit einem Schutzanstrich, beispielsweise auf bituminöser Basis, sorgfältig nachzustreichen.

## **Prüfung der Schweißnähte**

Die Schweißnähte sind generell einer Sichtprüfung zu unterziehen und falls erforderlich zerstörungsfrei auf Oberflächenfehler und Risse zu prüfen.

Nicht auf Dichtheit beanspruchte Schweißnähte, beispielsweise bei Mauerflanschen, werden stichprobenweise auf Oberflächenfehler geprüft.

Beim Prüfen festgestellte Fehler, wie Oberflächenporen oder Risse in oder neben der Schweißnaht, müssen vor dem Ausbessern vollständig ausgeschliffen werden.

Fehler dürfen nur einmal ausgebessert werden.



## 10 NORMEN UND RICHTLINIEN

**DVGW**

**DIN**  
**EN ISO**

**EN 545**

Rohre, Formstücke, Zubehörteile aus duktilem Gusseisen und ihre Verbindungen für Wasserleitungen – Anforderungen und Prüfverfahren

**EN 681-1**

Elastomer-Dichtungen – Werkstoff-Anforderungen für Rohrleitungs-Dichtungen für Anwendungen in der Wasserversorgung und Entwässerung – Teil 1: Vulkanisierter Gummi

**EN 805**

Wasserversorgung – Anforderungen an Wasserversorgungssysteme und deren Bauteile außerhalb von Gebäuden

**EN 1092-1**

Flansche und ihre Verbindungen – Runde Flansche für Rohre, Armaturen, Formstücke und Zubehör – Teil 1: Stahlflansche, nach PN bezeichnet

**EN 1092-2**

Flansche und ihre Verbindungen – Runde Flansche für Rohre, Armaturen, Formstücke und Zubehörteile, nach PN bezeichnet – Teil 2: Gusseisenflansche

**EN 1295-1**

Statische Berechnung von erdverlegten Rohrleitungen unter verschiedenen Belastungsbedingungen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen

**EN 1333**

Flansche und ihre Verbindungen – Rohrleitungsteile – Definition und Auswahl von PN

**EN 1514-1**

Flansche und ihre Verbindungen – Maße für Dichtungen für Flansche mit PN-Bezeichnung – Teil 1: Flachdichtungen aus nichtmetallischem Werkstoff mit oder ohne Einlagen

**EN 1515-1**

Flansche und ihre Verbindungen – Schrauben und Muttern – Teil 1: Auswahl von Schrauben und Muttern

**EN 1563**

Gießereiwesen – Gusseisen mit KugelGrafit

**EN 10 204**

Metallische Erzeugnisse – Arten von Prüfbescheinigungen;

**EN 10 298**

Stahlrohre und Formstücke für erd- und wasserverlegte Rohrleitungen – Zementmörtel-Auskleidung

**EN 12 502-1**

Korrosionsschutz metallischer Werkstoffe – Hinweise zur Abschätzung der Korrosionswahrscheinlichkeit in Wasserverteilungs- und speichersystemen – Teil 1: Allgemeines; Deutsche Fassung EN 12 502-1:2004

**EN 12 502-3**

Korrosionsschutz metallischer Werkstoffe – Hinweise zur Abschätzung der Korrosionswahrscheinlichkeit in Wasserverteilungs- und speichersystemen – Teil 3: Einflussfaktoren für schmelztauchverzinkte Eisenwerkstoffe; Deutsche Fassung EN 12 502-3:2004

**EN 12 502-4**

Korrosionsschutz metallischer Werkstoffe – Hinweise zur Abschätzung der Korrosionswahrscheinlichkeit in Wasserverteilungs- und speichersystemen – Teil 4: Einflussfaktoren für nichtrostende Stähle; Deutsche Fassung EN 12 502-4:2004

**EN 12 502-5**

Korrosionsschutz metallischer Werkstoffe – Hinweise zur Abschätzung der Korrosionswahrscheinlichkeit in Wasserverteilungs- und speichersystemen – Teil 5: Einflussfaktoren für Gusseisen, unlegierte und niedriglegierte Stähle; Deutsche Fassung EN 12 502-5:2004

**EN 12 502-2**

Korrosionsschutz metallischer Werkstoffe – Hinweise zur Abschätzung der Korrosionswahrscheinlichkeit in Wasserverteilungs- und speichersystemen – Teil 2: Einflussfaktoren für Kupfer und Kupferlegierungen; Deutsche Fassung EN 12 502-2:2004

**EN 13 052-1**

Einfluss von Werkstoffen auf Wasser für den menschlichen Gebrauch – Organische Werkstoffe; Bestimmung von Färbung und Trübung von Wasser in Rohrleitungssystemen – Teil 1: Prüfverfahren

**EN 14 628**

Rohre, Formstücke, Zubehörteile aus duktilem Gusseisen – Polyethylenumhüllung von Rohren – Anforderungen und Prüfverfahren

