



Nachhaltig überlegen –  
duktiler Guss-Rohrsysteme



**EADIPS®**  
**FGR®**

# Guss-Rohrsysteme

Rohre, Formstücke und Armaturen aus duktilem Gusseisen





# Guss-Rohrsysteme

Rohre, Formstücke und Armaturen aus duktilem Gusseisen





## Vorwort

Die vorliegende Ausgabe des Gussrohr-Handbuches wird mit aktualisiertem Inhalt in Form eines E-Books im PDF-Format als Komplettausgabe und mit einzelnen Kapiteln auf der Webpräsenz, [www.eadips.org](http://www.eadips.org), der European Association for Ductile Iron Pipe Systems · EADIPS®/Fachgemeinschaft Guss-Rohrsysteme (FGR®) e. V. zum Download für Sie bereitgestellt.

Damit können Sie die vielfältigen Vorteile eines modernen E-Books interaktiv für Ihre Arbeit nutzen. Für den Leser des E-Books eröffnet der Suchalgorithmus des Adobe Reader diverse Möglichkeiten, im PDF nach Begriffen und Textpassagen zu suchen und sich die entsprechenden Inhalte geordnet mit Lesezeichen anzeigen zu lassen.

Die Datumsangaben (Monat und Jahr) auf den jeweiligen Kapitelseiten in der Fußzeile links zeigen das Veröffentlichungsdatum der jeweiligen Kapitel. Das Datum der Veröffentlichung eines Kapitels ist bezüglich der zu diesem Zeitpunkt zitierten Literaturhinweise von Normen und Regelwerken von Bedeutung.

Jedes Kapitel ist für sich eine eigene Einheit, einem Ordner vergleichbar. Damit kann der Herausgeber jedes Kapitel unabhängig von anderen Kapiteln ändern, aktualisieren oder ergänzen. Ebenso einfach lassen sich neue Kapitel hinzufügen.

Die Abbildungen, wie Grafiken, Fotos und Tabellen, befinden sich in der Regel im Textfluss nahe am relevanten Inhalt. Themenbezogene Videos werden durch das Symbol  im Text gekennzeichnet und können im PDF zum Abspielen angeklickt werden. Voraussetzung ist ein Breitbandanschluss.

Das Handbuch „Guss-Rohrsysteme“ kann als Broschüre mit Klebebindung unter [www.eadips.org/e-book/](http://www.eadips.org/e-book/) als aktuelle Ausgabe zum Zeitpunkt der Drucklegung bestellt werden.

EADIPS®/FGR®  
European Association  
for Ductile Iron Pipe Systems/  
Fachgemeinschaft Guss-Rohr-  
systeme e. V.

# Inhalt

## Vorwort

### 1 Einführung

- 1.1 Allgemeines
- 1.2 Gusseisen als Rohrwerkstoff
- 1.3 Verbindungstechnik
- 1.4 Moderne Gussrohr-Technik
- 1.5 Nachhaltigkeit
- 1.6 Zusammenfassung
- 1.7 Literatur

### 2 Der Werkstoff duktiles Gusseisen

- 2.1 Allgemeines
- 2.2 Gefügebau
- 2.3 Technologische Eigenschaften
- 2.4 Literatur

### 3 Herstellung der Rohre, Formstücke und Armaturen

- 3.1 Erschmelzen des Eisens
- 3.2 Magnesium-Behandlung
- 3.3 Gießverfahren
- 3.4 Nachbehandlung
- 3.5 Aufbringen der Umhüllungen und Auskleidungen
- 3.6 Kennzeichnung
- 3.7 Prüfung
- 3.8 Literatur

### 4 Qualitätsmanagement

- 4.1 Allgemeines
- 4.2 Qualitätsmanagement in der Gussrohrindustrie
- 4.3 Prozesslenkung und Qualitätsprüfungen bei Rohren aus duktilem Gusseisen
- 4.4 Prozesslenkung und Qualitätsprüfungen bei Formstücken und Zubehörteilen aus duktilem Gusseisen
- 4.5 Fremdüberwachung
- 4.6 Literatur

NEU

### 5 Ausführung und Wanddickenberechnung der Rohre

- 5.1 Spannungen in Druckrohrleitungen
- 5.2 Dimensionierung der Wanddicke von Rohren mit beweglichen längskraftfreien Steckmuffen-Verbindungen
- 5.3 Entwicklung der Mindestrohrwanddicken
- 5.4 Vergleich von Wanddickenklassen (K-Klassen) und Druckklassen (C-Klassen) beweglicher längskraftfreier Rohre
- 5.5 Einfluss der Längsbiegefestigkeit und der Ringsteifigkeit auf die Dimensionierung der Rohrwanddicke
- 5.6 Duktile Gussrohre mit beweglichen längskraft-schlüssigen Verbindungen
- 5.7 Literatur

## **6 Ausführung und Kennzeichnung der Formstücke**

- 6.1 Allgemeines
- 6.2 Verbindungsarten
- 6.3 Formstücke für Abwasseranlagen
- 6.4 Einsatzbereiche

## **7 Armaturen**

- 7.1 Armaturen aus Gusseisen mit Kugelgrafit
- 7.2 Korrosionsschutz von Armaturen aus Gusseisen mit Kugelgrafit
- 7.3 Hydraulische Grundlagen und Auslegung von Armaturen
- 7.4 Absperrarmaturen
- 7.5 Anbohrarmaturen
- 7.6 Regelarmaturen
- 7.7 Be- und Entlüftungsventile
- 7.8 Hydranten

## **8 Steckmuffen-Verbindungen**

- 8.1 Allgemeines
- 8.2 Verbindungsarten
- 8.3 Einsatzbereiche
- 8.4 Literatur

## **9 Längskraftschlüssige Muffen-Verbindungen**

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

## **10 Mechanische Verbindungen – Großbereichs-Kupplungen und -Flanschadapter**

- 10.1 Allgemeines
- 10.2 Aufbau und Wirkungsweise
- 10.3 Großbereichs-Kupplungen
- 10.4 Großbereichs-Flanschadapter
- 10.5 Dichtungsvorspannung
- 10.6 Bereiche von Rohraußendurchmessern
- 10.7 Zulässige Abwinkelbarkeit
- 10.8 Längskraftschlüssigkeit
- 10.9 Literatur

## 11 Sicherung durch Betonwiderlager

- 11.1 Ermittlung der Anlagefläche  $A_G$  eines Betonwiderlagers
- 11.2 Berechnungsbeispiel für ein Betonwiderlager mit quadratischer Anlagefläche  $A_G$  und der Widerlagerlänge  $l$
- 11.3 Berechnung der Übertragungsfläche zwischen Beton und Formstückaußenfläche
- 11.4 Formelzeichen

## 12 Dauerhaftigkeit

- 12.1 Allgemeines
- 12.2 Korrosionsschutz-Maßnahmen, Grundlagen
- 12.3 Allgemeine Betrachtung von Korrosionsschutz-Maßnahmen bei Rohrleitungen aus duktilem Gusseisen
- 12.4 Dauerhaftigkeit von Beschichtungsstoffen
- 12.5 Dauerhaftigkeit von Dichtungen

## 13 Dichtungen

- 13.1 Allgemeines
- 13.2 Dichtungsarten
- 13.3 Eigenschaften
- 13.4 Dichtungen für Trinkwasserleitungen
- 13.5 Dichtungen für Abwasserkanäle und -leitungen
- 13.6 Literatur

## 14 Umhüllungen

- 14.1 Allgemeines
- 14.2 Werkseitige Umhüllungen von Rohren
- 14.3 Beschichtung von Formstücken und Armaturen
- 14.4 Baustellenseitige Maßnahmen
- 14.5 Literatur

## 15 Auskleidungen

- 15.1 Allgemeines
- 15.2 Auskleidungen von Rohren, Formstücken und Armaturen für Trinkwasserleitungen
- 15.3 Auskleidungen in Leitungen für Rohwässer
- 15.4 Auskleidungen von Rohren, Formstücken und Armaturen für Abwasserleitungen
- 15.5 Auskleidungen in Leitungen für Brauch- und Kühlwasser
- 15.6 Literatur

## 16 Statische Berechnung

- 16.1 Allgemeines
- 16.2 Belastungen
- 16.3 Berechnung
- 16.4 Schnittkräfte
- 16.5 Verformungen
- 16.6 Spannungen
- 16.7 Deformationen
- 16.8 Sicherheiten
- 16.9 Literatur

## **17    Hydraulische Berechnung**

- 17.1 Allgemeines
- 17.2 Berechnung des Druckverlustes
- 17.3 Literatur

## **18    Schweißen an duktilen Gussrohren**

- 18.1 Allgemeines
- 18.2 Schweißverfahren
- 18.3 Anwendungsbereiche

## **19    Transport, Lagerung und Einbau**

- 19.1 Allgemeines
- 19.2 Vorschriften für den Bau von Leitungen
- 19.3 Transport von Rohren, Formstücken und Armaturen aus duktilem Gusseisen
- 19.4 Einbau von duktilen Guss-Rohrsystemen
- 19.5 Einbau
- 19.6 Rohrgraben
- 19.7 Sonderfälle beim Bau von Rohrleitungen
- 19.8 Literatur

## **20    Dichtheitsprüfungen**

- 20.1 Allgemeines
- 20.2 Dichtheitsprüfungen von Druckrohrleitungen
- 20.3 Dichtheitsprüfung von Freispiegelkanälen und -leitungen für den Abwassertransport
- 20.4 Prüfung von Abwasserdruckleitungen

## **21    Inbetriebnahme von Gussrohrleitungen für Trinkwasser**

- 21.1 Vorbemerkung
- 21.2 Vorbeugende Maßnahmen
- 21.3 Reinigungsmaßnahmen
- 21.4 Spülen mit Wasser
- 21.5 Spülen mit Wasser und Luft
- 21.6 Impulsspülverfahren
- 21.7 Sonstige Reinigungsverfahren
- 21.8 Desinfektionsverfahren
- 21.9 Desinfektionsmittel
- 21.10 Handhabung und Entsorgung
- 21.11 Kontrolle der Maßnahmen und Freigabe der Rohrleitung
- 21.12 Maßnahmen bei bestehenden Gussrohrleitungen
- 21.13 Zusammenfassung
- 21.14 Schlussbemerkungen, zusätzliche Informationen und Ausblick
- 21. 15 Literatur

## **22 Einsatz von duktilen Gussrohren im grabenlosen Rohrleitungsbau**

- 22.1 Allgemeines
- 22.2 Umhüllungen duktiler Gussrohre für den grabenlosen Rohreinbau
- 22.3 Verbindungstechnik
- 22.4 Grabenlose Einbauverfahren
- 22.5 Literatur

## **23 Neue Anwendungsschwerpunkte für Rohre aus duktilem Gusseisen**

- 23.1 Löschwasserleitungen
- 23.2 Hochdruckleitungen
- 23.3 Kühlwasserleitungen
- 23.4 Literatur

## **24 Normen, Richtlinien und technische Regeln**

- 24.1 Allgemeines
- 24.2 Normen-Datenbank

## **25 Sachregister**

## **26 Impressum**



# 1

## Einführung

- 1.1 Allgemeines
- 1.2 Gusseisen als Rohrwerkstoff
- 1.3 Verbindungstechnik
- 1.4 Moderne Gussrohr-Technik
- 1.5 Nachhaltigkeit
- 1.6 Zusammenfassung
- 1.7 Literatur

# 1 Einführung

**Vor etwa 150 Jahren wurde die städtische Infrastruktur zur Versorgung der Einwohner mit Trinkwasser beinahe ausschließlich mit Gussrohren aufgebaut. Ein wesentlicher Teil der heute betriebenen Versorgungsnetze stammt noch aus jener Zeit. Seitdem hat sich das Guss-Rohrsystem entscheidend weiterentwickelt: Die Herstellverfahren haben sich den gestiegenen Anforderungen an Maßhaltigkeit, Gewichtsreduzierung und Wirtschaftlichkeit angepasst. Die Verbindungstechnik wurde sicherer und einfacher. Das Gusseisen mit Kugelgrafit ermöglichte eine höhere mechanische Belastung bei gleichzeitiger Gewichtsreduzierung. Der Schutz vor chemischen Angriffen von innen und außen wurde perfektioniert, und mit Rohren, Formstücken, Armaturen und Zubehörteilen wurde ein Komplettsystem für alle Aufgaben bereitgestellt. Das System aus duktilen Gussrohren, Formstücken, Armaturen und Zubehör stellt heutzutage den störungsfreien und wirtschaftlichen Transport von überwiegend flüssigen Medien (Wasser und Abwasser) sicher.**

## 1.1 Allgemeines

Wichtige Rohrnetze dienen dem Transport von

- Wasser (Trinkwasser, Brauch- und Betriebswasser) und
- Abwasser (häusliches, gewerbliches und industrielles Abwasser).

Die Leitungen liegen vorwiegend im Erdboden und entziehen sich somit einer laufenden Kontrolle und Beobachtung. Sie müssen daher aus einem Rohrwerkstoff mit hohen Festigkeiten und langer Nutzungsdauer bestehen. Auch ihre Verbindungen müssen bei allen Einwirkungen von innen und von außen dauerhaft dicht sein. Unterirdisch eingebaute Rohrleitungen sind vielfältigen Bean-

spruchungen ausgesetzt. Zum einen ist dies der zur Fortleitung des Fördermediums erforderliche Innendruck. Zum anderen wirken von außen vor allem die Erd- und Verkehrslasten, verbunden mit beachtlichen Bodenbewegungen und Erschütterungen, auf die Leitungen ein. Zu diesen meist kombiniert auftretenden inneren und äußeren Belastungen, die sowohl statischer als auch dynamischer Natur sein können, kommen noch chemische Beanspruchungen vom umgebenden Erdreich und eventuell vom Fördermedium hinzu; gegebenenfalls sind auch noch Einflüsse von Temperaturschwankungen zu berücksichtigen.

Die Kosten für den Transport von Wasser und Abwasser werden im Wesentlichen von den Rohrleitungskosten bestimmt, d. h. von den Kosten für Rohre, Formstücke und Armaturen selbst, für ihren Einbau, für den Betrieb und die Instandhaltung des Rohrnetzes.

Treten an erdüberdeckten Rohrleitungen Schäden auf, so ist es nicht nur sehr schwierig, sie zu erkennen und aufzufinden, sondern meist auch sehr kostspielig, sie zu beheben. Im Schadensfall müssen

neben den eigentlichen Reparaturkosten wesentlich höhere Kosten für das Aufreißen und Instandsetzen der modernen Stadtstraßen und für das Umleiten des Verkehrs aufgebracht werden. Deswegen müssen nachhaltige Rohrnetze große Sicherheitsreserven besitzen. Duktile Guss-Rohrsysteme weisen höchste Sicherheitsreserven aus und erfüllen alle Anforderungen an nachhaltige Rohrnetze.

## 1.2 Gusseisen als Rohrwerkstoff

Zuverlässige Angaben über Zeit und Ort der Erfindung des Eisengusses liegen nicht vor. Es ist jedoch bekannt, dass z.B. in China die Kunst des Eisengusses weit früher als in Europa Eingang gefunden hat. Die erste eiserne Hängebrücke wurde dort etwa 300 Jahre n. Chr. gebaut.

Die ersten gusseisernen Geschützrohre wurden im 12. Jahrhundert in Europa eingesetzt. In der ersten Hälfte des 15. Jahrhunderts erzielte man bereits beachtliche Leistungen beim Gießen von Geschützrohren. Vermutlich sind auch die ersten Leitungsrohre von Geschützgießern im

Auftrage ihrer Standesherrn gegossen worden. Diese haben offensichtlich den Wert eines dauerhaften und druckfesten Rohrwerkstoffes bei der Errichtung von Druckwasserleitungen für ihre Burgen und Schlösser schon früh erkannt. So trat das Gusseisen seinen Weg als Rohrwerkstoff durch die Jahrhunderte an.

### 1.2.1 Alte Rohrleitungen aus Grauguss

Gussrohre sind seit mehr als 500 Jahren im Einsatz, und zwar zunächst als Graugussrohre. Ihre lange Nutzungsdauer ist legendär. Sie dienten anfangs vor allem dem Transport von Trink- und Betriebswasser. Als Beispiele für den Bau alter gusseiserner Wasserleitungen seien folgende Daten genannt:

- |      |  |
|------|--|
| 1455 | wurde eine der ältesten Gussrohrleitungen gebaut; es handelt sich um die Wasserleitung für das Schloss Dillenburg ( <b>Bild 1.1</b> ). |
| 1562 | entstand in Langensalza eine Wasserleitung zur Versorgung des Jacobi- und Rathausbrunnens.   |



**Bild 1.1 :**  
Gussrohr der Wasserleitung aus dem Schloss Dillenburg (1455)



**Bild 1.2:**  
Flanschenrohre aus dem Schlosspark von Versailles

- 1661 wurde die Schlosswasserleitung von Braunfels errichtet. Die Gussrohre waren bis 1875 in Betrieb und wurden bei Kanalisationsarbeiten im Jahre 1932 ausgebaut.
- 1664–1668 entstand die Wasserleitung im Schlosspark von Versailles zur Speisung der dortigen Wasserspiele (**Bild 1.2**).
- 1710 - 1717 Bau der Wasserspiele im Schlosspark Kassel-Wilhelmshöhe mit dem Herkules-Denkmal. Gussrohrleitung zur Versorgung der Wasserspiele mit Wasser (**Bild 1.3**). Seit Juni 2013 ist das Herkules-Denkmal mit den Wasserspielen UNESCO-Welterbe.

Seit Mitte des 19. Jahrhunderts ist infolge der zunehmenden Industrialisierung und der beachtlichen Bevölkerungszunahme bei stetiger Verbesserung des Lebensstandards der Verbrauch an Wasser laufend gestiegen.



**Bild 1.3:**  
Gussrohrleitung zur Versorgung der Wasserspiele des Herkules-Denkmal mit Wasser im Schlosspark Kassel-Wilhelmshöhe (UNESCO-Welterbe seit Juni 2013)

Mit der Notwendigkeit, immer größere Wassermengen an den Verbraucher heranzuführen, stiegen die Betriebsdrücke in den Versorgungsleitungen.

Mit weiterentwickelten Verfahren für das Schmelzen, Gießen und Prüfen wurden die Werkstoffeigenschaften des Gusseisens verbessert und damit auch die Gussrohrqualität.

Für die seit Mitte des 19. Jahrhunderts gebauten städtischen Versorgungsnetze (Trinkwasser) stand als Werkstoff fast ausnahmslos das graue Gusseisen zur Verfügung. Später gesellte sich als weiterer Werkstoff der Stahl hinzu. Die BGW-Wasserstatistik (Bundesverband der Deutschen Gas- und Wasserwirtschaft e.V.) weist für die Bundesrepublik bis in die 50er Jahre des 20. Jahrhunderts einen Anteil von Gussrohren im liegenden Netz von 85 % aus.

Auf diesem Gebiet der städtischen Wasserverteilung liegt der Hauptanwendungsbereich der Gussrohre, seit etwa 1960 der Rohre und Formstücke aus duktilem Gusseisen sowie Armaturen aus Gusseisen mit Kugelgraphit <sup>\*)</sup>. Die Länge der Gussrohrleitungen weltweit wird auf mehrere 10<sup>7</sup> km geschätzt, davon entfallen auf Rohre aus duktilem Gusseisen etwa ein Drittel, jährlich kommen mehrere 10<sup>5</sup> km dazu. Die Gründe für diese hohe Verbreitung sind u. a.

- Robustheit des Rohres,
- hohe Sicherheitsreserven, selbst gegenüber ungeplanten Lastfällen,
- unkomplizierter Einbau,

- trinkwasserhygienische Unbedenklichkeit,
- Langlebigkeit des Gesamtsystems,
- niedrigste Schadensrate aller Rohrwerkstoffe,
- niedrigste Leckagerate,
- geringste Betriebs- und Instandhaltungskosten,
- universelle Einsetzbarkeit bei einfachen bis schwierigsten Randbedingungen.

**\*) Anmerkung:**

„Gusseisen mit Kugelgrafit“ und „Duktiles Gusseisen“ sind Synonyme für ein Gusseisen, bei dem der Grafit überwiegend kugelförmig vorliegt. Üblicherweise wird bei Rohren und Formstücken der Ausdruck „Duktiles Gusseisen“ verwendet, während die normgerechte Werkstoffbezeichnung bei Armaturen „Gusseisen mit Kugelgrafit“ nach EN 1563 [1.1] lautet. Sind in den folgenden Abschnitten und Kapiteln Rohre, Formstücke und Armaturen in einem Atemzug genannt, wird zur Vereinfachung und für die leichtere Lesbarkeit die Werkstoffbezeichnung „Duktiles Gusseisen“ verwendet.

Heute sind Rohre, Formstücke und Armaturen aus duktilem Gusseisen die wichtigsten Elemente zum Bau von Trinkwasser- und Abwasserleitungen weltweit. Bei den jüngeren Entwicklungen der Bautechnik, z.B. der

grabenlosen Einbau- und Auswechselungsverfahren sowie Anwendungsbereichen mit sehr viel höheren Innendrücken oder anderen Belastungen, haben sich die Rohrsysteme aus duktilem Gusseisen ausgezeichnet bewährt. Duktile Guss-Rohrsysteme sind die Allrounder für sämtliche Anwendungen rund um das Wasser, sei es die einfache städtische Wasserleitung, in traditioneller handwerklicher Weise eingebaut, oder das aufwendigste Leitungsbauwerk mit einer Fülle von Sonderbauwerken und ausgeklügelten Spezialbauverfahren.

### 1.2.2 Verbesserung der Fertigungsverfahren und Werkstoffeigenschaften

Um der erhöhten Nachfrage zu entsprechen, entwickelte die Gussrohrindustrie neue, leistungsfähigere Fertigungsverfahren. Hatte man die Rohre anfangs einzeln in liegende Sandformen gegossen, so ging man 1885 dazu über, die Rohre in stehenden, auf einem Drehgestell angeordneten Sandformen abzugießen, womit sich der Herstellungsablauf kontinuierlich vollzog.

Die wohl bedeutendste Neuerung in der Gussrohr-Fertigung war aber die Einführung des Schleuderguss-Verfahrens (**Kapitel 3.3**).

In Deutschland wird das Schleudern von Gussrohren seit dem Jahre 1926 praktiziert. Dieses für die mechanisierte Massenfertigung hervorragend geeignete Verfahren ermöglichte es den Rohrgießereien, dem ständig wachsenden Bedarf an Gussrohren ohne Schwierigkeiten nachzukommen.

Im Laufe der Zeit ist auch der Werkstoff Gusseisen in Anpassung an die steigenden Belastungen der Rohrnetze weiterentwickelt worden.

Wurde beispielsweise noch um 1900 für Sandgussrohre eine Zugfestigkeit von mindestens 120 N/mm<sup>2</sup> gefordert, so lag bereits in den 30er Jahren für Schleudergussrohre die Mindestzugfestigkeit bei 200 N/mm<sup>2</sup>.

Als jüngster und auch bedeutendster Schritt in der gießereitechnischen Entwicklung ist die Aufnahme der Fertigung von Rohren, Formstücken und Arma-

turen aus duktilem Gusseisen anzusehen. Nähere Angaben über den Werkstoff „Duktile Gusseisen“ sind im **Kapitel 2** dieses Handbuchs zu finden.

Die Herstellung der Rohre, Formstücke und Armaturen aus duktilem Gusseisen wird im **Kapitel 3** ausführlich beschrieben.

### 1.2.3 Rohrsysteme aus duktilem Gusseisen für die Wasserversorgung und Abwasserentsorgung

Die duktilen, d.h. verformungsfähigen Gussrohre werden in Europa seit 1951 und in der Bundesrepublik Deutschland seit 1956 hergestellt. Verformbarkeit bzw. Dehnungsfähigkeit werden beim duktilen Gusseisen durch die kugelige Grafitausbildung ermöglicht. Für den Werkstoff der duktilen Gussrohre beträgt die Zugfestigkeit heute mindestens  $420 \text{ N/mm}^2$ . Neben dieser hohen Zugfestigkeit, die schon sehr deutlich die Verbesserung der Leistungsfähigkeit zeigt, ist für das duktile Gussrohr vor allem die beachtliche Verformbarkeit charakteristisch.

Durch die Verbesserung der Metallurgie des Gusseisens sind die Voraussetzungen für den Einsatz duktiler Guss-Rohrsysteme in nahezu allen Bereichen der städtischen Leitungsinfrastruktur (Wasser und Abwasser) geschaffen worden.

In der Wasserversorgung, d.h. für den Transport von Trinkwasser, Brauch- und Betriebswasser, werden Gussrohre und Formstücke aus duktilem Gusseisen seit Mitte der 60er Jahre eingesetzt. Entsprechend der für Wasserleitungen maßgebenden Norm EN 545 [1.2] reichen die Nennweiten von Druckrohren aus duktilem Gusseisen von DN 40 bis DN 2000 in den Druckklassen C 20 bis C 100. DIN 28603 [1.3] definiert Steckmuffen-Verbindungen ab DN 80.

Bei äußeren Beanspruchungen aus der Erd- und Verkehrslast ist auf Einhaltung der zulässigen Ovalisierung des Rohres bis zu 4 % zu achten.

Die Einsatzbereiche hinsichtlich zulässiger Drücke sind in **Tabelle 1.1** (Ausschnitt aus Tabelle 17 der EN 545 [1.2]) zusammengestellt.

Für Armaturen erwies sich die Einführung des Gusseisens mit Kugelgrafit als Vorteil. Wegen der Verdoppelung der Zugfestigkeit konnten die Wanddicken der Armaturengehäuse dramatisch verringert werden, die Gewichte halbierten sich. Näheres zum Werkstoff im **Kapitel 7.1**.

In der Abwasserentsorgung, d.h. für den Transport von häuslichem, gewerblichem und industriellem Abwasser, wurden Rohre und Formstücke aus duktilem Gusseisen zunächst vor allem für Abwasser-Druckleitungen verwendet, aber auch als Abwasserleitungen in schwierigerem Gelände, z.B. in senkungs- oder rutschgefährdeten Gebieten bzw. an Steilhängen, bei Gewässerquerungen (Düker) sowie bei statisch problematischen Einbaubedingungen. Entsprechend der für Abwasserkanäle und -leitungen maßgebenden Norm EN 598 [1.4] sind Rohrsysteme aus duktilem Gusseisen nicht nur für den Bau von erdüberdeckten Freispiegelleitungen einsetzbar.

Druckklasse (C-Klassen) = PFA [bar]							
DN	20	25	30	40	50	64	100
e <sub>min</sub> [mm]							
80				<b>3,0</b>	3,5	4,0	4,7
100				<b>3,0</b>	3,5	4,0	4,7
125				<b>3,0</b>	3,5	4,0	5,0
150				<b>3,0</b>	3,5	4,0	5,9
200				<b>3,1</b>	3,9	5,0	7,7
250				<b>3,9</b>	4,8	6,1	9,5
300				<b>4,6</b>	5,7	7,3	11,2
350			<b>4,7</b>	5,3	6,6	8,5	13,0
400			<b>4,8</b>	6,0	7,5	9,6	14,8
450			<b>5,1</b>	6,8	8,4	10,7	16,6
500			<b>5,6</b>	7,5	9,3	11,9	18,3
600			<b>6,7</b>	8,9	11,1	14,2	21,9
700		<b>6,8</b>	7,8	10,4	13,0	16,5	
800		<b>7,5</b>	8,9	11,9	14,8	18,8	
900		<b>8,4</b>	10,0	13,3	16,6		
1000		<b>9,3</b>	11,1	14,8	18,4		
1100	8,2	<b>10,2</b>	12,2	16,2	20,2		
1200	8,9	<b>11,1</b>	13,3	17,7	22,0		
1400	10,4	<b>12,9</b>	15,5				
1500	11,1	<b>13,9</b>	16,6				
1600	11,9	<b>14,8</b>	17,7				
1800	13,3	<b>16,6</b>	19,9				
2000	14,8	<b>18,4</b>	22,1				

Anmerkung: Die fettgedruckten Zahlen bezeichnen das Standardangebot

**Tabelle 1.1:**

Druckklassen (C-Klassen) und Mindestwanddicken e<sub>min</sub> duktiler Gussrohre auf dem Gebiet der Trinkwasserversorgung gemäß EN 545 [1.2]; PFA [bar] ist der zulässige Bauteilbetriebsdruck

Sie sind auch für den Bau von Druckleitungen von DN 80 bis DN 2000 verwendbar. In EN 598 [1.4] sind bestimmte äußere Beanspruchungen aus der Erd- und Verkehrslast berücksichtigt. Diese gelten für eine zulässige Verformung des Rohres bis zu 4 % und für Überdeckungshöhen von 0,3 bis 8,5 m.

Näheres über die Ausführung der Rohre, Formstücke, Armaturen und Zubehöreile aus duktilem Gusseisen ist in den **Kapiteln 5 bis 10 sowie 14 und 15**, über die statische Berechnung in **Kapitel 16** zu finden.

## 1.3 Verbindungstechnik

Neben der Weiterentwicklung des Werkstoffes Gusseisen und der Fertigungsverfahren ist, in Anpassung an die steigenden Betriebsdrücke in den Rohrnetzen, auch die Verbindungstechnik verbessert worden. Für Guss-Rohrsysteme werden im Wesentlichen zwei Arten von Verbindungen angewendet:

- Steckmuffen-Verbindungen,
- Flansch-Verbindungen.

**Steckmuffen-Verbindungen** kommen im Allgemeinen für erdüberdeckte Gussrohrleitungen (Rohre, Formstücke, Armaturen) zum Einsatz. Es handelt sich um bewegliche, gummigedichtete Verbindungen, die sowohl technische als auch wirtschaftliche Vorteile beim Einbau bieten.

**Flansch-Verbindungen** verwendet man vorzugsweise für oberirdische Leitungen, wie sie zum Beispiel in Pumpenhäusern, Wasserwerken, Rohrkellern oder Hochbehältern eingesetzt werden. Bei den Absperrarmaturen der städtischen Trinkwassernetze war die Flanschverbindung aus Gründen der Wartung und

Instandhaltung über Jahrzehnte auch in erdüberdeckten Rohrleitungen üblich. Flansch-Verbindungen sind längskraftschlüssig, jedoch nicht beweglich und übertragen Längs- und Biegespannungen von Rohr zu Rohr.

Die jeweiligen Vorteile von Steckmuffen- und Flansch-Verbindungen lassen sich durch Montage von EU- und F-Stücken (Flansch-Muffenstück und Einflansch-Stück) an Armaturenflansche kombinieren.

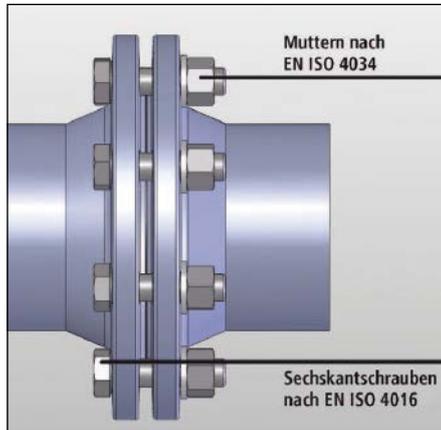
Im Folgenden soll, entsprechend der chronologischen Reihenfolge ihrer Entwicklung bzw. Markteinführung, auf die verschiedenen Verbindungsarten eingegangen werden.

### 1.3.1 Flansch-Verbindungen

Eine der ältesten Gussrohrverbindungen ist die Flansch-Verbindung (**Bild 1.2**). Sie wurde erstmals im Jahre 1882 genormt, und zwar in den vom Deutschen Verein von Gas- und Wasserfachmännern (DVGW) gemeinsam mit dem Verein Deutscher Ingenieure (VDI) aufgestellten sogenannten „Normalien vom Jahre

1882“. Die Anordnung der Schraubenlöcher hat man – abweichend von diesen ersten Normalien – bereits im Jahre 1926 unabhängig vom Werkstoff so festgelegt, dass die Schraubenlöcher symmetrisch zu den beiden Hauptachsen liegen und ihre Anzahl bei allen Nennweiten durch vier teilbar ist.

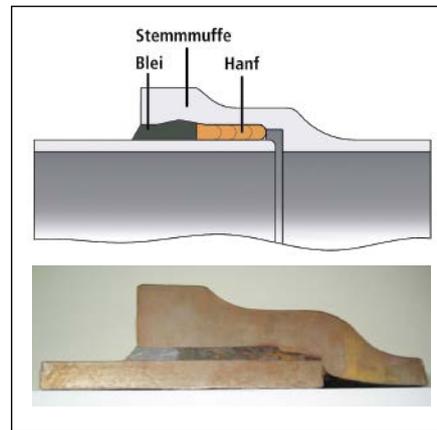
Die Anschlussmaße der Gusseisenflansche (Außendurchmesser, Lochkreisdurchmesser, Dichtleistendurchmesser, Anzahl und Durchmesser der Schrauben, Schraubenlochdurchmesser) sind in EN 1092-2 [1.5] festgelegt. Weitere Konstruktionsmaße für Flansche PN 10 bis PN 40 sind ebenfalls in dieser EN-Norm erfasst. Zu einer Flansch-Verbindung gehören zwei Flansche, eine Dichtung und eine bestimmte Anzahl von Sechskantschrauben mit Muttern und Scheiben. Der Werkstoff der Dichtung wird dem jeweiligen Verwendungszweck angepasst. Die Flansche duktiler Gussrohre, Formstücke und Armaturen sind mit ebenen Dichtleisten versehen. **Bild 1.4** zeigt eine solche Flansch-Verbindung (Muttern nach EN ISO 4034 [1.6] und Sechskantschrauben nach EN ISO 4016 [1.7]).



**Bild 1.4:**  
Flansch-Verbindung

### 1.3.2 Stemmuffen-Verbindung

Bis zur Einführung gummigedichteter Muffen-Verbindungen (etwa 1930) wurden Rohre und Formstücke aus Grauguss vorwiegend mit der Stemmuffe verbunden. Sie war nicht längskraftschlüssig. Die Stemmuffen-Verbindung (**Bilder 1.5 und 1.6**) ist starr und wird bei Bewegung undicht.



**Bild 1.5:**  
Stemmuffen-Verbindung

Für die Zuverlässigkeit einer Rohrleitung ist die Rohrverbindung von großer Bedeutung. Im Gussrohrbereich hat man schon sehr früh die Vorteile gummigedichteter Muffen-Verbindungen erkannt. Erhält doch die Rohrleitung durch die Gummidichtung eine Beweglichkeit, die eine Anpassung an die Beanspruchungen durch Verkehrserschütterungen und Bodenbewegungen sowie durch Zer-



**Bild 1.6:**  
Aufgeschnittene Stemmuffen-Verbindung eines etwa 300 Jahre alten Gussrohres – Versorgungsleitung für die Wasserspiele des Schlossparks Kassel-Wilhelmhöhe mit dem Herkules-Denkmal; Weltkulturerbe der UNESCO seit Juni 2013  
Quelle: mhk, Museumslandschaft Hessen Kassel

rungen und Stauchungen im Rohrstrang ermöglicht, ohne dass die Dichtheit der Verbindungsstellen leidet.

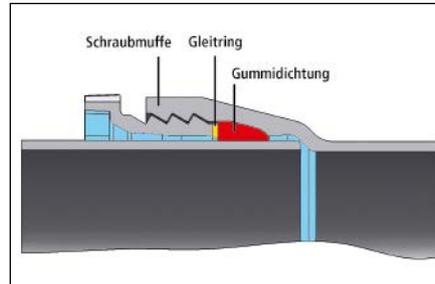
Nähere Angaben über die Arten der verschiedenen Dichtungen enthält **Kapitel 13**.

### 1.3.3 Schraubmuffen-Verbindung

Die Schraubmuffen-Verbindung wird in Deutschland seit 1931 eingesetzt. Konstruktive Ausbildung und Abmessungen sind in DIN 28601 [1.8] maßlich festgelegt. **Bild 1.7** zeigt sie im Querschnitt.

Das Muffeninnere und die Außenseite des Schraubringes sind mit einem der Belastungsrichtung angepassten Sägezahngevinde versehen. Ein Schraubring presst über einen Gleitring die elastische Dichtung, die eine vordere und hintere Schutzkante aus härterem Gummi besitzt, in ihrem Sitz axial zusammen. Damit wird die Abdichtung zwischen der Muffe und dem Einsteckende bewirkt. Die Schutzkanten verhindern ein Abfließen des unter Spannung stehenden mittleren Weichgummiteiles in den Dichtspalt.

Erforderliche Abwinkelungen – die Verbindung gestattet Abwinkelungen bis zu  $3^\circ$  von der Geraden – nimmt man beim Einbau erst nach dem Anziehen des Schraubringes vor. Die Schraubmuffen-Verbindung wird heute nur noch bei Formstücken im Bereich von DN 40 bis



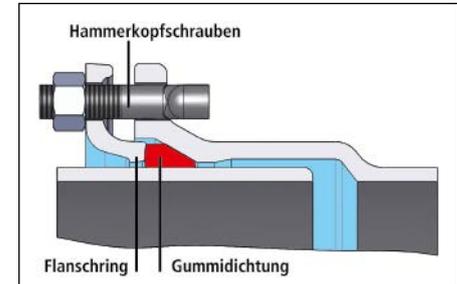
**Bild 1.7:**  
Schraubmuffen-Verbindung

DN 400 verwendet. Durch Zusatzelemente ist eine Längskraftschlüssigkeit herstellbar. Näheres hierzu in **Kapitel 9**.

### 1.3.4 Stopfbuchsenmuffen-Verbindung

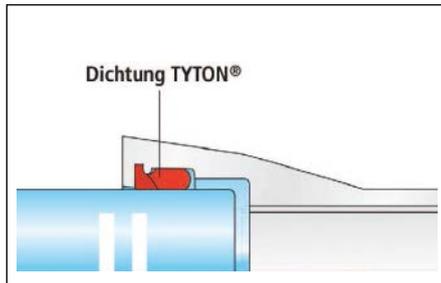
Die Stopfbuchsenmuffen-Verbindung ist seit 1936 in Deutschland gebräuchlich. Ihre Konstruktion ist in DIN 28602 [1.9] maßlich erfasst; **Bild 1.8** zeigt einen Querschnitt.

Das Anpressen der keilförmigen Dichtung, die auf ihrer Vorderseite eine Schutzkante aus härterem Gummi hat,



**Bild 1.8:**  
Stopfbuchsenmuffen-Verbindung

übernimmt der Stopfbuchsenring über Hammerkopfschrauben. Das Dichtungsprinzip ist praktisch das gleiche wie bei der Schraubmuffen-Verbindung. Erforderliche Abwinkelungen – die Verbindung gestattet ebenfalls Abwinkelungen bis zu  $3^\circ$  von der Geraden – werden erst nach Montage der Verbindung eingestellt. Die Stopfbuchsenmuffen-Verbindung wird heute nur noch in Verbindung mit bestimmten Formstücktypen im Bereich von DN 500 bis DN 1000 verwendet.



**Bild 1.9:**  
Steckmuffen-Verbindung TYTON®

### 1.3.5 Steckmuffen-Verbindung

Für duktile Gussrohrleitungen werden heutzutage überwiegend gummigedichtete Steckmuffen-Verbindungen nach DIN 28603 [1.3] eingesetzt: Die Steckmuffen-Verbindung System TYTON® findet für den Bereich DN 80 bis DN 1400 Verwendung, die Steckmuffen-Verbindung System STANDARD im Bereich von DN 80 bis DN 2000. Die TYTON®-Verbindung (**Bild 1.9**) wird in Deutschland seit 1957 eingesetzt. Die profilierte Dichtung besteht aus einer harten und einer weichen Gummimischung. Ausführ-

liche Angaben über Steckmuffen-Verbindungen und ihre Einsatzbereiche finden sich im **Kapitel 8**.

### 1.3.6 Einsatzbereiche

Die Einsatzbereiche nach Druckklassen (C-Klassen) und Mindestwanddicken  $e_{\min}$  für duktile Gussrohre auf dem Gebiet der Wasserversorgung zeigt die **Tabelle 1.1**. Im Bereich des Abwassertransportes sind duktile Kanalrohre gemäß EN 598 [1.4] für drucklose Leitungen und für Druckleitungen bis zu 6 bar Betriebsdruck genormt. Bei höheren Drücken sind die Rohre mit Druckklassen (C-Klassen) entsprechend EN 545 [1.2] auszuwählen.

Sonderfälle, wie z.B. der Einbau als Dükerleitung oder mit geringen Überdeckungshöhen, höhere Innendruckbelastungen oder spezielle Auskleidungen und Umhüllungen, können durch zusätzliche Maßnahmen bei der Fertigung, aber auch beim Einbau berücksichtigt werden.

## 1.4 Moderne Gussrohr-Technik

Die heute eingesetzten duktilen Gussrohrsysteme erfüllen in ganz besonderem Maße die Anforderungen, die an neue Rohrnetze für den Transport von Wasser und Abwasser zu stellen sind; zusätzliche Anwendungsfelder liegen im Bereich der industriellen Rohrleitungen, z.B. für

- Turbinenleitungen zur Stromerzeugung,
- Beschneiungsanlagen,
- Feuerlöschleitungen,
- Kühlwasserleitungen.

Aber auch in der Bauverfahrenstechnik haben sich duktile Gussrohre wegen ihrer hohen Tragfähigkeit neue Anwendungsfelder erschlossen, z.B. für

- Grabenlose Einbautechniken,
- Gründungspfähle.

Entsprechende Details werden in den **Kapiteln 22 und 23** behandelt.

Ihre ausgezeichneten Eigenschaften verdanken duktile Guss-Rohrsysteme vor allem folgenden Merkmalen:

- der modernen Verbindungstechnik in Form von Steckmuffen-Verbindungen einschließlich der gelenkigen längskraftschlüssigen Steckmuffen-Verbindungen,
- den beachtlichen Werkstoff-Festigkeiten,
- den ausgereiften Korrosionsschutzarten in Form von praxisgerechten Auskleidungen und Umhüllungen.

Sie bieten hohe Sicherheiten gegen Beanspruchungen aus höchsten Innendrücken. Sie widerstehen darüber hinaus vom Werkstoff her praktisch allen auftretenden Erd- und Verkehrslasten.

Dabei ist ganz besonders auf ihre Widerstandsfähigkeit gegenüber den daraus resultierenden Scheiteldruck- und Biegebeanspruchungen hinzuweisen, denn gerade die Biegebeanspruchungen werden durch die beweglichen gummi-gedichteten Steckmuffen-Verbindungen beträchtlich vermindert.

Die Möglichkeit, solche Rohre, Formstücke und Armaturen aus duktilem Gusseisen je nach Aggressivität der Böden auch mit einem adäquaten Außenschutz zu versehen, trägt den praktischen Gegebenheiten beim Einbau von Rohrleitungen Rechnung.

Eine ausführliche Beschreibung der verschiedenen Umhüllungsarten findet sich im **Kapitel 14**.

Sämtliche Systemkomponenten für den Transport von Trinkwasser, Brauch- und Betriebswasser oder Abwasser sind grundsätzlich mit geeigneten Auskleidungen nach EN 545 [1.2] bzw. EN 598 [1.4] ausgestattet. Hierzu zählen vor allem die Rohrauskleidungen mit Zementmörtel und Polyurethan. Formstücke und Armaturen sind überwiegend rundum mit Epoxidharz oder Email beschichtet. **Kapitel 15** enthält Details zu den Auskleidungen.

## 1.5 Nachhaltigkeit

In jüngerer Zeit gewinnt der Begriff der Nachhaltigkeit bei der Beurteilung von Investitionen in die Infrastruktur zunehmend an Bedeutung. Bei dieser Betrachtung werden ökonomische, ökologische und technische Aspekte beleuchtet und bewertet, und zwar über die gesamte Produktnutzungsdauer.

Die Nachhaltigkeitskriterien duktiler Guss-Rohrsysteme hinsichtlich einer ökonomischen, ökologischen und technischen Bewertung sind in den **Tabellen 1.2, 1.3 und 1.4** stichpunktartig wiedergegeben [1.10].