**EN 14 801**

Bedingungen für die Klassifizierung von Produkten für Rohrleitungssysteme für die Wasserversorgung und Abwasserentsorgung nach auftretenden Drücken

**EN 14 901**

Rohre, Formstücke, Zubehörteile aus duktilem Gusseisen – Epoxidharzbeschichtung von Formstücken und Zubehörteilen aus duktilem Gusseisen (für hohe Beanspruchung) – Anforderungen und Prüfverfahren

**EN 15 542**

Rohre, Formstücke und Zubehör aus duktilem Gusseisen – Zementmörtel-Umhüllung von Rohren – Anforderungen und Prüfverfahren

**EN ISO 1071**

Schweißzusätze – Umhüllte Stabelektroden, Drähte, Stäbe und Fülldrahtelektroden zum Schmelzschiessen von Gusseisen – Einteilung

**EN ISO 9001**

Qualitätsmanagementsysteme – Anforderungen

**EN ISO 7091**

Flache Scheiben – Normale Reihe, Produktklasse C

**EN ISO 4034 Ausgabe: 2001-03**

Sechskantmuttern – Produktklasse C (ISO 4034:1999); Deutsche Fassung  
EN ISO 4034:2000

**EN ISO 4016 Ausgabe: 2001-03**

Sechskantschrauben mit Schaft – Produktklasse C (ISO 4016:1999); Deutsche Fassung  
EN ISO 4016:2000

**DIN 1054**

Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau

**DIN 1055-2**

Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 2: Bodenkenngrößen

**DIN 1960**

VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil A:  
Allgemeine Bestimmungen für die Vergabe von Bauleistungen

**DIN 1998**

Unterbringung von Leitungen und Anlagen in öffentlichen Flächen;  
Richtlinien für die Planung

**DIN 2000**

Zentrale Trinkwasserversorgung – Leitsätze für Anforderungen an Trinkwasser,  
Planung, Bau, Betrieb und Instandhaltung der Versorgungsanlagen  
– Technische Regel des DVGW

**DIN 2403**

Kennzeichnung von Rohrleitungen nach dem Durchflusstoff

**DIN 2429-1**

Graphische Symbole für technische Zeichnungen; Rohrleitungen; Allgemeines

**DIN 2429-2**

Graphische Symbole für technische Zeichnungen; Rohrleitungen;  
Funktionelle Darstellung

**DIN 2880**

Anwendung von Zementmörtel-Auskleidung für Gussrohre, Stahlrohre und Formstücke

**DIN 3475**

Armaturen und Formstücke aus Gusseisen mit Kugelgraphit für Roh- und Trinkwasser;  
Korrosionsschutz durch Innenemaillierung; Güteanforderungen, Prüfungen

**DIN 4046**

Wasserversorgung; Begriffe; Technische Regel des DVGW

**DIN 4124**

Baugruben und Gräben – Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten

**DIN 18 196**

Erd- und Grundbau – Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke

**DIN 18 299**

VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C:  
Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV);  
Allgemeine Regeln für Bauarbeiten jeder Art

**DIN 18 300**

VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische  
Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV); Erdarbeiten

**DIN 18 920**

Vegetationstechnik im Landschaftsbau – Schutz von Bäumen, Pflanzenbeständen und  
Vegetationsflächen bei Baumaßnahmen

## **DIN 28 601**

Rohre und Formstücke aus duktilem Gusseisen – Schraubmuffen-Verbindungen – Zusammenstellung, Muffen, Schraubringe, Dichtungen, Gleitringe

## **DIN 28 602**

Rohre und Formstücke aus duktilem Gusseisen – Stopfbuchsenmuffen-Verbindungen – Zusammenstellung, Muffen, Stopfbuchsenring, Dichtung, Hammerschrauben und Muttern

## **DIN 28 603**

Rohre und Formstücke aus duktilem Gusseisen – Steckmuffen-Verbindungen – Zusammenstellung, Muffen und Dichtungen

## **DIN 28 650**

Formstücke aus duktilem Gusseisen – Bögen 30°, EN-Stücke, MI-Stücke, IT-Stücke – Anwendung, Maße

## **DIN 30 672**

Organische Umhüllungen für den Korrosionsschutz von in Böden und Wässern verlegten Rohrleitungen für Dauerbetriebstemperaturen bis 50 °C ohne kathodischen Korrosionsschutz – Bänder und schrumpfende Materialien

## **DIN 30 674-3**

Umhüllung von Rohren aus duktilem Gusseisen – Teil 3: Zink-Überzug mit Deckbeschichtung

## **DIN 30 674-5**

Umhüllung von Rohren aus duktilem Gusseisen; Polyethylen-Folienumhüllung

**DIN 30 675-2**

Äußerer Korrosionsschutz von erdverlegten Rohrleitungen; Schutzmaßnahmen und Einsatzbereiche bei Rohrleitungen aus duktilem Gusseisen