**Tabelle 1.2:**

Ökonomische Nachhaltigkeitskriterien duktiler Guss-Rohrsysteme



## Ökonomisch überlegen

- hohe Einbauproduktivität durch Steckmuffen-Verbindungen
- kein Schweißen erforderlich
- witterungsunabhängiger Einbau
- häufig keine Sandbettung erforderlich
- keine Betonwiderlager erforderlich bei schubgesicherten Verbindungen
- Abwinkelbarkeit der Verbindungen
- großes Formstück- und Armaturenprogramm vermeidet Sonderanfertigungen
- niedrigste Schadensraten
- Nutzungsdauer bis über 100 Jahre
- ▶ reduziert Arbeitskosten
- ▶ reduziert Arbeitskosten
- ▶ reduziert Arbeitskosten
- ▶ senkt Material- und Logistikkosten
- ▶ senkt Material- und Logistikkosten
- ▶ spart Formstücke
- ▶ reduziert Material- und Arbeitskosten
- ▶ senkt Betriebs-, Energie-, Reparatur- und Wartungskosten
- ▶ minimiert Sanierungsbudgets

**Die Investition in duktile Guss-Rohrsysteme rechnet sich durch niedrige Einbau- und Betriebskosten bei außerordentlich hoher Lebensdauer!**

**Tabelle 1.3:**  
Ökologische Nachhaltigkeitskriterien duktiler Guss-Rohrsysteme



## Ökologisch überlegen

- Diffusionsdichtigkeit
  - ▶ sichert das Lebensmittel Trinkwasser in allen Boden- und Einbaubedingungen gegen umweltschädigende Kohlenwasserstoffe sowie das Grundwasser beim Abwassertransport
- lebensmittelgerechte Auskleidungen
  - ▶ sichern hygienisch-ökologisch den Trinkwassertransport
- Schrott als Grundstoff
  - ▶ minimiert den Verbrauch originärer und fossiler Rohstoffe und reduziert CO<sub>2</sub>-Emissionen
- duktiler Gusseisen ist recyclebar
  - ▶ schont die Ressourcen heutiger und künftiger Generationen
- geringe Wartungs- und Instandhaltungsaufwendungen bei hoher Lebensdauer
  - ▶ vermeiden Verschwendung, minimieren den Ressourcenverbrauch und reduzieren CO<sub>2</sub>-Emissionen

**Duktile Guss-Rohrsysteme schaffen nachweislich echte Nachhaltigkeit!**

**Tabelle 1.4:**  
Technische Nachhaltigkeitskriterien duktiler Guss-Rohrsysteme



**Nachhaltig überlegen –  
duktiler Guss-Rohrsysteme**

## Technisch überlegen

<ul style="list-style-type: none"><li>– Werkstofffestigkeit</li><li>– wirksamer Außenschutz</li><li>– statische Tragfähigkeit</li> <li>– Verbindung</li><li>– duktiler Gusseisen</li><li>– Einbau</li><li>– längskraftschlüssige Verbindungen</li> <li>– überlegene Werkstoffeigenschaften</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▶ erlaubt Betriebsdrücke bis 100 bar</li><li>▶ weist mechanische und chemische Angriffe ab</li><li>▶ erlaubt höchste Belastungen in Quer- und Längsrichtung</li><li>▶ erlaubt Betriebsdrücke bis 100 bar; ist wurzelfest</li><li>▶ ist nicht brennbar</li><li>▶ ist ohne Spezialgeräte möglich</li><li>▶ erlauben höchste Zugkräfte und sind damit ideal für den grabenlosen Einbau</li><li>▶ erlauben Spezialanwendungen in alpinen Regionen, für Feuerlöschleitungen, Beschneigungssysteme und Wasserkraftanlagen</li></ul>
--	---

**Die technische Leistungsfähigkeit duktiler Guss-Rohrsysteme gewährleistet höchste Sicherheit in allen Bereichen der Wasserwirtschaft!**

© eadips.org

## 1.6 Zusammenfassung

Duktile Guss-Rohrsysteme mit ihrer ausgereiften Technik bieten viele Vorteile. Sie lassen sich durch die Steckmuffen-Verbindung einfach, sicher und schnell einbauen und sind dauerhaft dicht. Sie sind außerdem vielfältigen Belastungen von innen und außen gewachsen. Die Einbau-, Unterhaltungs- und Folgekosten sind besonders niedrig.

Das duktile Guss-Rohrsystem besitzt demzufolge eine extrem lange Nutzungsdauer.

Mit der Vielzahl technischer Vorzüge sowie den praxisbezogenen und betriebs-technischen Eigenschaften sind die Guss-Rohrsysteme für die Wasserversorgung und die Abwasserentsorgung langfristig gesehen eine wirtschaftliche und damit nachhaltige Lösung.

## 1.7 Literatur

- [1.1] EN 1563  
Founding –  
Spheroidal graphite cast irons  
[Gießereiwesen –  
Gusseisen mit Kugelgraphit]  
2011
- [1.2] EN 545  
Ductile iron pipes, fittings,  
accessories and their joints  
for water pipelines –  
Requirements and test methods  
[Rohre, Formstücke, Zubehör-  
teile aus duktilem Gusseisen  
und ihre Verbindungen für  
Wasserleitungen –  
Anforderungen und  
Prüfverfahren]  
2010
- [1.3] DIN 28603  
Rohre und Formstücke aus  
duktilen Gusseisen –  
Steckmuffen-Verbindungen –  
Zusammenstellung, Muffen  
und Dichtungen
- [1.4] EN 598  
Ductile iron pipes, fittings,  
accessories and their joints  
for sewerage applications –  
Requirements and test methods  
[Rohre, Formstücke, Zubehörteile  
aus duktilem Gusseisen und ihre  
Verbindungen für die Abwasser-  
Entsorgung –  
Anforderungen und  
Prüfverfahren]  
2007+A1:2009
- [1.5] EN 1092-2  
Flanges and their joints –  
Circular flanges for pipes, valves,  
fittings and accessories,  
PN designated –  
Part 2: Cast iron flanges
- [Ductile iron pipes and fittings –  
Push-in joints –  
Survey, sockets and gasket]  
2002-05

- [Flansche und ihre Verbindungen –  
Runde Flansche für Rohre,  
Armaturen, Formstücke  
und Zubehörteile,  
nach PN bezeichnet –  
Teil 2: Gusseisenflansche]  
1997
- [1.6] EN ISO 4034  
Hexagon regular nuts (style 1) –  
Product grade C (ISO 4034:2012)  
[Sechskantmuttern (Typ 1) –  
Produktklasse C  
(ISO 4034:2012)]  
2012
- [1.7] EN ISO 4016]  
Hexagon head bolts –  
Product grade C  
(ISO 4016:2011)  
[Sechskantschrauben mit Schaft –  
Produktklasse C  
(ISO 4016:2011)]  
2011
- [1.8] DIN 28601  
Rohre und Formstücke  
aus duktilem Gusseisen –  
Schraubmuffen-Verbindungen –  
Zusammenstellung, Muffen,  
Schraubringe, Dichtungen,  
Gleitringe  
[Ductile iron pipes and fittings –  
Screwed socket joints –  
Assembly, sockets, screw rings,  
sealing rings and slip rings]  
2000-06
- [1.9] DIN 28602  
Rohre und Formstücke  
aus duktilem Gußeisen –  
Stopfbuchsenmuffen-  
Verbindungen –  
Zusammenstellung, Muffen,  
Stopfbuchsenring, Dichtung,  
Hammerschrauben  
und Muttern  
[Ductile iron pipes and fittings –  
Bolted gland joints –  
Assembly, sockets, counter ring,  
sealing ring, bolts and nuts]  
2000-05
- [1.10] Nachhaltig überlegen –  
duktiler Guss-Rohrsysteme  
GUSS-ROHRSYSTEME 47  
(2013), S. 10/11  
[Sustainably superior –  
ductile iron pipe systems  
DUCTILE IRON PIPE SYSTEMS 47  
(2013), p. 8/9]





# 2

## Der Werkstoff duktiles Gusseisen

- 2.1 Allgemeines
- 2.2 Gefügebau
- 2.3 Technologische Eigenschaften
- 2.4 Literatur

## 2 Der Werkstoff duktiles Gusseisen

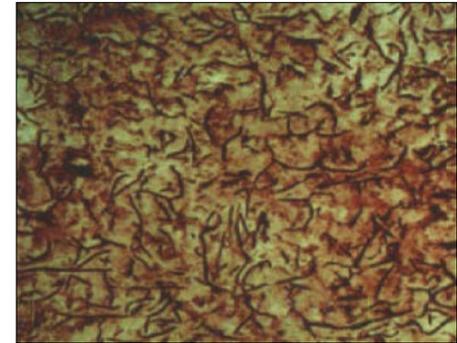
Im Gegensatz zu Grauguss, dessen freier Grafit in Lamellenform vorliegt, weist der freie Grafit im duktilen (verformungsfähigen) Gusseisen eine kugelige Form auf (Kugelgrafit). Diese Grafitform fördert die Dehnbarkeit des Gusseisens und erhöht seine Eigenfestigkeit. Erst in den 50er Jahren des 20. Jahrhunderts begann die industrielle Erzeugung von Gusseisen-Rohren mit Kugelgrafit (duktiler Gussrohre).

### 2.1 Allgemeines

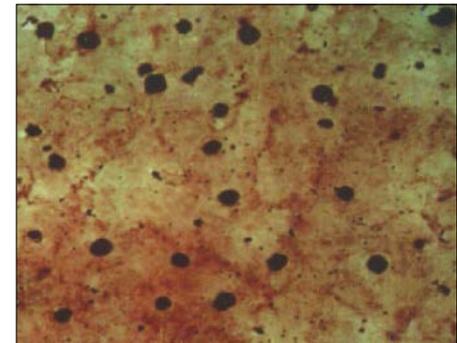
Duktiles Gusseisen ist ein plastisch verformbarer und zäher Eisen-Kohlenstoff-Werkstoff, dessen Kohlenstoffanteil überwiegend als elementarer kugelförmiger Grafit vorliegt. Vom Grauguss unterscheidet er sich hauptsächlich durch die Gestalt der Grafitteilchen. Das Wort duktil leitet sich vom lateinischen „ducere“ = verformen (ductus = führen) ab und bedeutet verformbar. In statischen Berechnungen werden Rohre aus duktilem Gusseisen deswegen als biege- weiche oder flexible Rohre betrachtet.

Bei seiner Verwendung für Rohre, Formstücke und Zubehör wird der Werkstoff als duktiles Gusseisen bezeichnet. Seine mechanisch-technologischen Eigenschaften sind in der Norm EN 545 [2.1] beschrieben. Beim Einsatz in Gehäusen für Armaturen heißt er, wie im Maschinenbau allgemein üblich, Gusseisen mit Kugelgrafit, dessen Eigenschaften in der Norm EN 1563 [2.2] fixiert sind. Beide Normen werden in unterschiedlichen technischen Normungskomitees bearbeitet.

Beim Grauguss (**Bild 2.1**) setzen die Grafitlamellen wegen ihres Kerbeffekts die relativ hohe Festigkeit des Grundgefüges herab, wobei sie seine Bruchdehnung unter 1 % sinken lassen.



**Bild 2.1:**  
Gusseisen mit Lamellengrafit (Grauguss)

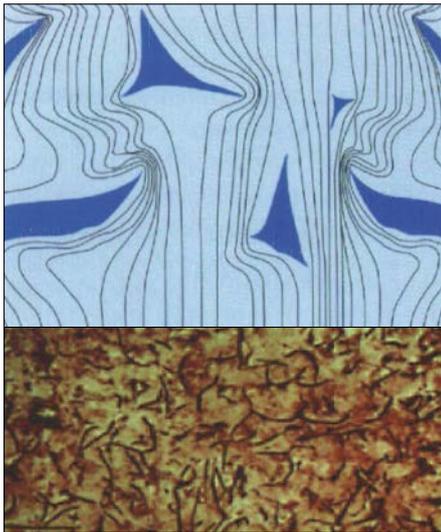


**Bild 2.2:**  
Gusseisen mit Kugelgrafit (duktiles Gusseisen)

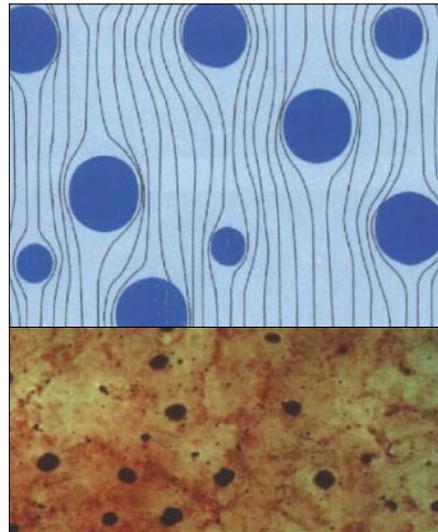
Im duktilen Gusseisen bzw. Gusseisen mit Kugelgraphit ist der Graphit kugelig ausgebildet (**Bild 2.2**). Sphärolite (kugeliges Mineralgebilde) beeinflussen die Eigenschaften des metallischen Grundgefüges deutlich weniger als Lamellen. Während beim Gusseisen mit Lamellen-

graphit (**Bild 2.3**) die Spannungslinien an den Spitzen der Graphitlamellen stark verdichtet sind, umfließen sie den in Kugelform ausgeschiedenen Graphit fast ungestört (**Bild 2.4**). Aus diesem Grunde lässt sich duktiles Gusseisen unter Last verformen.

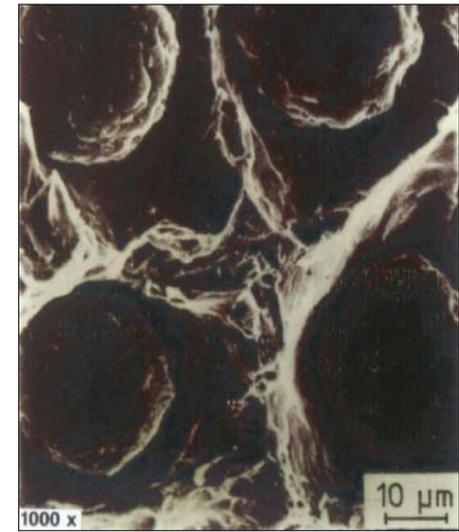
Damit bei der Erstarrung der Kohlenstoff in weitgehend kugelig Form kristallisiert, muss das flüssige Eisen mit Magnesium behandelt werden. Die Folge ist eine erhebliche Steigerung von Festigkeit und Verformbarkeit im Vergleich zum Grauguss.



**Bild 2.3:**  
Verlauf der Spannungslinien bei Gusseisen mit Lamellengrafit



**Bild 2.4:**  
Verlauf der Spannungslinien bei Gusseisen mit Kugelgraphit



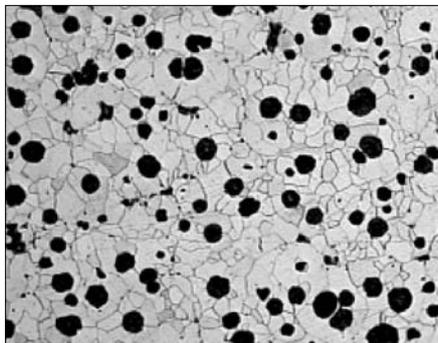
**Bild 2.5:**  
Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme von Grafitkugeln

**Bild 2.5** zeigt Grafitkugeln auf der Bruchfläche einer Probe aus duktilem Gusseisen. Die Größe der Grafitkugeln liegt im Bereich zwischen 0,01 mm und 0,5 mm.

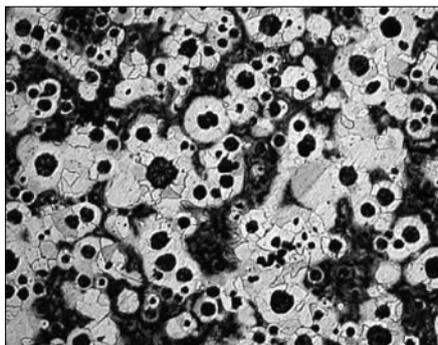
## 2.2 Gefügeaufbau

Entsprechend der maßgebenden Normen EN 545 [2.1] und EN 598 [2.3] muss der als Grafit vorliegende Kohlenstoffanteil überwiegend kugelige Form haben, damit die Werkstücke die geforderten Eigenschaften bekommen.

Das Grundgefüge der Rohre soll vorwiegend ferritisch sein (**Bild 2.6**), da der Ferrit bei niedrigster Härte zu höchsten Dehnungswerten führt. Formstücke, Armaturengehäuse und Zubehörteile werden in Sandformen erzeugt und besitzen ein ferritisch-perlitisches Gefüge. Sie bedürfen keiner zusätzlichen Wärmebehandlung (**Bild 2.7**).



**Bild 2.6:**  
Ferritisches Gefüge



**Bild 2.7:**  
Ferritisch-perlitisches Gefüge

## 2.3 Technologische Eigenschaften

### 2.3.1 Werkstoffkennwerte

Entsprechend den Normen EN 545 [2.1] und EN 598 [2.3] sind Zugfestigkeit und Bruchdehnung mittels runder Probe­stäbe zu prüfen. Weiterhin ist die Härte des Materials zu bestimmen. Sie ist nach oben begrenzt, um eine spanende Bearbeitung z. B. bei Flanschen, zu ermöglichen. Im Bereich der Wärmeeinflusszone von Schweißnähten sind höhere Härten zulässig (**Kapitel 18**).

Die genormten Werte für die mechanisch-technologischen Eigenschaften der Werkstoffe duktiles Gusseisen und Gusseisen mit Kugelgrafit enthalten die **Tabellen 2.1 a und 2.1 b**.

**Tabelle 2.1 a:**  
Eigenschaften des Werkstoffs duktiles Gusseisen

Werkstoff	Verwendung	Standard	Mindest-Zugfestigkeit $R_m$ [MPa]	0,2 %-Dehngrenze <sup>1)</sup> $R_{p0,2}$ [MPa]	Mindest-Bruchdehnung <sup>2)</sup> A [%]	Härte [HB]	Kerbschlag-Arbeit [J]	Gefüge
Duktiles Gusseisen	Rohre DN 80 bis DN 1000	EN 545 [2.1]	420	300	10	< 230	3)	3)
Duktiles Gusseisen	Rohre DN >1000		420	300	7	< 230	3)	3)
Duktiles Gusseisen	Nicht geschleuderte Rohre, Formstücke DN 80 bis DN 2000	EN 598 [2.3]	420	300	5	< 250	3)	3)

<sup>1)</sup> Die 0,2 %-Dehngrenze ( $R_{p0,2}$ ) kann bestimmt werden. Sie darf nicht kleiner sein als:

- 270 MPa, wenn  $A \geq 12$  % bei DN 80 bis DN 1000 oder  $A \geq 10$  % bei DN > 1000
- 300 MPa in anderen Fällen

<sup>2)</sup> Für Schleudergussrohre von DN 80 bis DN 1000 und einer Mindest-Wanddicke von  $\geq 10$  mm muss die Bruchdehnung mindestens 7 % betragen

<sup>3)</sup> keine Anforderung

**Tabelle 2.1 b:**  
Eigenschaften des Werkstoffs Gusseisen mit Kugelgraphit

Werkstoff	Verwendung	Standard	Mindest-Zugfestigkeit $R_m$ [MPa]	0,2 %-Dehngrenze <sup>1)</sup> $R_{p0,2}$ [MPa]	Mindest-Bruchdehnung <sup>2)</sup> A [%]	Härte [HB]	Kerbschlag-Arbeit [J]	Gefüge
EN-GJS-500-7 (GGG 50)	Armaturen und Hydranten	EN 1563 [2.2]	500	320	7	180–220	6–8	perlitisch-ferritisch
EN-GJS-400-15 (GGG 40)			400	250	15	140–180	8–12	überwiegend ferritisch
EN-GJS-400-18LT (GGG 40.3)	Armaturen zum Einsatz bei tieferen Temperaturen		400	250	18	140–150	>12	rein ferritisch

Bei Schleudergussrohren können zusätzlich zur Norm im Werk routinemäßige Duktilitätsprüfungen mit Hilfe von Ringfaltproben oder Kugeldruckproben durchgeführt werden.

Die bisher angegebenen Festigkeitseigenschaften, die überwiegend an bearbeiteten Proben nachzuweisen sind, betreffen den Werkstoff.

Eine Übersicht von weiteren Werkstoffkennwerten des duktilen Gusseisens und des Gusseisens mit Kugelgrafit, welche zum Teil anderen Normen und Quellen entstammen, enthält die folgende **Tabelle 2.2**.

Sonstige Kennwerte, die sich auf Bauteile beziehen, wurden im Rahmen einer DVGW-Studie [2.4] über Trinkwasserleitungen anhand von Versuchen ermittelt.

Druckrohre aus duktilem Gusseisen haben Festigkeiten entsprechend **Tabelle 2.3**.

Durch die hohen Berstdrücke, denen die duktilen Gussrohre widerstehen, bieten sie hohe Sicherheitsreserven.

**Tabelle 2.2:**

Mechanische und physikalische Kennwerte der Werkstoffe duktilen Gusseisens und Gusseisens mit Kugelgrafit

Eigenschaft	Dimension	Zahlenwert
Druckfestigkeit	MPa	550
E-Modul	MPa	160.000–170.000
mittlerer thermischer Längenausdehnungskoeffizient	m/m · K	$10 \cdot 10^{-6}$
Wärmeleitfähigkeit	W/cm · K	0,42
Spezifische Wärme	J/g · K	0,55

**Tabelle 2.3:**

Bauteilfestigkeiten duktiler Gussrohre

Eigenschaft	Dimension	Zahlenwert
Scheiteldruckfestigkeit	MPa	550
Längsbiegefestigkeit	MPa	420
Berstdruckfestigkeit	MPa	300
Schwingbreite	MPa	135

### 2.3.2 Werkstoffprüfung

Zur Prüfung der Schleudergussrohre werden Proberinge von den Rohreinsteckenden abgetrennt. Bei Formstücken, Zubehörteilen und Armaturengehäusen (Sandguss) werden getrennt gegossene Proben geprüft.

Die Werkstoffkennwerte

- Zugfestigkeit,
- 0,2-%-Dehngrenze und
- Bruchdehnung

werden ausschließlich an bearbeiteten Rundstäben nach Gleichung (2.1) ermittelt.

$$L_0 = 5 \cdot d_0 \quad (2.1)$$

$L_0$  Länge des bearbeiteten Rundstabes in mm

$d_0$  Durchmesser des bearbeiteten Rundstabes in mm

Die Härte wird nach Brinell gemäß ISO 6506-1 [2.5] und EN ISO 6506-1 [2.6] am Gussstück selbst oder an einer vom Gussstück abgetrennten Probe bestimmt. Die zu prüfende Oberfläche wird dabei durch leichtes örtliches Anschleifen

vorbereitet. Danach wird eine gehärtete Stahlkugel mit definiertem Durchmesser und definierter Prüfkraft senkrecht in die Probe eingedrückt. Der genau ausgemessene Eindruckdurchmesser ist umgekehrt proportional zur Brinellhärte.

Bei Rohren ergänzen faltversuche an 30 mm breiten Ringen die Bestimmung der mechanischen Kennwerte am Probestab (**Bild 2.8**).



**Bild 2.8:**  
Ringfaltversuch

## 2.4 Literatur

- [2.1] EN 545  
Ductile iron pipes, fittings, accessories and their joints for water pipelines – Requirements and test methods [Rohre, Formstücke, Zubehörteile aus duktilem Gusseisen und ihre Verbindungen für Wasserleitungen – Anforderungen und Prüfverfahren] 2010
- [2.2] EN 1563  
Founding – Spheroidal graphite cast irons [Gießereiwesen – Gusseisen mit Kugelgraphit] 2012
- [2.3] EN 598  
Ductile iron pipes, fittings, accessories and their joints for sewerage applications – Requirements and test methods [Rohre, Formstücke, Zubehörteile aus duktilem Gusseisen und ihre Verbindungen für die Abwasser-Entsorgung – Anforderungen und Prüfverfahren] 2007+A1:2009
- [2.4] Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V.:  
„Studie über erdverlegte Trinkwasserleitungen aus verschiedenen Werkstoffen“, Bericht II, Eschborn 1971
- [2.5] ISO 6506-1  
Metallic materials – Brinell hardness test – Part 1: Test method [Metallische Werkstoffe – Härteprüfung nach Brinell – Teil 1: Prüfverfahren] 2005
- [2.6] EN ISO 6506-1  
Metallic materials – Brinell hardness test – Part 1: Test method (ISO 6506-1:2005) [Metallische Werkstoffe – Härteprüfung nach Brinell – Teil 1: Prüfverfahren (ISO 6506-1:2005)] 2005





# 3

## Herstellung der Rohre, Formstücke und Armaturen

- 3.1 Erschmelzen des Eisens
- 3.2 Magnesium-Behandlung
- 3.3 Gießverfahren
- 3.4 Nachbehandlung
- 3.5 Aufbringen der Umhüllungen und Auskleidungen
- 3.6 Kennzeichnung
- 3.7 Prüfung
- 3.8 Literatur

## 3 Herstellung der Rohre, Formstücke und Armaturen

Der Grundstoff des Eisengusses ist das Roheisen; es wird mit Hilfe von Koks aus Eisenerzen im Hochofen reduziert (Eisen erster Schmelzung). In den meisten Fällen wird dieses Eisen in fester Form (Roheisenmasseln) in den Eisengießereien weiterverarbeitet. Vereinzelt wird das flüssige Roheisen auch direkt zu Rohren und Formstücken weiterverarbeitet.

Üblicherweise erschmelzen die Gießereien ihr Eisen im Kupol- oder Elektroofen aus Recyclingmaterial und Roheisen. Dabei ist Koks, Erdöl oder Erdgas der Brennstoff; Reduktionsarbeit wird nicht geleistet. Die Kristallisation des im flüssigen Eisen gelösten Kohlenstoffes in Form von Grafitkugeln wird durch Zugabe von Magnesium in die Schmelze bewirkt.

Rohre werden heute ausschließlich im Schleudergießverfahren erzeugt, bei welchem die Zentrifugalkräfte die Rohrwand erzeugen. Die dabei angewandte Schnellkühlung macht eine Wärmebehandlung der Rohre erforderlich, damit sie das verformbare Grundgefüge erhalten. Formstücke, Armaturengehäuse und Zubehörteile werden in Sandformen

gegossen, hier ist die Abkühlgeschwindigkeit gering genug, sodass keine thermische Nachbehandlung erforderlich wird.

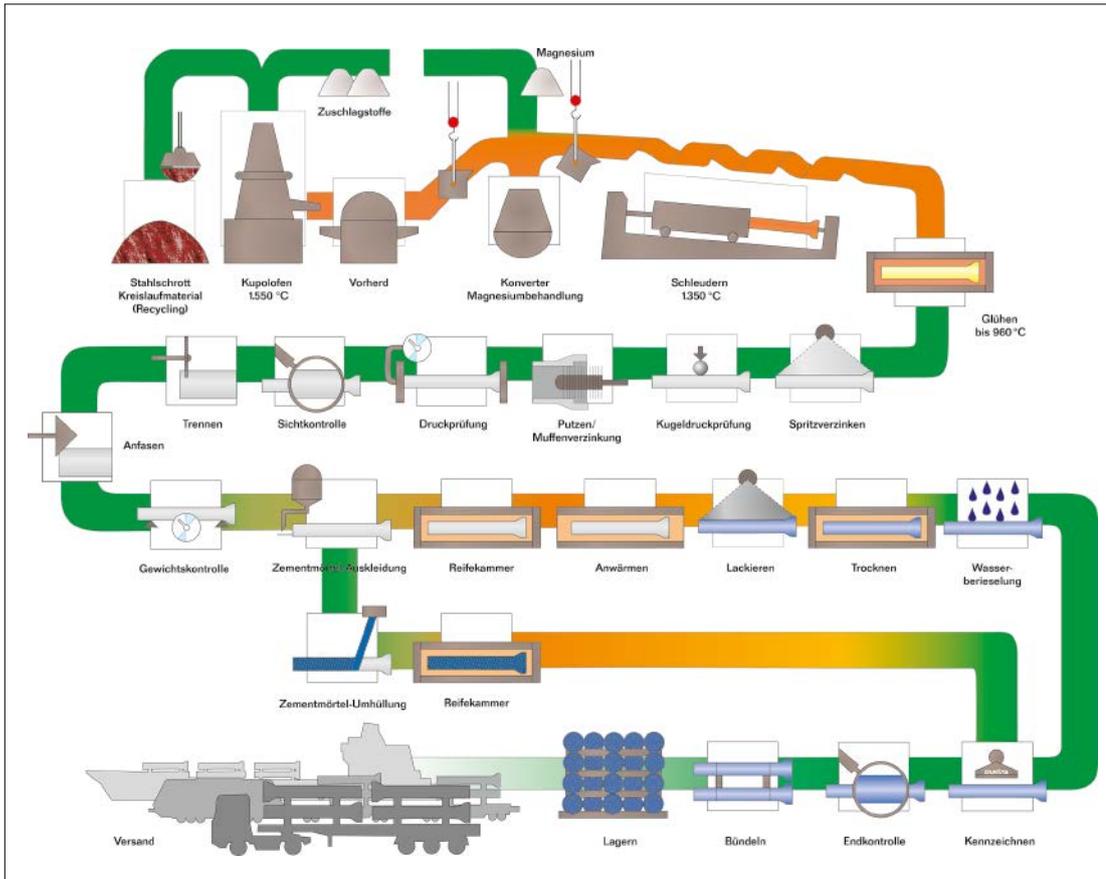
Im Stofffluss der Fertigung schließt sich i. d. R. die Applikation der Auskleidungen und Schutzüberzüge an. Rohre und Formstücke mit Flanschen, sowie die meisten Bauteile der Armaturen werden nach dem Gießen zunächst einer mechanischen Bearbeitung unterzogen. Erst danach werden sie beschichtet. Über dem gesamten Fertigungsablauf liegt ein definiertes System von Kontrollen und Prüfungen zur Sicherung der vorgegebenen Produkteigenschaften einschließlich der Kennzeichnung. **Bild 3.1** zeigt an einem Beispiel den Stofffluss der Fertigung.

### 3.1 Erschmelzen des Eisens

Eisen zur Herstellung von Rohren, Formstücken, Armaturen und Zubehörteilen wird in den meisten Fällen als Recyclingwerkstoff aus Stahlschrott, Gussbruch, und Gießereiroheisen im Kupolofen oder im Elektroofen erzeugt.

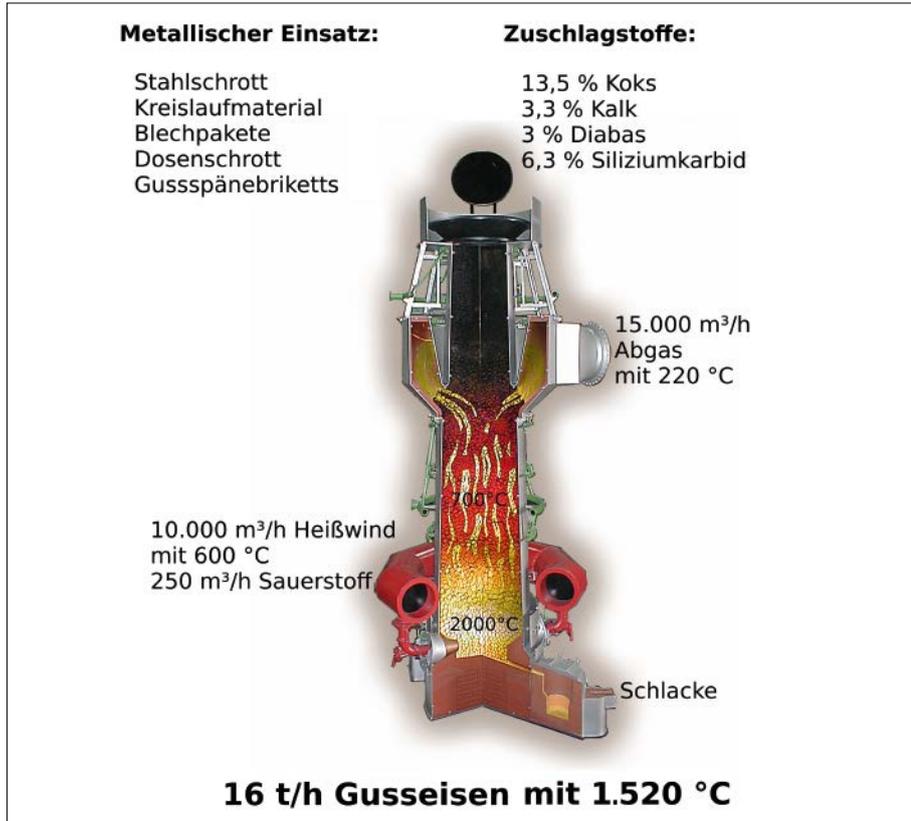
#### 3.1.1 Das Schmelzen im Kupolofen

Der Kupolofen (**Bild 3.2**) ist das typische Schmelzaggregat der Eisengießerei; es ist ein aufrecht stehender Schachtofen, der von oben mit den Rohstoffen Stahlschrott, Gussbruch, Kreislaufmaterial und Koks als Brennstoff beschickt wird.



**Bild 3.1:**  
Herstellung eines  
duktilen Gussrohres

 **Video 03.01:**  
Gussrohrgießerei



**Bild 3.2:**  
Schnittbild und Betrieb eines Kupolofens



**Bild 3.3:**  
Eisenentnahme aus dem Mischer

Von unten wird erwärmte Luft eingeblasen, mit der der Koks verbrennt. In der damit erzeugten Hitze schmilzt der metallische Einsatz und tropft im unteren Teil des Schachtes zur Eisenschmelze zusammen. Sie fließt kontinuierlich mit etwa 1.450 °C über eine Rinne in ein Sammelgefäß, den Mischer, aus dem das Eisen chargenweise entnommen und entschwefelt wird (**Bild 3.3**).

Der Kupolofenprozess zeichnet sich durch eine sehr gute Ökobilanz aus, weil hier der metallische Einsatz bis zu 100 % aus Schrott bestehen kann.

Der Kupolofen ist ein Allesfresser, selbst Autoschrottpakete, verrostete Stahlträger oder ausgegrabene Graugussrohre werden problemlos wiederverwertet, wobei organische Verunreinigungen verbrannt werden und somit zur Energiebilanz beitragen. Zink aus den heutzutage immer häufiger verwendeten verzinkten Karosserieblechen verdampft, verbrennt zu Zinkoxid, welches mit den anderen Stäuben aus dem Abgasstrom des Ofens herausgefiltert und der Wiederverwertung zugeführt wird.

Der im Kupolofen verwendete Koks enthält immer einen geringen Anteil an Schwefel, der sich im flüssigen Eisen löst und die mechanischen Eigenschaften des Eisens negativ beeinflussen kann. Somit muss sich an die Erzeugung des flüssigen Eisens ein Schritt anschließen, in welchem der Schwefel entfernt wird. Dies geschieht mit Hilfe geeigneter Rohstoffe, z.B. Kalziumkarbid, an die der Schwefel chemisch gebunden wird. Die Reaktionsprodukte schwimmen als Schlacke auf der Eisenschmelze und können so abgetrennt werden.

### 3.1.2 Der Elektroofen

Ein ebenfalls gebräuchliches Schmelzaggregat in Eisengießereien ist der elektrische Induktionsofen (**Bild 3.4**). Sein feuerfest ausgekleidetes zylindrisches Gefäß ist mit einer Spule umgeben, durch die ein Wechselstrom fließt, der im Kern des metallischen Einsatzes einen Sekundärstrom induziert. Damit wird der rein metallische Einsatz erhitzt und aufgeschmolzen. Andere Energieträger, z. B. Koks, werden nicht benötigt. Energiezufuhr und Temperatur lassen sich leichter und schneller regulieren als im Kupolofen.

## 3.2 Magnesium-Behandlung

Das im Kupol- oder Elektroofen erschmolzene Eisen würde ohne zusätzliche Behandlung eine überwiegend lamellare Grafitausbildung bekommen. Erwünscht ist aber die typische, kugelige Grafitausbildung des duktilen Gusseisens. Diese erreicht man überwiegend durch Zugabe von Magnesium. Entscheidend ist dabei die hohe Affinität des Magnesiums zu



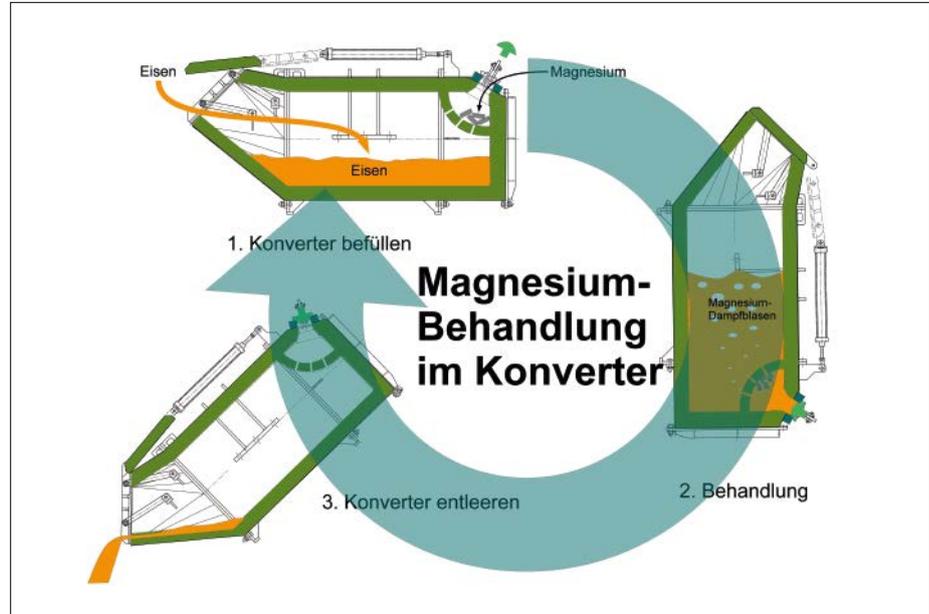
**Bild 3.4:**  
Elektrischer Induktionsofen

Sauerstoff und Schwefel. Das Magnesium reduziert fast alle in der Schmelze vorhandenen Oxide und bindet den Schwefel als Magnesiumsulfid.

Die spezifisch sehr leichten Magnesiumoxide und erhebliche Mengen des Magnesiumsulfides steigen im flüssigen Eisen an die Oberfläche und werden dort als Schlacke abgezogen.

Es ist trotz umfangreicher Forschung auch heute noch nicht eindeutig geklärt, über welchen Mechanismus die Magnesiumbehandlung letztlich zur Ausbildung der Grafitkugeln führt. Favorisiert wird die Modellvorstellung, wonach durch die Entfernung des Schwefels bis auf wenige ppm die Grenzflächenspannung zwischen der Oberfläche der sich bildenden Grafitkristallkeime und dem flüssigen Eisen erhöht wird, was die Grafitkristalle zu einem kugelförmigen Wachstum mit kleinster Grenzfläche zwingt.

Es existieren verschiedene Verfahren, z.B. wird Magnesium rein oder legiert in keramischen Tauchglocken auf den Boden einer mit flüssigem Eisen gefüllten Pfanne gedrückt, oder Magnesium wird in sogenannten Konvertern in eine Kammer gegeben und durch Kippen im abgedeckten Kon-



**Bild 3.5:**  
Magnesium-Behandlung im Konverter

verter unter das flüssige Eisen gebracht (**Bild 3.5**). Eine weitere Möglichkeit ist der Einsatz eines mit Magnesium gefüllten Drahtes.

Bei der Herstellung von Formstücken und Armaturengehäusen im Sandguss-Verfahren hat sich die Magnesium-Behandlung in der Gießform (Inmold-Verfahren) bewährt (**Bild 3.6**).



**Bild 3.6:**  
Reaktion des flüssigen Eisens während der Magnesium-Behandlung

Bei allen Verfahren verdampft das Magnesium im Eisenbad, durchwirbelt dieses und reagiert so optimal mit Sauerstoff und Schwefel und wird in geringen Mengen im Eisen gelöst.

### 3.3 Gießverfahren

#### 3.3.1 Rohrherstellung nach dem Schleuderguss-Verfahren

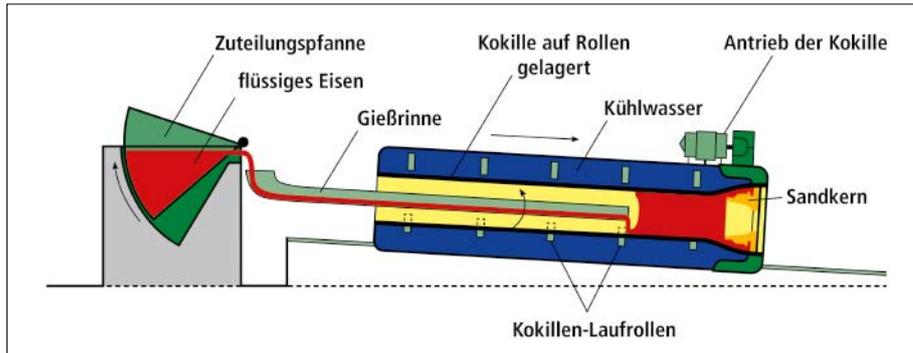
Der Gedanke, Rohre durch Schleudern von Gusseisen in Metallformen herzustellen, geht auf ein Patent des Ingenieurs Eckhardt im Jahre 1809 zurück. Diese Erfindung konnte sich aber wegen des fehlenden Bedarfs und unzureichender technischer Voraussetzungen nicht durchsetzen. Eine besondere Schwierigkeit bestand in der Zuteilung des flüssigen Eisens in die um ihre waagerechte Drehachse rotierende Gießform.

1910 erfand Otto Briede aus Benrath die bewegliche Gießmaschine. Seine Idee wurde von dem Brasilianer de Lavaud verwirklicht, nach dem das heute in aller Welt verbreitete Rohrschleuderverfahren „De-Lavaud-Verfahren“ genannt wird. Geschleuderte Gussrohre wurden in Deutschland erstmalig 1926 hergestellt.

Es haben sich im Wesentlichen zwei Arbeitsweisen durchgesetzt:

- 1) Schleudern in Metallformen (Kokillen) nach dem De-Lavaud-Verfahren (**Bild 3.7**) und
- 2) Schleudern in Metallformen mit Auskleidung nach dem Wetspray-Verfahren.

Die Rohraußenkontur wird bei beiden Verfahren durch eine metallische Form (Kokille) vorgegeben. Die Kokille befindet sich in einem längsverfahrbaren Maschinengehäuse. Sie ruht an mehreren Stellen auf Laufrollen und wird durch obere Andruckrollen in ihrer Lage gehalten. Wasser sorgt für die Kühlung von außen. Durch einen Elektromotor angetrieben, rotiert die Kokille um ihre Längsachse. Die Kokilleninnenform bestimmt die Außenform des Rohres. In die muffenseitige Aufweitung der Kokille wird ein entsprechend der Muffeninnenform des Rohres ausgebildeter Kern, der aus Sand und Bindemittel gefertigt ist, eingesetzt. Dieser Kern schließt gleichzeitig die Kokille ab.



**Bild 3.7:**  
Schleudergießmaschine – Rohrschleuderverfahren in Metallformen nach de Lavaud

**Video 03.02:** Schleudergießmaschine – Animation

An der Seite des Einsteckendes der Kokille ist ein etwa der Wanddicke des Rohres entsprechender Kragen angebracht. Die so ausgerüstete Gießmaschine ist zur Muffenseite hin geneigt und auf Laufschiene längs verfahrbar angeordnet. Am oberen Ende des Rahmens befindet sich die Gießeinrichtung mit der Zuteilungspfanne, die die Flüssig-eisenmenge für ein oder mehrere Rohre aufnehmen kann. Durch eine geregelte gleichmäßige Kippgeschwindigkeit

wird erreicht, dass während des Gießvorganges eine konstante Eisenmenge pro Zeiteinheit über die Gießlippe der Zuteilungspfanne in das Gießhorn und von da aus in die Gießrinne fließt. Die Rinne ragt bei Gießbeginn fast bis zum Muffenende in die Kokille hinein. Vor dem Einfließen des Eisens wird die Kokille in Rotation versetzt. Das an der Gießrinnenspitze ausfließende Eisen wird von der sich drehenden Kokille erfasst, füllt zunächst den Raum zwischen Muffenkern



**Bild 3.8:**  
Zurückgezogene Gießrinne aus der Kokille

und Kokille aus und bildet anschließend beim Längsverfahren der Gießmaschine infolge der Zentrifugalkraft den Rohrschaft (**Bild 3.8**).

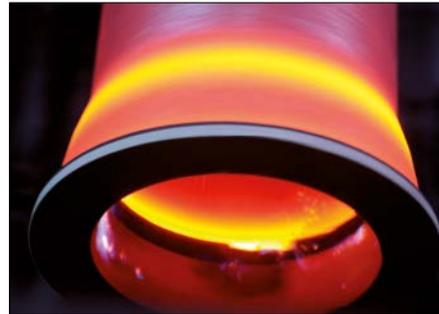
Das Eisen legt sich durch die Überlagerung der Bewegungen wendelförmig an die Kokillenwand und verläuft im flüssigen Zustand zu einem homogenen Rohr. Eine dickere oder dünnere Rohrwand ergibt sich durch Änderung der Eisenmenge für den Gießvorgang.

Die Umdrehungszahl der Kokille wird so gewählt, dass eine Zentrifugalkraft von 15 g bis 30 g auf das flüssige Eisen einwirkt. Durch die Zentrifugalkraft und durch die gerichtete Erstarrung der Rohrwand von der Kokillenseite zur Rohrinnenseite hin bildet sich ein besonders dichtes Gefüge aus. Die Zentrifugalkraft bewirkt ferner, dass die während des Gießvorganges entstehenden Oxidationsprodukte und eventuell mitge-

rissene Schlacke aufgrund ihrer Wichte nach innen abgedrängt werden und beim späteren Putzen leicht zu entfernen sind. Durch die Abkühlungsgeschwindigkeit und die bei der Verfestigung auftretende Volumenverminderung des flüssigen Eisens löst sich das Rohr von der Kokillenwand und kann zur Muffenseite aus der Kokille herausgezogen werden (**Bild 3.9**).



**Bild 3.9:**  
Gussrohr wird mit der Muffe voran aus der Gießmaschine gezogen



**Bild 3.10:**  
Erstarrtes Rohr wird aus der Kokille gezogen

### 3.3.2 De-Lavaud-Verfahren

Die Kokille wird bei diesem Verfahren von außen durch Wasser gekühlt. Ihre Innenoberfläche erhält durch Hämmern kalottenartige Vertiefungen. Diese Kaltverformung erhöht die Festigkeit der Oberfläche und unterstützt die Mitnahme des flüssigen Eisens bei der Rotationsbewegung der Kokille. Die in metallischen Formen geschleuderten Gussrohre erhalten so die für sie typische Oberfläche. Während oder kurz vor dem Gießvorgang wird ein pulverförmiges Impfmittel in die Kokille gegeben. Das Verfahren ermöglicht extrem kurze Taktzeiten, weil das sehr schnell erstarrte Rohr innerhalb weniger Sekunden gezogen werden kann; unmittelbar danach kann das nächste Rohr gegossen werden (**Bild 3.10**).

In den nicht ausgekleideten Kokillen des de-Lavaud-Verfahrens unterliegt die Oberfläche der Kokille erheblichen Wärmebeanspruchungen durch Temperaturwechsel:

- außen, die im Vergleich zur Innenoberfläche nur gering schwankende Wassertemperatur,

- innen, die Gießtemperatur des flüssigen Eisens, etwa 1.300 °C.

Zwischen zwei Gießvorgängen kann die Innentemperatur auf 200 °C und tiefer absinken. Die Beanspruchung der Kokille durch diese ungedämpften Temperaturwechsel ist demgemäß hoch, wodurch ihre Standzeit begrenzt wird.

### 3.3.3 Wetspray-Verfahren

Beim Wetspray-Verfahren erhält die Kokille eine ungefähr 0,5 mm dicke Auskleidungsschicht. Diese Schicht (mit Bentonit gebundenes Quarzmehl) wird vor jedem Gießvorgang nass aufgespritzt. Das Verfahren stammt aus dem englischen Sprachraum und trägt die allgemein gebräuchliche Bezeichnung Wetspray (wet = nass, spray = spritzen).

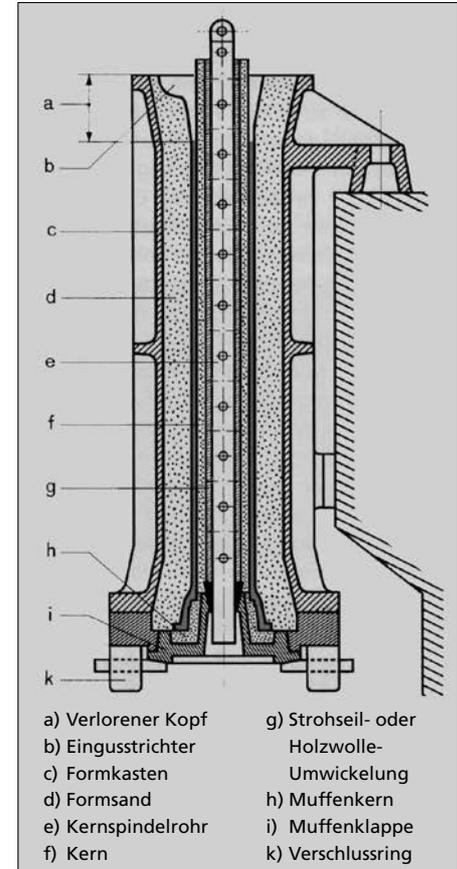
Durch die dünne Auskleidung werden die Amplituden der Temperaturwechsel in der Kokillenwand verringert, was der Standzeit der Kokille zugutekommt. Allerdings muss die Auskleidung nach jedem Abguss erneuert werden; dadurch verlängert sich die Taktzeit entsprechend.

### 3.3.4 Ältere, heute nicht mehr gebräuchliche Herstellung von Rohren

Der Sandguss ist die älteste Herstellungsart für gusseiserne Rohre und Formstücke. Zur Herstellung von Rohren wurden ursprünglich liegende zweiteilige Sandformen benutzt. Das Verfahren hatte wegen des starken Kernauftriebs beim Gießen eine Beschränkung der Rohrlänge zur Folge. Eine Weiterentwicklung war das Formen und Gießen in stehenden, nahtlosen Sandformen (**Bild 3.11**).

Das Modell besteht aus Muffen- und Schaftteil. Das Muffenmodell wird von unten in den senkrecht stehenden Formkasten eingesetzt und befestigt. Das Schaftmodell wird von oben eingeführt und mit einem konischen Zapfen im Muffenmodell zentriert.

Der Formsand wird in den Hohlraum zwischen Modell und Formkasten eingebracht und verdichtet.



**Bild 3.11:**  
Prinzip des vertikalen  
Standgusses von Rohren



**Bild 3.12:**  
Blick in die Gießhalle  
mit einem Rohrgießkarussell

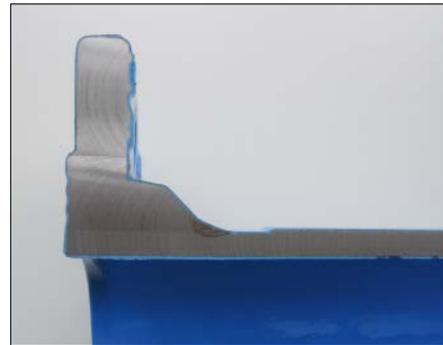
Zur Steigerung der Produktivität wurden diese stehenden Formen in Karussells angeordnet (**Bild 3.12**). Je nach Ausbildung der Formen und Kerne ließen sich glatte Rohre oder solche mit bis zu zwei Muffen oder Flanschen herstellen.



**Bild 3.13:**  
FFG DN 150/500 mit angegossenen  
Integralflanschen

### 3.3.5 Herstellung von Flanschrohren

Flanschrohre (**Bild 3.13**) mit kürzeren Baulängen werden vorwiegend in zweiteiligen, liegenden Formen gefertigt (FFG). Des Weiteren gibt es Flanschrohre, die durch Vorschweißen oder Aufschrauben von gusseisernen Flanschen an geschleuderte, gusseiserne Rohre entstehen. Ebenso ist ein Aufschumpfen und Verschweißen gängige Praxis (**Bild 3.14**).



**Bild 3.14:**  
Detailaufnahme des aufgeschnittenen  
Schrumpfsitzes

### 3.3.6 Herstellung von Formstücken und Armaturengehäusen im Sandguss-Verfahren

Mit dem Schleuderguss-Verfahren lassen sich nur rotationsymmetrische Gegenstände mit zylindrischer bis konischer Außenkontur herstellen. Bauteile mit Krümmungen, Abzweigen oder mehreren Verbindungen (Muffen oder Flanschen) sowie Armaturengehäuse benötigen ein anderes Formgebungsverfahren.

Hier werden Modelle aus Metall, Kunststoff oder Holz eingesetzt, welche die Außenkontur des Bauteils vollständig abbilden. Mit diesen Modellen werden Formen aus reinem Quarzsand, mit einem Bindemittel vermischt, als Negativ der Außenkontur des Bauteils erzeugt. Diese Sandform hält dem Druck und der Temperatur des flüssigen Eisens stand, bis es erstarrt ist. Danach wird die Sandform zertrümmert, der Sand wird im Kreislauf wieder verwendet. Die Form ist bei jedem Abguss „verloren“.

Die Innenkontur des Gussstückes wird ebenfalls nach diesem Verfahren gebildet, wobei der Quarzsand für den hier benötigten „Kern“ meist mit einem organischen Bindemittel seine Festigkeit erhält. Die Kerne müssen außerdem der Gießtemperatur von über 1.300 °C widerstehen. Dennoch müssen sie dem Schwindungsdruck bei der Erstarrung nachgeben, damit der Hohlkörper beim Aufschumpfen auf den Kern nicht reißt. Schließlich sollen sie nach dem Erkalten des Stückes leicht entfernbar sein. Bei der Erstarrung des Gießmetalls verbrennt dieser Binder, der Kern verliert seinen Zusammenhalt, und der

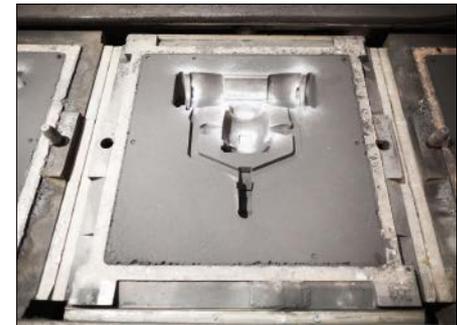
lose Sand kann aus dem abgekühlten Gussstück entfernt werden. **Bild 3.15** zeigt die fließbandmäßige Formstückherstellung mit verlorenen Kernen. Die **Bilder 3.16, 3.17 und 3.18** zeigen beispielhaft die vorbereitenden Arbeiten zur Formstückherstellung mit verlorenen Kernen.



**Bild 3.15:** Formstückherstellung mit verlorenen Kernen



**Bild 3.16:** Modell zur Herstellung des Sandabdruckes



**Bild 3.17:** Vorbereitete Sandform zum Einlegen des verlorenen Kerns



**Bild 3.18:**  
In die Sandform einlegter verloreener Kern

Großserienstücke werden auf Formmaschinen hergestellt. Die Modelle bestehen aus Kunststoff oder Metall. Als Formmaterial bevorzugt man tongebundenen Quarzsand mit Beimengungen, meist Kohlenstaub. Der Formstoff wird durch Rütteln, Pressen oder Schießen verdichtet. Eine weitere Methode ist das kastenlose Formen. Dabei bildet ein aushärtendes Sand-Kunstharz-Gemisch den Formstoff.

Ferner gibt es das Vakuumform-Verfahren. Hierbei erzielt man die Festigkeit des binderlosen Formsandes durch Unterdruck.

Kleinere Serien und größere Teile werden in Einzelformkästen geformt, wobei zur Verdichtung des Formsandes ein sogenannter Sandslinger zum Einsatz kommt. Er schleudert mit hoher Geschwindigkeit den Formstoff auf das Modell und den bereits eingefüllten Sand. Dabei verfestigt sich das Sand-Ton-Gemisch. Die Modelle bestehen aus Holz oder Kunststoff.

Kerne für Formstücke und Armaturen werden überwiegend aus Quarzsand mit kalt- oder warmhärtenden Bindern hergestellt. Sie müssen so fest sein, dass sie dem Gießdruck standhalten, der infolge der Dichte des Eisens schon bei einer statischen Gießhöhe von 1,40 m etwa 1 bar erreicht. Generell gilt, dass Sandguss-Verfahren eine nahezu uneingeschränkte Gestaltungsfreiheit der Bauteile zulassen.

### 3.4 Nachbehandlung

Unter Nachbehandlung sind alle Vorgänge an Rohren, Formstücken und Armaturengehäusen zu verstehen, die nach dem Gießen stattfinden.

#### 3.4.1 Thermische Nachbehandlung

Einige der beschriebenen Herstellungsverfahren für Rohrleitungsteile machen eine thermische Nachbehandlung notwendig.

Der Grund dafür ist, dass sich der im flüssigen Eisen gelöste Kohlenstoff im festen Zustand entweder als elementarer Grafit ausscheidet oder im Eisen gelöst bleibt.

Je größer die Abkühlungsgeschwindigkeit ist, umso höher ist auch der Anteil an gelöstem Kohlenstoff im Eisen (Zementit). Dieses Gefüge hat eine hohe Härte und eine geringe Dehnung. Ein nachfolgender Glühprozess zerlegt den Zementit in Ferrit und Grafit, wobei die Form des Grafits beim duktilen Gusseisen kugelig ausfällt.

Beim Sandguss ist im Regelfall die Abkühlungsgeschwindigkeit so gering, dass nach dem Erstarren ein weitgehend ferritisch-grafitisches Gefüge mit geringen Anteilen an Perlit vorliegt und die geforderten mechanischen Werte ohne Glühen erreicht werden.

Eine schnelle Abkühlung ist hingegen charakteristisch für das Gießen von Rohren in wassergekühlten Kokillen. So entstandene Rohre müssen, im Hinblick auf die notwendige Bearbeitbarkeit und Dehnung, geglüht werden. Das geschieht in meist gasbeheizten Durchlauföfen. Bei Temperaturen von etwa 920 °C bis 950 °C rollen die Rohre mit gesteuerter Geschwindigkeit durch den Ofen (**Bild 3.19**). Zur Fortbewegung dienen Mitnehmer, die an einer umlaufenden Kette befestigt sind. Die Glühzeit und die Temperatur sind in einem Zeit-Temperatur-Diagramm des Ofens festgelegt und werden automatisch gesteuert.

Großrohre können auch auf der Muffe stehend in Kammeröfen geglüht werden. So lässt sich ein Ovalisieren des Rohres vermeiden.



**Bild 19:**  
Rohre im Durchlaufglühofen



**Bild 3.20:**  
Gussteile nach dem Putzstrahlen

### 3.4.2 Putzen und mechanische Bearbeitung

Form- und Kernsand wird von den Gussstücken mit Hilfe von Drahtkorn abgestrahlt (Putzstrahlen) (**Bild 3.20**). Gussnähte, Anschnitte und Steigeransätze werden abgetrennt und beschliffen.

Formstücke werden nach EN 545 [3.1] vor dem Aufbringen der Beschichtung auf Dichtheit geprüft. Anschließend werden gegebenenfalls die Flansche und Einsteckenden bearbeitet. Bauteile für Armaturen werden nach dem Putzen i. d. R. mechanisch bearbeitet. Anschließend werden sie gestrahlt und in direktem Anschluss daran dem Prozess der Oberflächenbeschichtung zugeführt. Nach dem Beschichten werden die Bauteile in der Montage zu Armaturen komplettiert. Im abschließenden Prozess werden die Armaturen einer Dichtheits- und Funktionsprüfung unterzogen.

## 3.5 Aufbringen der Umhüllungen und Auskleidungen

### 3.5.1 Rohre

#### Zink- oder Zink-Aluminium-Überzug mit Deckbeschichtung

Der Zink- oder Zink-Aluminium-Überzug wird auf die Rohre nach ihrer thermischen Behandlung aufgebracht. Bei der metallischen Spritzverzinkung wird ein Zink-Draht (Reinheit mindestens 99,99 %) oder Zink-Aluminium-Draht (Zn85Al15) in einer Flamme oder in einem elektrischen Lichtbogen aufgeschmolzen. Die feinen metallischen Tropfen werden mit hoher Geschwindigkeit auf die zu beschichtende Oberfläche geblasen. Dies geht in automatisch arbeitenden Anlagen vor sich; dabei bewegt sich z. B. die Spritzpistole an dem sich drehenden Rohr entlang. So wird der Zink- oder Zink-Aluminium-Überzug in einer Schraubenlinie aufgetragen (**Bild 3.21**).



**Bild 3.21:**  
Aufbringen des Zink-Aluminium-Überzuges

Dem Zink- oder Zink-Aluminium-Überzug folgt zunächst, auf vollautomatisierten Prüf- und Putzstrecken, die Prüfung der Rohre auf Maßhaltigkeit und Dichtheit. Darüber hinaus gehört zu dieser Art des Rohrschutzes eine Deckbeschichtung, die durch Spritzen auf das sich drehende Rohr aufgetragen wird. Die Muffeninnenseite erhält dabei eine gesonderte Behandlung.

Der Zink- bzw. Zink-Aluminium-Überzug für Rohre aus duktilem Gusseisen ist in EN 545 [3.1] und EN 598 [3.2] genormt.

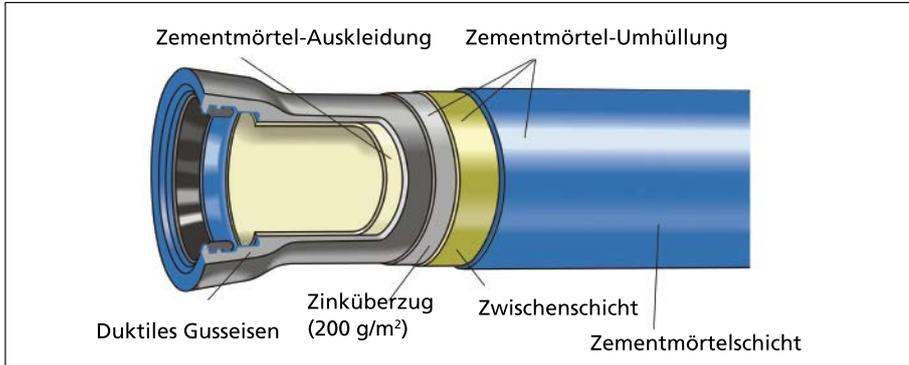
#### Zementmörtel-Umhüllung

Die Zementmörtel-Umhüllung (ZM-U) ist eine mehrschichtige Rohrumhüllung mit folgendem Schichtaufbau (**Bild 3.22**):

- Zink-Überzug,
- mit oder ohne Zwischenschicht (Zwei-Komponenten-Kunstharzbeschichtung),
- Zementmörtelschicht.

Die Zementmörtelschicht ist eine Schicht faserhaltigen Zementmörtels auf der Basis von Hochofenzement, der kunststoffmodifiziert, pigmentiert und mit einem Bandagierstoff umhüllt sein kann. Die Zwischenschicht kann entfallen, wenn ein kunststoffmodifizierter Zementmörtel verwendet wird. Die dem Mörtel beigemischten Fasern können Glas- oder Kunststofffasern sein.

Für die Applikation der Zementmörtel-Umhüllung kommen zwei Verfahren zum Einsatz. Beiden Verfahren sind gemeinsam, dass in den kunststoffmodifizierten Mörtel, der aus dem Zwangsmischer kommt, eine bestimmte Menge auf Länge geschnittene Fasern eingemischt wird. Der Mörtel wird anschließend zu

**Bild 3.22:**

Schichtaufbau eines Rohres mit Zementmörtel-Umhüllung (ZM-U) und Zementmörtel-Auskleidung (ZM-A)

**Bild 3.23:**

Aufspritz-Verfahren

**Bild 3.24:**

ZM-U - Extrusions-Verfahren

einer kreisförmigen Spritzdüse (Spritz-Verfahren) oder einer Breitschlitzdüse (Extrusions-Verfahren) gepumpt.

Beim Spritz-Verfahren wird der Mörtel mit Pressluft auf das sich drehende Rohr gespritzt (**Bild 3.23**). Die Spritzdüse ist auf einem Support montiert und fährt langsam am Rohr entlang. Eine Glättvorrichtung reduziert anschließend die Zementmörtel-Umhüllung (ZM-U) auf die vorgegebene Schichtdicke.

Beim Extrusions-Verfahren tritt der Zementmörtel aus einer stationären Breitschlitzdüse aus und wickelt sich in gleichmäßiger Schichtdicke bandförmig um das rotierende, langsam an der Düse vorbeifahrende Rohr. Synchron mit dem Mörtelauftrag erhält dieser eine PE-Netzgewirk-Bandage. Fast zeitgleich mit der Bandagierung findet über eine ebenfalls stationär angebrachte Glättvorrichtung eine Nachglättung der Mörteloberfläche statt. Nach diesem Vorgang ist das PE-Netzgewirk vollkommen von einer dünnen Mörtelschicht überdeckt (**Bild 3.24**).

Mörtelförderleistung, Rohrumfangsgeschwindigkeit und Vorschubgeschwindigkeit sind bei beiden Verfahren so aufeinander abgestimmt, dass die Nennschichtdicke für die Zementmörtel-Umhüllung über die gesamte Rohrschaftlänge den Wert von 5 mm einhält. Muffenstirn und Rohreinsteckende bleiben frei von Zementmörtel. Diese Partien haben ebenfalls einen Zinküberzug und werden nach dem Erhärten der Zementmörtel-Umhüllung mit einer Deckbeschichtung versehen.

Die ZM-Umhüllung von Rohren aus duktilem Gusseisen ist in EN 15542 [3.3] genormt. Nach EN 545 [3.1] können diese Rohre in Böden beliebiger Korrosivität eingebaut werden.

### Polyurethan-Umhüllung

Das verwendete Polyurethan (PUR) ist ein lösungsmittelfreies Zwei-Komponentensystem mit Harz und Härter. Polyurethan, Mineral-Füllstoffe, Pigmente und Zusätze sind so gewählt, dass das Enderzeugnis die festgelegten Funktionsanforderungen und die Trinkwasserzulassung erfüllt.

Vor Aufbringung der PUR-Umhüllung wird die Oberfläche der Rohre gesäubert, damit sie technisch rein, frei von Rost, losen Materialteilchen, Schmutz, Öl, Fett und Feuchtigkeit ist. Um diese Anforderungen zu erhalten, wird die Oberfläche der Rohre gemäß dem Reinheitsgrad SA 2 1/2 nach EN ISO 8501-1 [3.4] gestrahlt. Die Rohre werden zunächst auf etwa 50 °C erwärmt, um eine Beschleunigung der Polymerisation der Komponenten zu einer mechanisch belastbaren Umhüllung sicherzustellen. Das Polyurethan wird anschließend auf das rotierende Rohr aufgespritzt (**Bild 3.25**). Die porenfreie PUR-Umhüllung wird durchgehend von der Muffenstirn bis einschließlich dem Einsteckende auf den gesamten Rohrschaft aufgebracht. Nach dem Beschichtungsvorgang wird die Umhüllung zudem auf Porenfreiheit geprüft.

Die PUR-Umhüllung weist in Farbbild, Glätte und Gefüge ein einheitliches, gleichmäßiges Aussehen auf. Haftfestigkeit, Porenfreiheit, Härte und Schichtdicke werden täglich in der Produktion kontrolliert (**Bild 3.26**).



**Bild 3.25:**  
Aufbringen der schwarzen PUR-Umhüllung



**Bild 3.26:**  
Duktiles Gussrohr mit Polyurethan-Umhüllung und Polyurethan-Auskleidung

Die PUR-Umhüllung von Rohren aus duktilem Gusseisen ist in EN 15189 [3.5] genormt. Nach EN 545 [3.1] können diese Rohre in Böden beliebiger Korrosivität eingebaut werden.

### Polyethylen-Umhüllung

Die Polyethylen-Umhüllung besteht aus LDPE (Low-Density-Polyethylen). Sie wird unter Verwendung eines Weichklebers auf die Rohre aufgebracht; bis einschließlich DN 500 geschieht dies im Schlauchextrusions-Verfahren, ab DN 400 einschließlich im Wickelextrusions-Verfahren.

Die PE-Umhüllung von Rohren aus duktilem Gusseisen ist in EN 14628 [3.6] genormt. Nach EN 545 [3.1] können diese Rohre in Böden beliebiger Korrosivität eingebaut werden.

### Zementmörtel-Auskleidung

Im Rotationsschleuderverfahren wird nach dem Einbringen des Frischmörtels (Sand-Zement-Wasser-Mischung) das Rohr auf eine so hohe Rotationsgeschwindigkeit gebracht, dass die Zen-

trifugalbeschleunigung mindestens das Zwanzigfache der Erdbeschleunigung beträgt. Durch diese Beschleunigung und durch zusätzliche Rüttelkräfte erfährt der Frischmörtel eine Verdichtung und Glättung (**Bild 3.27**).

Beim Rotationsschleudern wird ein Teil des Zugabewassers angetrieben. Zur Oberfläche der Zementmörtel-Auskleidung hin entsteht eine Anreicherung von Feinkorn und Feinbestandteilen. In Reifekammern härtet die Zementmörtel-Auskleidung (ZM-A) bei definierter Luftfeuchte und Temperatur aus. Die ZM-A von Rohren aus duktilem Gusseisen ist in EN 545 [3.1] und EN 598 [3.2] genormt.

### Polyurethan-Auskleidung

Das verwendete Polyurethan ist ein lösungsmittelfreies Zwei-Komponentensystem mit Harz und Härter. Polyurethan, Mineral-Füllstoffe, Pigmente und Zusätze sind so gewählt, dass das Enderzeugnis die festgelegten Funktionsanforderungen und die Trinkwasserzulassung (z. B. DVGW) erfüllt. Vor Aufbringung der Polyurethan-Auskleidung wird die Innenfläche der Rohre



**Bild 3.27:**

Rotationsschleudern – Eintrag einer Zementmörtel-Auskleidung (ZM-A)

gesäubert, damit sie technisch rein, frei von Rost, losen Materialteilchen, Schmutz, Öl, Fett und Feuchtigkeit ist. Um diese Anforderungen zu erhalten, wird die Innenfläche der Rohre geschliffen und gemäß dem Reinheitsgrad Sa 2.5 nach EN ISO 8501-1 [3.4] doppelt gestrahlt. Die Rohre werden zunächst auf etwa 50 °C erwärmt, um eine Beschleunigung der Polymerisation der Komponenten zu gewährleisten.

Dadurch werden hohe Taktzeiten im Beschichtungsprozess erzielt.

Das Polyurethan wird anschließend auf das sich drehende Rohr mittels einer Lanze mit einer Rotationsdüse aufgespritzt (**Bild 3.28**). Die Fliehkraft, verursacht durch die Eigenrotation des Rohres, bewirkt eine sehr glatte Oberfläche, welche gute hydraulische Eigenschaften erzielt. Die porenfreie



**Bild 3.28:**  
Aufbringen der PUR-Auskleidung mittels einer Lanze mit Rotationsdüse

Polyurethan-Auskleidung wird durchgehend auf die gesamte Rohroberfläche aufgebracht.

Auch die Innenseite der Muffe wird mit Polyurethan ausgekleidet. In Kombination mit der PUR-Umhüllung entsteht ein Gussrohr mit einem integralen Korrosionsschutz.

Nach dem Beschichtungsvorgang wird die Auskleidung auf Porenfreiheit geprüft. Die Polyurethan-Auskleidung weist in Farbbild, Glätte und Gefüge ein einheitliches, gleichmäßiges Aussehen auf. Haftfestigkeit, Porenfreiheit, Härte und Schichtdicke werden täglich in der Produktion kontrolliert.

Die Polyurethan-Auskleidung von Rohren aus duktilem Gusseisen ist in EN 15655 [3.7] genormt.

### 3.5.2 Formstücke und Armaturen

#### Epoxidharz-Beschichtung

Ähnlich wie bei den Armaturen gewinnt die Pulver-Beschichtung von Formstücken mit Epoxidharz eine immer größere Bedeutung. Nach EN 545 [3.1] sind derart umhüllte Formstücke für Böden aller Aggressivitätsklassen geeignet. Dasselbe gilt auch für mit Epoxidharzpulver beschichtete Armaturen.

Die Gussstücke werden zu diesem Zweck zunächst einer Oberflächenbehandlung durch Strahlen (Reinheitsgrad SA 2 1/2) unterzogen. Danach werden die Teile auf eine Objekttemperatur von ungefähr 200 °C erhitzt und in ein Wirbelsinterbecken mit Epoxidharz-Pulver getaucht (**Bild 3.29**) oder mit Hilfe einer Sprühpistole elektrostatisch beschichtet (**Bild 3.30**).

Dabei werden porenfreie Schichten mit Schichtdicken von mehr als 250 µm erreicht. Je nach Anlagentyp kann der Beschichtungsvorgang automatisiert werden. Laufende Überwachung der Beschichtung in Bezug auf Vernetzung,



**Bild 3.29:**  
Epoxidharz-Pulver-Auftrag mit Roboter im Wirbelsinterverfahren



**Bild 3.30:**  
Elektrostatischer Epoxidharz-Pulver-Auftrag mit einer Sprühpistole

mechanische Eigenschaften, Unterwanderung und Schichtdicke sichern eine gleichbleibende Qualität.

Die Epoxidharz-Pulver-Beschichtung von Formstücken aus duktilem Gusseisen ist in EN 14901 [3.8] und RAL - GZ 662 [3.9] genormt. Die Epoxidharz-Beschichtung von Armaturengehäusen ist in DIN 30677-1 [3.10], DIN 30677-2 [3.11], DIN 3476 [3.12] und RAL - GZ 662 [3.9] genormt.

### Zementmörtel-Auskleidung

Formstücke werden mit Zementmörtel nach EN 545 [3.1] und EN 598 [3.2] im Anschleuderverfahren ausgekleidet. Bei diesem Verfahren wird der Zementmörtel mit Hilfe einer Schneckenpumpe durch einen Schlauch gepumpt und durch ein mit Pressluft angetriebenes Schleuderrad an die Wand geschleudert und dabei verdichtet. Nach einer Reifung bei definiertem Raumklima werden die Formstücke weiterverarbeitet.

In Abhängigkeit vom Einsatzfall kommt dabei im Allgemeinen Hochofenzement zum Einsatz. Bei dieser Art der Mörtelapplikation kann kein überschüssiges Wasser ausgetrieben werden; die Verarbeitung des Mörtels mit dem erforderlichen niedrigen Wasser-Zement-Wert wird durch Zugabe einer Kunstharzdispersion ermöglicht.

Die Gesamtschichtdicke beträgt in Abhängigkeit von der Nennweite 2,5 mm bis 9 mm.

Als Außenbeschichtung werden die mit Zementmörtel ausgekleideten Formteile üblicherweise mit einer Bitumenbeschichtung von 70 µm versehen. Im Einzelfall werden auch eine 2-Komponenten-Zinkstaubfarbe und eine Bitumen-Deckbeschichtung eingesetzt.

Die ZM-Auskleidung von Formstücken aus duktilem Gusseisen ist in EN 545 [3.1] und EN 598 [3.2] genormt.

### Technische Emaillierung

Technisches Email als Beschichtungsmaterial findet dort seinen Einsatz, wo Behälter, Rohre, Formstücke und Armaturen gegen chemische Belastungen, auch in teilweise extremer Ausprägung, geschützt werden müssen (**Bild 3.31**).

Mit duktilem Gusseisen als Grundwerkstoff bildet Email einen Werkstoffverbund, der sich durch eine Reihe wesentlicher Eigenschaften auszeichnet, beispielsweise:

- glatte, antiadhäsive Oberfläche,
- hohe Härte,
- glasartige vollständig anorganische Struktur,
- hohe chemische Resistenz.

Der Trägerwerkstoff wird häufig vor der Emaillierung geglättet, um die Emaillierfähigkeit zu verbessern.

Im Anschluss an die Glühbehandlung wird die Oberfläche gestrahlt (EN ISO 12944-4 [3.13]; SA 2 1/2). Durch das Strahlen wird die Oberfläche gereinigt, aktiviert und eine bestimmte Oberflächenrauigkeit erzielt. Außerdem wird die spezifische

Oberfläche wesentlich vergrößert. Damit bietet sie im folgenden Emaillierprozess die Voraussetzung für den Aufbau des Werkstoffverbundes.

Der Grundstoff sind so genannte Emailfritten. Diese werden bei über 1.200 °C aus den natürlichen anorganischen Rohstoffen Quarz, Feldspat, Borax, Soda, Pottasche, Aluminiumoxid und weiteren Metalloxiden erschmolzen, abgeschreckt und gebrochen. Die Emailfritten werden mit Zusatzstoffen und Wasser zu einem Emailschlacker gemahlen.



**Bild 3.31:**  
Außen und innen mit Email beschichtete Armatur

Die Schlacker werden durch Tauchen, Fluten (**Bild 3.32**) oder Spritzen (**Bild 3.33**) auf die Gussstücke aufgetragen und anschließend bei  $\leq 110$  °C getrocknet. Daran schließt sich das eigentliche Brennen an, je nach Emailqualität im Temperaturbereich zwischen 750 °C und 900 °C.



**Bild 3.32:**  
Email-Auftrag durch Fluten



**Bild 3.33:**  
Email-Auftrag durch Spritzen

Die Emaillierung von Formstücken und Armaturen aus duktilem Gusseisen ist in DIN 51178 [3.14] genormt. Eine detailliertere Darstellung der Emaillier-technik findet sich in **Kapitel 7.2**.



**Bild 3.34:**  
Beispiele der Kennzeichnung von duktilen Formstücken

### 3.6 Kennzeichnung

#### 3.6.1 Kennzeichnung von Rohren und Formstücken aus duktilem Gusseisen

Die Kennzeichnung von Rohren und Formstücken (**Bild 3.34**) ist in den Produktnormen EN 545 [3.1] und EN 598 [3.2] sowie in der EADIPS®/FGR® - Norm 33 [3.15] festgelegt. Die Kennzeichnung des zulässigen Bauteilbetriebsdrucks (PFA) längskraftschlüssiger beweglicher Steckmuffen-Verbindungen von Rohren ist in der EADIPS®/FGR® - Norm 75 [3.16] geregelt (**Bilder 3.35 und 3.36**).

Die Kennzeichnungen des Werkstoffs, des Herstelldatums und der Nennweite sind vertieft oder erhaben eingegossen.

Das Kennzeichen für den Werkstoff „duktiles Gusseisen“, das auch nach dem Einbau sichtbar sein muss, sind drei im Dreieck liegende, erhaben oder vertieft angebrachte Punkte oder drei parallele, kerbförmige Vertiefungen an der Muffenstirnfläche.

Bei den nach dem Schleuderguss-Verfahren hergestellten Muffenrohren wird die Kennzeichnung grundsätzlich in der Muffe angebracht.

**Bild 3.35:**

Kennzeichnung eines duktilen Gussrohres mit längsraftschlüssiger beweglicher Steckmuffen-Verbindung nach [3.16]

**Bild 3.36:**

Kennzeichnung des zulässigen Bauteilbetriebsdrucks (PFA) nach [3.16]

Dabei sind Nennweite, Herstellerkennzeichen und Jahreszahl im Inneren der Muffe vertieft eingegossen, wo sie die Funktion der Verbindung nicht stören.

Farbliche Kennzeichnungen für die Wanddickenklasse sowie für die Art von Auskleidung und Umhüllung, aber auch zusätzliche Kennzeichnungen werden auf der Muffenstirn oder direkt hinter der Muffe aufgebracht.

Formstücke werden nach den Produktnormen wie folgt gekennzeichnet:

- Kennzeichen des Herstellers,
- Kennzeichen des Herstelljahres,
- Kennzeichen für duktilen Gusseisen,
- Nennweite DN,
- Nenndruck PN bei Flanschen,
- die Gradstellung bei Bögen.

Die Kennzeichnungen sind außen auf dem Formstückkörper aufgegossen.

Folgende Kennzeichen können ebenfalls aufgegossen, mit Farbe aufgebracht oder der Verpackung beigegeben werden:

- Hinweis auf die maßgebende Norm (z.B. EN 545 [3.1]),
- Kennzeichen der Zertifizierungsstelle (z. B. DVGW).

Bei Flanschrohren mit vorgeschweißten, aufgeschumpften bzw. aufgeschraubten Flanschen wird die Kennzeichnung auf der Flanschrückseite eingegossen, bei gegossenen Flanschrohren ist sie auf dem Rohrschaft angebracht.

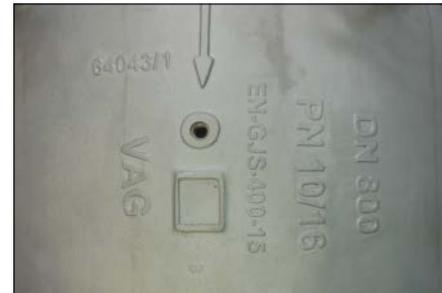
Das Kennzeichen FGR<sup>®</sup> mit einer Zahl (die Zahl ist einem Hersteller zugeordnet), z.B. FGR<sup>®</sup> 2, weist darauf hin, dass dieser Hersteller Mitglied der European Association for Ductile Iron Pipe Systems · EADIPS<sup>®</sup> / Fachgemeinschaft Guss-Rohrsysteme (FGR<sup>®</sup>) e. V. ist.

### 3.6.2 Kennzeichnung von Armaturen aus Gusseisen mit Kugelgrafit

Die Kennzeichnung von Armaturen (Bilder 3.37, 3.38, 3.39 und 3.40) erfolgt entsprechend der Vorgaben der EN 19 [3.17] und der EN 1074-1 [3.18].



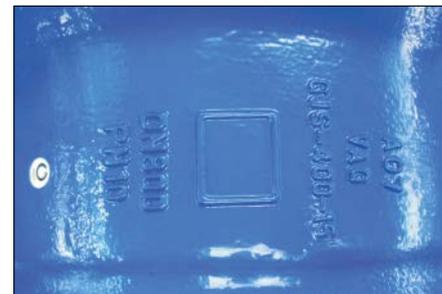
**Bild 3.38:**  
Kennzeichnung eines Schiebers DN 100,  
GR 14



**Bild 3.39:**  
Kennzeichnung eines Ringkolbenventils  
DN 800, PN 10/16



**Bild 3.37:**  
Kennzeichnung eines Düsenrückschlagventils



**Bild 3.40:**  
Kennzeichnung einer Absperrklappe  
DN 800, PN 10

## 3.7 Prüfung

### 3.7.1 Prüfung der Rohre

Nach dem Glühprozess und der Dichtheitsprüfung werden duktile Gussrohre mit oder ohne Verzinkung auf kombinierten Putz- und Prüfstraßen einer maßlichen Prüfung unterzogen. Zudem erfolgt eine Prüfung auf äußere und innere Fehler durch visuelle Inspektion. Wanddickenmessungen führt man zum Beispiel mit Schnellastern durch. Die Muffen und Einsteckenden werden mit Grenzlehren überprüft. Zur nachträglichen Beurteilung des Glühprozesses dient die Härteprüfung. Aussagen über den Ferritisierungsgrad und die Duktilität (Dehnung) liefert die Ringfaltprüfung (Verformung eines zuvor abgeschnittenen Ringes) an der Putz- und Prüfstrecke; die Zusammendrückbarkeit ist ein Anhaltsmaß für die Dehnung.

Statt der Ringfaltprüfung kann auch eine Kugeleindruckprüfung stattfinden. Die genauen mechanischen Festigkeitswerte (Zugfestigkeit, 0,2-%-Dehngrenze, Bruchdehnung und Brinellhärte) werden in Werkstofflabors ermittelt.

Diese Werte werden an Rundproben aus der Rohrwand nachgewiesen.

Die Anforderungen an die Auskleidung sowie die erforderlichen Prüfungen sind in EN 545 [3.1] und EN 598 [3.2] festgelegt. Regelmäßige Prüfungen im Rahmen von Zertifizierungen stellen eine gleichbleibende Qualität sicher, wie z. B. nach DVGW-Prüfgrundlage GW 337 [3.19] und DVGW-Beiblatt GW 337-B1 [3.20].

### 3.7.2 Prüfung von Formstücken und Armaturen

Für in Sandformen hergestellte Gussstücke, Formstücke und Armaturenhäuser, gelten ähnliche Prüfkriterien wie für Rohre. Abweichend von der Vorgehensweise bei Rohren kann jedoch bei Formstücken die Proben nicht aus dem Stück selbst entnehmen, ohne es zu zerstören. Die mechanischen Eigenschaften werden an runden Zugproben nachgewiesen, die aus getrennt gegossenen U- oder Y-Proben herausgearbeitet sind; die Härte ist am Formstück selbst messbar. Zur Schnellprüfung der Duktilität dient

die Schallgeschwindigkeitsmessung mittels Ultraschall, entweder am getrennt gegossenen Probestab oder am Formstück selbst.

Dichtheits- und Funktionsprüfungen an Formstücken und Armaturen sind an geeigneter Stelle in den gesamten Stofffluss ihrer Herstellung eingebettet. Dies gilt ebenso für alle Prüfungen von Werkstoffeigenschaften, Abmessungen und sonstigen Kriterien, wie sie in den Produkt- und Beschichtungsnormen zur Prozesskontrolle gefordert werden.

Die Ergebnisse der Prüfungen von Rohren, Formstücken und Armaturen bescheinigt, je nach Vereinbarung, ein Werkszeugnis oder ein Abnahmeprüfzeugnis nach EN 10204 [3.21].