**DIN 50 900-2**

Korrosion der Metalle – Begriffe – Teil 2: Elektrochemische Begriffe

**DIN 50 929-1**

Korrosion der Metalle; Korrosionswahrscheinlichkeit metallischer Werkstoffe bei äußerer Korrosionsbelastung; Allgemeines

**DIN 50 929-3**

Korrosion der Metalle; Korrosionswahrscheinlichkeit metallischer Werkstoffe bei äußerer Korrosionsbelastung; Rohrleitungen und Bauteile in Böden und Wässern



**W 101**

Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete;  
I. Teil: Schutzgebiete für Grundwasser

**W 102**

Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete;  
II. Teil: Schutzgebiete für Talsperren – Arbeitsblatt

**W 270**

Vermehrung von Mikroorganismen auf Werkstoffen für den Trinkwasserbereich –  
Prüfung und Bewertung – Arbeitsblatt

**W 291**

Reinigung und Desinfektion von Wasserverteilungsanlagen

**W 303**

Dynamische Druckänderungen in Wasserversorgungsanlagen

**W 333**

Anbohrarmaturen und Anbohrvorgang in der Wasserversorgung  
– Merkblatt

**W 339**

Fachkraft für Muffentechnik metallischer Rohrsysteme; Lehr- und Prüfplan – Arbeitsblatt

**W 343**

Sanierung von erdverlegten Guss- und Stahlrohrleitungen durch Zementmörtel-  
auskleidung – Einsatzbereiche, Anforderungen, Gütesicherung und Prüfungen

**W 346**

Guss- und Stahlrohrleitungsteile mit ZM-Auskleidung, Handhabung

**W 347**

Hygienische Anforderungen an zementgebundene Werkstoffe im Trinkwasserbereich –  
Prüfung und Bewertung

**W 348**

Anforderungen an Bitumenbeschichtungen von Formstücken aus duktilem Gusseisen  
und im Verbindungsbereich von Rohren aus duktilem Gusseisen, unlegiertem und niedrig  
legiertem Stahl

**W 400-1**

Entwurf Technische Regeln Wasserverteilung (TRWW);  
Teil 1: Planung

**W 400-2**

Technische Regeln Wasserverteilungsanlagen (TRWW),  
Teil 2: Bau und Prüfung

**GW 9**

Beurteilung von Böden hinsichtlich ihres Korrosionsverhaltens auf erdverlegte Rohrleitungen und Behälter aus unlegierten und niedriglegierten Eisenwerkstoffen

**GW 14**

Ausbesserung von Fehlstellen in Korrosionsschutzumhüllungen von Rohren und Rohrleitungsbauteilen aus Eisenwerkstoffen

**GW 15**

Nachumhüllung von Rohren, Armaturen und Formteilen; Ausbildungs- und Prüfplan

**GW 301**

Qualifikationskriterien für Rohrleitungsbauunternehmen

**GW 303-1**

Berechnung von Gas- und Wasserrohrnetzen – Teil 1: Hydraulische Grundlagen, Netzmodellierung und Berechnung

**GW 304**

Rohrvortrieb und verwandte Verfahren

**GW 310**

Widerlager aus Beton – Bemessungsgrundlagen

**GW 312**

Statische Berechnung von Vortriebsrohren

**GW 315**

Maßnahmen zum Schutz von Versorgungsanlagen bei Bauarbeiten

**GW 316**

Orten von erdverlegten Rohrleitungen und Straßenkappen

**GW 321**

Steuerbare horizontale Spülbohrverfahren für Gas- und Wasserrohrleitungen – Anforderungen, Gütesicherung und Prüfung

**GW 322-1**

Grabenlose Auswechslung von Gas- und Wasserrohrleitungen – Teil 1: Press-/Ziehverfahren – Anforderungen, Gütesicherung und Prüfung

**GW 323**

Grabenlose Erneuerung von Gas- und Wasserversorgungsleitungen durch Berstlining; Anforderungen, Gütesicherung und Prüfung – Merkblatt –

**GW 329**

Fachaufsicht und Fachpersonal für steuerbare horizontale Spülbohrverfahren; Lehr- und Prüfplan – Arbeitsblatt –

**GW 337**

Rohre, Formstücke und Zubehörteile aus duktilem Gusseisen für die Gas- und Wasserversorgung – Anforderungen und Prüfungen

**GW 368**

Längskraftschlüssige Muffenverbindungen für Rohre, Formstücke und Armaturen aus duktilem Gusseisen oder Stahl

**VP 546**

Dichtungen für Muffenverbindungen in Rohrleitungen aus duktilem Gusseisen oder Stahl  
– Anforderungen und Prüfungen

**VP 547**

Dichtungen für Flanschverbindungen in Rohrleitungen aus duktilem Gusseisen;  
Anforderungen und Prüfungen



## Duktus (Wetzlar) GmbH & Co. KG

Sophienstr. 52-54  
35576 Wetzlar  
Germany

T +49 6441 49 2401  
F +49 6441 49 1455

**[duktus.com](http://duktus.com)**

Ein Unternehmen der vonRoll infratec Gruppe