### 3.8 Literatur

- |  |  |   |
|--|--|---|
| <p>[3.1] EN 545<br/>Ductile iron pipes, fittings, accessories and their joints for water pipelines – Requirements and test methods [Rohre, Formstücke, Zubehörteile aus duktilem Gusseisen und ihre Verbindungen für Wasserleitungen – Anforderungen und Prüfverfahren] 2010</p>                       | <p>[3.3] EN 15542<br/>Ductile iron pipes, fittings and accessories – External cement mortar coating for pipes – Requirements and test methods [Rohre, Formstücke und Zubehör aus duktilem Gusseisen – Zementmörtelumhüllung von Rohren – Anforderungen und Prüfverfahren] 2008</p>   | <p>[Vorbereitung von Stahloberflächen vor dem Auftragen von Beschichtungsstoffen – Visuelle Beurteilung der Oberflächenreinheit – Teil 1: Rostgrade und Oberflächenvorbereitungsgrade von unbeschichteten Stahloberflächen und Stahloberflächen nach ganzflächigem Entfernen vorhandener Beschichtungen (ISO 8501-1:2007)] 2007</p> |
| <p>[3.2] EN 598<br/>Ductile iron pipes, fittings, accessories and their joints for sewerage applications – Requirements and test methods [Rohre, Formstücke, Zubehörteile aus duktilem Gusseisen und ihre Verbindungen für die Abwasser-Entsorgung – Anforderungen und Prüfverfahren] 2007+A1:2009</p> | <p>[3.4] EN ISO 8501-1<br/>Preparation of steel substrates before application of paints and related products – Visual assessment of surface cleanliness – Part 1: Rust grades and preparation grades of uncoated steel substrates and of steel substrates after overall removal of previous coatings (ISO 8501-1:2007)</p> | <p>[3.5] EN 15189<br/>Ductile iron pipes, fittings and accessories – External polyurethane coating for pipes – Requirements and test methods [Rohre, Formstücke und Zubehör aus duktilem Gusseisen – Polyurethanumhüllung von Rohren – Anforderungen und Prüfverfahren] 2006</p>  |

- [3.6] EN 14628  
Ductile iron pipes, fittings and accessories –  
External polyethylene coating for pipes –  
Requirements and test methods  
[Rohre, Formstücke und Zubehörteile aus duktilem Gusseisen – Polyethylenumhüllung von Rohren – Anforderungen und Prüfverfahren] 2005
- [3.7] EN 15655  
Ductile iron pipes, fittings and accessories –  
Internal polyurethane lining for pipes and fittings –  
Requirements and test methods  
[Rohre, Formstücke und Zubehörteile aus duktilem Gusseisen – Polyurethan-Auskleidung von Rohren und Formstücken – Anforderungen und Prüfverfahren] 2009
- [3.8] EN 14901  
Ductile iron pipes, fittings and accessories –  
Epoxy coating (heavy duty) of ductile iron fittings and accessories –  
Requirements and test methods  
[Rohre, Formstücke und Zubehör aus duktilem Gusseisen – Epoxidharzbeschichtung (für erhöhte Beanspruchung) von Formstücken und Zubehörteilen aus duktilem Gusseisen – Anforderungen und Prüfverfahren] 2006
- [3.9] RAL - GZ 662  
Güte- und Prüfbestimmungen –  
Schwerer Korrosionsschutz von Armaturen und Formstücken durch Pulverbeschichtung –  
Gütesicherung  
[Quality and test provisions – Heavy duty corrosion protection of valves and fittings by powder coating – Quality assurance] 2008
- [3.10] DIN 30677-1  
Äußerer Korrosionsschutz von erdverlegten Armaturen; Umhüllung (Außenbeschichtung) für normale Anforderungen  
[Corrosion protection of buried valves; coating for normal requirement] 1991
- [3.11] DIN 30677-2  
Äußerer Korrosionsschutz von erdverlegten Armaturen; Umhüllung aus Duroplasten (Außenbeschichtung) für erhöhte Anforderungen  
[External corrosion protection of buried valves; heavy-duty thermoset plastics coatings] 1988

- [3.12] DIN 3476  
Armaturen und Formstücke für Roh- und Trinkwasser – Korrosionsschutz durch EP-Innenbeschichtung aus Pulverlacken (P) bzw. Flüssiglacken (F) – Anforderungen und Prüfungen [Valves and fittings for untreated and potable water – Protection against corrosion by internal epoxy coating of coating powders (P) or liquid varnishes (F) – Requirements and tests] 1996
- [3.13] EN ISO 12944-4  
Paints and varnishes - Corrosion protection of steel structures by protective paint systems – Part 4: Types of surface and surface preparation (ISO 12944-4:1998) [Beschichtungsstoffe – Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme – Teil 4: Arten von Oberflächen und Oberflächenvorbereitung (ISO 12944-4:1998)] 1998
- [3.14] DIN 51178  
Emails und Emailierungen – Innen- und außenemailierte Armaturen und Druckrohrformstücke für die Roh- und Trinkwasserversorgung – Qualitätsanforderungen und Prüfung [Vitreous and porcelain enamels – Inside and outside enamelled valves and pressure pipe fittings for untreated and potable water supply – Quality requirements and testing] 2009-10
- [3.15] EADIPS®/FGR® 33  
Rohre und Formstücke aus duktilem Gusseisen – Kennzeichnung von Rohren und Formstücken [Ductile iron pipes and fittings – Marking of ductile iron pipes and fittings] 2013-06
- [3.16] EADIPS®/FGR® 75  
Rohre aus duktilem Gusseisen – Kennzeichnung des zulässigen Bauteilbetriebsdrucks (PFA) längskraftschlüssiger beweglicher Steckmuffen-Verbindungen von Rohren – Ergänzung zur EN 545:2010 [Ductile iron pipes - Marking of the allowable operating pressure PFA of restrained flexible push-in socket joints of pipes – Supplement to EN 545:2010] 2013-06
- [3.17] EN 19  
Industrial valves – Marking of metallic valves [Industriearmaturen – Kennzeichnung von Armaturen aus Metall] 2002

- [3.18] EN 1074-1  
Valves for water supply –  
Fitness for purpose requirements  
and appropriate verification tests –  
part 1: General requirements  
[Armaturen für die Wasser-  
versorgung –  
Anforderungen an die Gebrauchs-  
tauglichkeit und deren Prüfung –  
Teil 1: Allgemeine Anforderungen]  
2000
- [3.19] DVGW-Arbeitsblatt GW 337  
Rohre, Formstücke und Zubehö-  
rteile aus duktilem Gusseisen für die  
Gas- und Wasserversorgung –  
Anforderungen und Prüfungen  
[DVGW worksheet GW 337  
Ductile cast iron pipes, fittings  
and accessories for gas and  
water supply –  
Requirements and tests]  
2010-09
- [3.20] DVGW-Arbeitsblatt GW 337-B1  
Beiblatt 1 zu DVGW-Prüfgrundlage  
GW 337 Rohre, Formstücke und  
Zubehörteile aus duktilem Gusseisen  
für die Gas- und Wasserversorgung –  
Anforderungen und Prüfungen  
[DVGW worksheet GW 337-B1  
Supplement 1 to DVGW test  
specification GW 337  
Ductile cast iron pipes, fittings and  
accessories for gas and water supply –  
Requirements and tests]  
2012-08
- [3.21] EN 10204  
Metallic products –  
Types of inspection documents  
[Metallische Erzeugnisse –  
Arten von Prüfbescheinigungen]  
2004





# 4

## Qualitätsmanagement

- 4.1 Allgemeines
- 4.2 Qualitätsmanagement in der Gussrohrindustrie
- 4.3 Prozesslenkung und Qualitätsprüfungen bei Rohren aus duktilem Gusseisen
- 4.4 Prozesslenkung und Qualitätsprüfungen bei Formstücken und Zubehörteilen aus duktilem Gusseisen
- 4.5 Fremdüberwachung
- 4.6 Literatur

## 4 Qualitätsmanagement

**Qualitätsmanagement als Gesamtheit der qualitätsbezogenen Tätigkeiten und Zielsetzungen. Die Dokumentation von QM-Systemen. Normenverbund und Zertifizierung des QM-Systems. Qualitätsmanagement in der Gussrohrindustrie. Prozesslenkung und Qualitätsprüfungen bei Rohren und Formstücken aus duktilem Gusseisen. Fremdüberwachung durch ein akkreditiertes Institut.**

### 4.1 Allgemeines

Der Begriff des Qualitätsmanagements (QM) wurde in der Normenreihe ISO 9001 konsequent weiterentwickelt und erweitert. Neben der Darlegung des Qualitätsmanagementsystems und seiner Nachweisführung sind seit der Revision von ISO 9001 im Jahre 2000 vor allem der Kundenbezug, die Prozessorientiertheit und die ständige Qualitätsverbesserung vorausgesetzte Erfordernisse.

Das Qualitätsmanagementsystem wird dadurch mehr ziel- und ergebnisorientiert auf den Kunden und seine Anforderungen ausgerichtet.

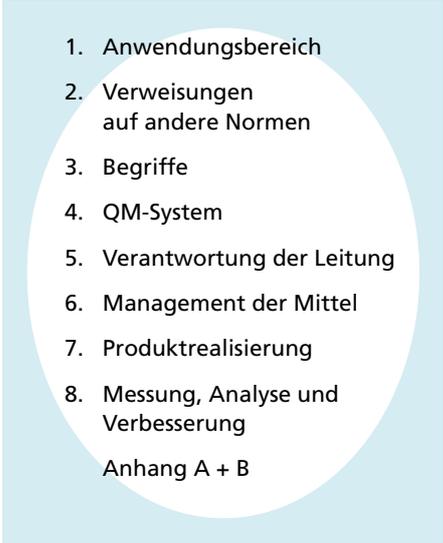
Die ISO 9001 ist ein international anerkanntes Qualitätsmanagementsystem, das länderübergreifend verstanden wird und Qualitäten vergleichbar macht.

Für den Anwender und Hersteller ergeben sich daraus folgende Vorteile:

- Dokumentation von Unternehmensabläufen und Prozessen,
- verbesserte Kundenorientierung,
- kontinuierliche Prozess- und Strukturverbesserungen,
- Minimierung von Risiken im Bereich Produkthaftung,
- Reduzierung von Prüfaufwand in eigener Produktion und bei Lieferanten,
- Erkennen und Minimieren von Schwachstellen.

Die acht Grundsätze der Norm sind im **Bild 4.1** erkennbar. Die ISO 9001:2000 ist dabei offen formuliert. Dadurch können und sollen zielgerichtete sowie an der Unternehmensphilosophie orientierte eigene, bewährte und zweckmäßige Verfahrensweisen sowie Regelungen berücksichtigt werden.

**Bild 4.1:**  
Aufbau der ISO 9001

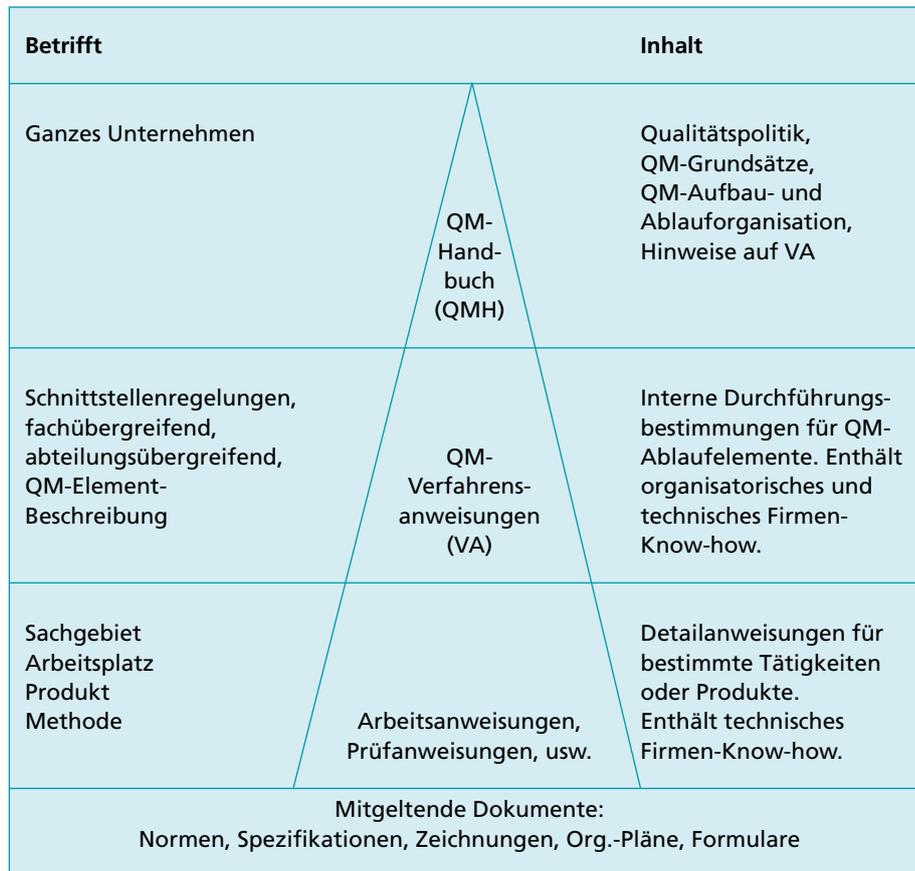
- 
- Das Diagramm zeigt den Aufbau der ISO 9001 Norm in Form einer Liste von acht Punkten, die in einem hellblauen Kreis auf einem hellblauen Hintergrund dargestellt sind. Die Punkte sind:
1. Anwendungsbereich
  2. Verweisungen auf andere Normen
  3. Begriffe
  4. QM-System
  5. Verantwortung der Leitung
  6. Management der Mittel
  7. Produktrealisierung
  8. Messung, Analyse und Verbesserung
- Unterhalb der Liste steht der Text 'Anhang A + B'.

#### 4.1.1 Dokumentation des QM-Systems

Die Dokumentation des QM-Prozesses als Voraussetzung der ISO 9001:2000 schreibt die Qualitätspolitik und Ziele des Unternehmens fest. Sie regelt u. a. Planung, Durchführung und Lenkung der Unternehmensprozesse sowie ihre Wechselwirkungen.

Als Grundlage der gesamten Dokumentation gilt dabei das Management-Handbuch. Es regelt neben dem Anwendungsbereich des Qualitätsmanagementsystems die dokumentierten Verweise und Verfahren des QM-Systems sowie die Prozesse mit ihren Wechselwirkungen. Das **Bild 4.2** zeigt die Dokumentationsstruktur eines QM-Systems.

**Bild 4.2:**  
Dokumentationsstruktur eines QM-Systems



### 4.1.2 Normenverbund und Zertifizierung des QM-Systems

Ein nach ISO 9001 zertifiziertes Qualitätsmanagementsystem muss durch ein akkreditiertes Prüfinstitut abgenommen werden. Alle europäische Normen für Rohre, Formstücke und Zubehörteile aus duktilem Gusseisen sowie ihre Verbindungen (EN 545, EN 598, EN 14628) empfehlen die Einführung eines nach ISO 9001 zertifizierten QM-Systems.

In der Bundesrepublik Deutschland ist entsprechend DIN 2000 der Einbau geprüfter (zertifizierter) Materialien vorgeschrieben. In der dabei vom DVGW geschaffenen verbindlichen Prüfgrundlage GW 337 für Rohre, Formstücke und Zubehörteile aus duktilem Gusseisen für die Wasserversorgung werden die Hersteller verpflichtet, ein zertifiziertes QM-System zu unterhalten, auf welchem die werkseigene Produktionskontrolle beruht. Auch bei der Einführung eines Umweltmanagementsystems nach ISO 14001 wird das nach ISO 9001 zertifizierte QM-System vorausgesetzt.

## 4.2 Qualitätsmanagement in der Gussrohrindustrie

Schon immer stand in der Gussrohrindustrie die Qualität der Produkte und Dienstleistungen an erster Stelle. Am Markt konnten nur die Unternehmen bestehen, denen es dauerhaft gelang, die Qualitätsforderungen der Kunden

zu erfüllen. Dies ging nicht ohne ein gut funktionierendes QM-System, das im Laufe der Jahre weiterentwickelt und in zunehmendem Maße dokumentiert wurde (**Bild 4.3**).

Die nun folgenden Beschreibungen beziehen sich auf die Ausgestaltung der QM-Elemente „Prozesslenkung“ und „(Qualitäts-)Prüfungen“.

- allgemeine Anforderungen
- Dokumentationsanforderungen
- Verpflichtung der Leitung
- Kundenorientierung
- Qualitätspolitik
- Planung
- Verantwortung, Befugnis und Kommunikation
- Managementbewertung
- Bereitstellung von Ressourcen
- personelle Ressourcen
- Infrastruktur
- Arbeitsumgebung
- Planung der Produktrealisierung
- kundenbezogene Prozesse
- Entwicklung (kann – falls begründet – ausgeschlossen werden)
- Beschaffung
- Produktion und Dienstleistungserbringung
- Lenkung von Überwachungs- und Messmitteln
- Überwachung und Messung (Kundenzufriedenheit, Auditierung, Prozesse und Produkte)
- Lenkung fehlerhafter Produkte
- Datenanalyse (Vorbeugemaßnahmen, ständige Verbesserung, Korrekturmaßnahmen)
- Verbesserung

**Bild 4.3:**

Auf die Gussrohrindustrie anwendbare QM-Elemente nach DIN EN ISO 9001:2000

### 4.3 Prozesslenkung und Qualitätsprüfungen bei Rohren aus duktilem Gusseisen

**Bild 4.4** zeigt das in sechs Prozessabschnitte gegliederte Ablaufdiagramm für die Herstellung von Rohren aus duktilem Gusseisen mit den entsprechenden Prozess- und Qualitätsprüfungen:

- Beschaffung und Wareneingang,
- Bereitstellung des flüssigen Eisens,
- Rohrherstellung,
- Weiterbehandlung der Rohre,
- Beschichtung,
- Kennzeichnung, Verpackung, Lagerung und Versand.

Zu den einzelnen Prozessabschnitten nachstehend einige Erläuterungen.

#### 4.3.1 Beschaffung und Wareneingang

Für die Beschaffung von Erzeugnissen und Dienstleistungen, welche die Qualität der hergestellten Produkte beeinflussen, kommen nur entsprechend qualifizierte und zertifizierte Lieferanten in Frage. Das gilt besonders für Zukaufwaren und Zubehörteile, wie z.B. Dichtungen oder Beschichtungsmaterialien. Wenn die eingesetzten nicht metallischen Materialien in Kontakt mit Trinkwasser kommen können, ist grundsätzlich eine Materialzulassung nach Arbeitsblatt W 270 und eine KTW-Prüfung Voraussetzung. Bei Dichtungen ist zusätzlich eine DVGW-Zertifizierung nach Prüfgrundlage VP 546 bzw. VP 547 notwendig.

Angelieferte Produkte werden einer Eingangsprüfung unterzogen. Dabei richtet sich der Prüfumfang nach der Qualitätsrelevanz des betreffenden Produktes und der Einstufung des jeweiligen Zulieferers.

#### 4.3.2 Erschmelzung und Behandlung des flüssigen Eisens

Hierbei gilt es, hohe Anforderungen an die Steuerung und Überwachung der Schmelzföhrung, die Einhaltung der chemischen Zusammensetzung und die Behandlungs- bzw. Impftechnik zu stellen. Dazu ist vor Ort bzw. in den chemischen Laboratorien der Einsatz von Analyseautomaten erforderlich, um in kürzester Zeit für mehrere Elemente gleichzeitig die Gehalte angeben zu können.

**Bild 4.4:**

Ablaufdiagramm für d. Herstellung von Schleudergussrohren aus duktilem Gusseisen mit d. entsprechenden Prozess- u. Qualitätsprüfungen

Prozessabschnitt	Prozessschritt	Prüfmerkmale
Beschaffung, Wareneingang	Anlieferung der Roh- und Hilfsstoffe	Lieferantenauswahl, Wareneingangsprüfung
Bereitstellung des flüssigen Eisens	Zusammenstellung der Charge	Chargenzusammensetzung
	Erschmelzung des flüssigen Eisens	Prozessparameter, chemische Zusammensetzung, Temperatur, Keimzustand
	Entschwefelung	Menge Entschwefelungsmittel, S-Gehalt
	Mg-Behandlung	Zugabemenge Mg-Träger, chemische Zusammensetzung
Rohrherstellung	Herstellung der Muffenkerne	Eigenschaften d. Kernsandes, Prozessparameter
	Kokillenbearbeitung	Maßprüfung
	Rohrherstellung in der Schleudergießerei	Prozessparameter, Rohrmassen
	Wärmebehandlung	Zeit-Temperatur-Zyklus
	...	

Prozessabschnitt	Prozessschritt	Prüfmerkmale
Weiterbehandlung der Rohre	Verzinkung	Prozessparameter, Zinkschichtdicke
	Qualitätsprüfung am Rohr	Gussfehler, Wanddicke, Verbindungsmaße
	Innendruckprüfung	Dichtheit
Beschichtung	Zementmörtel-Auskleidung	Prozessparameter, Mörtelschichtdicke u. Aussehen
	Mörtelreifung	Zeit-Temperatur-Feuchte-Zyklus
	Umhüllung	Prozessparameter, Beschaffenheit und Dicke der Umhüllung
Kennzeichnung, Verpackung, Lagerung und Versand	Endprüfung, Kennzeichnung, Bündelung	Beschichtungsfehler, Schichtdicke, Einhaltung d. Kennzeichnungs- und Bündelungsvorschriften
	Lagerung der Rohre	durch Transport bzw. Lagerung verursachte Fehler, Einhaltung der Lagervorschriften
	Versand	Einhaltung der Verladevorschriften

### 4.3.3 Rohrherstellung in der Schleudergießerei und Wärmebehandlung

Bei der Rohrherstellung ist das spezifische Erstarrungs- und Schwindungsverhalten des duktilen Gusseisens zu berücksichtigen. Die Abmessungen der Kokillen und Kerne sind so festgelegt, dass die wärmebehandelten Rohre die in den entsprechenden Normen bzw. Spezifikationen vorgeschriebenen Toleranzen einhalten.

Bei der eigentlichen Rohrherstellung in der Schleudergießerei sind die Verfahrensparameter Fahrgeschwindigkeit der Gießmaschine und Eisenmenge pro Zeiteinheit so aufeinander abgestimmt, dass die Einhaltung der Toleranzen für Rohrwanddicke und -masse sichergestellt ist. Die Erzeugung von fehlerfreien und maßhaltigen Rohren erfordert eine Anpassung von Gießtemperatur, Kokillentemperatur und Impfmenge an die jeweilige Rohrennweite bzw. Wanddicke.

Das Ziel der Wärmebehandlung ist, den Rohren ein weitgehend ferritisches Gefüge zu geben. Der dazu erforderliche Zeit-Temperatur-Verlauf im Glühofen wird automatisch gesteuert und ist der chemischen Zusammensetzung der Rohre angepasst. Erforderlich ist eine Hochtemperaturglühung bei Temperaturen über 900 °C zum Zerfall des Eisenkarbids ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ) mit nachfolgender langsamer Abkühlung im Temperaturbereich zwischen 800 °C und 700 °C zur Ferritisierung.

### 4.3.4 Weiterbehandlung der geschleuderten Rohre

Nach der Wärmebehandlung erhalten die Rohre im Allgemeinen einen im Spritzverfahren aufgetragenen Zink- bzw. Zink-Aluminium-Überzug. Die zugehörigen Prozessparameter der Verzinkungsanlage werden überwacht, die Zinkauflage regelmäßig geprüft.

Die Qualitätsprüfungen an den geglähten Rohren betreffen folgende Kriterien:

- Einhaltung der Werkstoffkennwerte,
- Maßhaltigkeit,
- Fehlerfreiheit,
- Dichtheit.

Zum Nachweis der mechanischen Eigenschaften dienen bearbeitete Rundproben aus den Einsteckenden der Rohre.

Im Rahmen eines Prozessüberwachungssystems werden in den Werken außerdem Kaltversuche oder Kugeldruckproben durchgeführt. Zusätzlich oder ersatzweise werden metallographische Prüfungen durchgeführt. Maßliche Überprüfungen betreffen vor allem die Funktionsmaße der Muffen-Verbindungen und die Wanddicke.

Alle Rohre unterliegen einer eingehenden visuellen Prüfung auf äußere und innere Fehler. Fehlerhafte Rohre werden verworfen, oder sie werden nachgearbeitet, wenn sichergestellt ist, dass dadurch die Gebrauchseigenschaften und Qualitätsmerkmale nicht leiden. Für die Dichtheitsprüfung gelten die Prüfdrücke der **Tabelle 4.1**.

**Tabelle 4.1:**

Werksprüfdrücke für Rohre, Formstücke und Zubehörteile aus duktilem Gusseisen nach EN 545 für Wasserleitungen

DN	Mindestwerksprüfdruck bar				a) Der hydrostatische Prüfdruck im Werk ist für Formstücke geringer als für Rohre, weil es wegen der Gestalt der Formstücke schwierig ist, für die hohen Innendrücke während der Prüfung eine ausreichende Längskraftschlüssigkeit zu erzielen. b) 16 bar für Rohre und Formstücke mit PN 10-Flanschen c) Die maximale Nennweite DN für Klasse 40 ist DN 400.
	Klasse 40	Schleudergussrohre		nichtgeschleuderte Rohre und Formstücke <sup>a)</sup> alle Wanddickenklassen	
		K < 9	K ≥ 9		
40 bis 300	40	$0,5 (K + 1)^2$	50	25 <sup>b)</sup>	
350 bis 600	40 <sup>c)</sup>	$0,5 K^2$	40	16	
700 bis 1000		$0,5 (K - 1)^2$	32	10	
1100 bis 2000		$0,5 (K - 2)^2$	25	10	

Entsprechend EN 598 werden Rohre für die Abwasserentsorgung mit einem Wasserinnendruck von mindestens 11 bar auf Dichtheit geprüft.

### 4.3.5 Auskleidungen und Beschichtungen

Rohre für die Wasserversorgung und Abwasserentsorgung erhalten grundsätzlich eine Zementmörtel-Auskleidung. Überwachung und Steuerung der Prozessparameter sowie regelmäßige Prüfungen der Ausgangsstoffe, des Frischmörtels und der fertigen Auskleidung sichern eine gleichbleibende Qualität.

Die verschiedenen werksseitigen Umhüllungen für Rohre aus duktilem Gusseisen sind in EN-Normen oder in der Normenreihe DIN 30674 standardisiert.

Es sind dies:

- der Zink oder Zink-Aluminiumüberzug mit Deckbeschichtung,
- die Polyethylen-Umhüllung,
- die Polyurethan-Umhüllung,
- die Zementmörtel-Umhüllung.

Für eine gleichbleibend hohe Qualität sorgen in den Gussrohrwerken zunächst eine gezielte Lieferantenauswahl und regelmäßige Prüfungen der Beschichtungsstoffe.

Die Steuerung und Überwachung der Prozessparameter ist weitgehend automatisiert, die Qualität der fertigen Beschichtung wird laufend überprüft.

### 4.3.6 Kennzeichnung, Verpackung, Lagerung und Versand

Die Kennzeichnung ist ein Qualitätselement und wird entsprechend den maßgebenden Normen aufgebracht.

Die Kennzeichnung umfasst:

- Name oder Kennzeichen des Herstellers,
- Kennzeichen des Herstelljahres,
- Kennzeichen für duktilen Gusseisen,
- Nennweite,
- Hinweis auf die betreffende Norm,
- Wanddickenklasse der Schleudergussrohre, wenn abweichend von K9,
- DVGW-Kennzeichen bei zertifizierten Wasserrohren.

Die Verpackung ist der Rohrnennweite und dem Außenschutz der Rohre angepasst. Sie soll einerseits das Handling erleichtern, andererseits die Rohre vor Beschädigungen und Verschmutzung schützen.

Für Transport und Lagerung der Rohre gibt es in den Katalogen der Gussrohrhersteller entsprechende Vorschriften und Empfehlungen.

## 4.4 Prozesslenkung und Qualitätsprüfungen bei Formstücken und Zubehörteilen aus duktilem Gusseisen

**Bild 4.5** zeigt das in vier Prozessabschnitte gegliederte Ablaufdiagramm für die Herstellung von Formstücken und Zubehörteilen aus duktilem Gusseisen mit den entsprechenden Prozess- und Qualitäts-Prüfungen:

- Beschaffung und Wareneingang,
- Bereitstellung des flüssigen Eisens,
- Formstückherstellung,
- Weiterbehandlung der Formstücke.

Die beiden ersten Prozessabschnitte sind in den wesentlichen Punkten mit denjenigen der Rohrherstellung identisch und werden daher nachfolgend nicht mehr näher erläutert.

#### 4.4.1 Formstückherstellung

Die Formstücke werden heute vorzugsweise auf automatischen Formanlagen hergestellt. Bedingt durch Größe, Stückzahl, Typenvielfalt und Kompliziertheit der Stücke kommen unterschiedliche Formverfahren zur Anwendung. So fertigt man z. B. Serienstücke auf Rüttelformmaschinen, komplizierte bzw. große Einzelstücke im Handformverfahren.

Die dabei verwendeten Formstoffe sind dem Herstellungsverfahren angepasst. Die gleichbleibende Qualität der Abgüsse wird u. a. durch eine regelmäßige Prüfung der Form- und Hilfsstoffe gesichert. Eine Wärmebehandlung der Formstücke ist normalerweise nicht erforderlich, da diese durch das Sandguss-Verfahren wesentlich langsamer abkühlen als die in metallischen Kokillen geschleuderten Rohre.

#### 4.4.2 Weiterbehandlung der Formstücke

Zur Vermeidung von inneren Spannungen und einer zu hohen Härte dürfen die Formstücke nach dem Erstarren des flüssigen Eisens nicht sofort vom Form-

sand befreit werden. Vielmehr ist eine gesteuerte Abkühlung in der Form erforderlich. Nach dem Entformen und dem Entfernen des Eingussystems werden die Formstücke mit metallischen Strahlmitteln behandelt. Danach findet eine erste Sichtprüfung statt.

Es gelten die gleichen Qualitätsanforderungen wie bei den Rohren:

- Einhaltung der Werkstoffkennwerte,
- Maßhaltigkeit,
- Fehlerfreiheit,
- Dichtheit.

Zur Schnellprüfung der Graphitausbildung im Rahmen der Prozessüberwachung kann mittels Ultraschall die Schallgeschwindigkeit am getrennt gegossenen Probestab oder am Formstück selbst gemessen werden.

Eine andere Methode beruht auf metallographischen Untersuchungen an kleinen, angegossenen Proben. Die mechanischen Eigenschaften ermittelt man an Proben, die aus getrennt gegossenen oder aus angegossenen Probestücken herausgearbeitet werden.

Zur Sicherstellung der Maßhaltigkeit überprüft man die Modelle und Kernbüchsen regelmäßig und korrigiert oder ersetzt sie erforderlichenfalls, um von ihnen verursachte Maßabweichungen auszuschalten. Verbindungsmaße und Wanddicken werden wie bei den Rohren geprüft. Durch Einsatz von Automaten und Bohrschablonen bei der Formstückerbearbeitung sowie durch abschließende Prüfung der Bearbeitungsmaße ist die Einhaltung der zulässigen Maßabweichungen sichergestellt.

Alle Formstücke unterliegen einer eingehenden visuellen Prüfung. Die Prüfdrücke für die Dichtheitsprüfung der Formstücke können aus **Tabelle 4.1** entnommen werden.

Formstücke mit Flanschen werden im Allgemeinen an den Dichtleisten und den Schraubenlöchern bearbeitet. Dabei werden die Prozessparameter, die eine Einhaltung der geforderten Oberflächengüte, Planparallelität und Winkelgenauigkeit sicherstellen, ständig überwacht.

**Bild 4.5:**

Ablaufdiagramm für die Herstellung von Formstücken aus duktilem Gusseisen mit den entsprechenden Prozess- und Qualitätsprüfungen

Prozessabschnitt	Prozessschritt	Prüfmerkmale
Beschaffung, Wareneingang	Anlieferung der Roh- und Hilfsstoffe	Lieferantenauswahl, Wareneingangsprüfung
	Zusammenstellung der Charge	Chargenzusammensetzung
Bereitstellung des flüssigen Eisens	Erschmelzung mit flüssigem Eisen	Prozessparameter, chemische Zusammensetzung, Temperatur, Keimzustand
	Entschwefelung, falls notwendig	Menge Entschwefelungsmittel, S-Gehalt
	Mg-Behandlung	Zugabemenge Mg-Träger, chemische Zusammensetzung
	Herstellung der Modelle und Kernbüchsen	Maße, Funktionstüchtigkeit
Formstückherstellung	Herstellung der Formen und Kerne	Eigenschaften des Form- und Kernsand, Prozessparameter
	Gießen, Impfen	Impfmenge, Gießzeit und -temperatur, Erstarrungsverhalten
	...	

Prozessabschnitt	Prozessschritt	Prüfmerkmale
Weiterbehandlung des Formstückes	...	
	Abkühlen in der Form	Kühlzeit
	Werkstoffprüfung (Y-Proben bzw. Formstück)	Brinellhärte, mechanische Eigenschaften, Schallgeschwindigkeit, Mikrogefüge
	Putzen, Sicht- und Maßprüfung	Gussfehler, Wanddicke, Verbindungsmaße
	Dichtheitsprüfung	Dichtheit
	Mechanische Bearbeitung	Prozessparameter
	Sicht- und Maßprüfung	Gussfehler nach Bearbeitung, Bearbeitungsmaße
	Aufbringen der Schutzüberzüge	Aussehen, Beschichtungsdicke, Filmeigenschaften
Lagerung und Versand	durch Transport bzw. Lagerung verursachte Fehler	

### 4.4.3 Beschichtungen

Formstücke und Zubehörteile werden grundsätzlich mit einer inneren und äußeren Beschichtung geliefert, welche dem nationalen bzw. europäischen Regelwerk entspricht. In Abhängigkeit von den Einbaubedingungen werden die Teile standardmäßig mit einer integralen Epoxydharzbeschichtung von mindestens 250 µm Schichtdicke bzw. mit einer Zementmörtel-Auskleidung versehen. Auch eine Umhüllung und Auskleidung mit Technischem Email findet Anwendung. Daneben wird auch eine Reihe von Sonderbeschichtungen eingesetzt. Eine permanente Prüfung der Beschichtung auf Fehlerfreiheit, Haftung, Gleichmäßigkeit und Schichtdicke sichern die dauerhafte Qualität des Schutzüberzuges.

### 4.4.4 Kennzeichnung

Soweit anwendbar, gelten die gleichen Regelungen wie bei Rohren. Darüber hinaus wird bei Formstücken und Flanschrohren zusätzlich die Druckstufe gekennzeichnet. Bei Bögen wird der Zentriwinkel angegeben.

### 4.4.5 Transport, Lagerung und Verpackung

Die Verpackung ist so beschaffen, dass keine Verunreinigungen auf Oberflächen kommen, die später vom dem Trinkwasser berührt werden. Aus diesem Grunde werden die Rohre mit Kappen verschlossen. Formstücke und Zubehör sind teilweise oder vollständig zu verpacken. Diese Verpackungen sollen erst kurz vor dem Einbau entfernt werden.

## 4.5 Fremdüberwachung

Die Gussrohr- und Formstückhersteller haben einen Überwachungsvertrag mit dem Materialprüfungsamt Nordrhein-Westfalen für den Bereich Trinkwasser und Abwasser abgeschlossen.

Die der Überwachung zugrunde liegende Prüfgrundlage GW 337 für den Bereich Trinkwasser sowie die Qualitäts- und Prüfbestimmungen der EADIPS®/FGR® für den Bereich Abwasser gehen zum Teil über die Vorschriften der gültigen Normen hinaus. Sie sichern damit den

hohen Qualitätsstandard der installierten Rohrnetze. Die Fremdüberwachung enthält neben einer Baumusterprüfung die Überwachung der Fertigung und der werkseigenen Produktionskontrolle. Die Überwachung findet einmal pro Jahr statt. Das positive Ergebnis dieser Prüfung gibt dem Rohrhersteller das Recht zur Benutzung des in **Bild 4.6** dargestellten Überwachungszeichens.



**Bild 4.6:** Überwachungszeichen des Staatlichen Materialprüfungsamtes Nordrhein-Westfalen

## 4.6 Literatur

- [4.1] Begriffe zum Qualitätsmanagement  
DGQ-Schrift 11  
1993-04
  
- [4.2] Jütting, K. u. Möbus, M.:  
Aufbau eines unternehmensweiten  
Qualitätsmanagementsystems und  
Vorbereitung auf die Zertifizierung  
Sonderteil in Hanser Fachzeit-  
schriften – April – Carl Hanser  
Verlag München  
1993
  
- [4.3] Reeh, K. u. Ziegler, M.:  
Qualitätssicherung bei Rohren und  
Formstücken aus duktilem Gusseisen  
FGR Information 15 (1980), S. 5
  
- [4.4] Mischo, M.: Qualitätsmanagement  
in der Gussrohrindustrie  
GUSSROHRTECHNIK 32 (1997) S. 74





# 5

## Wanddickenberechnung duktiler Gussrohre

- 5.1 Spannungen in Druckrohrleitungen
- 5.2 Dimensionierung der Wanddicke von Rohren mit beweglichen längskraftfreien Steckmuffen-Verbindungen
- 5.3 Entwicklung der Mindestrohrwanddicken
- 5.4 Vergleich von Wanddickenklassen (K-Klassen) und Druckklassen (C-Klassen) beweglicher längskraftfreier Rohre
- 5.5 Einfluss der Längsbiegefestigkeit und der Ringsteifigkeit auf die Dimensionierung der Rohrwanddicke
- 5.6 Duktile Gussrohre mit beweglichen längskraftschlüssigen Verbindungen
- 5.7 Literatur

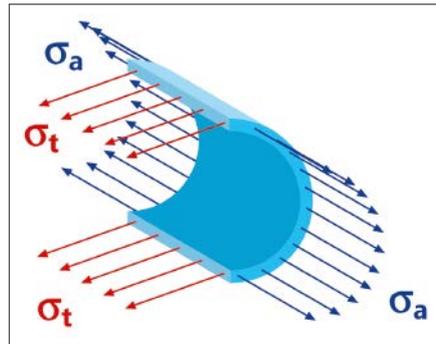
## 5 Wanddickenberechnung duktiler Gussrohre

Beim Bau erdüberdeckter Rohrleitungen aus duktilen Gussrohren nach EN 545 [5.1] werden die Rohre zum größten Teil mit Steckmuffen-Verbindungen, genormt in DIN 28603 [5.2], zusammengefügt. Bei der Bemessung der Wanddicken duktiler Gussrohre wird unterschieden zwischen

- beweglichen längskraftfreien Steckmuffen-Verbindungen und
- beweglichen längskraftschlüssigen Steckmuffen-Verbindungen.

### 5.1 Spannungen in Druckrohrleitungen

Bei einer Druckleitung aus längskraftschlüssig verbundenen, z.B. geschweißten, Rohren entstehen aus dem Innendruck Spannungen in der Rohrwand, und zwar Umfangs- oder Tangentialspannungen  $\sigma_t$  und Längs- oder Axialspannungen  $\sigma_a$  entsprechend Bild 5.1.



**Bild 5.1:**  
Spannungen aus Innendruck in einer  
Wand aus längskraftschlüssig gefügten  
Druckrohren

Die beiden Spannungen berechnen sich wie folgt:

$$\sigma_t = \frac{p \cdot D}{2 \cdot e} \quad [\text{N/mm}^2] \quad (5.1)$$

$$\sigma_a = \frac{p \cdot D}{4 \cdot e} \quad [\text{N/mm}^2] \quad (5.2)$$

- p Innendruck [bar]
- D Mittel-Durchmesser  
( $D = (DE + Di) / 2 = DE - e$ ) [mm]
- DE Außendurchmesser [mm]
- Di Innendurchmesser [mm]
- e Wanddicke [mm]
- $\sigma_t$  Tangentialspannung in der  
Druckrohrwand [N/mm<sup>2</sup>]
- $\sigma_a$  Axialspannung in der  
Druckrohrwand [N/mm<sup>2</sup>]

Umrechnungsfaktor:  
1 bar entspricht 0,1 N/mm<sup>2</sup>

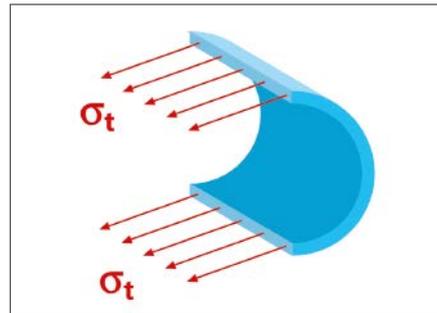
## 5.2 Dimensionierung der Wanddicke von Rohren mit beweglichen längskraftfreien Steckmuffen-Verbindungen

### 5.2.1 Dimensionierung der Wanddicken von Rohren nach Druckklassen (C-Klassen)

Zur Dimensionierung der Rohrwanddicke von duktilen Gussrohren mit beweglichen längskraftfreien Steckmuffen-Verbindungen wird die einfache Kesselformel herangezogen, in der die Tangentialspannungen aus dem Innendruck, die Zugfestigkeit des Rohrwerkstoffes, die Rohrwanddicke und der Rohrdurchmesser miteinander in Beziehung stehen.

Bewegliche längskraftfreie Steckmuffen-Verbindungen übertragen keine Axialkräfte. Sollte der Mediendruck an Endverschlüssen, Abzweigen, Reduzierungen oder Richtungsänderungen Axialkräfte erzeugen, müssen diese mit geeigneten Mitteln in den Baugrund eingeleitet werden, z.B. durch Betonwiderlager.

Bewegliche längskraftfreie Steckmuffen-Verbindungen haben das Bild des Gussrohres in den letzten sechs Jahrzehnten maßgeblich geprägt; sie sind preiswert und einfach zusammenzufügen. Längskraftfreie Steckmuffen-Verbindungen übertragen keine axialen Kräfte, so dass die in Bild 5.1 dargestellten Spannungen in axialer Richtung  $\sigma_a$  gleich Null sind. Die Spannungen in der Wand eines solchen Muffenrohres verlaufen entsprechend Bild 5.2 lediglich als Tangentialspannung  $\sigma_t$  in Umfangsrichtung.



**Bild 5.2:** Tangentialspannung  $\sigma_t$  in Umfangsrichtung in einem Rohr mit längskraftfreier beweglicher Steckmuffen-Verbindung

Sie werden im Grundsatz nach der Gleichung 5.1 (Kesselformel) berechnet:

$$\sigma_t = \frac{p \cdot D}{2 \cdot e} \quad [\text{N/mm}^2] \quad (5.1)$$

- $\sigma_t$  Tangentialspannung in der Druckrohrwand  $[\text{N/mm}^2]$
- $p$  Innendruck  $[\text{bar}]$
- $D$  Mittel-Durchmesser  $(D = (DE + Di) / 2 = DE - e)$   $[\text{mm}]$
- $e$  Wanddicke  $[\text{mm}]$

Somit ergibt sich für den Innendruck  $p$ :

$$p = \frac{2 \cdot E \cdot \sigma_t}{D} \quad [\text{N/mm}^2] \quad (5.2)$$

Nach Einführung der Mindestrohrwanddicke und eines Sicherheitsfaktors ergibt sich die in der Produktnorm EN 545 [5.2] verankerte Gleichung 5.3, mit der der zulässige Bauteilbetriebsdruck PFA errechnet wird:

$$\text{PFA} = \frac{20 \cdot e_{\min} \cdot R_m}{D \cdot S_F} \quad [\text{bar}] \quad (5.3)$$

Es bedeuten:

PFA = p = zulässiger Bauteilbetriebsdruck

$e_{min}$  = Mindestrohrwanddicke

$R_m = \sigma_t$  = Mindestzugfestigkeit = 420 MPa

$S_F$  = Sicherheitsfaktor

Umrechnungsfaktoren:

1 N/mm<sup>2</sup> = 1 MPa = 10 bar

Bei einer Mindestzugfestigkeit

$R_m = 420$  MPa für duktilen Gusseisen

und dem Sicherheitsfaktor  $S_F = 3$  ergibt

sich folgende Konstante 5.4:

$$\frac{20 \cdot R_m}{S_F} = 2.800 \quad [\text{MPa}] \quad (5.4)$$

Der Bauteilbetriebsdruck PFA lässt

sich mit Gleichung 5.5 aus dem Rohr-

wandaußendurchmesser DE und der

Rohrwanddicke  $e_{min}$  berechnen:

$$PFA = 2.800 \cdot \frac{e_{min}}{DE - e_{min}} \quad [\text{MPa}] \quad (5.5)$$

Mindestwanddicken $e_{min}$ duktiler Gussrohre								
		Druckklasse (C-Klassen) = PFA [bar]						
		20	25	30	40	50	64	100
DN	DE [mm]	$e_{min}$ [mm]						
40	56				3,0	3,5	4,0	4,7
50	66				3,0	3,5	4,0	4,7
60	77				3,0	3,5	4,0	4,7
65	82				3,0	3,5	4,0	4,7
80	98				3,0	3,5	4,0	4,7
100	118				3,0	3,5	4,0	4,7
125	144				3,0	3,5	4,0	5,0
150	170				3,0	3,5	4,0	5,9
200	222				3,1	3,9	5,0	7,7
250	274				3,9	4,8	6,1	9,5
300	326				4,6	5,7	7,3	11,2
350	378			4,7	5,3	6,6	8,5	13,0
400	429			4,8	6,0	7,5	9,6	14,8
450	480			5,1	6,8	8,4	10,7	16,6
500	532			5,6	7,5	9,3	11,9	18,3
600	635			6,7	8,9	11,1	14,2	21,9
700	738		6,8	7,8	10,4	13,0	16,5	
800	842		7,5	8,9	11,9	14,8	18,8	
900	945		8,4	10,0	13,3	16,6		
1.000	1.048		9,3	11,1	14,8	18,4		
1.100	1.152	8,2	10,2	12,2	16,2	20,2		
1.200	1.255	8,9	11,1	13,3	17,7	22,0		
1.400	1.462	10,4	12,9	15,5				
1.500	1.565	11,1	13,9	16,6				
1.600	1.668	11,8	14,8	17,7				
1.800	1.875	13,3	16,6	19,9				
2.000	2.082	14,8	18,4	22,1				

Anmerkung: Die fettgedruckten Zahlen bezeichnen das Standardangebot

**Tabelle 5.1:**  
Mindestwanddicken  $e_{min}$  duktiler Gussrohre nach EN 545 [5.1] in Abhängigkeit von Nennweite DN und Druckklasse (C-Klasse)

Aus Gleichung 5.5 lässt sich die Mindestwanddicke  $e_{\min}$  für einen zulässigen Bauteilbetriebsdruck PFA bei einer gegebenen Nennweite berechnen:

$$e_{\min} = \frac{DE \cdot PFA}{2.800 + PFA} \quad [\text{mm}] \quad (5.6)$$

Tabelle 5.1 enthält die Mindestwanddicken  $e_{\min}$  entsprechend EN 545 [5.1] für die sieben Druckklassen (C-Klassen), die den Bauteilbetriebsdrücken PFA 20; 25; 30; 40; 50; 64 und 100 zugeordnet sind. Die untere Grenze der Mindestwanddicken wurde auf  $e_{\min} = 3,0$  mm gesenkt.

## 5.2.2 Wanddickendimensionierung nach K-Klassen

Die Mindestrohrwanddicke  $e_{\min}$  duktiler Gussrohre hat seit der Einführung des duktilen Gusseisens vor etwa 60 Jahren eine beachtliche Entwicklung erlebt, die einer eindrucksvollen Entwicklung und Optimierung der Fertigungstechnik des Schleudergießens zu verdanken ist. Davon profitierten in erster Linie die kleinen Nennweiten von DN 80 bis DN 250,

die in den städtischen Verteilungsnetzen einen überproportional großen Anteil haben.

Als Mitte der fünfziger Jahre die ersten duktilen Gussrohre produziert wurden, war das Sicherheitsdenken zunächst noch von den dickwandigen Graugussrohren geprägt. Die Gießmaschinen wurden damals noch manuell gesteuert, sodass die Mindestwanddicke nur mit großen „Zugaben“ einzuhalten war. Für eine kohärente Darstellung der Wanddicken über den gesamten Nennweitenbereich sorgte eine Einteilung nach K-Klassen, die über vier Jahrzehnte Bestand hatte. Die Nennwanddicken  $e$  waren unter Berücksichtigung der zulässigen Umfangsspannungen in der Rohrwand mit der Formel

$$e = 5 + 0,01 \cdot DN \quad [\text{mm}] \quad (5.7)$$

in der Wanddickenklasse K 10 festgelegt. Abweichende Wanddicken ließen sich in eigenen K-Klassen darstellen

$$e = K \cdot (5 + 0,001 \cdot DN) \quad [\text{mm}] \quad (5.8)$$

wobei der Proportionalitätsfaktor K einer Reihe von ganzen Zahlen ... 8, 9, 10, 11, 12 ... angehörte.

In der Trinkwasserversorgung lagen die typischen K-Werte anfangs bei 10, später bei 8 und 9. Damit die Wanddicken der kleineren Nennweiten praktisch überhaupt herstellbar blieben, wurde die Nennwanddicke auf  $e = 6$  mm nach unten begrenzt. Für die bemessungsrelevante Mindestwanddicke  $e_{\min}$  gilt folgende Festlegung:

$$e_{\min} = e - \Delta e \quad [\text{mm}] \quad (5.9)$$

$\Delta e$  zulässige Maßabweichung (Minus-Toleranz)

Für  $e > 6$  mm gilt:

$$\Delta e = -(1,3 + 0,001 \cdot DN) \text{ [mm]} \quad (5.10)$$

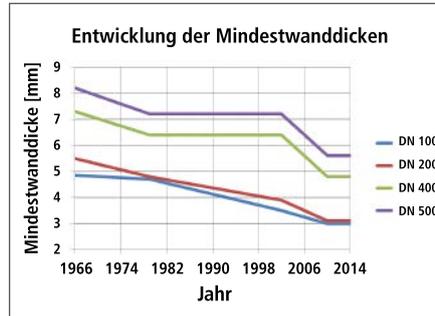
Für  $e \leq 6$  mm gilt:

$$\Delta e = -1,3 \text{ [mm]} \quad (5.11)$$

Somit betrug die niedrigste Mindestrohrwanddicke 4,7 mm.

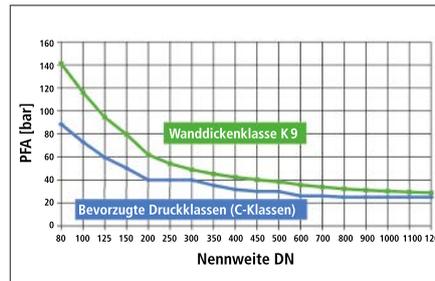
### 5.3 Entwicklung der Mindestrohrwanddicken

Die treffsichere Erzeugung der geringeren Rohrwanddicken im Schleudergießverfahren reifte in den sechs Jahrzehnten seit dem Aufkommen der duktilen Gussrohre durch verbesserte Maschinensteuerung und ständige Verfahrensoptimierung heran. So war es nur konsequent, dass sich die Gussrohrindustrie dem Trend anschloss, Bauteile der Wasserversorgung den herrschenden Drücken anzupassen, einer Entwicklung, wie sie sich in der EN 14801 [5.3] manifestierte. Bereits 2002 führt die EN 545 in ihrer damals aktuellen Ausgabe die Druckklasse C 40 neben den



**Bild 5.3:**

Entwicklung der Mindestrohrwanddicken  $e_{\min}$  von 1966 bis 2014



**Bild 5.4:**

Vergleich der Wanddickenklasse K 9 mit den bevorzugten Druckklassen (C-Klassen) hinsichtlich des zulässigen Bauteilbetriebsdruckes PFA

noch bestehenden Wanddickenklassen (K-Klassen) ein. Seit dem Jahr 2010 enthält die EN 545 [5.1] nur noch die Druckklassen (C-Klassen).

Die Entwicklung der Mindestrohrwanddicken während der letzten Jahrzehnte im Bild 5.3 zeigt, dass seit der Einführung der duktilen Gussrohre fertigungstechnisch fast eine Halbierung der Mindestwanddicken möglich geworden ist.

### 5.4 Vergleich von Wanddickenklassen (K-Klassen) und Druckklassen (C-Klassen) beweglicher längskraftfreier Rohre

Für längskraftfreie Rohre bis zur Nennweite DN 300, die auf Innendruck bemessen werden, hat die Einführung der Druckklassen (C-Klassen) im Vergleich zu den Wanddickenklassen (K-Klassen) die gravierendsten Änderungen zur Folge, wie das nächste Diagramm zeigt (Bild 5.4). Ab DN 400 sind die Unterschiede eher zu vernachlässigen.

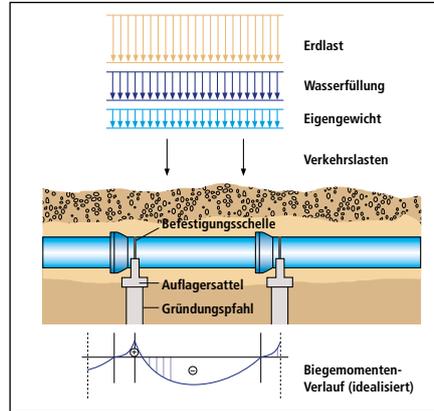
Mindestwanddicken $e_{\min}$ duktiler Gussrohre																		
DN	DE [mm]	Druckklassen (C-Klassen) = PFA						Wanddickenklassen (K-Klassen)										
		20	25	30	40	50	64	100	7		8		9		10		11	
		$e_{\min}$ [mm]						$e_{\min}$ [mm]	PFA [bar]	$e_{\min}$ [mm]	PFA [bar]	$e_{\min}$ [mm]	PFA [bar]	$e_{\min}$ [mm]	PFA [bar]	$e_{\min}$ [mm]	PFA [bar]	
40	56				3,0	3,5	4,0	4,7										
50	66				3,0	3,5	4,0	4,7										
60	77				3,0	3,5	4,0	4,7										
65	82				3,0	3,5	4,0	4,7										
80	98				3,0	3,5	4,0	4,7	4,7	141,1	4,7	141,1	4,7	141,1	4,7	141,1	5,0	150,5
100	118				3,0	3,5	4,0	4,7	4,7	116,2	4,7	116,2	4,7	116,2	4,7	116,2	5,2	129,1
125	144				3,0	3,5	4,0	5,0	4,7	94,5	4,7	94,5	4,7	94,5	4,8	97,1	5,5	110,1
150	170				3,0	3,5	4,0	5,9	4,7	79,6	4,7	79,6	4,7	79,6	5,1	85,7	5,7	97,1
200	222				3,1	3,9	5,0	7,7	4,7	60,6	4,7	60,6	4,8	61,9	5,5	71,1	6,2	80,4
250	274				3,9	4,8	6,1	9,5	4,7	48,9	4,7	48,9	5,2	54,2	6,0	62,2	6,7	70,2
300	326				4,6	5,7	7,3	11,2	4,7	41,0	4,8	41,8	5,6	48,9	6,4	56,1	7,2	63,2
350	378			4,7	5,3	6,6	8,5	13,0	4,7	34,9	5,2	38,7	6,0	45,2	6,9	51,7	7,7	58,2
400	429			4,8	6,0	7,5	9,6	14,8	4,7	31,0	5,5	36,4	6,4	42,4	7,3	48,5	8,2	54,6
450	480			5,1	6,8	8,4	10,7	16,6	4,9	28,9	5,9	34,5	6,8	40,2	7,8	46,0	8,7	51,7
500	532			5,6	7,5	9,3	11,9	18,3	5,2	27,6	6,2	33,0	7,2	38,4	8,2	43,8	9,2	49,3
600	635			6,7	8,9	11,1	14,2	21,9	5,8	25,8	6,9	30,8	8,0	35,7	9,1	40,7	10,2	45,7
700	738		6,8	7,8	10,4	13,0	16,5		6,4	24,5	7,6	29,1	8,8	33,8	10,0	38,5	11,2	43,1
800	842		7,5	8,9	11,9	14,8	18,8		7,0	23,5	8,3	27,9	9,6	32,3	10,9	36,7	12,2	41,2
900	945		8,4	10,0	13,3	16,6			7,6	22,7	9,0	26,9	10,4	31,2	11,8	35,4	13,2	39,7
1000	1048		9,3	11,1	14,8	18,4			8,2	22,1	9,7	26,2	11,2	30,2	12,7	34,3	14,2	38,5
1100	1152	8,2	10,2	12,2	16,2	20,2			8,8	21,6	10,4	25,5	12,0	29,5	13,6	33,5	15,2	37,4
1200	1255	8,9	11,1	13,3	17,7	22,0			9,4	21,1	11,1	25,0	12,8	28,9	14,5	32,7	16,2	36,6
1400	1462	10,4	12,9	15,5					10,6	20,4	12,5	24,1	14,4	27,9	16,3	31,6	18,2	35,3
1500	1565	11,1	13,9	16,6					11,2	20,2	13,2	23,8	15,2	27,5	17,2	31,1	19,2	34,8
1600	1668	11,8	14,8	17,7					11,8	19,9	13,9	23,5	16,0	27,1	18,1	30,7	20,2	34,3
1800	1875	13,3	16,6	19,9					13,0	19,5	15,3	23,0	17,6	26,5	19,9	30,0	22,2	33,5
2000	2082	14,8	18,4	22,1					14,2	19,2	16,7	22,6	19,2	26,1	21,7	29,5	24,2	32,9

**Tabelle 5.2:**  
Gegenüber-  
stellung der  
Druckklassen  
(C-Klassen) laut  
EN 545:2011  
[5.1] (links)  
mit den Wand-  
dickenklassen  
(K-Klassen) der  
EN 545:2007  
[5.4] (rechts)

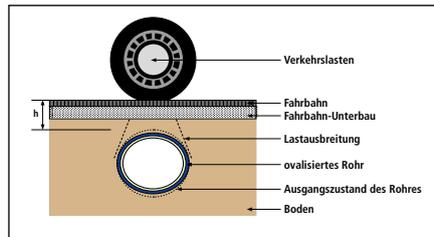
Dieser Effekt beruht allein darauf, dass bei der Einführung der Druckklassen (C-Klassen), der Grenzwert der Mindestwanddicke von 4,7 mm auf 3,0 mm um etwa ein Drittel abgesenkt wurde. Die zur Wanddickenberechnung gültige Gleichung (5.6) gilt wie bisher.

In der Tabelle 5.2 ist der Zusammenhang zwischen der früheren K-Klasse und der neuen Druckklasse (C-Klasse) für jede Nennweite dargestellt. Die in Millimeter gemessene Wanddicke stellt für die C-Klassen und für die K-Klassen die gemeinsame Vergleichsgröße dar. In dieser Tabelle sind die Bereiche mit ähnlichen Wanddicken und den Druckklassen entsprechende Bereiche für den zulässigen Bauteilbetriebsdruck PFA in gleichen Farben gehalten.

Mit dieser Tabelle ergibt sich die Möglichkeit, die früheren K-Klassen (Wanddickenklassen) mit den neuen Druckklassen (C-Klassen) zu vergleichen, weil die tatsächliche Mindestwanddicke  $e_{\min}$  die gemeinsame Bezugsgröße ist.



**Bild 5.5:**  
Biegemomente bei einer erdüberdeckten Leitung auf Pfahljochen



**Bild 5.6:**  
Ovalisierung durch Erd- und Verkehrslasten

## 5.5 Einfluss der Längsbiegefestigkeit und der Ringsteifigkeit auf die Dimensionierung der Rohrwanddicke

Die Klassifizierung in Druckklassen (C-Klassen) ist nur für längskraftfreie Systeme anwendbar, bei denen lediglich Tangentialspannungen  $\sigma_t$  aus Innendruck für die Bemessung der Rohrwanddicke maßgebend sind (Bild 5.2).

Aber auch bei der Bemessung von längskraftfreien Systemen sind solche Einflussgrößen zu berücksichtigen, die einen maßgeblichen Anteil an Axialspannungen  $\sigma_a$  im zu bemessenden System verursachen. Dies können Axialspannungen aus Biegemomenten in Längsrichtung (Bild 5.5) oder aus einer ungleichmäßigen Belastungen in Umfangsrichtung (Bild 5.6) sein.

		Zulässige Biegemomente M(x) [kNm]									
		Klasse 40		Klasse 50		Klasse 64		K 9		K 10	
DN	DE [mm]	e <sub>min</sub> [mm]	M (x)[kNm]	e <sub>min</sub> [mm]	M (x)[kNm]	e <sub>min</sub> [mm]	M (x)[kNm]	e <sub>min</sub> [mm]	M (x)[kNm]	e <sub>min</sub> [mm]	M (x)[kNm]
80	98	3,0	5,3	3,5	6,1	4,0	6,9	4,7	8,0	4,7	8,0
100	118	3,0	7,8	3,5	9,0	4,0	10,2	4,7	11,8	4,7	11,8
125	144	3,0	11,7	3,5	13,6	4,0	15,4	4,7	17,9	4,8	18,2
150	170	3,0	16,4	3,5	19,0	4,0	21,6	4,7	25,2	5,1	26,7
200	222	3,1	29,2	3,9	36,4	5,0	46,2	4,8	44,4	5,5	50,6
Diese Biegemomente, ausgedrückt in Kilonewtonmeter [kNm], gehören zu einer Last mit dem gleichen Wert, ausgedrückt in Kilonewton [kN], die im Mittelpunkt einer Spannweite von 4 m angreift											
Legende:		M(x) ≤ 9,9 kNm		10,0 kNm ≤ M(x) ≤ 19,9 kNm		20,0 kNm ≤ M(x) ≤ 29,9 kNm		M(x) ≥ 30,0 kNm			

**Tabelle 5.3:**  
Zulässige Biegemomente M(x) von Rohren DN 80 bis DN 200 für Druckklassen (C-Klassen) und Wanddickenklassen (K-Klassen)

		Mindest-Ringsteifigkeit S [kN/m <sup>2</sup> ]									
		Klasse 25		Klasse 30		Klasse 40		K 9		K 10	
DN	DE [mm]	e <sub>st</sub> [mm]	S [kN/m <sup>2</sup> ]	e <sub>st</sub> [mm]	S [kN/m <sup>2</sup> ]	e <sub>st</sub> [mm]	S [kN/m <sup>2</sup> ]	e <sub>st</sub> [mm]	S [kN/m <sup>2</sup> ]	e <sub>st</sub> [mm]	S [kN/m <sup>2</sup> ]
300	326					5,4	68	6,4	110	8	160
350	378			5,5	46	6,1	67	6,8	89	8,5	120
400	429			5,7	34	6,9	63	7,2	72	9,1	100
450	480			6	28			7,7	61	9,6	86
500	532			6,5	27			8,1	52	10,1	74
600	635			7,7	26			9	41	11,2	58
700	738	7,8	17					9,8	34	12,2	49
800	842	8,6	15					10,7	30	13,2	42
900	945	9,5	15					11,5	26	14,3	37
1.000	1.048	10,5	14,5					12,3	24	15,4	34
Die Werte für die Berechnungswanddicke e <sub>st</sub> wurden wie folgt berechnet: e <sub>st</sub> = e <sub>min</sub> + 0,5 (1,3 + 0,001 DN) [mm]											
Legende:		S ≤ 29,9 kN/m <sup>2</sup>		30,0 kN/m <sup>2</sup> ≤ S ≤ 49,9 kN/m <sup>2</sup>		50,0 kN/m <sup>2</sup> ≤ S ≤ 99,9 kN/m <sup>2</sup>		M(x) ≥ 30,0 kNm			

**Tabelle 5.4:**  
Zusammenstellung der Mindest-Ringsteifigkeiten S der Nennweiten DN 300 bis DN 1000 für Druckklassen (C-Klassen) und Wanddickenklassen (K-Klassen)

### 5.5.1 Zulässige Biegemomente

Die beschädigungsfrei aufnehmbaren Biegemomente sind für Druckklassen (C-Klassen) sowie Wanddickenklassen (K-Klassen) in Tabelle 5.3 dargestellt. Es ist erkennbar, dass in setzungsgefährdeten Böden oder bei der Verwendung in grabenlosen Einbauverfahren Rohre mit einem höheren zulässigen Biegemoment benötigt werden als aus der Bemessung über die Druckklasse hervorgeht.

### 5.5.2 Mindest-Ringsteifigkeit

Belastungen aus Erd- und Verkehrslasten können Ovalisierungen hervorrufen, welche höchstens 4 % erreichen dürfen. Die hierzu gehörenden Mindest-Ringsteifigkeiten sind in beiden Versionen der EN 545 enthalten, und zwar in Abhängigkeit von der Druckklasse in EN 545:2011 [5.1] sowie in Abhängigkeit von der Wanddickenklasse in EN 545:2007 [5.4]. Tabelle 5.4 enthält die zusammengefassten Werte. Wie zu erwarten, liegen die höheren Bereiche der Ringsteifigkeit wiederum bei den höheren Wanddicken. Auch hier wird oft die Wanddicke gegenüber der Druckklasse maßgeblich.

### 4.2 Druckklasse

Entsprechend 3.21 wird die Druckklasse eines Bauteils durch eine Kombination der konstruktionsbezogenen Funktionsfähigkeit und der Funktionsfähigkeit der längskraftfreien beweglichen Verbindung festgelegt.

Längskraftschlüssige Verbindungen können den PFA verringern; in diesem Fall ist der PFA vom Hersteller anzugeben.

#### Bild 5.7:

Zitat aus der EN 545 [5.1]

## 5.6 Duktile Gussrohre mit beweglichen längskraftschlüssigen Verbindungen

### 5.6.1 Kennzeichnung des zulässigen Bauteilbetriebsdruckes

Die EN 545 [5.1] gibt unter Abschnitt 4.2 (Bild 5.5) einen Hinweis, dass sich bei längskraftschlüssigen Verbindungen der zulässige Bauteilbetriebsdruck PFA verringern kann.

### 4.7.1 Rohre und Formstücke

Alle Rohre und Formstücke müssen leserlich und dauerhaft gekennzeichnet und mindestens mit folgenden Angaben versehen sein:

- Name oder Kennzeichen des Herstellers
- Kennzeichen des Herstellungsjahres
- Kennzeichen für duktilen Gusseisen
- DN
- Nenndruck PN bei Flanschen für Flanschbauteile
- Verweisung auf diese Europäische Norm, d.h. EN 545
- Druckklasse von Schleudergussrohren

Die ersten fünf Angaben müssen eingegossen oder eingeschlagen sein. Die übrigen Kennzeichnungen können durch ein beliebiges anderes Verfahren aufgebracht werden, z. B. auf dem Gussstück aufgemalt sein.

#### Bild 5.8:

Zitat aus der EN 545 [5.1]

Gemäß Bild 5.1 erzeugen längskraftübertragende Rohrverbindungen einen mehrachsigen Spannungszustand in der Rohrwand, womit der zulässige Bauteilbetriebsdruck PFA im Vergleich zum längskraftfreien Rohr kleiner, die Druckklasse also niedriger wird.

Der mehrachsige Spannungszustand in einer Rohrwand, die neben der Tangentialspannung  $\sigma_t$  aus Innendruck zusätzliche Axialspannungen  $\sigma_a$  aufnehmen muss, hat eine deutliche Absenkung des zulässigen Bauteilbetriebsdruckes PFA gegenüber der längskraftfreien Ausführung zur Folge. Die Angabe der Druckklasse C als Synonym für den zulässigen Bauteilbetriebsdruck PFA reicht also bei längskraftschlüssig gebauten Rohrleitungen nicht mehr aus. Dies hat Konsequenzen für die Kennzeichnung der Rohre. Bild 5.8 zeigt die Kennzeichnungsforderungen der EN 545 [5.1], Abschnitt 4.7.1.

Laut EN 545 [5.1], Abschnitt 4.2, müssen die Hersteller für ihre längskraftschlüssigen Steckmuffen-Verbindungen den niedrigeren Wert für den PFA angeben. Eine eindeutige und unmissverständ-

liche Festlegung zur Kennzeichnung von Rohren mit längskraftschlüssiger Verbindung gibt es in der EN 545 [5.1] jedoch nicht. Die EADIPS®/FGR® hat diesem Umstand dadurch Rechnung getragen, dass sie eine eigene Kennzeichnungsnorm, die EADIPS®/FGR®-NORM 75 [5.5], veröffentlicht hat (Kapitel 3, Bilder 3.35 und 3.36).

### 5.6.2 Formschlüssige Steckmuffen-Verbindungen

Eine weitere Anforderung schob sich im letzten Jahrzehnt mehr und mehr in den Vordergrund: Die zunehmende Anwendungshäufigkeit längskraftschlüssiger Steckmuffen-Verbindungen bei den grabenlosen Einbauverfahren und die damit verbundene Anforderung an die maximal zulässige Zugkraft in den Technischen Regeln des DVGW-Arbeitsblattes GW 320-1 [5.6] und Folgende (siehe auch Kapitel 22 zu den grabenlosen Einbau- und Erneuerungsverfahren). In diesen Regelwerken spielt die zulässige Zugkraft, vor allem formschlüssiger Steckmuffen-Verbindungen mit Schweißraupe auf den Einsteckenden (Bild 9.5), eine entscheidende Rolle für die Ein-

ziehlänge eines Rohrstrangs. Sie entscheidet damit über die Baugrubenabstände und so über die Wirtschaftlichkeit eines Rohrwerkstoffes bei einem gewählten grabenlosen Verfahren. Die grabenlosen Einbauverfahren werden überwiegend mit formschlüssigen zugfesten Steckmuffen-Verbindungen angewendet. Diese Verbindungen benötigen eine Schweißraupe auf dem Einsteckende. Eine Mindestwanddicke von etwa 5 mm für einen qualitativ hochwertigen Einbrand gilt als Voraussetzung für die Einhaltung der geforderten zulässigen Zugkraft. Auch bei den grabenlosen Einschubverfahren ist zur Übertragung der Druckkräfte eine Mindestwanddicke erforderlich, damit die zulässigen Druckspannungen in der Verbindungsfuge nicht überschritten werden.

Je nach Anwendungsfall müssen also mehrere Belastungsarten aus Innendruck, Vertikallast und Biegebeanspruchung sowie aus höchstzulässiger Zug- bzw. Druckkraft bei grabenlosen Einbauverfahren durchgerechnet und das optimale Rohr bestimmt

werden. Auswirkungen auf die Planungspraxis enthalten die Beiträge aus den EADIPS®/FGR®-Jahresheften 45 [5.7] und 46 [5.8].

## 5.7 Literatur

- [5.1] EN 545:2011  
Ductile iron pipes, fittings, accessories and their joints for water pipelines – Requirements and test methods [Rohre, Formstücke, Zubehörtteile aus duktilem Gusseisen und ihre Verbindungen für Wasserleitungen – Anforderungen und Prüfverfahren]  
2011
- [5.2] DIN 28603  
Rohre und Formstücke aus duktilem Gusseisen – Steckmuffen-Verbindungen – Zusammenstellung, Muffen und Dichtungen [Ductile iron pipes and fittings – Push-in joints – Survey, sockets and gaskets]  
2002-05
- [5.3] EN 14801  
Conditions for pressure classification of products for water and wastewater pipelines [Bedingungen für die Klassifizierung von Produkten für Rohrleitungssysteme für die Wasserversorgung und Abwasserentsorgung nach auftretenden Drücken]  
2006
- [5.4] EN 545:2007  
Ductile iron pipes, fittings, accessories and their joints for water pipelines – Requirements and test methods [Rohre, Formstücke, Zubehörtteile aus duktilem Gusseisen und ihre Verbindungen für Wasserleitungen – Anforderungen und Prüfverfahren]  
2006

- [5.5] EADIPS®/FGR®-NORM 75  
Rohre aus duktilem Gusseisen –  
Kennzeichnung des  
zulässigen Bauteilbetriebsdrucks  
(PFA) längskraftschlüssiger  
beweglicher Steckmuffen-  
Verbindungen von Rohren –  
Ergänzung zur EN 545:2010  
[EADIPS®/FGR® STANDARD 75  
Ductile iron pipes –  
Marking of the allowable  
operating pressure PFA of  
restrained flexible push-in  
socket joins of pipes –  
Supplement to EN 545:2010]  
2013-06
- [5.6] DVGW-Arbeitsblatt GW 320-1  
Erneuerung von Gas- und Was-  
serrohrleitungen durch Rohrein-  
zug oder Rohreinschub mit  
Ringraum  
[DVGW worksheet GW 320-1  
Replacement of gas and water  
pipelines by pipe pulling or pipe  
pushing with annular gap]  
2009-02
- [5.7] Rammelsberg, J.:  
Wanddickenklassen und Druck-  
klassen in der EN 545 –  
Vergleich zwischen den  
Versionen von 2007 und 2010  
GUSS-ROHRSYSTEME,  
Heft 45 (2011), S. 23 ff  
[Wall-thickness classes and  
pressure classes in EN 545 –  
Comparison between the 2007  
and 2010 versions  
DUCTILE IRON PIPE  
SYSTEMS,  
Issue 45 (2011), p. 19 ff]
- [5.8] Rammelsberg, J.:  
Auswirkungen der neuen  
EN 545 auf die Planungspraxis  
für Trinkwasserleitungen aus  
duktilen Gusseisen.  
GUSS-ROHRSYSTEME,  
Heft 46 (2012), S. 35 ff  
[The impact of the new EN 545  
on practical planning and  
design for ductile iron drinking  
water pipelines,  
DUCTILE IRON PIPE  
SYSTEMS,  
Issue 46 (2012), p. 33 ff]
- [5.9] EN 1092-2  
Flanges and their joints –  
Circular flanges for pipes,  
valves, fittings and accessories,  
PN designated –  
Part 2: Cast iron flanges  
[Flansche und ihre  
Verbindungen –  
Runde Flansche für  
Rohre, Armaturen, Formstücke  
und Zubehörteile,  
nach PN bezeichnet –  
Teil 2: Gusseisenflansche]  
1997





# 6

## Ausführung und Kennzeichnung der Formstücke

- 6.1 Allgemeines
- 6.2 Verbindungsarten
- 6.3 Formstücke für Abwasseranlagen
- 6.4 Einsatzbereiche

## 6 Ausführung und Kennzeichnung der Formstücke

Erst aus Formstücken und Rohren ergeben sich Rohrleitungen. Beim Bau erdüberdeckter Rohrleitungen werden meist Doppelmuffenformstücke verwendet. Formstücke mit Einsteckenden treten vermehrt an die Stelle von Flanschformstücken, mit deren Hilfe Armaturen mit Flanschen in die Rohrleitungen integriert wurden.

Für drucklose Abwasserkanäle steht ein komplettes System spezieller Bauteile zum Anschluss an Schächte, von Hausanschlussleitungen und zum Verschluss von Reinigungs- und Inspektionsöffnungen sowie zum Übergang auf andere Werkstoffe zur Verfügung. Bei Abwasserdruckleitungen wird das Formstückprogramm aus dem Wasserdruckleitungsbau eingesetzt.

### 6.1 Allgemeines

Bei den Formstücken aus duktilem Gusseisen für erdüberdeckte Rohrleitungen haben sich heute die Doppelmuffenformstücke durchgesetzt, weil damit alle Restlängen verbraucht werden können, die bei Rohrschnitten anfallen (**Bild 6.1**).

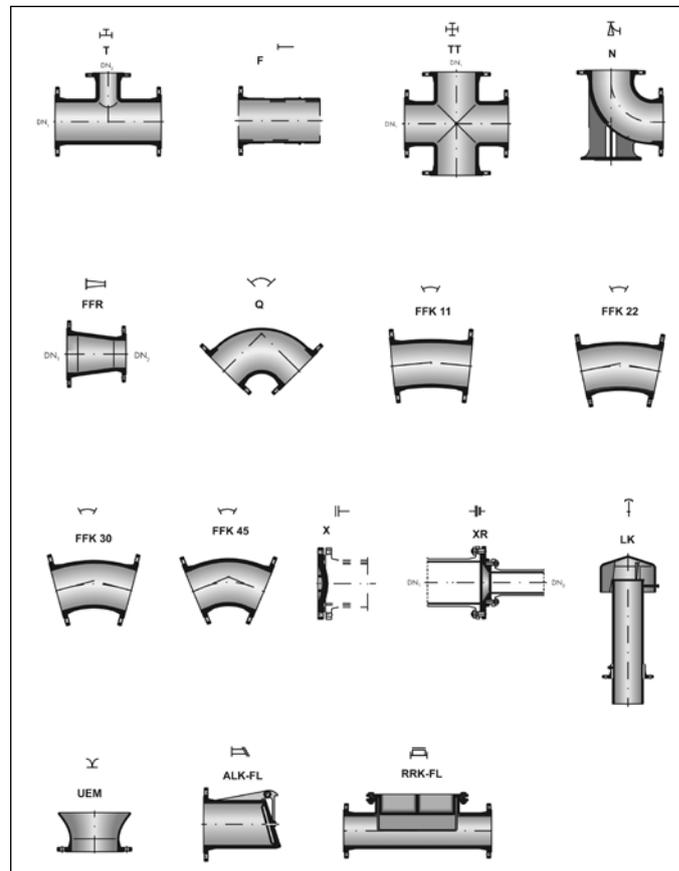
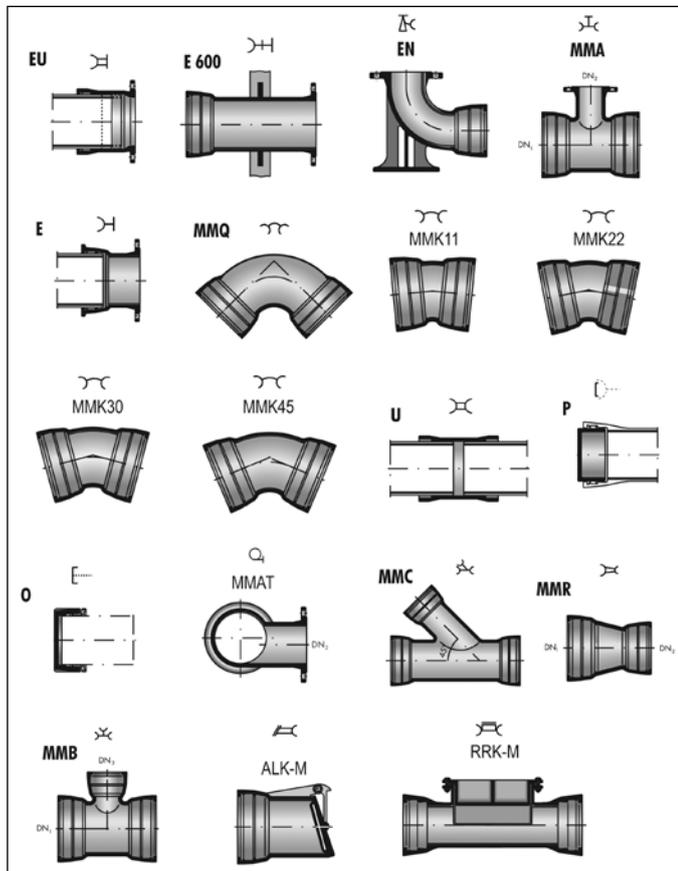
Für den Anschluss an Armaturen werden Formstücke mit Flansch-Verbindungen (**Bild 6.2**) eingesetzt. Ebenso benutzt man

Flanschformstücke häufig in Verbindung mit oberirdisch verlegten Rohrleitungen, insbesondere deshalb, weil sie wegen ihrer Längskraftschlüssigkeit keine Festpunkte benötigen. Zunehmend erobern sich längskraftschlüssige Muffen-Verbindungen auch diesen Einsatzbereich.

Alle wesentlichen Anforderungen an die Abmessungen, Umhüllungen, Auskleidungen sowie Einsatzbereiche sind in Normen festgelegt.

**Bild 6.1 (Seite 6/2 links):**  
Muffenformstücke für Wasserleitungen

**Bild 6.2 (Seite 6/2 rechts):**  
Flanschenformstücke für Wasserleitungen



## 6.2 Verbindungsarten

### 6.2.1 Muffenformstücke

Die im Sandguss hergestellten Muffenformstücke sind im Allgemeinen mit Steckmuffen-Verbindungen der Systeme TYTON<sup>®</sup>, Novo SIT<sup>®</sup>, Schraubmuffe und STANDARD versehen, deren Ausführung mit derjenigen der Rohre übereinstimmt. Die Außenkonturen der Formstückmuffen können gegenüber den Rohrmuffen abweichen. Das hat jedoch keinerlei Einfluss auf die Funktionstüchtigkeit, sondern erleichtert in vielen Fällen den Einbau, führt zu kürzeren Bauzeiten und erlaubt den Einsatz einfacher, handelsüblicher Einbaugeräte.

Bei den Formstücktypen wie z. B. den überschiebbaren Muffenformstücken (U-Stücke) werden die mechanisch wirkenden Muffen-Verbindungen eingesetzt. Schraubmuffen im Nennweitenbereich bis DN 400, Stopfbuchsenmuffen decken den Bereich ab DN 500 und höher ab.

Wie bei den Muffenrohren sind auch die Steckmuffen der Formstücke im Bedarfsfall in längskraftschlüssiger Ausführung lieferbar (**Kapitel 9**).

Muffenformstücke bieten viele Vorteile, wie:

- einfacher Einbau,
- doppelte Abwinkelbarkeit (zwei Muffen),
- Längsverschiebbarkeit,
- mögliche Längskraftschlüssigkeit an Bögen, Abzweigen und Übergangsstücken.

In der **Tabelle 6.1** sind die Muffenformstücke aufgeführt und ihre Nennweitenbereiche angegeben.

**Tabelle 6.1:**  
Muffenformstücke für Wasserleitungen

Type	Kurzzeichen	Symbol	DN-Bereich	Norm
Flanshmuffenstück nicht überschiebbar	E		40–2000	EN 545
Flanshmuffenstück überschiebbar	EU		40–2000	EN 545
Überschiebmuffe	U		40–2000	EN 545
Doppelmuffenbogen				
- 90°	MMQ		40–300 350–1200	EN 545 Werksnorm
- 45°	MMK 45		40–2000	EN 545
- 30°	MMK 30		80–1400	DIN 28650
- 22°	MMK 22		40–2000	EN 545
- 11°	MMK 11		40–2000	EN 545
Doppelmuffenstück				
- mit Flanschstutzen	MMA		40–2000	EN 545
- mit Muffenstutzen	MMB		40–300 350–1200	EN 545 Werksnorm
Doppelmuffenübergangsstück	MMR		40–2000	EN 545
Muffenstück mit Einsteckstutzen	MI		80–200	DIN 28650

### 6.2.2 Wanddicken

Die Wanddicken der Formstücke werden nach der gleichen Formel, wie sie für Rohre gilt, berechnet.

$$e = K (0,5 + 0,001 \text{ DN}) \text{ [mm]} \quad (6.1)$$

Bei allen Formstücken ist für  $K = 12$  einzusetzen. Die Mindestwanddicke errechnet sich nach:

$$e_{\min} = e - (2,3 + 0,001 \text{ DN}) \text{ [mm]} \quad (6.2)$$

Hohe örtliche Spannungen, die von der Form des Gussteiles abhängen (z. B. am Innenradius von Bögen, am Übergang vom Abzweig zum Körper bei Abzweigformstücken usw.), können an bestimmten Stellen eine Erhöhung der tatsächlichen Wanddicke erfordern.

Bei Wanddicken  $e$ , die nach obiger Formel den Wert von 7,0 mm unterschreiten, vereinfacht sich die Beziehung zu

$$e_{\min} = e - 2,3 \text{ [mm]} \quad (6.3)$$

Die Wanddicken sind so bemessen, dass die Formstücke den Druckstufen der Rohre für die Wanddickenklasse K = 10 entsprechen.

### 6.2.3 Flanschformstücke

Im Gegensatz zu den beweglichen Muffen-Verbindungen ist die Flansch-Verbindung längskraftschlüssig; sie ist starr. Ihr Einsatz ist beim Anschluss an Armaturen üblich, sowohl bei oberirdischem Einbau als auch innerhalb von Schächten und Gebäuden sowie bei Übergängen.

Die gängigen Formstücktypen sind in der **Tabelle 6.2** aufgeführt.

**Tabelle 6.2:**  
Flanschformstücke für Wasserleitungen

Type	Kurzzeichen	Symbol	DN-Bereich	Norm
Flanscmuffenstück nicht überschiebbar	E		40–2000	EN 545
Flanscmuffenstück überschiebbar	EU		40–2000	EN 545
Einflanschstück	F		40–2000	EN 545
Flanschbogen 90°	Q		40–1000 1200	EN 545 Werksnorm
45°	FFK 45		40–2000	EN 545
30°	FFK 30		80–1400	Werksnorm
22°	FFK 22		80–1400	Werksnorm
11°	FFK 11		80–1400	Werksnorm
Flanschfußbogen 90°	N		40– 600 700–1200	EN 545 Werksnorm
Fußbogen 90°	EN		80– 100	DIN 28650
Flanschstück mit Flanschstützen	T		40–2000	EN 545
Flanschübergangsstück	FFR		40–2000	EN 545
Blindflansch	X		40–2000	EN 545
Reduzierflansch	XR		80–1000	EN 545

### 6.2.4 Formstücke mit Einsteckenden

In zunehmendem Maße werden im erdüberdeckten Rohrleitungsbau Schieber und Hydranten mit Muffen eingesetzt, um die aufwendige Flansch-Verbindung zu ersetzen.

Aus diesem Grunde stehen Formstücke mit Einsteckenden zur Verfügung, die in Verbindung mit einer Einrichtung zur Längskraftschlüssigkeit eine gute Alternative zur aufwendigeren und starren Flanschverbindung darstellen.

Die in Frage kommenden Formstücktypen sind in der **Tabelle 6.3** zusammengestellt.

**Tabelle 6.3:**

Einsteckendenformstücke für Wasserleitungen

Type	Kurzzeichen	Symbol	DN-Bereich	Norm
Einflanschstück	F		40–2000	EN 545
Muffenstück mit Einsteckstutzen	MI		80– 200	DIN 28650
Einsteckstück mit Einsteckstutzen	IT		80– 200	DIN 28650

## 6.3 Formstücke für Abwasseranlagen

Außer den bei Druckleitungen üblichen Formstücktypen wie Bögen, Abzweige, Übergangsstücke und Blindflansche werden bei Freispiegelleitungen folgende Teile (**Bild 6.3**) eingesetzt:

- Sattelstück,
- Reinigungsdeckel,
- Schachtanschlussstück,
- Rohrreinigungskasten,
- Übergangsstücke auf andere Werkstoffe.



**Bild 6.3:**  
Abwasserformstücke

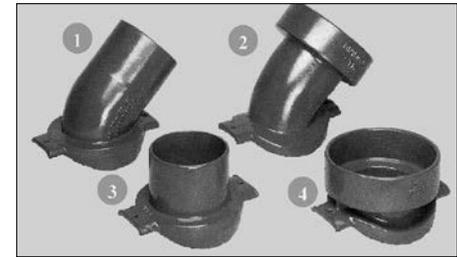
### 6.3.1 Sattelstück

Das Sattelstück dient zum dichten Anschluss von Anschlussleitungen an Kanäle aus duktilen Gussrohren, die an der Anschlussstelle mit einer Kernbohrmaschine angebohrt werden.

Das Hausanschlussstück wird mit einer speziellen Dichtung an dieser Bohrung montiert.

Folgende Ausführungen finden häufigen Einsatz (**Bild 6.4**):

- mit Zulauf unter 45° (1) und (2),
- mit rechtwinkligem Zulauf (3) und (4),
- mit DN 150 und DN 200,
- mit Einsteckenden für Rohre aus duktilem Gusseisen (1) und (3) oder anderen Werkstoffen,
- mit Muffen für Rohrenden aus anderen Werkstoffen (2) und (4).



**Bild 6.4:**  
Sattelstücke für Abwasserleitungen

### 6.3.2 Schachtanschlussstück

Das Schachtanschlussstück, dessen Innenkontur der TYTON®-Muffe entspricht, dient dem Anschluss einer Abwasserleitung an ein Bauwerk der Ortsentwässerung. Es ist gleichzeitig ein Gelenk, das die Setzungen des Schachtes ohne Beschädigung der Abwasserleitung oder des Schachtes ausgleichen kann. Wegen des hohen Arbeitsvermögens von Rohren aus duktilem Gusseisen muss kein Kurzgelenkstück eingebaut werden. Der Schacht mit zwei Schachtanschlussstücken fungiert als Doppelmuffenformstück, und Rohre ganzer oder geschnittener Länge können eingebaut werden.

Die Umkehr der Fließrichtung in der Verbindung ist, wie bei Druckleitungen, ohne Belang.

### 6.3.3 Reinigungsdeckel, Rohrreinigungskasten

Für die Reinigung und Inspektion von geschlossenen Kanälen, z.B. in Trinkwasserschutzgebieten, verwendet man, zumeist in Schächten, Rohrreinigungsdeckel (**Bild 6.3**) oder auch aufgeschweißte Rohrreinigungskästen. Diese sind für alle Nennweiten einsetzbar.

Ihre Vorteile:

- leichte Handhabung,
- an jeder Stelle an dem Rohrschaft montierbar,
- nachträglich anzubringen,
- Einsatz auch bei Abwasserdruckleitungen.

Die Größe des Deckels erlaubt sowohl den Einsatz von Rohrreinigungsgeräten wie Molche, Bürsten oder Hochdruckreinigungsdüsen als auch das Einbringen von Fernsehkameras.

**Tabelle 6.4:**  
Abwasserformstücke

Type	Kurzzeichen	Symbol	DN-Bereich	Norm
Flanscmuffenstück nicht überschiebbar	E		40–2000	EN 545
Flanscmuffenstück überschiebbar	EU		40–2000	EN 545
Einflanschstück	F		40–2000	EN 545
Überschiebmuffe	U		40–2000	EN 545
Doppelmuffenbogen				
90°	MMQ		100–2000	EN 598
45°	MMK 45		100–2000	EN 598
30°	MMK 30		80–1400	DIN 28650
22°	MMK 22		100–2000	EN 598
11°	MMK 11		100–2000	EN 598
Doppelmuffenstück				
- mit Flanschstutzen	MMA		40–2000	EN 545
- mit Muffenstutzen 90° DN 100-250	MMB		150– 500	EN 598
- mit Muffenstutzen 45° DN 100-250	MMC		150– 500	EN 598
- mit Einsteckstutzen 90° DN 100-250	MMI 90		150– 500	EN 598

Type	Kurzzeichen	Symbol	DN-Bereich	Norm
- mit Einsteckstutzen 45° DN 100-250	MMI 45		150– 500	EN 598
Einsteckstück				
- mit Einsteckstutzen 90° DN 100-250	IT		150– 500	EN 598
- mit Einsteckstutzen 45° DN 100-250	IC		150– 500	EN 598
Schachtanschlussstück	SCH		150–2000	EN 598
TYTON®-Kupplung	MM		100–2000	EN 598
Anbohrersattelstück				
- mit Einsteckstutzen 45° DN 150-250	SI 45		200–2000	EN 598
- mit Einsteckstutzen 90° DN 150-250	SI 90		200–2000	EN 598
- mit Muffenstutzen 45° DN 150-250	SM 45		200–2000	EN 598
- mit Muffenstutzen 90° DN 150-250	SM 90		200–2000	EN 598
Rohrreinigungsstück				
- mit Muffen	RR		100– 400	EN 598
- mit Einsteckenden	RS		100– 400	EN 598
Rohrreinigungsdeckel	RD		150–1200	EN 598
Blindflansch	X		40–2000	EN 545

**Tabelle 6.4** gibt eine Übersicht über die Formstücke für Abwasserdruckleitungen sowie für drucklose Freigefällekanäle.

Die Formstücke für Trinkwasser- und Abwasserleitungen werden mit unterschiedlichen Umhüllungen und Auskleidungen geliefert. Deren Einsatzbereiche sind in den **Kapiteln 14 und 15** beschrieben.

## 6.4 Einsatzbereiche

Die Formstücke und Zubehörteile aus duktilem Gusseisen sowie deren Verbindungen sind im Rahmen der üblichen Betriebsdruckbereiche einsetzbar. Das betrifft die Rohre für die Wasserversorgung und die Abwasserentsorgung.

Sonderfälle, wie z.B. der Einbau in Dükerleitungen oder der Einbau mit geringer Überdeckungshöhe oder höhere Innendruckbelastungen oder spezielle Außen- oder Innenschutzarten, können durch zusätzliche Maßnahmen bei der Fertigung, aber auch beim Einbau berücksichtigt werden.



# 7

## Armaturen

- 7.1 Armaturen aus Gusseisen mit Kugelgraphit
- 7.2 Korrosionsschutz von Armaturen aus Gusseisen mit Kugelgraphit
- 7.3 Hydraulische Grundlagen und Auslegung von Armaturen
- 7.4 Absperrarmaturen
- 7.5 Anbohrarmaturen
- 7.6 Regelarmaturen
- 7.7 Be- und Entlüftungsventile
- 7.8 Hydranten

## 7 Armaturen

Armaturen sind Bauteile in Rohrleitungssystemen, die neben der Funktion des „Leitens des Mediums“ (Umlenkung, Änderung der Nennweite) auch die Funktionen des Absperrens oder der Regelung von Durchflussmenge und Druck erfüllen. Je nach Einsatz sind unterschiedliche Werkstoffe gebräuchlich. Das folgende Kapitel behandelt die Armaturen, deren Hauptbestandteil Gusseisen mit Kugelgraphit ist.

## 7.1 Armaturen aus Gusseisen mit Kugelgraphit

- 7.1.1 Einteilung der Armaturen
- 7.1.2 Gusseisen mit Kugelgraphit als Armaturenwerkstoff
- 7.1.3 Werkstoffe im Kontakt mit Trinkwasser
- 7.1.4 Literatur Kapitel 7.1

## 7.1 Armaturen aus Gusseisen mit Kugelgrafit

Der folgende Abschnitt enthält allgemeine Angaben zu Funktion, Bauart, Anschluss und Werkstoff. Diese Angaben sind für alle Armaturen verbindlich. Bei Armaturen im Trinkwasserbereich gelten zusätzlich die Anforderungen für Werkstoffe im Kontakt mit Trinkwasser.

### 7.1.1 Einteilung der Armaturen

Generell lassen sich Armaturen nach

- Funktionsmerkmalen,
- Grundbauarten und
- Anschlussarten

unterscheiden.

Die Funktionsmerkmale von Armaturen sind in EN 736-1 [7.1-01] definiert. Eine Einteilung der Armaturen nach Funktionsmerkmalen enthält **Tabelle 7.1.1-01**.

Absperrarmaturen sind grundsätzlich zum Absperrn von Leitungen vorgesehen. Durch ihre Bauweise sind sie nicht oder nur bedingt für den Regelbetrieb geeignet.

Bei der Absperrfunktion sind nur die Hubstellungen „vollständig offen“ oder „geschlossen“ zulässig. Bei Regelarmaturen sind hingegen auch alle Zwischenstellungen erlaubt.

Eine Einteilung der Armaturen nach Grundbauarten enthält **Tabelle 7.1.1-02**.

**Tabelle 7.1.1-03** enthält einen Vergleich von Bauarten, Anschlussmöglichkeiten und Funktionsmerkmalen.

**Tabelle 7.1.1-01:**

Einteilung der Armaturen nach Funktionsmerkmalen

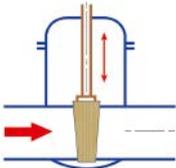
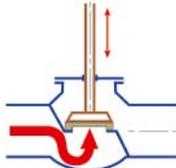
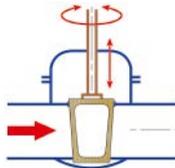
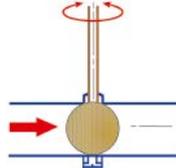
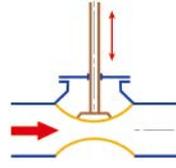
Armaturenbauart	Art der Beeinflussung des Fluids	Beispiele
Absperrarmatur	Unterbrechung oder Freigabe des Stoffstroms	Absperrventil, Absperrschieber, Absperrklappe
Regelarmatur	Reduzierung des Arbeitsdruckes	Druckminderventil, Drosselventil
	Entnahme von Durchflusstoff	Probeentnahmeventil
Stellgerät	Getrennte oder gemischte Regelung von Druck, Temperatur und Menge	Regelventil, Regelklappe, Regelhahn, Stellventil
	Regelung eines Flüssigkeitsstandes	Niveaustandsregler
Sicherheitsarmatur <sup>1)</sup>	Verhinderung von Drucküberschreitungen und anschließendes Absperrn	Auslaufarmatur, Sicherheitsventil, Sicherheitsabsperrventil
Berstscheibeneinrichtung	Verhinderung von Drucküberschreitungen ohne anschließendes Absperrn	Berstscheibensicherung
Rückflussverhinderer	Verhinderung einer Strömungsumkehr	Rückschlagventil, Rückschlagklappe
<sup>1)</sup> in DIN EN 736-1 [7.1-02] als Sicherheitsventil bezeichnet		

Quelle der Tabelle 7.1.1-01 und der Tabelle 7.1.1-02:

Handbuch Rohrleitungsbau, Band I: Planung, Herstellung, Einrichtung

3. Auflage, Günter Wossog, Vulkan Verlag, ISBN 978-3-8027-2745-0

Tabelle 7.1.1-02: Einteilung der Armaturen nach Grundbauarten

Arbeitsweise des Abschlusskörpers				
geradlinig		Drehung um die Achse quer zur Strömung		Deformation eines flexiblen Bauteils
Strömungsrichtung im Anschlussbereich				
quer zur Bewegung des Abschlusskörpers	in Bewegungsrichtung des Abschlusskörpers	durch den Abschlusskörper	um den Abschlusskörper	unterschiedlich je nach Ausführung
				
Bezeichnung der Grundbauarten				
Schieber	Ventil	Hahn	Klappe <sup>1)</sup>	Membranarmatur
Art des Anschlusses				
Keil, Platte, Kolben, Membran, Scheibe	Teller, Kegel, Zylinder (Kolben), Kugel, Nadel	Kugel, Kegel (Küken), Zylinder	Scheibe, Platte, Drehkegel	Membran, Schlauch
Ausführungsbeispiele				
Absperrschieber, Flachschieber, Talsperrenschieber	Absperrventil, Drosselventil, Sicherheitsventil, Rückschlagventil, Hydrant	Kugelhahn, Zylinderhahn, Kegelhahn	Absperrklappe, Rückschlagklappe, exzentrisches Drehkegelventil	Membranabsperrarmatur, Membranrückflussverhinderer
<sup>1)</sup> Hierzu gehört auch die exzentrische Drehkegelarmatur				

**Tabelle 7.1.1-03:** Armaturenbauarten im Vergleich

Kriterium	Bauart				
	Schieber	Ventil	Hahn	Klappe	Membranarmatur
Durchflusswiderstand	gering	hoch	gering	mittel	mittel
Anschlussmöglichkeiten	Flansch, Gewinde, Steckmuffen, Schweißenden	Flansch, Steckmuffe, Gewinde	Flansch, Gewinde	Flansch, Steckmuffen, Schweißenden	Flansch, Schraubmuffe
Molchbarkeit	ja	nein	ja	nein	nein

Die Einteilung der Armaturen nach Anschlussarten wird in **Kapitel 7.9** (in Vorbereitung) behandelt.

### 7.1.2 Gusseisen mit Kugelgrafit als Armaturenwerkstoff

Wegen ihrer vielfältigen Funktionen sind Armaturen kostenintensiver und aufwändiger aufgebaut als Rohre oder Formstücke und bestehen aus mehreren Einzelteilen. Für die Herstellung der schwierigeren Konturen ihrer Gehäuse ist das Herstellungsverfahren „Gießen“ optimal geeignet.

Der bereits sehr früh eingesetzte Werkstoff „Gusseisen“ besitzt neben hohen Freiheitsgraden in der Formgebung auch hohe Festigkeit und Alterungsbeständigkeit. Hinsichtlich des Korro-

sionsschutzes liegen ebenfalls gute Erfahrungen vor. Über Jahrhunderte wurde ein Gusseisen verwendet, in welchem der Grafit in Lamellenform vorliegt (Gusseisen mit Lamellengrafit). Heute wird zur Herstellung von Armaturengehäusen fast ausnahmslos Gusseisen mit Kugelgrafit nach EN 1563 [7.1-03] eingesetzt.

Dieser Werkstoff bietet neben den oben genannten Eigenschaften noch zusätzlich eine hervorragende Zähigkeit, die bei den Armaturen mit ihren vielfältigen Belastungssituationen besonders wichtig ist.

Eine Übersicht über die heute üblicherweise verwendeten Sorten von Gusseisen mit Kugelgrafit für die Herstellung von Armaturen und Formstücken enthält **Tabelle 7.1.2-01**.

**Tabelle 7.1.2-01:**

Gegenüberstellung der Eigenschaften verschiedener Sorten von Gusseisen mit Kugelgraphit für Armaturen nach EN 1563 [7.1-03] und von duktilem Gusseisen für Formstücke nach EN 545 [7.1-04]

Werkstoff	Verwendung	Standard	Zugfestigkeit R <sub>m</sub> [MPa]	Streckgrenze R <sub>p0,2</sub> [MPa]	Bruchdehnung A <sub>5</sub> [%]	Härte [HB]	E-Modul [N/mm <sup>2</sup> ]	Gefüge
EN-GJS-500-7 (GGG 50)	Armaturen und Hydranten	EN 1563 [7.1-03]	500	320	7	170–230	169.000	perlitisch – ferritisch
EN-GJS-400-15 (GGG 40)			400	250	15	135–180	170.000	überwiegend ferritisch
EN-GJS-400-18LT (GGG 40.3)			400	240	18	130–175	169.000	rein ferritisch
EN 545 [7.1-04]	Formstücke	EN 545 [7.1-04]	420	270	≥5	< 250	170.000	überwiegend ferri- tisch

Obwohl der Werkstoff Gusseisen mit Kugelgrafit sehr weit ausgereift ist, sind dennoch weitere Entwicklungspotentiale für die Zukunft erkennbar:

- Neue Formverfahren gewährleisten Gussteile höchster Präzision und komplexester Konfiguration,
- 3D-Entwicklung von Armaturen – Konstruktion mit FEM-Simulation, Bau der Modelleinrichtung, Erstarungssimulation, Rapid Prototyping,
- Entwicklung von ADI-Werkstoffen (ADI = Austempered Ductile Iron) mit Zugfestigkeit > 1.000 MPa und akzeptabler Dehnung,
- Entwicklung von Materialien mit Wanddicken bis 2 mm und hohen Ermüdungsfestigkeiten (3,8 % C; 2,9 % Si; 0,04 % Mn; 0,040 % Mg) bzw. Wanddickenreduzierungen durch Mikrolegierungen,
- mit Silizium dotiertes ferritisches Gusseisen mit verbesserten mechanischen Eigenschaften (bis 3,2 % Si), EN-GJS-500-12,
- Entwicklung neuer Schweißzusatzwerkstoffe mit 58 % Ni zur sicheren Herstellung eines perlitischen Gefüges.

Die modernen Korrosionsschutzarten von Bauteilen aus Gusseisen mit Kugelgrafit decken alle Einsatzgebiete hinsichtlich Böden und durchgeleiteten Medien zuverlässig ab (**Kapitel 14 und Kapitel 15**).

Für die Antriebswelle und andere unbeschichtete Teile wird u. a. nichtrostender Stahl verwendet. Schrauben werden mindestens in der Qualität A2 (Werkstoff Nr. 1.4301) verbaut. Spindelmuttern und andere tribologisch beanspruchte Bauteile bestehen meist aus Kupferlegierungen.

Für die Dichtungen wird meist NBR und EPDM entsprechend EN 681-1 [7.1-05] eingesetzt (**Kapitel 13**).

### 7.1.3 Werkstoffe im Kontakt mit Trinkwasser

Die am 13. Dezember 2012 in Kraft getretene 2. Änderungsverordnung der Trinkwasserverordnung und darin besonders ihr § 17, Anforderungen an Werkstoffe, haben zur Folge, dass künftig das deutsche Umweltbundesamt rechtlich verbindliche Bewertungen festlegt. Sie enthalten Prüfvorschriften, Prüfparameter, methodische Vorgaben. Dazu gehören auch Positivlisten der Ausgangsstoffe, der Werkstoffe und Materialien, die mit Trinkwasser in Kontakt kommen. Die bisherigen UBA-Leitlinien mit freiwilligem Charakter werden durch diese Bewertungsgrundlagen abgelöst werden.

Die Armaturengehäuse aus Gusseisen mit Kugelgrafit sind durchweg mit Epoxidharz oder Email beschichtet. Trinkwasser hat keinen Kontakt mit dem Werkstoff Gusseisen mit Kugelgrafit.

Die als Korrosionsschutz eingesetzten Epoxidharze erfüllen die Anforderungen der Leitlinie zur hygienischen Beurteilung von organischen Beschichtungen im Kontakt mit Trinkwasser des

deutschen Umweltbundesamtes (UBA) [7.1-06]. Die Anlage 5 der Beschichtungsleitlinie [7.1-07] enthält eine Liste der Produkte mit bestandener Prüfung.

Darüber hinaus sind alle trinkwasserberührten Bauteile und Beschichtungen organischer Natur auf ihre mikrobielle Bewuchsneigung nach DVGW-Arbeitsblatt W 270 [7.1-08] zu prüfen.

Für emaillierte Gehäuse mit Trinkwasserkontakt ist beim Umweltbundesamt der Entwurf einer Email-Leitlinie in Vorbereitung. Es ist geplant, den Entwurf 2013 zu veröffentlichen und die Bewertungsgrundlage ein Jahr später festzulegen.

Für Deutschland ist bezüglich der mit Trinkwasser in Kontakt kommenden metallischen Werkstoffe die DIN 50930-6 [7.1-09] zu beachten. Dabei handelt es sich um Bauteile aus nichtrostenden Stählen und aus Kupferlegierungen. Sie sind in der UBA-Liste „Trinkwasserhygienisch geeignete metallene Werkstoffe“ aufgeführt [7.1-10].

Weitere Funktionsteile wie Schieberkeile bzw. Klappen und Dichtungen stehen mit elastomeren Werkstoffen im Trinkwasserkontakt. Dafür ist das DVGW-Arbeitsblatt W 270 [7.1-08], Vermehrung von Mikroorganismen auf Werkstoffen für den Trinkwasserbereich, zu beachten. Außerdem gilt die Elastomer-Leitlinie des Umweltbundesamtes (UBA) [7.1-11].

Weiterhin sind die Anforderungen und Prüfungen der Schmierstoffleitlinie des UBA [7.1-12] für die Schmierstoffe einzuhalten, die in Armaturen für die Gängigkeit der beweglichen Funktionselemente bürgen.

### 7.1.4 Literatur Kapitel 7.1

- [7.1-01] EN 736-1  
Valves - Terminologie –  
Part 1: Definition of types  
of valves  
[Armaturen - Terminologie –  
Teil 1: Definition der  
Grundbauarten]  
1995
- [7.1-02] DIN EN 736-1  
Armaturen - Terminologie –  
Teil 1: Definition der Grund-  
bauarten;  
Deutsche Fassung EN 736-1:1995  
[Valves – Terminologie –  
Part 1: Definition of  
types of valves;  
German version EN 736-1:1995]  
1995-04
- [7.1-03] EN 1563  
Founding - Spheroidal graphite  
cast irons  
[Gießereiwesen - Gusseisen mit  
Kugelgraphit]  
2011
- [7.1-04] EN 545  
Rohre, Formstücke, Zubehörteile  
aus duktilem Gusseisen und ihre  
Verbindungen für Wasser-  
leitungen –  
Anforderungen und  
Prüfverfahren  
[Ductile iron pipes, fittings,  
accessories and their joints for  
water pipelines –  
Requirements and test methods]  
2010
- [7.1-05] EN 681-1  
Elastomeric seals – Material  
requirements for pipe joint seals  
used in water and drainage  
applications –  
Part 1: Vulcanized rubber  
[Elastomer-Dichtungen –  
Werkstoff-Anforderungen  
für Rohrleitungs-Dichtungen für  
Anwendungen in der Wasser-  
versorgung und Entwässerung –  
Teil 1: Vulkanisierter Gummi]  
1996 + A1:1998 + A2:2002 +  
AC:2002 + A3:2005
- [7.1-06] Umweltbundesamt, Deutschland  
UBA-Beschichtungsleitlinie –  
Leitlinie zur hygienischen  
Beurteilung von organischen  
Beschichtungen im Kontakt mit  
Trinkwasser  
[UBA-Coatings Guideline –  
Guideline for the hygienic  
assessment of organic coatings  
in contact with drinking water]  
2010-11
- [7.1-07] Umweltbundesamt, Deutschland  
Anlage 5 der Leitlinie zur  
hygienischen Beurteilung von  
organischen Beschichtungen im  
Kontakt mit Trinkwasser,  
Organische Beschichtungen mit  
bestandener Prüfung  
entsprechend dieser Leitlinie,  
Beschichtungen auf Epoxidharz-  
basis  
[Coatings Guideline –  
Annex 5 (list of products) PDF /  
60 KB, in German]  
2011-11-15

- [7.1-08] DVGW-Arbeitsblatt W 270  
Vermehrung von Mikroorganismen auf Werkstoffen für den Trinkwasserbereich – Prüfung und Bewertung [Enhancement of microbial growth on materials in contact with drinking water – Test methods and assessment] 2007-11
- [7.1-09] DIN 50930-6  
Korrosion der Metalle – Korrosion metallener Werkstoffe im Innern von Rohrleitungen, Behältern und Apparaten bei Korrosionsbelastung durch Wasser – Teil 6: Bewertungsverfahren und Anforderungen hinsichtlich der hygienischen Eignung in Kontakt mit Trinkwasser [Corrosion of metals – Corrosion of metallic materials under corrosion load by water inside of pipes, tanks and apparatus – Part 6: Evaluation process and requirements regarding the hygienic suitability in contact with drinking water] 2013-01
- [7.1-10] Umweltbundesamt, Deutschland  
Empfehlung – Trinkwasserhygienisch geeignete metallene Werkstoffe [Recommendation – List of metallic materials suitable for contact with drinking water] 2012-12
- [7.1-11] Umweltbundesamt, Deutschland  
UBA-Elastomerleitlinie – Leitlinie zur hygienischen Beurteilung von Elastomermaterialien im Kontakt mit Trinkwasser (Elastomerleitlinie) [UBA-Rubber Guideline – Guideline for the hygienic assessment of elastomer materials in contact with drinking water (Elastomer Guideline)] 2012-05
- [7.1-12] Umweltbundesamt, Deutschland  
UBA-Schmierstoffleitlinie – Leitlinie zur hygienischen Beurteilung von Schmierstoffen im Kontakt mit Trinkwasser (Sanitär-schmierstoffe) [UBA- Lubricant Guideline – Guideline for the hygienic assessment of lubricants in contact with drinking water (sanitary lubricants)] 2010-11



## 7.2 Korrosionsschutz von Armaturen aus Gusseisen mit Kugelgraphit

- 7.2.1 Epoxidharz-Beschichtung
- 7.2.2 Email-Beschichtung
- 7.2.3 Literatur Kapitel 7.2

## 7.2 Korrosionsschutz von Armaturen aus Gusseisen mit Kugelgraphit

### 7.2.1 Epoxidharz-Beschichtung

Die Epoxidharz-Beschichtung von Armaturen hat sich zwischenzeitlich zur Standardbeschichtung aller Armaturen im Bereich Rohwasser, Trinkwasser und Abwasser entwickelt hat.

Neben der Verwendung von hochwertigen Epoxidharzlacken hat sich bei den Armaturen besonders die umweltfreundliche und lösungsmittelfreie Epoxidharz-Pulver-Beschichtung, auch (EP)-Beschichtung genannt, durchgesetzt. Die Haftung des aufschmelzenden Beschichtungspulvers entsteht hierbei durch Adhäsion und Chemosorption an der zuvor gestrahlten Metalloberfläche.

Der porenfreie, integrale Vollschutz der Epoxidharz-Pulver-Beschichtung mit einer Mindestschichtdicke von 250 µm schützt die Armatur dauerhaft in allen Bodenklassen. Die glatte Innenoberfläche verhindert zudem Inkrustationen.

Die Epoxidharz-Pulver-Beschichtung stellt eine nahtlose homogene Rundumbeschichtung (innen und außen) sicher. Da Korrosion vorzugsweise an Übergängen verschiedener Beschichtungsarten beginnt, ist eine porenfreie fehlerlose Beschichtung der beste Schutz gegen Korrosion. Glatte Innenoberflächen sichern damit einen hohen Schutz gegen Abrasion und Inkrustation.

Aufgrund der hohen Haftung, der Härte sowie der duroplastischen Formstabilität der Beschichtung kann die Epoxidharz-Pulver-Beschichtung ebenfalls an Anlageflächen von Dichtelementen bei Armaturen verwendet werden.

Epoxidharz-Pulver-Beschichtungen benötigen für den Beschichtungsprozess einen geringen Energieeinsatz.

Entsprechend der Epoxidharz-Pulver-Beschichtung von Formstücken nach EN 14901 [7.2-01] sind Außen- und Innenbeschichtungen aus Epoxidharz für Armaturen (**Bilder 7.2.1-01, 7.2.1-02 und 7.2.1-03**) in den Regelwerken DIN 30677-1 [7.2-02], DIN 30677-2 [7.2-03] und DIN 3476 [7.2-04] stan-

dardisiert. Vor allem die RAL - GZ 662 [7.2-05] als Regelwerk der Gütegemeinschaft Schwerer Korrosionsschutz von Armaturen und Formstücken durch Pulverbeschichtung e. V. (GSK) stellt erhöhte Anforderungen an die Epoxidharz-Pulver-Beschichtung. Sie weist folgende Eigenschaften aus:

- Hygienische und bakteriologische Sicherheit,
- chemische Beständigkeit,
- glatte Oberfläche,
- geringe Inkrustationsneigung,
- Porenfreiheit sowohl innen als auch außen (Prüfspannung 3 kV),
- hohe Schlag- und Druckbeständigkeit,
- geeignet für alle Bodenklassen entsprechend DIN 50929-3 [7.2-06], OENORM B 5013-1 [7.2-07] und DVGW-Arbeitsblatt GW 9 [7.2-08],
- Schichtdicke  $\geq 250 \mu\text{m}$ ,
- Integralschutz (übergangslos),
- hohe Haftfestigkeit von mindestens 12 N/mm<sup>2</sup> nach 7 Tagen Heißwasserlagerung,
- keine Emissionen von Lösemitteln beim Beschichten,
- Beständigkeit gegenüber Gasen nach DVGW-Arbeitsblatt G 260 [7.2-09].



**Bild 7.2.1-01:**  
Absperriklappe – innen und außen mit  
Epoxidharz-Pulver nach RAL - GZ 662  
[7.2-05] beschichtet



**Bild 7.2.1-02:**  
Schieber mit Flanschen – Epoxidharz-Pulver-  
Beschichtung, innen und außen  
nach RAL - GZ 662 [7.2-05]



**Bild 7.2.1-03:**  
Rückschlagklappe –  
Außen- und Innenbeschichtungen mit  
Epoxidharz-Pulver nach RAL - GZ 662  
[7.2-05]

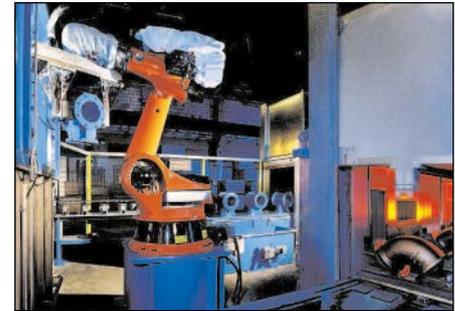
Die Applikation erfolgt durch elektrostatishes Pulverbeschichten mittels Pistole (**Bild 7.2.1-04**) bzw. im Wirbelsinterverfahren (**Bilder 7.2.1-05., 7.2.1-06 und 7.2.1-07**), wobei mit beiden Verfahren bei Einhaltung entsprechender Prozessparameter gleichbleibend hohe Beschichtungsqualität erreicht wird.

Voraussetzung für eine qualitätsgerechte Pulver-Beschichtung ist die Oberflächenvorbereitung der Teile. Dazu werden die zu beschichteten Armaturenteile unmittelbar vor dem Beschichtungsprozess gestrahlt. Die Teile werden somit von Schmutz, Rost, Fett und Feuchtigkeit befreit und erhalten durch das Strahlen einen Reinheitsgrad von SA 2½ nach EN ISO 12944-4 [7.2-10]. Eine ständige Reinigung des Strahlmittelumlaufes von Verunreinigungen, wie in den GSK-Richtlinien beschrieben, ist eine der wesentlichen Voraussetzungen für die sehr guten Haftungseigenschaften.

Danach werden die Armaturenteile je nach verwendetem Epoxidharz-Pulver im Ofen auf etwa 190 °C bis 200 °C erhitzt. Im folgenden Beschichtungsprozess werden die erhitzten Teile mit



**Bild 7.2.1-04:**  
Elektrostatisher Epoxidharz-Pulver-Auftrag mit Sprühpistole



**Bild 7.2.1-05:**  
Epoxidharz-Pulver-Auftrag mit Roboter im Wirbelsinterverfahren



**Bild 7.2.1-06:**  
Eintauchen eines Armaturenteils in das Wirbelsinterbad



**Bild 7.2.1-07:**  
Im Wirbelsinterbad beschichtetes Schiebergehäuse

Epoxidharz-Pulver besprüht bzw. in ein Wirbelsinterbecken getaucht. Aufgrund der raschen Vernetzung können z. B. die wirbelsinter-beschichteten Teile bereits nach ungefähr 30 Sekunden abgestellt werden, ohne dass die Beschichtung durch Druckstellen geschädigt wird. Nach Abschluss des Beschichtungsprozesses kühlen die Teile bis auf Raumtemperatur langsam ab.

Daran schließt sich eine umfangreiche Qualitätsprüfung an, die die Überwachung der Schichtdicken und Schlagbeständigkeit an Originalteilen enthält. Diese Prüfung wird zusätzlich durch Untersuchung der Unterwanderung, der Haftfestigkeit nach 7 Tage Heißwasserlagerung und der Vernetzung begleitet.

Für Armaturen im Außenbereich, beispielsweise Überflurhydranten, besteht die Notwendigkeit, die Epoxidharz-Pulver-Beschichtung vor längerer UV-Beeinflussung zu schützen. Hierbei hat sich bewährt, auf den noch heißen Epoxidharzfilm bei etwa 170 °C eine zusätzliche Polyester-Beschichtung der äußeren Oberfläche von etwa 100 µm aufzubringen. Diese Duplex-Beschich-

tung wird anschließend bei etwa 200 °C nachgehärtet. Die dadurch entstehende untrennbare Verbundschicht bewirkt nicht nur einen sehr guten Korrosionsschutz, sondern sichert auch einen lang anhaltenden Lichtschutz der Armatur.

### 7.2.2 Email-Beschichtung

Als hervorragender und dauerhafter Korrosionsschutz hat sich Email seit über 50 Jahren in der Wasserversorgung etabliert.

Seit Ende der 90er Jahre wurde begonnen, Email auf die Außenbeschichtung zu übertragen, um eine integrale, überganglose Beschichtung zu erhalten. Hinsichtlich des Werkstoffs, der Herstelltechnik sowie der Prüftechnik steht seit einigen Jahren ein erprobtes, geschlossenes Beschichtungssystem „Komplett-Email“ (**Bild 7.2.2-01**) zur Verfügung, das inzwischen seinen Weg in die praktische Anwendung im Bereich des Transports von Rohwasser, Trinkwasser und Abwasser gefunden hat.



**Bild 7.2.2-01:**  
Armatur mit Komplett-Emaillierung

#### 7.2.2.1 Anforderungen sowie Eigenschaften der Email-Beschichtung

Die Anforderungen an die Email-Beschichtung sind in DIN 51178 [7.2-11] und in der DEV-Richtlinie „Qualitätsanforderungen und Prüfvorschriften für emaillierte Gussarmaturen und Druckrohrformstücke für die Roh- und Trinkwasserversorgung“ [7.2-12] festgelegt. Eine Prüfung nach DVGW-Arbeitsblatt W 270 [7.2-13] ist nicht erforderlich, da sie ausschließlich auf die mikrobielle

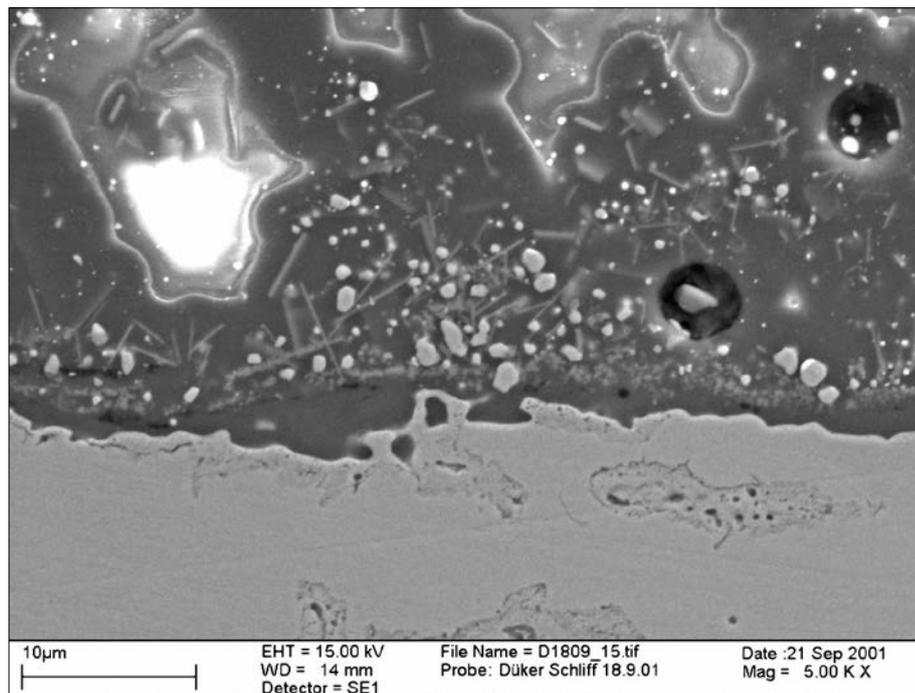
Bewuchsneigung organischer Materialien ausgerichtet ist. Als rein anorganischer Werkstoff bietet die Emaillierung keinerlei Nährstoffe für Mikroorganismen und fördert somit auch keine Bildung von Biofilmen.

### 7.2.2.2 Komplett-Emaillierung

Das Beschichtungssystem „Komplett-Email“ hat zwei weitere, für den Innenbereich irrelevante, Anforderungen zu erfüllen:

- Hohe Schlagfestigkeit des Emailverbundes,
- Beständigkeit gegenüber den Korrosionsbeanspruchungen der Bodenklasse III (stark aggressive Böden) nach den Vorgaben der DIN 50929-3 [7.2-06], der OENORM B 5013-1 [7.2-07] und des DVGW-Arbeitsblattes GW 9 [7.2-08].

Die feindisperse Einlagerung von Kleinstpartikeln unterdrückt die Entstehung und Ausbreitung von Rissen bei lokaler Überbeanspruchung, z. B. Schlag oder Stoß.



**Bild 7.2.2-02:**

Detailaufnahme einer Email-Verbundschicht mit Gusseisen mit Kugelgrafit; Rasterelektronenmikroskopaufnahme, Fraunhofer-Institut ISC, Würzburg

Mit einer Komplett-Emaillierung dieses Qualitätsstandards vereinigen sich die werkstoffspezifischen Vorteile des Emails wie folgt:

- Integralschutz (übergangslos),
- hygienische und bakteriologische Sicherheit,
- geeignet für alle Bodenarten,
- hohe Schlag- und Druckbeständigkeit,
- diffusionsdicht,
- Unterwanderungssicherheit, auch bei lokaler Verletzung der Oberfläche,
- Alterungsbeständigkeit.

Die Emaillierung zeichnet sich durch eine intensive physikalisch chemische Verbindung mit dem Grundwerkstoff aus (DIN 51178 [7.2-11]). Diese ist gekennzeichnet durch Diffusionsprozesse aus dem Grundwerkstoff in Richtung Email und umgekehrt während des Einbrands. Daraus bildet sich eine echte Verbundschicht in einer Dicke von einigen, je nach Werkstoffsystem auch bis zu einigen -zig Mikrometern (**Bild 7.2.2-02**).

Im Bild ist die Mikro-Rauhigkeit der Oberfläche des Gussteils (hell, unten) deutlich sichtbar. Die darin erkenn-

baren feinen Umrisse sind die Hinter-schnitten zwischen Guss und Email. Nach oben anschließend ist ein homogen gemischt erscheinender Saum von etwa 2  $\mu\text{m}$  erkennbar. Darüber schließt sich die eigentliche Verbundschicht von deutlich über 10  $\mu\text{m}$  Dicke an mit unterschiedlichen Ausscheidungen und Einlagerungen.

Bei der Emaillierung von Armaturen aus Gußeisen mit Kugelgrafit bestimmen eine Reihe wesentlicher Fertigungsparameter und -randbedingungen die Güte einer Emaillierung. Die chemische Zusammensetzung des Grundwerkstoffes Gusseisen, seine Mikrostruktur, seine Vorbehandlung und seine Oberflächenbeschaffenheit sind von entscheidender Bedeutung.

Sauberes, ferritisches Gefüge in der Randschicht erleichtert die Emaillierung. Die thermisch/mechanische Vorbehandlung ist die zweite wesentliche Voraussetzung. Sauberes, abrasiv wirkendes Strahlgut reinigt die Oberfläche der Gussstücke, aktiviert sie und vergrößert die spezifische Oberfläche.



**Bild 7.2.2-03:**  
Schiebergehäuse nach Strahlbehandlung



**Bild 7.2.2-04:**  
Schlickerauftrag auf der Außenseite von Schiebergehäusen durch Aufsprühen

Daraus leitet sich die Forderung nach einem zügigen Produktionsablauf ab

- Vorbehandlung (**Bild 7.2.2-03**),
- Auftragen des Emailschlickers (**Bild 7.2.2-04**),
- Trocknung (**Bild 7.2.2-05**),
- Emailbrennen (**Bilder 7.2.2-06 und 7.2.2-07**).



**Bild 7.2.2-05:**  
Innen beschichtete Schiebergehäuse in  
der Trocknungsstrecke



**Bild 7.2.2-06:**  
Blick in den Einbrennofen



**Bild 7.2.2-07:**  
Emaillierte Schiebergehäuse und  
Formstücke nach dem Einbrand

Basis für die Prüfung und Bewertung emaillierter Komponenten ist die DIN 51178 [7.2-11]. Sie beschreibt Prüfmethode, welche typische und realitätsnahe Belastungen der Bauteile simulieren.

### 7.2.3 Literatur Kapitel 7.2

[7.2-01] EN 14901

Ductile iron pipes, fittings and accessories –  
Epoxy coating (heavy duty) of ductile iron fittings and accessories –  
Requirements and test methods  
[Rohre, Formstücke und Zubehör aus duktilem Gusseisen – Epoxidharzbeschichtung (für erhöhte Beanspruchung) von Formstücken und Zubehörtteilen aus duktilem Gusseisen – Anforderungen und Prüfverfahren]  
2006

[7.2-02] DIN 30677-1

Äußerer Korrosionsschutz von erdverlegten Armaturen; Umhüllung (Außenbeschichtung) für normale Anforderungen  
[Corrosion protection of buried valves; coating for normal requirement]  
1991-02

[7.2-03] DIN 30677-2

Äußerer Korrosionsschutz von erdverlegten Armaturen; Umhüllung aus Duroplasten (Außenbeschichtung) für erhöhte Anforderungen  
[External corrosion protection of buried valves; heavy-duty thermoset plastics coatings]  
1988-09

[7.2-04] DIN 3476

Armaturen und Formstücke für Roh- und Trinkwasser – Korrosionsschutz durch EP-Innenbeschichtung aus Pulverlacken (P) bzw. Flüssiglacken (F) – Anforderungen und Prüfungen  
[Valves and fittings for untreated and potable water – Protection against corrosion by internal epoxy coating of coating powders (P) or liquid varnishes (F) – Requirements and tests]  
1996-08

[7.2-05] RAL – GZ 662

Güte- und Prüfbestimmungen – Schwerer Korrosionsschutz von Armaturen und Formstücken durch Pulverbeschichtung – Gütesicherung  
[Quality and test provisions – Heavy duty corrosion protection of valves and fittings by powder coating – Quality assurance]  
2008

[7.2-06] DIN 50929-3

Korrosion der Metalle; Korrosionswahrscheinlichkeit metallischer Werkstoffe bei äußerer Korrosionsbelastung; Rohrleitungen und Bauteile in Böden und Wässern  
[Corrosion of metals; probability of corrosion of metallic materials when subject to corrosion from the outside; buried and underwater pipelines and structural components]  
1985-09

- [7.2-07] OENORM B 5013-1  
Oberflächenschutz mit organischen Schutzmaterialien im Siedlungswasserbau – Teil 1: Abschätzung der Korrosionswahrscheinlichkeit und Schutz von unlegierten und niedriglegierten Eisenwerkstoffen  
[Corrosion protection by organic coatings for water and waste-water engineering in residential areas – Part 1: Assessment of corrosion probability and protection of unalloyed and low-alloyed ferrous materials]  
2013-12-1
- [7.2-08] DVGW-Arbeitsblatt GW 9  
Beurteilung der Korrosionsbelastungen von erdüberdeckten Rohrleitungen und Behältern aus unlegierten und niedrig legierten Eisenwerkstoffen in Böden  
[Assessment of the corrosion level of buried pipes and tanks in unalloyed and low-alloyed ferrous materials in soils]  
2011-05
- [7.2-09] DVGW-Arbeitsblatt G 260  
Gasbeschaffenheit  
[Gas quality]  
2013-03
- [7.2-10] EN ISO 12944-4  
Paints and varnishes – Corrosion protection of steel structures by protective paint systems – Part 4: Types of surface and surface preparation  
[Beschichtungsstoffe – Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme – Teil 4: Arten von Oberflächen und Oberflächenvorbereitung]  
1998
- [7.2-11] DIN 51178  
Emails und Emaillierungen – Innen- und außenemaillierte Armaturen und Druckrohrformstücke für die Roh- und Trinkwasserversorgung – Qualitätsanforderungen und Prüfung
- [7.2-12] DEV-Richtlinie  
Qualitätsanforderungen und Prüfvorschriften für emaillierte Gussarmaturen und Druckrohrformstücke für die Roh- und Trinkwasserversorgung  
[Quality requirements and test specifications for enamelled cast iron valves and ductile iron fittings for untreated and potable water supply]  
2006-09-27
- [7.2-13] DVGW-Arbeitsblatt W 270  
Vermehrung von Mikroorganismen auf Werkstoffen für den Trinkwasserbereich – Prüfung und Bewertung  
[Enhancement of microbial growth on materials in contact with drinking water – Test methods and assessment]  
2007-11
- [Vitreous and porcelain enamels- Inside and outside enamelled valves and pressure pipe fittings for untreated and potable water supply – Quality requirements and testing]  
2009-10

## 7.3 Hydraulische Grundlagen und Auslegung von Armaturen

- 7.3.1 Hydraulische Grundlagen
- 7.3.2 Auslegung von Armaturen
- 7.3.3 Literatur Kapitel 7.3

## 7.3 Hydraulische Grundlagen und Auslegung von Armaturen

Armaturen sind für den jeweiligen Anwendungsfall auszulegen, damit sie die gewünschten Funktionen richtig erfüllen. Im Folgenden werden einige Erläuterungen für die grundsätzliche Auslegung von Armaturen gegeben.

Die verwendeten Begriffe sind der EN 736-1 [7.3-01], EN 736-2 [7.3-02] und EN 736-3 [7.3-03] entnommen.

Bei der Auslegung von Armaturen ist die Unterscheidung in Absperrarmaturen und Regelarmaturen ein wichtiger Aspekt. Während Absperrarmaturen in der Regel nach der Nennweite und Druckstufe der Rohrleitung ausgewählt werden, erfolgt die Auswahl einer Regelarmatur nach den hydraulischen Anforderungen an die zu erfüllende Regelaufgabe.

Zur Unterstützung der Anwender bei der Auswahl der richtigen Armatur geben die Hersteller armaturenspezifische technische Daten heraus.

### 7.3.1 Hydraulische Grundlagen

Physikalische Gesetzmäßigkeiten beeinflussen Bauart, Nennweite und Ausrüstung von Regelarmaturen. Diese Gesetzmäßigkeiten sind somit auch für die Auswahl der Regelarmatur maßgebend.

#### 7.3.1.1 Widerstandsbeiwert

Werden Festkörper aufeinanderliegend gegeneinander bewegt, ist ein Widerstand zu überwinden. Dieser Widerstand wird u. a. durch die Rauheit der Oberflächen, die aufeinander liegen, bestimmt. Gleiches gilt auch in der Kombination zwischen Festkörper und Flüssigkeit, z. B. Wasser. Die Rauheit der Oberfläche des Festkörpers bestimmt die Höhe des Widerstandes. Je rauer die Oberfläche, umso höher der Widerstand. Aber auch die Geometrie des die Strömung führenden Festkörpers beeinflusst den Widerstand; Umlenkungen erhöhen ihn. Auf diese Weise kann man Bauteile entlang der Stromlinie betrachten und für jede Stelle den Widerstand bestimmen. Letztendlich können die einzelnen Widerstände zu einem Gesamt-

widerstand addiert werden. Der Widerstand eines Bauteils kann rechnerisch oder durch hydraulische Messungen ermittelt werden. Man erhält somit den Widerstandsbeiwert, Zeta genannt. Als Formelzeichen wird i. d. R. der griechische Buchstabe  $\zeta$  (Zeta) verwendet.

#### 7.3.1.2 Druck

Die Gleichung von Bernoulli beschreibt die Veränderungen der Drücke im Verlauf einer durchströmten Rohrleitung. Diese Gleichung wird auch als Satz von der Erhaltung der Energie bezeichnet. Bernoulli geht davon aus, dass beim Durchströmen einer Leitung keine Energie verloren geht, sondern lediglich umgewandelt wird. Der Energiegehalt eines in einem Rohr strömenden Mediums lässt sich wie folgt beschreiben.

Es enthält:

- Druckenergie  $p$  [N/m<sup>2</sup>]
- Potentielle (Lage) Energie  $E_{\text{pot}} = g \cdot \rho \cdot z$  [N/m<sup>2</sup>] (7.3.1)

- Kinetische Energie durch Geschwindigkeit

$$E_{\text{kin}} = \frac{\rho}{2} \cdot c^2 \quad [\text{N/m}^2] \quad (7.3.2)$$

- Reibungsarbeit

$$W_{\text{R}} = \frac{\rho}{2} \cdot c^2 \cdot \sum \zeta \quad [\text{N/m}^2] \quad (7.3.3)$$

Legende:

$\rho$  = Dichte des strömenden Mediums  
[kg/m<sup>3</sup>]

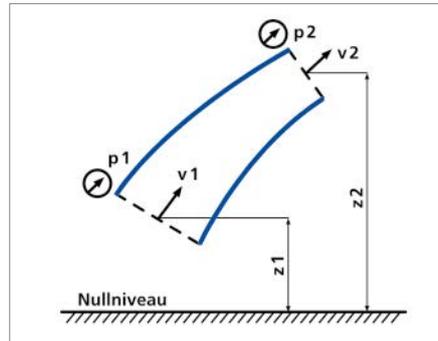
$g$  = Erdbeschleunigung = 9,81 [m/s<sup>2</sup>]

$z$  = Höhe [m]

$c$  = Fließgeschwindigkeit des Mediums  
bezogen auf die Nennweite [m/s]

$\zeta$  = Zeta-Wert [-]

Zwischen dem Eintritt (Punkt 1) und dem Austritt (Punkt 2) verändern sich diese Energieanteile (**Bild 7.3.1**).



**Bild 7.3.1:**

Veränderung der Energieanteile zwischen Punkt 1 und Punkt 2 einer Leitung

Schon allein die Tatsache, dass auf dem Weg durch die Leitung Reibung überwunden werden muss, führt zur Veränderung der Energieanteile. So lässt sich der Energiezustand wie folgt beschreiben:

$$p_1 + \rho \cdot g \cdot z_1 + \frac{\rho}{2} \cdot c_1^2 = p_2 + \rho \cdot g \cdot z_2 + \frac{\rho}{2} \cdot c_2^2 + \frac{\rho}{2} \cdot c_2^2 \cdot \sum \zeta = \text{const.}$$

[N/m<sup>2</sup>] (7.3.4)

Reduziert man die Anwendung auf die Regelarmatur, können Vereinfachungen getroffen werden. So entfällt die potentielle Energie, da der Höhenunterschied zwischen Eintritt und Austritt der Armatur keinen nennenswerten Einfluss hat.

Ebenso kann die kinetische Energie vernachlässigt werden, da die Geschwindigkeit, bezogen auf die Nennweite der Leitung, vor und nach dem Ventil gleich ist und bleibt.

Somit ergibt sich:

$$p_1 = p_2 + \frac{\rho}{2} \cdot c^2 \cdot \sum \zeta \quad [\text{N/m}^2] \quad (7.3.5)$$

oder umgestellt

$$p_1 - p_2 = \Delta p = \frac{\rho}{2} \cdot c^2 \cdot \sum \zeta \quad [\text{N/m}^2] \quad (7.3.6)$$

### 7.3.1.3 Durchflussgeschwindigkeit

Mit der Durchflussgeschwindigkeit wird die Geschwindigkeit beschrieben, mit der ein Medium durch ein Rohrleitungssystem befördert wird. Die Nennweiten von Rohrleitungen sind i. d. R. unter energiesparenden Gesichtspunkten ausgelegt, sodass in Rohrleitungssystemen unterschiedliche Nennweiten vorhanden sein können. Mit Hilfe der Kontinuitätsgleichung kann nach der optimalen Nennweite für die Regelarmatur gesucht werden.

Die Kontinuitätsgleichung besagt, dass in einer Rohrleitung an jeder Stelle die gleiche Durchflussmenge gegeben ist, unabhängig von ihrem lokalen Durchmesser.

Daraus folgt:

$$A \cdot c = A_1 \cdot c_1 = A_2 \cdot c_2 = \text{const.} \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (7.3.7)$$

$$\text{mit } A = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \quad [\text{m}^2] \quad (7.3.8)$$

$$\text{folgt } D_2 = \sqrt{D_1^2 \cdot \frac{c_1}{c_2}} \quad [\text{m}] \quad (7.3.9)$$

Legende:

A = Querschnittsfläche der  
Rohrinnweite [m<sup>2</sup>]

c = Fließgeschwindigkeit [m/s]

D = Innendurchmesser  
der Nennweite [m]

### 7.3.1.4 K<sub>v</sub>-Wert

Zur Auswahl und Dimensionierung von Regelarmaturen wird üblicherweise ein Kennwert eingesetzt, der K<sub>v</sub>-Wert oder Durchflusskoeffizient.

Der K<sub>v</sub>-Wert ist ein Maß für den erzielbaren Durchsatz eines Mediums – Flüssigkeit oder Gas – durch ein Bauteil.

Der K<sub>v</sub>-Wert wird in der Einheit [m<sup>3</sup>/h] oder auch [L/min] angegeben. Für das Medium Wasser gibt der K<sub>v</sub>-Wert die Durchflussmenge bei einer Druckdifferenz von 1 bar über die Länge des Bauteils an. Er gilt für eine Wassertemperatur zwischen 5 °C und 30 °C. Bei Vollöffnung eines Regelventiles wird er K<sub>vs</sub>-Wert genannt.

Der K<sub>v</sub>-Wert wird wie folgt berechnet:

$$K_v = \dot{V} \cdot \sqrt{\frac{1 \text{ bar}}{\Delta p}} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (7.3.10)$$

Legende:

K<sub>v</sub> Durchflusskoeffizient [m<sup>3</sup>/h]

$\dot{V}$  Volumenstrom =

Durchflussmenge [m<sup>3</sup>/h]

$\Delta p$  tatsächlich vorliegende Druckdifferenz [bar]

### 7.3.1.5 Kavitation

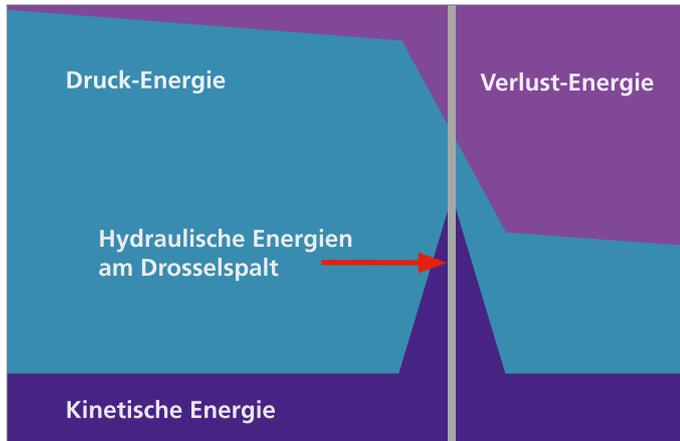
Die Ableitung der Bernoulli-Gleichung am Ende des **Kapitels 7.3.1.2** zeigt, dass beim Regeln die physikalischen Größen Druck und Fließgeschwindigkeit verändert werden. Regelarmaturen arbeiten erst mit höheren Geschwindigkeiten optimal. Dabei können in Drosselstellungen sehr hohe Fließgeschwindigkeiten auftreten. Es kommt, begrenzt

auf die Drosselstellungen, zu einer deutlichen Energieumwandlung von Druckenergie in kinetische Energie und Verlustenergie (**Bild 7.3.2**).

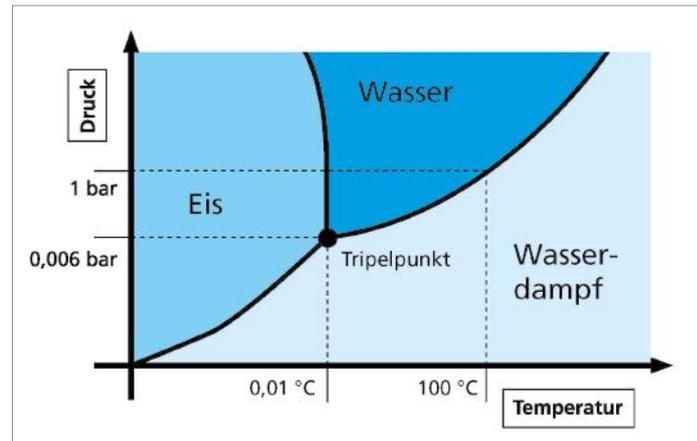
Nach dem Durchtritt des Wassers durch die Drosselstelle erfährt es erneut eine Energieumwandlung. Durch den nun wieder größeren Strömungsquerschnitt verringert sich die Fließgeschwindigkeit. Dadurch wird kinetische Energie rück-

umgewandelt zu Druckenergie. Dieser Vorgang ist jedoch nicht verlustfrei, sodass auch noch erhöhte Druckverluste zusätzlich entstehen.

Je nach Lage der Betriebsparameter kann dabei der Druck im Wasser in der Drosselstelle den Dampfdruck des Wassers unterschreiten. Dies führt dann zur Bildung von Dampfblasen im Wasserstrom. Die Wahrscheinlichkeit dafür ist



**Bild 7.3.2:**  
Hydraulische Energien im Bereich des Drosselspalt



**Bild 7.3.3:**  
Phasendiagramm von Wasser

umso höher, je näher sich der Druck nach der Drosselstelle auf der Höhe des Atmosphärendrucks befindet. Abhängig von Druck und Temperatur des Wassers wechselt es seinen Aggregatzustand. Bei einem Luftdruck von 1 bar und 100 °C Temperatur beginnen Dampfblasen zu entstehen: Das Wasser siedet (**Bild 7.3.3**).

Das Wasser in Trinkwasser-Rohrleitungen weist in unseren Breitengraden üblicherweise eine Temperatur zwischen 5 °C und 20 °C auf. Der zugehörige Dampfdruck liegt dann etwa bei 0,015 bar absolut, also etwa 0,9 bar unter dem Atmosphärendruck.

Mit dem Erreichen und Unterschreiten des Dampfdruckes in der Drosselstelle beginnt die Bildung von Dampfblasen. Die Intensität der Dampfblasenbildung hängt vom Maß der Unterschreitung des Dampfdruckes ab (**Bild 7.3.4**).

Im Anschluss an die Drosselstelle findet wieder eine Energieumwandlung statt. Der dabei ansteigende Druck im Medium wirkt dabei auch auf die Dampfblasen. Die Dampfblasen beulen unter dem steigenden Druck ein und implodieren unter Bildung eines Mikrojet-Wasserstrahls,

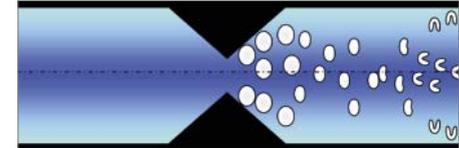
der durch die Dampfblase hindurch schießt. Dieser Prozess wird unter dem Begriff „Kavitation“ zusammengefasst (**Bild 7.3.5**).

An Mikrojet-Wasserstrahlen konnten Drücke bis zu 10.000 bar ermittelt werden, unabhängig vom Druck im Rohrquerschnitt. Dies sind Energien, wie sie beim Wasserstrahlschneiden, z. B. von Stahl, verwendet werden. Ähnlich wirkt auch die Kavitation in den zum Regeln eingesetzten Armaturen.

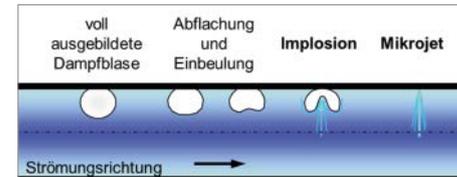
Um die Folgen der Kavitation auf Dauer möglichst gering zu halten, gibt es folgende Möglichkeiten:

- Die implodierenden Dampfblasen werden in die Bauteilmitte gelenkt, sodass sie nicht in Kontakt mit dem Bauteil kommen (**Bild 7.3.6**).
- Einsatz eines Werkstoffes mit hoher Kavitationsbeständigkeit.
- Auswahl einer geeigneten Armatur zur Vermeidung von Kavitation.

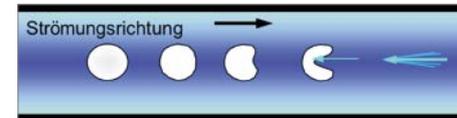
Zur Bewertung der Kavitation in Rohrleitungssystemen mit Regelarmaturen wird der Kavitationsindex Sigma herangezogen.



**Bild 7.3.4:**  
Dampfblasenbildung in einer Drosselstelle



**Bild 7.3.5:**  
Schematische Darstellung der Kavitation



**Bild 7.3.6:**  
Lenkung von Dampfblasen in die Rohrmitte

## 7.3.2 Auslegung von Armaturen

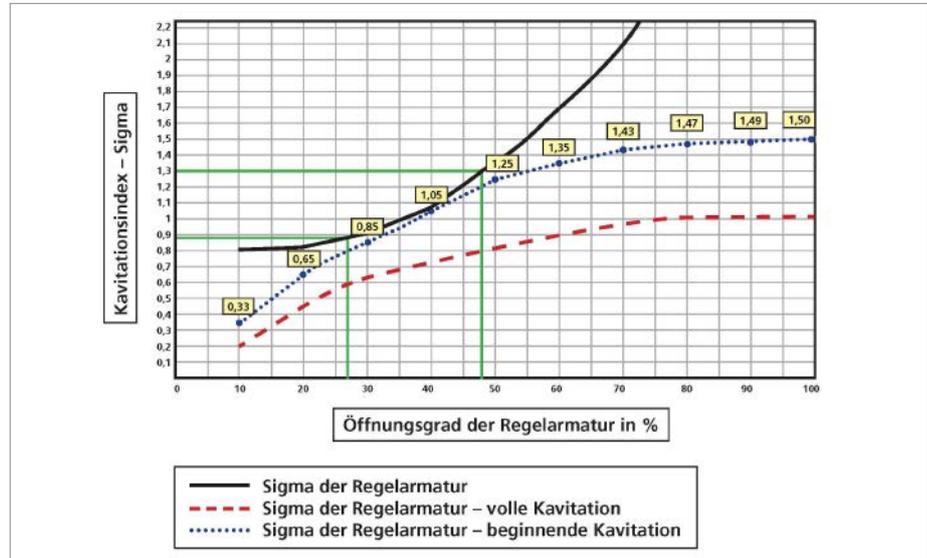
### 7.3.2.1 Auslegung von Absperrarmaturen

Die Auslegung von Absperrarmaturen beschränkt sich im Wesentlichen auf die Festlegung der Nennweite und der Druckstufe. Sofern sich die Strömungsgeschwindigkeit im Rahmen der Vorgaben der EN 1074-1 [7.3-04] und EN 1074-2 [7.3-05] befindet, wird die Absperrarmatur analog zur Rohrleitungsauslegung bestimmt.

### 7.3.2.2 Auslegung von Regelarmaturen

Bei Regelarmaturen sind die hydraulischen Anforderungen an die Regelaufgabe zu berücksichtigen. Dies kann dazu führen, dass die verschiedenen Auslegungsschritte mehrfach iterativ durchgeführt werden müssen.

Hinsichtlich des Nenndruckes orientieren sich die Regelarmaturen an der Rohrleitung.



**Bild 7.3.2:**  
Kavitationsbetrachtung eines Betriebspunktes

Die Nennweite der Regelarmatur wird für die maximal benötigte Wassermenge festgelegt. Dabei wird auch die maximal zulässige Fließgeschwindigkeit nach Angaben des Herstellers mit in Betracht gezogen.

Beispiel:

- Rohrleitungsnennweite DN 150,
- maximale Durchflussmenge 96 m<sup>3</sup>/h (übliche Feuerlöschmenge im kommunalen Bereich),
- maximale Fließgeschwindigkeit nach Angabe des Herstellers, z. B. 4 m/s.

Für die Regelarmatur ergibt sich daraus ein Mindestdurchmesser von 81,6 mm. Unter Tolerierung einer geringen Überschreitung der Fließgeschwindigkeit bietet sich für die Regelarmatur die Nennweite DN 80 an.

### 7.3.2.3 Prüfung auf Kavitationsfreiheit

Nachdem die Nennweite und Druckstufe festgelegt wurden, wird eine bestimmte Armatur ausgewählt. Jede Armatur hat eine spezifische Kennlinie für den Kavitationsindex Sigma. Kavitationsfreiheit liegt dann vor, wenn die Kavitationslinien der Armatur (..... und ---) unterhalb der Linie „Armatur in Betriebssituation“ (—) liegen (**Bild 7.3.7**).

## 7.3.3 Literatur Kapitel 7.3

- [7.3-01] EN 736-1  
Valves – Terminology –  
Part 1: Definition of types  
of valves  
[Armaturen – Terminologie –  
Teil 1: Definition der Grund-  
bauarten]  
1995
- [7.3-02] EN 736-2  
Valves – Terminology –  
Part 2: Definition of components  
of valves  
[Armaturen – Terminologie –  
Teil 2: Definition der Armaturen-  
teile]  
1997
- [7.3-03] EN 736-3  
Valves – Terminology –  
Part 3: Definition of terms  
[Armaturen – Terminologie –  
Teil 3: Definition von Begriffen]  
2008
- [7.3-04] EN 1074-1  
Valves for water supply –  
Fitness for purpose requirements  
and appropriate verification tests –  
Part 1: General requirements  
[Armaturen für die Wasserver-  
sorgung –  
Anforderungen an die Gebrauchs-  
tauglichkeit und deren Prüfung –  
Teil 1: Allgemeine Anforderungen]  
2000
- [7.3-05] EN 1074-2  
Valves for water supply –  
Fitness for purpose requirements  
and appropriate verification tests –  
Part 2: Isolating valves  
[Armaturen für die Wasserver-  
sorgung –  
Anforderungen an die Gebrauchs-  
tauglichkeit und deren Prüfung –  
Teil 2: Absperrarmaturen]  
2000 + A1:2004

## 7.4 Absperrarmaturen

- 7.4.1 Schieber
- 7.4.2 Absperrklappen
- 7.4.3 Kugelhähne
- 7.4.4 Literatur Kapitel 7.4

## 7.4 Absperrarmaturen

### 7.4.1 Schieber

#### 7.4.1.1 Einsatzbereich

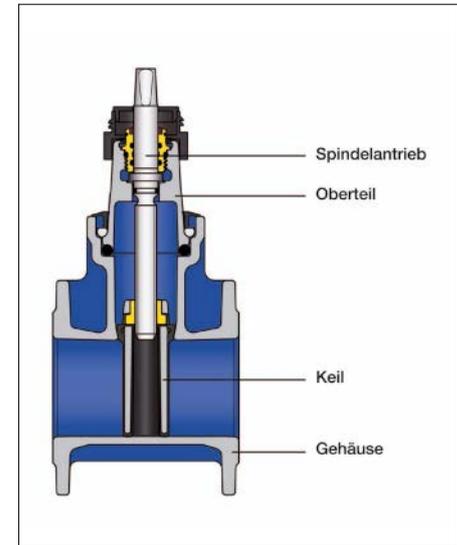
Der Schieber ist die am meisten verbaute Armatur in der Wasserversorgung und kann deshalb als Standardarmatur bezeichnet werden. Zum Einsatz kommen heute im Trinkwasserbereich praktisch nur noch weichdichtende Schieber (Schieberkeil mit Gummierung), sie unterliegen nationalen Zulassungsregeln. Im Abwasserbereich werden weichdichtende und metallischdichtende Schieber eingesetzt. Schieber dürfen in beiden Richtungen durchströmt werden.

#### 7.4.1.2 Weichdichtender Keilschieber

Der weichdichtende Keilschieber besteht im Wesentlichen aus dem Gehäuse, dem Schieberkeil und dem Oberteil mit integrierter Spindelabdichtung (**Bild 7.4.1-01**). Der Schieberkeil wird mittels Spindeltrieb in den Durchgang bewegt. In der Offenstellung weisen diese Schieber

einen freien Durchgang auf, das heißt, der ganze Rohrquerschnitt liegt frei. Dabei entstehen nur sehr kleine Druckverluste. Außerdem ist dadurch eine Molchbarkeit möglich. Auch im Einsatz für Abwasser ist der freie Querschnitt ein großer Vorteil, weil ein Festsetzen von Schwebeteilchen und Festkörpern verhindert wird. Die klassische Konstruktion verbindet mit Schrauben das Oberteil mit dem Gehäuse. Neuere Konstruktionen weisen schraubenlose Verbindungen auf. Die notwendigen komplexen Geometrien eines Keilschiebers lassen sich bis heute kostengünstig nur im Gießverfahren herstellen. Sein Aufbau lässt im Revisionsfall einen Austausch der beweglichen Teile ohne Ausbau der gesamten Armatur zu.

Weichdichtende Keilschieber zeichnen sich dadurch aus, dass sich auf dem Schieberkeil eine aufvulkanisierte Gummierung befindet, die mit den entsprechenden Dichtflächen im Schiebergehäuse in Kontakt kommt und dadurch die Armatur abdichtet (**Bilder 7.4.1-02, 7.4.1-03, 7.4.1-04, 7.4.1-05, 7.4.1-06, 7.4.1-07 und 7.4.1-08**). Die elastische Gummierung des Keils gleicht geringe



**Bild 7.4.1-01:**  
Aufbau eines Keilschiebers:  
Gehäuse, Oberteil, Spindeltrieb und Keil

Unebenheiten des Gussgehäuses aus und dichtet selbst bei Verschmutzungen optimal ab. Deswegen sind weichdichtende Schieber auch für den kommunalen Abwasserbereich mit gewissen

**Bild 7.4.1-02:**

Schnittbild eines weichdichtenden Flanschenschiebers mit schraubenloser Verbindung zwischen Oberteil und Gehäuse

**Bild 7.4.1-04:**

Weichdichtender Flanschenschieber mit gewindeloser Spindellagerung

**Bild 7.4.1-06:**

Weichdichtender Novo SIT® - Steckmuffen-Schieber

**Bild 7.4.1-03:**

Schnittbild eines weichdichtenden Flanschenschiebers mit geschraubter Verbindung zwischen Oberteil und Gehäuse

**Bild 7.4.1-05:**

Weichdichtender TYTON® - Steckmuffen-Schieber DN 150

**Bild 7.4.1-07:**

Weichdichtender TYTON® – Schieber mit Spitzende und Steckmuffe, System BAIO®



**Bild 7.4.1-08:**  
Weichdichtender Keilschieber mit Spitzende  
und Steckmuffe

Feststoffanteilen geeignet. Glatte und homogene Beschichtungen, wie die Epoxidharz-Pulver-Beschichtung nach GSK-Richtlinie RAL GZ 662 [7.4-01] bzw. die Emaillierung nach DIN 51178 [7.4-02] und der DEV-Richtlinie [7.4-03] verhindern Inkrustationen im Schiebergehäuse. Wegen des freien, glatten Durchgangs hat der weichdichtende Schieber den metallischdichtenden Schieber als Standardschieber weitgehend abgelöst. Er wird in den Nenndruckstufen PN 10, PN 16 und PN 25 angeboten.

Die Schieber erfüllen die Anforderungen sowohl der EN 1074-2 [7.4-04] als auch der EN 1171 [7.4-05]. Zu beachten sind weiterhin die DVGW-Arbeitsblätter GW 336-1 „Erdeinbaugarnituren – Teil 1: Standardisierung der Schnittstellen zwischen erdverlegten Armaturen und Einbaugarnituren“ [7.4-06] und W 363 „Absperrrmaturen, Rückflussverhinderer, Be-/Entlüftungsventile und Regelarmaturen aus metallenen Werkstoffen für Trinkwasserversorgungsanlagen – Anforderungen und Prüfungen“ [7.4-07].



**Bild 7.4.1-09:**  
Metallischdichtender Keilschieber

Weichdichtende Keilschieber sind nicht für den Regel- oder Drosselbetrieb geeignet, sind also reine AUF/ZU-Armaturen. Der Grund liegt in der Geometrie der Keilführung. Wenn der Keil in den Strömungsquerschnitt einfährt, treten in Zwischenstellungen hohe Kräfte auf, welche die Führung einseitig belasten und bei längerem Verbleib in der Zwischenstellung diese beschädigen können. Bei starker Drosselung besteht auch die Gefahr von Kavitationsschäden am Armaturengehäuse. Zudem weist der weichdichtende Keilschieber eine ungünstige Regelcharakteristik auf.

Als weitere zu beachtende Normen sind zu nennen: Die EN 558 [7.4-08], die EN 736-1 [7.4-09], die EN 1503-3 [7.4-10], die EN 12516-2 [7.4-11] und die EN 12516-4 [7.4-12].

### 7.4.1.3 Metallischdichtender Keilschieber

Der metallischdichtende Keilschieber (**Bild 7.4.1-09**) ist gekennzeichnet durch ein metallisches Absperrorgan, welches beim Schließen in einem sogenannten Schiebersack im unteren Teil des Gehäuses aufgenommen wird.

**Tabelle 7.4.1-01:**

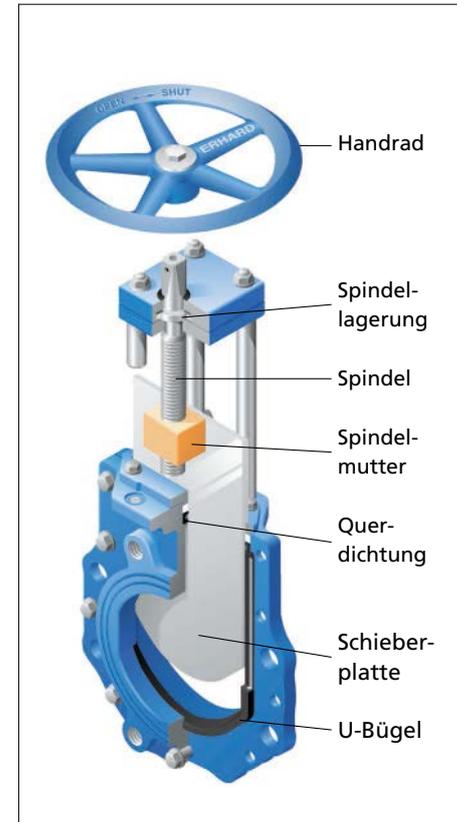
Anwendungsbereiche von weichdichtenden Plattenschiebern

Anwendungsbereich	Art der Anwendung (Beispiele)
Abwasser	Faulschlamm, Abwasser, Rohschlamm, Luft
Chemieindustrie	chemisch belastete Abwässer
Biogasanlagen	Schlämme, Schmutzwasser

Der Nachteil dieser Bauweise liegt am Dichtprinzip, respektive dem Schieber sack und dem hohen Losbrechmoment beim Öffnen des Schiebers. Im offenen Zustand entstehen Strömungswiderstände und ein Totwassergebiet, was Ablagerungen und Inkrustation begünstigt. Dies kann beim Öffnen und Schließen zu erhöhten Stellmomenten führen. Metallischdichtende Schieber werden im Wasser- und Abwasserbereich, im Industriebereich, in der Fernwärmeversorgung üblicherweise bis zur Nenndruckstufe PN 40 eingesetzt.

#### 7.4.1.4 Weichdichtender Plattenschieber

Weichdichtende Plattenschieber kommen vor allem im Abwasser- und Industriebereich für verschiedenste Medien zum Einsatz. Da die Drücke in diesen Anwendungen meist tiefer liegen als bei Trinkwasseranwendungen, wird meist die einfachere und günstigere Konstruktion des Plattenschiebers gewählt. Den Aufbau eines weichdichtenden Plattenschiebers zeigt **Bild 7.4.1-10**. Sie werden in den Nennweiten DN 50 bis DN 1400 für Betriebsdrücke bis zu 16 bar hergestellt. **Tabelle 7.4.1-01** zeigt beispielhaft Anwendungsbereiche von weichdichtenden Plattenschiebern.



**Bild 7.4.1-10:**  
Aufbau eines Plattenschiebers



**Bild 7.4.1-11:**  
Weichdichtender Platten-  
schieber PN 10 mit Handrad



**Bild 7.4.1-12:**  
Weichdichtender Plattenschieber  
PN10 mit Pneumatikantrieb



**Bild 7.4.1-13:**  
Weichdichtender Platten-  
schieber mit Elektroantrieb



**Bild 7.4.1-14:**  
Weichdichtender Platten-  
schieber für den Erdeinbau

Weichdichtende Plattenschieber (**Bilder 7.4.1-11, 7.4.1-12 und 7.4.1-13**) bestehen im Wesentlichen aus einem Gussgehäuse, einer Schieberplatte aus Edelstahl und einem Spindeltrieb, häufig mit integrierter Positionsanzeige. Je nach Anwendungen sind verschiedene Dichtungsmaterialien und Bedienungsarten möglich.

Weichdichtende Plattenschieber werden vor allem im Abwasserbereich, aber auch zur Regulierung anderer flüssiger Medien eingesetzt. Sie sind nicht geeignet für den Einsatz im Trinkwasserbereich. Vorzugsweise werden weichdichtende Plattenschieber in Schächten und Anlagen eingebaut, es sind jedoch auch Konstruktionen für den Erdeinbau verfügbar (**Bild 7.4.1-14**).

Ein wichtiger Vorteil der Schieberkonstruktion ist der völlig freie Durchgang bei geöffneter Armatur und die schmutzunempfindliche Schieberplatte. Wegen des freien Sohldurchgangs im Gehäuse können dort keine Feststoffe haften bleiben.

Plattenschieber mit voll ausgeprägtem Flansch (Durchgangslöcher und Gewin-desacklöcher) können sowohl als Zwischenflansch- als auch als Endarmatur ohne Gegenflansch eingesetzt werden. Die kurze Baulänge  $K_1$  entspricht der Norm EN 558 [7.4-08].

Durch Baukastensysteme werden weitere Ausführungsvarianten ermöglicht, z. B.:

- Elektrische Anzeige der Endstellungen,
- Abstreifer zum Reinigen der Schieberplatte,
- Dreieck- oder Fünfeckregulierblende für Regulierzwecke,
- Vielzahl an Antriebs- und deren Verlängerungsmöglichkeiten.

Je nach Medium stehen hierfür geeignete Werkstoffe von der Schieberplatte sowie von den Dichtungen zur Verfügung.

## 7.4.2 Absperrklappen

### 7.4.2.1 Allgemeines

Nach dem Schieber ist der am zweithäufigsten verbaute Armaturentyp in der Wasserversorgung die Absperrklappe (Bilder 7.4.2-01, 7.4.2-02, 7.4.2-03, 7.4.2-04, 7.4.2-05, 7.4.2-06 und 7.4.2-07). Sie verfügt über einen im Leitungsquerschnitt befindlichen Abschlusskörper, die sogenannte Klappenscheibe. Absperrklappen sind wie Absperrschieber reine Absperrorgane (AUF/ZU-Funktion).

Die heute am meisten verwendeten Bauarten sind weichdichtende zentrische oder doppelzentrische Absperrklappen.

Absperrklappen bestehen im Wesentlichen aus einem Gehäuse, welches mit Flansch-Verbindungen in Rohrleitungen eingebaut wird und einem Absperrorgan, der sogenannten Klappenscheibe. Die Klappenscheibe wird meist mit einem Getriebe verstellt und ist im geöffneten Zustand parallel zur Strömungsrichtung ausgerichtet (Bild 7.4.2-03). Der Standardnennweitenbereich umfasst DN 50 bis DN 4000, die üblichen Druckstufen reichen von PN 6 bis PN 40.

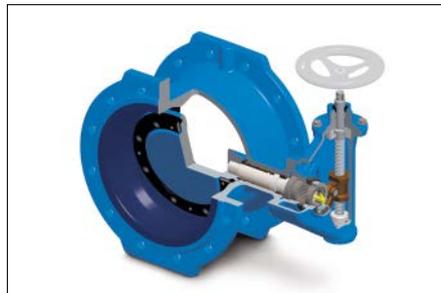


**Bild 7.4.2-01:**

Beispiele von Absperrklappen mit Handrad – Absperrklappe beschichtet mit Epoxidharz-pulver (links) und mit Vollemaillierung (rechts)



**Bild 7.4.2-02:**  
Zentrische Absperrklappe mit Schneckengetriebe und Handrad



**Bild 7.4.2-04:**  
Doppelzentrische Absperrklappe mit Schubkurbelgetriebe und Handrad



**Bild 7.4.2-06:**  
Doppelzentrische Absperrklappe mit Spindelgetriebe und Elektroantrieb für große Nennweiten, z. B. DN 1800



**Bild 7.4.2-03:**  
Doppelzentrische Absperrklappe DN 250 mit Schubkurbelgetriebe



**Bild 7.4.2-05:**  
Doppelzentrische Absperrklappe mit Losflansche



**Bild 7.4.2-07:**  
Doppelzentrische Absperrklappe mit Hydraulikantrieb für sehr große Nennweiten, hohe Druckstufen und als Sicherheitsarmatur

Vorteile von Absperrklappen gegenüber Schiebern:

- Geringer Platzbedarf – Klappen können auch bei großen Durchmessern sehr kompakt gebaut werden. Kein Totwasserraum weil das Absperrorgan direkt im Leitungsquerschnitt integriert ist und keinen Aufnahmeaum benötigt.
- Geringes Gewicht – wegen ihrer kompakten Bauweise sind Klappen bei großen Durchmessern leichter.
- Niedriges Betätigungsmoment – Schieber weisen wegen der Reibung in der Keilführung besonders bei großen Nennweiten hohe Betätigungsmomente auf. Doppelexzentrische Klappen lassen sich dagegen auch aufgrund der verwendeten Getriebe leichter betätigen.
- Im Erdeinbau wegen der geringen Bauhöhe (wie Rohrleitung) vor allem bei größeren Nennweiten keine Dükerung zum Schutz vor Frost erforderlich.

Nachteile von Absperrklappen gegenüber Schiebern:

- Großer Strömungswiderstand – während Schieber in der vollständig geöffneten Stellung praktisch keinen Strömungswiderstand darstellen (Druckverlustbeiwert  $\xi = 0,1 - 0,2$ ), weisen Absperrklappen im geöffneten Zustand je nach Bauart und Größe relativ große Strömungswiderstände auf (Druckverlustbeiwert  $\xi = 0,2 - 0,9$ ).
- Aufwendige Konstruktion – die Konstruktion ist im Vergleich zu Schiebern etwas aufwendiger und rechnet sich erst bei größeren Nennweiten.
- Rohrleitungen mit Absperrklappen können nicht gemolcht werden.

Auswahlkriterien:

Bei der Entscheidung zwischen Schieber und Klappe sind z.B. folgende Faktoren von maßgeblicher Bedeutung:

- Drehmoment der Betätigung,
- Gewicht der Armatur,
- Durchflussgeschwindigkeiten,
- Betriebsdruck,

- Betriebsmedium,
- Einbausituation,
- Molchbarkeit.

Aus preislichen Gründen wird im Allgemeinen bis DN 300 der Schieber verwendet.

#### 7.4.2.2 Absperrklappenbauarten

Bei Absperrklappen werden folgende Bauarten unterschieden:

- Zentrische Lagerung der Klappenscheibe (**Bild 7.4.2-08**) – die Welle der Klappenscheibe ist sowohl in der Mitte des Gehäuses als auch in der Mitte der Scheibe angeordnet. Diese Bauart mit dichtschießendem, weichdichtendem Gehäusesitz aus Elastomer eignet sich aufgrund ihrer kurzen Baulänge (EN 558, Baulänge K1 [7.4-08]) sehr gut zum Einklemmen zwischen zwei Rohrleitungsflansche oder zum Anflanschen als Endarmatur. Als Antrieb wird häufig ein Handhebel mit Raster (bis DN 300), ein Elektroantrieb oder ein pneumatischer Antrieb benutzt.

Die Anordnung des elastomeren Dichtsitzes im Gehäuse eröffnet die Möglichkeit, die Klappenscheibe in unterschiedlichsten Werkstoffen auszuführen. Damit ergibt sich als Vorteil, dass die Klappe für die unterschiedlichsten Medien eingesetzt werden kann.

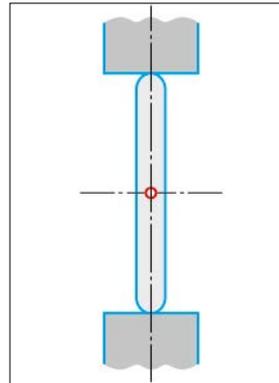
- Einfach exzentrische Lagerung der Klappenscheibe - die Welle ist auf der Rohrachse des Gehäuses außerhalb des Dichtsitzes der Klappenscheibe angeordnet (**Bild 7.4.2-09**). Bei dieser und der zentrischen Lagerung der Welle führt die Klappenscheibe eine reine Rotationsbewegung aus.
- Doppelsexzentrische Lagerung der Klappenscheibe – die Welle ist sowohl außerhalb der Rohrachse des Gehäuses als auch außerhalb des Dichtsitzes der Klappenscheiben angeordnet (**Bild 7.4.2-10**). Hierbei führt die Klappenscheibe eine Relativbewegung resultierend aus einer Linear- und einer Rotationsbewegung der Klappenscheibe aus. Dabei hebt sich die auf der Klappenscheibe angebrachte Dichtung beim Verlassen des Dichtsitzes nach einem kurzen Drehweg komplett vom Dichtsitz im

Gehäuse ab und erleichtert das Öffnen und Schließen. Die doppel-exzentrische Absperrklappe kann von beiden Seiten mit Druck beaufschlagt werden.

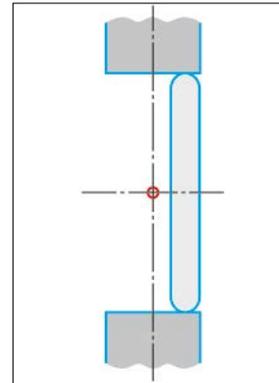
### 7.4.2.3 Gehäusebauarten

Beim Bau von Wasserleitungen werden hauptsächlich Klappen mit Flanschen und Baulängen nach EN 558 [7.4-08] Reihe R14 eingebaut

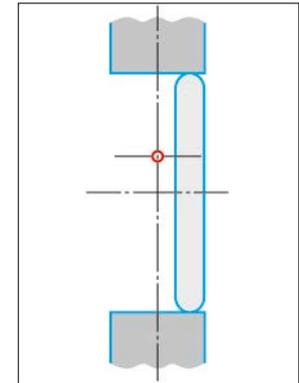
(**Bild 7.4.2-11**). Alternativ können auch Klappen mit Steckmuffen geliefert werden (**Bild 7.4.2-12**). In Rohrleitungen ab DN 500 kommen auch Absperrklappen in der Baulänge R15 mit integrierter Umführung zum Einsatz. Bei Rohrleitungen in Wasserwerken finden vor allem bei kleineren Nennweiten auch kurze Einklemmklappen (Sandwichklappen) in der Baulänge R20 Verwendung (**Bild 7.4.2-13**).



**Bild 7.4.2-08:**  
Zentrische Ausführung



**Bild 7.4.2-09:**  
Einfach exzentrische Ausführung



**Bild 7.4.2-10:**  
Doppelt exzentrische Ausführung



**Bild 7.4.2-11:**  
Flanschklappe mit Getriebe und Handrad



**Bild 7.4.2-13:**  
Einklemmklappe mit Getriebe und Handrad



**Bild 7.4.2-15:**  
Absperklappe Lug-Type mit Handhebel



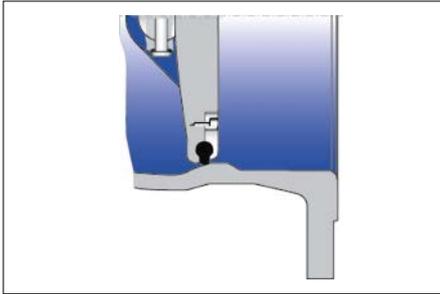
**Bild 7.4.2-12:**  
Absperklappe mit Steckmuffen



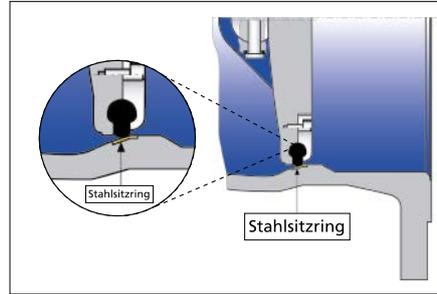
**Bild 7.4.2-14:**  
Zentrische Absperklappe Wafer-Type  
mit Handhebel



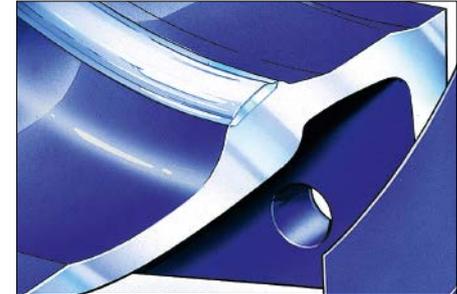
**Bild 7.4.2-16:**  
Ausführung U-Type mit Getriebe und  
Handrad



**Bild 7.4.2-17:**  
Sitz des Dichtungsring direkt auf dem Gussgehäuse



**Bild 7.4.2-18:**  
Sitz des Dichtungsring auf dem Stahlsitzring



**Bild 7.4.2-19:**  
Sitz des Dichtungsringes auf einem durch Auftragsschweißung hergestellten Sitzbereich

Bei den Einklemmkappen wird zwischen folgenden Bauarten unterschieden:

- Wafer-Type: Bauart zum Einklemmen (**Bild 7.4.2-14**),
- Lug-Type: Bauart mit Gewindeflöchern (**Bilder 7.4.2-15**),
- U-Type: Bauart zum Einklemmen in U-Form (**Bild 7.4.2-16**).

#### 7.4.2.4 Dichtprinzipien

Je nach Bauart werden verschiedene Dichtprinzipien und Gehäusebauarten angewendet:

- Bei zentrisch gelagerter Klappenscheibe wird das Gehäuse mit einer Gummimanschette ausgeführt. Dieses Dichtprinzip ermöglicht auch die Verwendung eines Gehäuses in der Form der Einklemmklappe.

- Exzentrisch gelagerte Klappenscheiben werden in der Regel weichdichtend ausgeführt. Die Hauptdichtung in Form eines Profildichtungsringes wird an die Klappenscheibe geklemmt und befestigt. Das dazu gehörige Gehäuse weist zwei unterschiedliche Ausführungen des Dichtsitzes auf. In der einen Version dichtet der Profildichtungsring auf einen direkt im Gehäuse angearbeiteten und korrosionsge-

schützten Dichtsitz (**Bild 7.4.2-17**). In der anderen Version enthält das Gehäuse im Sitzbereich einen Ring aus nicht-rostendem Stahl (**Bild 7.4.2-18**) oder einen durch Auftragsschweißung hergestellten Sitzbereich (**Bild 7.4.2-19**). Dieses Dichtprinzip bedarf zum einen einer zumindest exzentrischen Lagerung der Klappenscheibe und zum anderen eines Gehäuses in verschiedenen Baulängen.

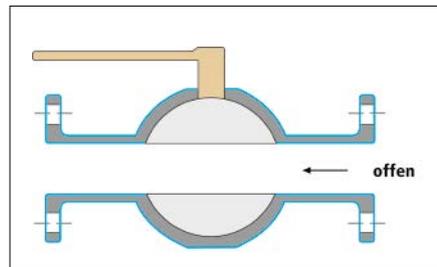
#### Praxistipp:

Bei Absperrklappen für Flansch-Verbindungen ist zu beachten, dass die Klappenscheibe in Offenstellung über das Gehäuseende hinausragt. Vor allem bei Einklemmklappen ist eine Kollisionsgefahr mit den anschließenden Bauteilen zu prüfen.

### 7.4.3 Kugelhähne

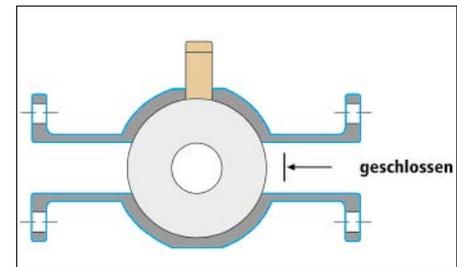
Kugelhähne weisen robuste Gehäuseformen aus. Als Absperelement werden i. d. R. Kugelkükken eingesetzt. Hierbei handelt es sich prinzipiell um Kugeln, die in Offenstellung eine Durchgangsbohrung aufweisen. Die **Bilder 7.4.3-01** und **7.4.3-02** zeigen Prinzipskizzen der Funktionen eines Kugelhahns.

Für den Einsatz im Wasserbereich werden zumeist weichdichtende Kugelhähne eingesetzt. Es werden grundsätzlich zwei unterschiedliche Konstruktionsprinzipien angeboten:



**Bild 7.4.3-01:**  
Stellung des Kugelhahns:  
vollständig „offen“

- Zum einen werden Kugelhähne mit direkt im Gehäuse gelagerten und geführten Kugelkükken gebaut. Die Antriebswelle dient nicht der Lagerung sondern nur der Betätigung. Bei dieser Bauart sind die zur Abdichtung erforderlichen Dichtungen im Gehäuse untergebracht. Das Kugelkükken verpresst die Dichtung permanent im Gehäuse (**Bild 7.4.3-03**).
- Im anderen Konstruktionsprinzip wird das Kugelkükken doppelt exzentrisch im Gehäuse durch die beidseitige Verwendung von Wellen gelagert. Analog zu den Absperrklappen schwenkt hier das Kugelkükken in den Sitz.



**Bild 7.4.3-02:**  
Stellung des Kugelhahns:  
vollständig „geschlossen“

Das Dichtelement ist bei diesem System auf dem Kugelküken angebracht. Es hat nur auf den etwa letzten 10° der Drehbewegung Berührung mit dem Gehäuse bzw. dem Gehäusesitz. In allen anderen Stellungen des Kugelküken liegt ein Spalt zwischen Gehäuse und Kugelküken vor.

Die Konstruktion mit doppelt exzentrisch gelagertem Kugelküken (**Bild 7.4.3-04**) erweist sich in der Praxis im Bereich der Wasserversorgung aber auch in Druckrohrleitungen zur Förderung von Abwasser (**Bild 7.4.3-05**) als sehr gut geeignet und ist wartungsarm.

Kugelhähne finden im Bereich der wasserführenden Rohrleitungen bisher vor allem bei höheren Druckstufen bis 100 bar und höheren Durchfluggeschwindigkeiten bis zu 15 m/s ihren Einsatz. Die ungestörte Strömung am Ausgang des Kugelhahnes prädestiniert ihn auch für den Einbau im Einlauf vor Turbinen und Pumpen. In der doppelt exzentrischen Bauweise kann der Kugelhahn wegen des Verlaufs des Druckverlustbeiwertes  $\xi$  bedingt zu Regelzwecken eingesetzt werden.



**Bild 7.4.3-03:**  
Schnittbild eines Kugelhahns –  
Gehäuse mit Kugelküken



**Bild 7.4.3-04:**  
Kugelhahn mit Schubkurbelgetriebe und  
Handrad



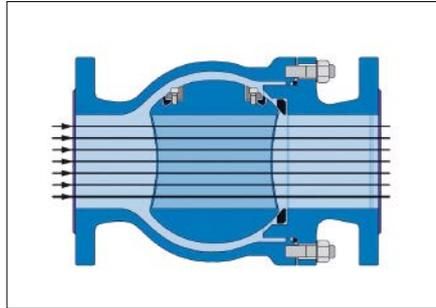
**Bild 7.4.3-05:**  
Kugelhahn DN 1000 für eine Abwasserdruck-  
leitung

#### 7.4.3.1 Doppelsexzentrischer Kugelhahn

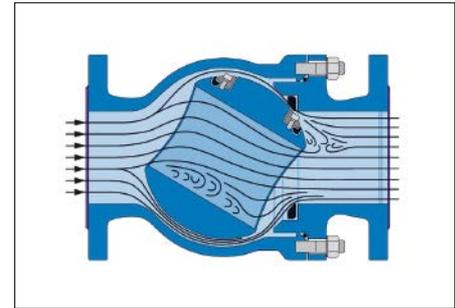
Die Grundbauform der in der Wasserversorgung eingesetzten Kugelhähne basiert auf den positiven Erfahrungen der doppelzentrischen Absperrklappen. Schon bei 3° Schwenkbewegung hebt sich das Kugelküken beim Öffnen frei vom Sitz ab. Die Standzeit der Profildichtung wird dadurch wesentlich erhöht.

Vorteile und Konstruktionsmerkmale eines doppelzentrischen Kugelhahns:

- Der Profiling befindet sich in der Offenstellung (**Bilder 7.4.3-06 und 7.4.3-07**) außerhalb der Strömung. Die belagsunempfindliche Dichtpartie ist in beiden Durchflussrichtungen dichtend.
- Das Kugelkücken weist im Außendurchmesser einen freien Abstand zum Gehäuse auf, wodurch sich in Zwischenstellung (**Bild 7.4.3-08**) ein sehr ruhiges Strömungsverhalten ergibt. Hierdurch werden Schwingungen und Vibrationen bei hoher Strömungsgeschwindigkeit und hohem Druck vermieden.
- Das druckausgeglichene und umströmte Kugelkücken (**Bild 7.4.3-08**) kann somit für eine Durchflussgeschwindigkeit bis 15 m/s ohne Probleme eingesetzt werden.



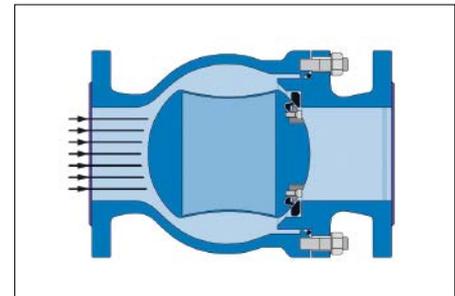
**Bild 7.4.3-06:**  
Kugelhahn voll geöffnet



**Bild 7.4.3-08:**  
Kugelhahn halb geöffnet



**Bild 7.4.3-07:**  
Schnittbild eines Kugelhahns –  
Stellung voll geöffnet



**Bild 7.4.3-09:**  
Kugelhahn geschlossen

Mit diesen Konstruktionsmerkmalen eignet sich der Kugelhahn zwar nicht für Drossel- und Regelbetrieb, ist aber die ideale Absperrarmatur für höhere Druckstufen und Durchflussgeschwindigkeiten (**Bild 7.4.3-09**).

Durch den völlig freien, ungestörten Durchgang durch die Armatur (**Bild 7.4.3-04**) treten nur sehr geringe Druckverluste auf. Aus diesem Grunde wird diese Armatur nicht nur zum Spülen und Entleeren von Hauptleitungen verwendet, sondern wird auch sehr oft vor Turbinen oder als Anfahrarmatur nach Pumpen eingesetzt (**Bild 7.4.3-05**).

Kugelhähne werden entweder mechanisch, elektrisch, pneumatisch oder hydraulisch betätigt.

#### 7.4.4 Literatur Kapitel 7.4

- [7.4-01] RAL – GZ 662  
Güte- und Prüfbestimmungen –  
Schwerer Korrosionsschutz von  
Armaturen und Formstücken  
durch Pulverbeschichtung –  
Gütesicherung  
[Quality and test provisions –  
Heavy duty corrosion protection  
of valves and fittings by powder  
coating –  
Quality assurance]  
2008
- [7.4-02] DIN 51178  
Emails und Emailierungen –  
Innen- und außenemailierte  
Armaturen und Druckrohr-  
formstücke für die Roh- und  
Trinkwasserversorgung –  
Qualitätsanforderungen und  
Prüfung  
[Vitreous and porcelain enamels –  
Inside and outside enamelled  
valves and pressure pipe fittings  
for untreated and potable water  
supply –  
Quality requirements and testing]  
2009-10
- [7.4-03] DEV-Richtlinie  
Qualitätsanforderungen und  
Prüfvorschriften für emailierte  
Gussarmaturen und Druckrohr-  
formstücke für die Roh- und  
Trinkwasserversorgung  
[Quality requirements and test  
regulations for enamelled cast  
iron valves and pressure pipe  
fittings for untreated and potable  
water supply]  
2006-09-27
- [7.4-04] EN 1074-2  
Valves for water supply –  
Fitness for purpose requirements  
and appropriate verification tests –  
Part 2: Isolating valves  
[Armaturen für die Wasser-  
versorgung –  
Anforderungen an die Gebrauchs-  
tauglichkeit und deren Prüfung –  
Teil 2: Absperrarmaturen]  
2000 + A1:2004

- [7.4-05] EN 1171  
Industrial valves –  
Cast iron gate valves  
[Industriearmaturen –  
Schieber aus Gusseisen]  
2002
- [7.4-06] GW 336-1  
Erdeinbaugarnituren –  
Teil 1: Standardisierung der  
Schnittstellen zwischen erd-  
verlegten Armaturen und  
Einbaugarnituren  
[Stem extensions for underground  
installation –  
Part 1: Standardisation of inter-  
faces between buried valves and  
spindle extensions]  
2010-09
- [7.4-07] W 363  
Absperreamaturen, Rückfluss-  
verhinderer, Be-/Entlüftungs-  
ventile und Regelarmaturen aus  
metallenen Werkstoffen für Trink-  
wasserversorgungsanlagen –  
Anforderungen und Prüfungen  
[Isolation valves, check valves, air  
valves and control valves made  
from metal for drinking water  
distribution systems –  
requirements and testing]  
2010-06
- [7.4-08] EN 558  
Industrial valves –  
Face-to-face and centre-to-face  
dimensions of metal valves for use  
PN and Class designated valves  
[Industriearmaturen –  
Baulängen von Armaturen aus  
Metall zum Einbau in Rohr-  
leitungen mit Flanschen –  
Nach PN und Class bezeichnete  
Armaturen]  
2008 + A1:2011
- [7.4-09] EN 736-1  
Valves – Terminology –  
Part 1: Definition of types of valves  
[Armaturen – Terminologie –  
Teil 1: Definition der Grund-  
bauarten]  
1995
- [7.4-10] EN 1503-3  
Valves – Materials for bodies,  
bonnets and covers –  
Part 3: Cast irons specified in  
European standards  
[Armaturen – Werkstoffe für  
Gehäuse, Oberteile und Deckel –  
Teil 3: Gusseisen, das in Euro-  
päischen Normen festgelegt ist]  
2000 + AC:2001
- [7.4-11] EN 12516-2  
Industrial valves –  
Shell design strength –  
Part 2: Calculation method for  
steel valve shells  
[Industriearmaturen –  
Gehäusefestigkeit –  
Teil 2: Berechnungs-  
verfahren für drucktragende  
Gehäuse von Armaturen aus Stahl]  
2004

[7.4-12] EN 12516-4  
Industrial valves –  
Shell design strength –  
Part 4: Calculation method for  
valve shells manufactured in  
metallic materials other than  
steel  
[Industriearmaturen –  
Gehäusefestigkeit –  
Teil 4: Berechnungsverfahren  
für drucktragende Gehäuse  
von Armaturen aus anderen  
metallischen Werkstoffen  
als Stahl]  
2008

## 7.5 Anbohrarmaturen

- 7.5.1 Abdichtung zur Versorgungsleitung
- 7.5.2 Anbohrarmaturen ohne Betriebsabspernung
- 7.5.3 Anbohrarmaturen mit Betriebsabspernung
- 7.5.4 Anbohrvorgang bei Anbohrarmaturen
- 7.5.5 Literatur Kapitel 7.5

## 7.5 Anbohrarmaturen

Anbohrarmaturen haben in der öffentlichen Wasserversorgung ein großes Anwendungsgebiet. Sie werden als Anschluss und Abzweig von Rohrleitungen ab DN 80 verwendet. Zu beachten ist die DIN 3543-2 [7.5-01] sowie die DVGW-Arbeitsblätter GW 336-1 [7.5-02], GW 336-2 [7.5-03], W 332 [7.5-04], W 333 [7.5-05], W 336 [7.5-06] und W 365 [7.5-07].

Am häufigsten werden Anbohrarmaturen zum Anschluss von Hausanschlussleitungen oder Stichleitungen eingesetzt. Der große Vorteil von Anbohrarmaturen ist die Möglichkeit, nachträglich eine Verbindung mit dem Versorgungssystem herzustellen, ohne dass dieses außer Betrieb genommen werden muss.

Weitere Anwendungsbereiche:

- Herstellung von Entlüftungen,
- Herstellung von Entleerungen,
- Herstellung von Mess- und Impfstellen.

Im Wasserversorgungsbereich werden Anbohrarmaturen meist mit Hilfe von Schellen oder Bändern befestigt.

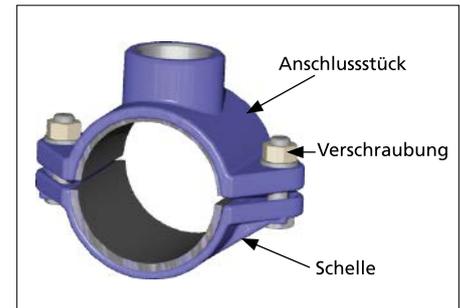
### 7.5.1 Abdichtung zur Versorgungsleitung

Bei Anbohrarmaturen, die auf der Leitung nicht verschweißt werden, ist eine Dichtung erforderlich. Folgende Dichtungen können eingesetzt werden:

- Profildichtungen (diese umschließen direkt den Bereich der Anbohröffnung),
- Flachdichtungsmatten (diese werden großflächig zwischen Anbohrarmatur und Leitung gepresst).

### 7.5.2 Anbohrarmaturen ohne Betriebsabsperung

Anbohrarmaturen ohne Betriebsabsperung (**Bilder 7.5.2-01 und 7.5.2-02**) eignen sich nur dann, wenn auf eine direkte an der Armatur vorhandene Abspermmöglichkeit verzichtet werden kann.



**Bild 7.5.2-01:**  
Anbohrarmatur ohne Betriebsabsperung mit Schelle



**Bild 7.5.2-02:**  
Anbohrarmatur ohne Betriebsabsperung mit Stahlband

Grundsätzlich bestehen Anbohrarmaturen ohne Betriebsabspernung meist aus folgenden zwei Komponenten:

- Anschlussstück ohne Betriebsabspernung,
- Schelle (diese dient zur Befestigung des Anschlussstückes an der Versorgungsleitung).

Das Anschlussstück enthält z.B. ein Gewinde, mit dem die Verbindung zur weiteren Versorgungsleitung hergestellt werden kann.

### 7.5.3 Anbohrarmaturen mit Betriebsabspernung

Die Betriebsabspernung hat die Aufgabe den Wasserstrom in der abzweigenden Leitung unterbrechen zu können und wird bei erdüberdeckten Rohrsystemen üblicherweise über eine Einbaugarnitur mit Bedienungsschlüssel betätigt.

Anbohrarmaturen mit Betriebsabspernung können mit einer Hilfsabspernung versehen sein. Hilfsabspernungen werden während des Anbohrens der Leitung genutzt.

Hilfsabspernungen haben die Aufgabe den Austritt des Mediums während der Montage bzw. Demontage des Anbohrgerätes zu verhindern. Es gibt verschiedene Ausführungen von Hilfsabspernungen:

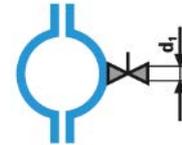
- Als zusätzliche Abspernung zur Betriebsabspernung in die Anbohrarmatur integriert,
- Hilfs- und Betriebsabspernung als ein Bauteil,
- als separates und wieder verwendbares Werkzeug (wird bei der Montage der Anbohrarmatur montiert).

Die unterschiedlichen Formen der Betriebsabspernungen (**Bild 7.5.3-01**) sind in der DIN 3543-2 [7.5-01] geregelt.

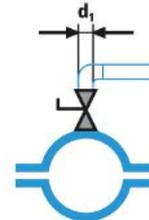
**Bild 7.5.3-01:**

Unterschiedliche Formen der Betriebsabspernungen nach DIN 3543-2 [7.4-01] –  $d_1$  gleich Durchmesser des Anschlusses

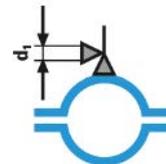
Innengewinde – Abgang in Anbohrerichtung (für seitliche Anbohrung)



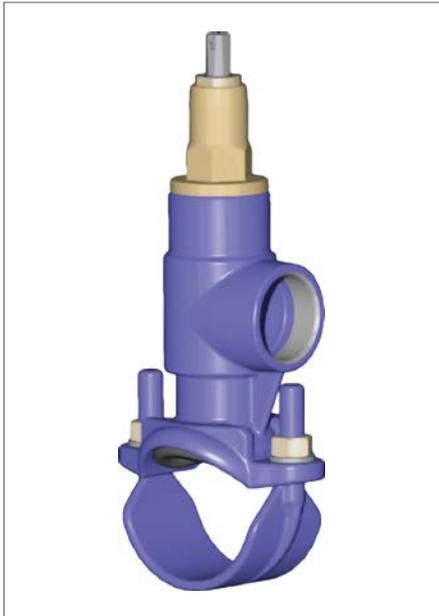
Innengewinde – Abgang in Anbohrerichtung (für obere Anbohrung)



Innengewinde – Abgang senkrecht zur Anbohrerichtung (für obere Anbohrung)



Weiterhin gibt es je nach Anwendungsbereich und Rohraußendurchmesser eine Vielzahl von Anbohrarmaturen (Bilder 7.5.3-02 und 7.5.3-03).



**Bild 7.5.3-02:**  
Anbohrarmatur für Gussleitungen  
mit Gussbügel



**Bild 7.5.3-03:**  
Anbohrarmatur für Gussleitungen  
mit Stahlband

Weitere Anbohrarmaturen mit verschiedenen Hausanschlüssen zeigen die **Bilder 7.5.3-04, 7.5.3-05, 7.5.3-06, 7.5.3-07 und 7.5.3-08.**



**Bild 7.5.3-05:**  
Anbohrschelle mit Stahlband –  
Hausanschluss über Außengewinde



**Bild 7.5.3-07:**  
Anbohrschelle – Hausanschluss über Steck-  
Verbindung und integrierter Hilfsabsper-  
rung



**Bild 7.5.3-04:**  
Anbohrschelle mit Stahlband –  
Hausanschluss mit Innengewinde



**Bild 7.5.3-06:**  
Anbohrschelle mit integrierter Absper-  
rung – Hausanschluss über Steck-Verbindung



**Bild 7.5.3-08:**  
Anbohrarmatur mit Stahlband  
und seitlichem Abgang

### 7.5.4 Anbohrvorgang bei Anbohrarmaturen

Es gibt verschiedene Methoden für das Anbohren der Hauptrohrleitung:

- Anbohrung durch integrierten Fräser bzw. Stanzer,
- Anbohrung mittels separatem Anbohrgerät.

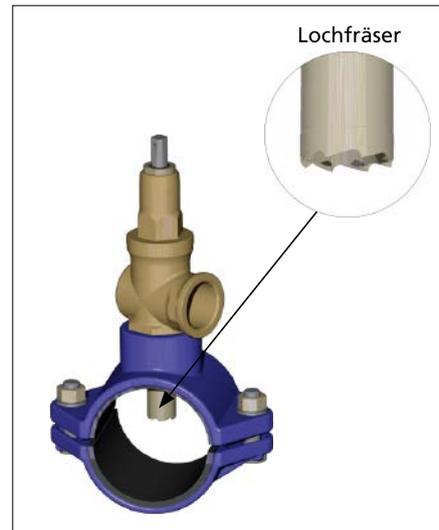
Die Geometrie und der Werkstoff von Bohrern, Fräsern und Stanzern sind abhängig vom Werkstoff der anzubohrenden Versorgungsleitung. Bei den Leitungswerkstoffen duktiler Guss und Grauguss kommen Spiralbohrer sowie Lochfräser zum Einsatz. Bei den eingesetzten Lochfräsern muss sichergestellt sein, dass die ausgebohrte Rohrwandscheibe nach der Anbohrung im Fräser verbleibt.

#### 7.5.4.1 Anbohrung durch integrierten Fräser bzw. Stanzer

Bei dieser Ausführung der Anbohrarmatur ist der Fräser bzw. Stanzer direkt in der Anbohrarmatur integriert und verbleibt nach dem Anbohrvorgang in ihr (**Bild 7.5.4-01**).

#### 7.5.4.2 Anbohrung mittels separatem Anbohrgerät

Das Anbohrgerät wird für das Anbohren an der Anbohrarmatur mittels Gewinde- oder Flanschverbindung befestigt. Zu bevorzugen sind Universalanbohr-



**Bild 7.5.4-01:**  
Anbohrarmatur mit integriertem Lochfräser

geräte, die durch Adapter auf unterschiedliche handelsübliche Anbohrarmaturen montiert werden können. Die Anbohrung kann dabei manuell oder motorisch (z.B. mittels Druckluft- oder Elektroantrieb) erfolgen (**Bild 7.5.4-02**).



**Bild 7.5.4-02:**  
Beispiel eines Anbohrgerätes – Antrieb manuell oder motorisch

### 7.5.5 Literatur Kapitel 7.5

- [7.5-01] DIN 3543-2  
Anbohrarmaturen aus  
metallischen Werkstoffen  
mit Betriebsabspernung;  
Maße  
[Metallic tapping stop valves –  
Dimensions]  
1984-05
- [7.5-02] DVGW-Arbeitsblatt GW 336-1  
Erdeinbaugarnituren –  
Teil 1: Standardisierung der  
Schnittstellen zwischen erd-  
verlegten Armaturen und  
Einbaugarnituren  
[Stem extensions –  
Part 1: Standardisation of inter-  
faces between underground  
valves and stem extensions]  
2010-09
- [7.5-03] DVGW-Arbeitsblatt GW 336-2  
Erdeinbaugarnituren –  
Teil 2: Anforderungen und  
Prüfungen  
[Stem extensions –  
Part 2: Requirements and  
test methods]  
2010-09
- [7.5-04] DVGW-Arbeitsblatt W 332  
Auswahl, Einbau und Betrieb von  
metallischen Absperrarmaturen  
in Wasserverteilungsanlagen  
[Selection, installation and  
operation of metallic isolation  
valves in water distribution  
installations]  
2006-11
- [7.5-05] DVGW-Arbeitsblatt W 333  
Anbohrarmaturen und Anbohr-  
vorgang in der Wasserversorgung  
[Tapping valves and tapping  
process in water supply]  
2009-06
- [7.5-06] DVGW-Arbeitsblatt W 336  
Wasseranbohrarmaturen;  
Anforderungen und Prüfungen  
[Tapping valves for water –  
Requirements and testing]  
2004-06
- [7.5-07] DVGW-Arbeitsblatt W 365  
Übergabestellen  
[Transfer points]  
2009-12



## 7.6 Regelarmaturen

- 7.6.1 Allgemeines
- 7.6.2 Einsatzbereiche
- 7.6.3 Bauarten
- 7.6.4 Betriebsgrenzen
- 7.6.5 Literatur Kapitel 7.6

## 7.6 Regelarmaturen

### 7.6.1 Allgemeines

Regelarmaturen sind besondere Ventile, eigens für Regelaufgaben in der Wasserversorgung konstruiert. Daher spricht man auch von Regelventilen. Im Gegensatz zu Absperrschiebern und Absperrklappen, die überwiegend reine Absperrfunktionen in Rohrleitungsnetzen übernehmen, erfüllen Regelventile die speziellen Anforderungen des Regelbetriebes. Regelventile finden ihren Einsatz überwiegend dort, wo Volumenströme genau dosiert oder Wasserdrücke exakt geregelt bzw. abgebaut werden müssen. Hierfür können Regelventile in jeder Stellung zwischen vollkommen offen bis geschlossen betrieben werden.

### 7.6.2 Einsatzbereiche

Regelventile sind sowohl für gereinigtes Rohwasser, Trinkwasser, als auch für Kühlwasser mit Temperaturen von üblicherweise bis zu 50 °C geeignet.

Haupteinsatzgebiete von Regelventilen sind:

- Wasserförderung in Talsperren und Staudämmen,
- Bypassleitungen von Wasserkraftanlagen,
- Fernleitungen,
- Wasseraufbereitung in Wasserwerken,
- Wasserversorgung in Pumpstationen,
- Zulaufregelung von Hochbehältern,
- Trinkwassernetze,
- Kühlwasserkreisläufe von Industrie- und Kraftwerksbetrieben.

Ein weiterer Einsatzfall ist die Zuluftregelung von Belebungsbecken in Kläranlagen. Dort kommen Regelventile auch für das Medium Luft zum Einsatz, weil ihr Regelverhalten eine bessere Dosierung ermöglicht als das von Plattenschiebern oder Einklemmkappen (**Kapitel 7.6.3.5**).

### 7.6.3 Bauarten

Regelventile sind grundsätzlich in zwei unterschiedliche Gruppen aufzuteilen. Dies sind die fremdenergiebetätigten Armaturen und die eigenmediumbetätigten Armaturen.

#### Fremdenergiebetätigte Armaturen

Fremdenergiebetätigte Armaturen werden durch Antriebe wie Handrad, Elektroantrieb, Pneumatik- oder Hydraulikantrieb in die gewünschte Regelposition bewegt. In kleineren Abmessungen ist die übliche Bauform ein senkrecht zur Rohrleitungsachse angeordneter Dichtsitz (**Bild 7.6.1**). Bei solch einer Ausführung spricht man dann von Kolbenventilen.



**Bild 7.6.1:**  
Kolbenventil

Als besondere Bauform gibt es das Ringkolbenventil, bei dem sich der Abschlusszylinder in Rohrleitungsachse zum Dichtsitz hin bewegt (**Bild 7.6.2**). Ringkolbenventile werden z. B. für die Regelung sehr großer Wassermengen im Grundablass von Stauseen eingesetzt (**Bild 7.6.3**).

### Eigenmediumbetätigte Armaturen

Eigenmediumbetätigte Armaturen sind Armaturen, bei denen die Kraft für die Bewegung aus dem Druck in der Rohrleitung erzeugt wird. Bei diesen Armaturen gibt es sowohl pilotgesteuerte Regelventile (**Bild 7.6.4**) als auch direkt gesteuerte Ventile (**Bild 7.6.5**).

#### 7.6.3.1 Kolbenventile

Bei Regelventilen in Kolbenform wird die Strömung innerhalb des Ventils umgelenkt. Der Abschlusskolben bewegt sich quer zur Rohrleitung. Diese Art der Konstruktion kommt vorwiegend in Größen bis DN 150 zum Einsatz. Das Ventil besteht aus einem Gehäuse, einem Anbauflansch, einer Aufsatzsäule, einer Schutzkappe und den Innenteilen mit Ventilkolben, Regelzylinder und Spindel.



**Bild 7.6.2:**  
Ringkolbenventil



**Bild 7.6.3:**  
Ringkolbenventil DN 800, PN 10,  
mit Belüftung als Grundablassarmatur  
an einer Staumauer



**Bild 7.6.4:**  
Pilotgesteuertes Regelventil



**Bild 7.6.5:**  
Direktgesteuertes Regelventil

Durch den druckentlasteten Ventilkolben ist die zur Betätigung des Ventils nötige Kraft weitgehend unabhängig von den Betriebsbedingungen. Druck- und Durchflussmenge werden durch die Stellung der Innenteile bzw. des Regelzylinders beeinflusst. Die Abdichtung am Ventilsitz erfolgt durch O-Ringe beziehungsweise auszugssichere Profildichtringe.



**Bild 7.6.6:**  
Kolbenventil mit Elektroantrieb



**Bild 7.6.7:**  
Kolbenventil mit Handrad



**Bild 7.6.8:**  
Kolbenventil mit Schwimmer

Kolbenventile werden hauptsächlich mit Elektroantrieben (**Bild 7.6.6**) bewegt. Es kommen aber auch Handräder (**Bild 7.6.7**) und bei Behältereinläufen auch Gestänge mit Schwimmer (**Bild 7.6.8**) zum Einsatz.

### 7.6.3.2 Ringkolbenventile

Das Ringkolbenventil (**Bild 7.6.9**) ist eine Regelarmatur in Durchgangsform, in jeder Stellung mit einem ringförmigen Durchflussquerschnitt.



**Bild 7.6.9:**  
Ringkolbenventil

Im Inneren des Gehäuses wird die Abschlussbuchse (auch Kolben genannt) durch einen Kurbeltrieb in Strömungsrichtung axial zum Dichtsitz der Armatur hin bewegt.

Ringkolbenventile sind Regelorgane, welche mittels kontinuierlicher Einschnürung zum Sitz unterschiedliche Druckverluste in Leitungssystemen erzeugen, um die Durchflussmenge in Abhängigkeit vom Stellweg zu verändern. Je nach Anwendungsfall muss die Armatur in der Nennweite ausreichend bemessen sein, damit bei geringster Druckdifferenz die größte geforderte Durchflussmenge erreicht wird bzw. maximale Druckdifferenzen dauerhaft schadensfrei abgebaut werden können. Außerdem dürfen über den gesamten Stellweg keinerlei Schäden durch Schwingungen oder Kavitationserscheinungen im nachfolgenden Leitungssystem oder Bauwerk entstehen.

In den letzten Jahrzehnten wurde das bewährte Ringkolbenventil für Regelaufgaben in der Wasserversorgung weiter entwickelt. Heutige Ringkolbenventile sind in den Nennweiten DN 150 bis

DN 2000 im Druckstufenbereich PN 10 bis PN 63 nahezu durchgängig verfügbar. Weltweit sind zahlreiche Ringkolbenventile im Einsatz, sogar einzelne Ventile in der Druckstufe PN 160 (**Bild 7.6.10**). Die kompakte Gehäuseausführung wird durchgängig aus hochwertigem duktilem Gusseisen hergestellt.

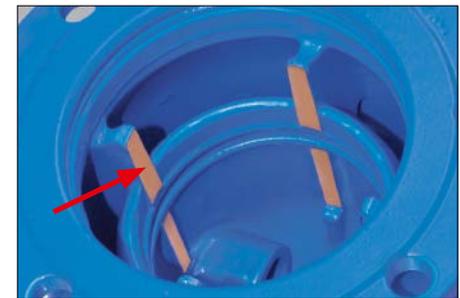
In besonderen Anwendungen wurden bereits auch Ringkolbenventile in Sonderwerkstoffen, wie z. B. Edel-



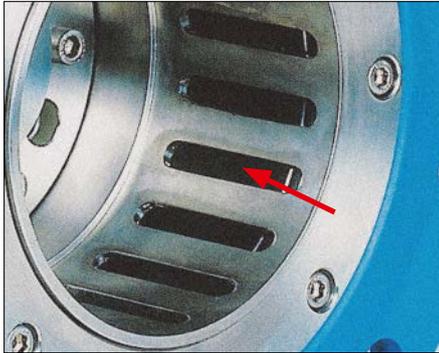
**Bild 7.6.10:**  
Ringkolbenventil PN 160

stahl, gebaut. Innenteile werden meist komplett aus Edelstahl gefertigt. Ein wesentlicher Vorteil des Ringkolbenventils ist die Kolbenführung mittels im Gehäuse aufgepanzerten oder aufgeschraubten nichtrostenden Längsführungen (**Bild 7.6.11**). Dadurch ist eine optimale Führung der Abschlussbuchse und damit das spielfreie Gleiten bei gleichzeitig äußerst geringen Betätigungskräften sichergestellt.

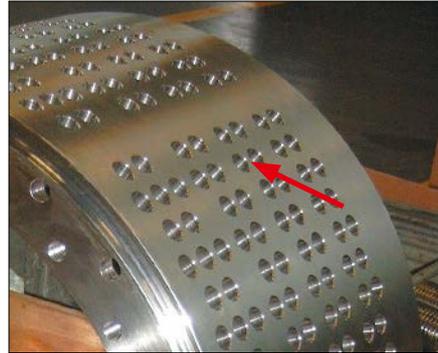
Die Auslauform des Ringkolbenventils ist variabel (**Bilder 7.6.12 bis 7.6.14**) und erlaubt in Form eines Baukastens eine



**Bild 7.6.11:**  
Längsführungen des Ringkolbenventils



**Bild 7.6.12:**  
Schlitzzylinder

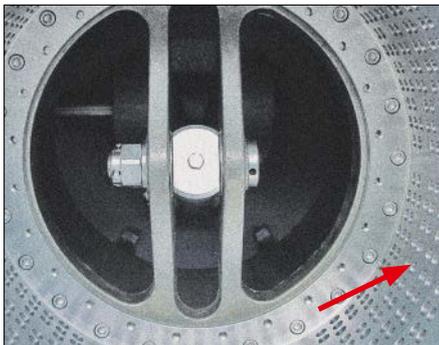


**Bild 7.6.14:**  
Sonderformen

Regelventilen sind die sogenannten Membranventile in ihrer Funktion als Druckminderventile. Diese Ventile haben eine durch die Membran abgetrennte Kammer, welche die Grundlage zur hydraulischen Regelung der Ventilposition darstellt. Aufgrund der Flächenunterschiede am Ventilsitz und der Membran entsteht bei gleichem Druck auf diesen Flächen eine Kraft, die das Ventil schließt. Dieser Zustand ist gegeben, wenn das Pilotventil komplett geschlossen ist (**Bild 7.6.15**).

Bei geöffnetem Pilotventil strömt Wasser durch den Steuerkreis. Hierbei entsteht an einer Blende ein Druckabfall, der Druck in der Membrankammer und damit die schließende Kraft nimmt ab, das Hauptventil öffnet sich (**Bild 7.6.16**).

Im Regelbetrieb öffnet das Pilotventil entsprechend seiner Funktion (z. B.: Druckminderventil oder Überströmventil). Das Hauptventil öffnet und schließt sich durch die Druckunterschiede in der Membrankammer analog. Das Ventil regelt entsprechend der Vorgabe des Pilotventils. Bei Kräftegleichgewicht zwischen Sitz und Membran verharrt das Ventil in der vorliegenden Stellung (**Bild 7.6.17**).

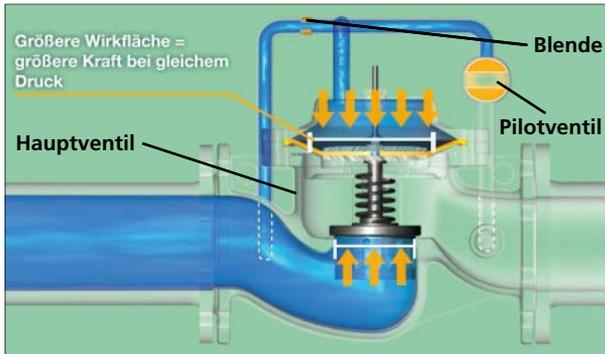


**Bild 7.6.13:**  
Lochzylinder

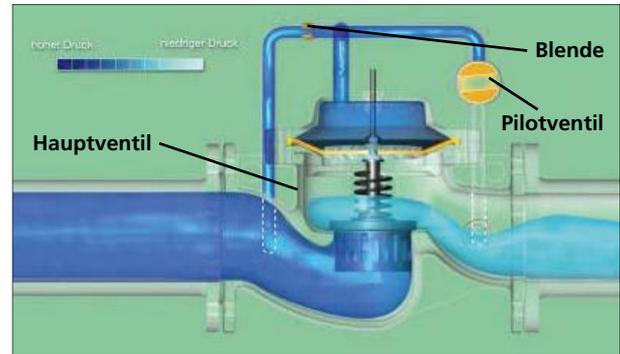
Veränderung der Ventilkennlinie. Dies ist ein ganz wesentlicher Vorteil der Ringkolbenventile, die hiermit auch nach dem Einbau in die Rohrleitung auf veränderte Betriebsbedingungen abgestimmt werden können.

### 7.6.3.3 Pilotgesteuerte Ventile

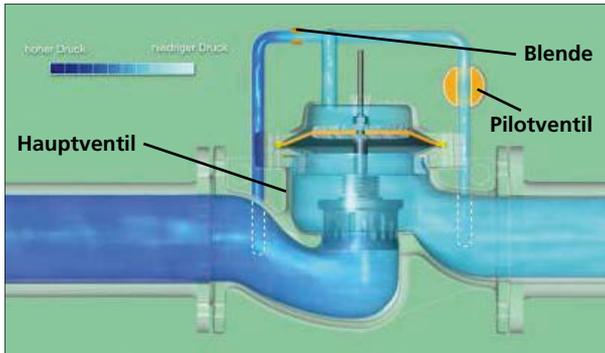
Pilotgesteuerte Regelventile übernehmen die verschiedensten Regelaufgaben, dabei arbeiten sie in fast allen Anwendungsfällen ohne Fremdenergie. Die häufigste Ausführungsform von pilotgesteuerten



**Bild 7.6.15:**  
Hauptventil und Pilotventil geschlossen



**Bild 7.6.17:**  
Hauptventil und Pilotventil im beginnenden Regelbetrieb



**Bild 7.6.16:**  
Hauptventil und Pilotventil vollständig offen



**Bild 7.6.18:**  
Pilotgesteuertes Ringkolbenventil mit Eigenmediumantrieb

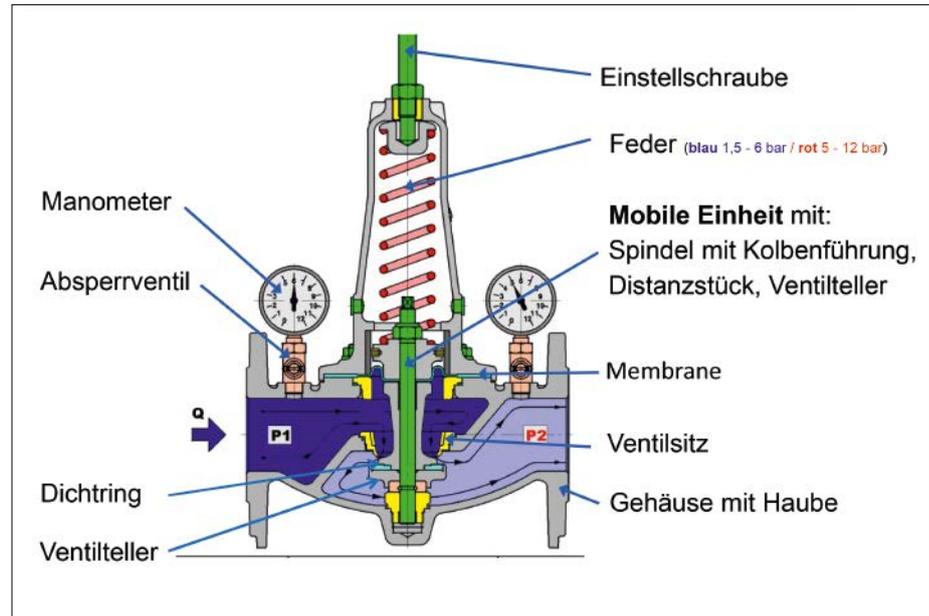
Bei den pilotgesteuerten Regelventilen gibt es auch Einsatzfälle, in denen Ringkolbenventile eingesetzt werden. Dazu sind besondere Antriebe für den Einsatz im Wasser erforderlich (**Bild 7.6.18**).

#### 7.6.3.4 Direktgesteuerte Regelventile

Direktgesteuerte Regelventile (**Bild 7.6.5**) werden vorwiegend zur Druckreduzierung eingesetzt. Sie müssen in der Lage sein, unabhängig vom Durchfluss einen schwankenden Vordruck in einen niedrigeren Versorgungsdruck um-zuwandeln. Direktgesteuerte, federbelastete Druckreduzierventile sind hierzu gut geeignet und bieten eine wirtschaftlich interessante Lösung, wenn keine hohen Anforderungen an die Regelgenauigkeit gestellt werden. Im Unterschied zu pilotgesteuerten Druckmindererventilen fällt bei steigender Durchflussmenge der eingestellte Rückdruck ab. Bei einer Druckdifferenz von mehr als 3 bar zwischen Vor- und Rückdruck ist der Einsatz dieser Ventile wegen möglicher auftretender Kavitation nicht mehr empfehlenswert. Die Ventile sind mit

verstellbarer Druckfeder zur Einstellung des Rückdrucks ( $P_2$ ) ausgerüstet (**Bild 7.6.19**). Die beweglichen Ventileile sind bezüglich des Vordruckes druckausgeglichen, dadurch

hat dieser keinen Einfluss auf die Steuerfunktion des Ventils. Durch entsprechende Vorspannung der Feder kann der Sollwert für den Rückdruck eingestellt bzw. verändert werden.



**Bild 7.6.19:**  
Aufbau des Ventils

Fällt der Rückdruck unter den eingestellten Wert, so öffnet das Ventil. Steigt er wieder an, so schließt es. Besteht zwischen der Kraft am Ventilteller und der Federkraft ein Gleichgewicht, so steht das Ventil in einer Zwischenstellung.

### 7.6.3.5 Sonderanwendungen

Der Einsatz von Ventilen zur Regelung von Druckluft ist eine mögliche Sonderanwendung. Für die Zuluftregelung von Belebungsbecken in Kläranlagen können dann auch besondere Absperrschieber wie Plattenschieber (**Bilder 7.6.20 und 7.6.21**) oder Einklemmkappen zum Einsatz kommen, da die zu beherrschenden Betriebsdrücke sehr gering sind. Bei Betriebsdrücken über 0,5 bar sind die Anforderungen aus der Druckgeräterichtlinie [7.6-01] zu beachten.



**Bild 7.6.20:**  
Plattenschieber  
mit Lochblende



**Bild 7.6.21:**  
Plattenschieber  
mit Regel-  
blende

## 7.6.4 Betriebsgrenzen

Die in den technischen Dokumentationen der Hersteller angegebenen maximalen Betriebstemperaturen sowie Betriebsdrücke dürfen nicht überschritten werden. Die geschlossene Armatur darf nur bis zum maximal zulässigen Druck  $P_{s,max}$  belastet werden. Dieser kann von PN abweichen. Umgangssprachlich wird bei PN vom Nenndruck gesprochen. Per Definition nach EN 1333 [7.6-02] ist PN aber nur eine alphanumerische Kenngröße mit der sichergestellt werden soll, dass Rohrleitungsteile miteinander verbunden werden können.

Die größte zulässige Strömungsgeschwindigkeit orientiert sich an der EN 1074-1 [7.6-03]. Darüber hinaus dürfen Regelventile unabhängig von der Druckstufe mit bis zu 5 m/s Strömungsgeschwindigkeit betrieben werden. Diese gelten als Richtwerte bei vollem Betriebsdruck. Bei höheren Strömungsgeschwindigkeiten kann es zu Turbulenzen in der Armatur und auch zu Kavitation kommen. Ausnahmen sind der Einsatz als Endarmatur in Grundabläßen von Talsperren und Staudämmen.

Für die Auswahl der richtigen Nennweite DN wird in dem DVGW-Merkblatt W 335 [7.6-04] ein wichtiger Satz genannt: „Bei allen Regelarmaturen ist die richtige Dimensionierung nicht von der Rohrleitungs-Nennweite abhängig, sondern von der Durchflussmenge und von den Betriebsdrücken“.

Aus diesem Grund ist es wichtig, die Anlagendaten für die Auswahl der Regelarmatur bereit zu halten, damit die Eignung mit den technischen Daten des Herstellers abgeglichen werden kann.

Eine weitere wichtige Betriebsgrenze für Regelarmaturen ist die Kavitation. Für jeden Einsatzfall sollte eine Kavitationsbetrachtung durchgeführt werden, damit die Regelarmatur dauerhaft ohne Schaden ihre Arbeit verrichten kann (**Kapitel 7.3**).

### 7.6.5 Literatur Kapitel 7.6

- [7.6-01] DIRECTIVE 97/23/EC  
DIRECTIVE 97/23/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 29 May 1997 on the approximation of the laws of the Member States concerning pressure equipment  
„Pressure Equipment Directive (PED)“  
[Richtlinie 97/23/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 29. Mai 1997 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über Druckgeräte – „Druckgeräterichtlinie (DGRL)“] 1997-05-29
- [7.6-02] EN 1333  
Flanges and their joints – Pipework components – Definition and selection of PN  
[Flansche und ihre Verbindungen – Rohrleitungsteile – Definition und Auswahl von PN] 2006
- [7.6-03] EN 1074-1  
Valves for water supply – Fitness for purpose requirements and appropriate verification tests – Part 1: General requirements  
[Armaturen für die Wasserversorgung – Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit und deren Prüfung – Teil 1: Allgemeine Anforderungen] 2000
- [7.6-04] DVGW-Merkblatt W 335  
Druck-, Durchfluss- und Niveauregelung in Wassertransport und -verteilung  
[DVGW technical information sheet W 335  
Pressure, flow and level control in water transport and water distribution] 2000-09

## 7.7 Be- und Entlüftungsventile

- 7.7.1 Allgemeines
- 7.7.2 Entlüften
- 7.7.3 Belüften
- 7.7.4 Auswahl verschiedener Be- und Entlüfter
- 7.7.5 Literatur Kapitel 7.7

## 7.7 Be- und Entlüftungsventile

### 7.7.1 Allgemeines

Nach dem DVGW-Merkblatt W 334 [7.7-01] können Luftansammlungen in Trinkwasserleitungen zu erheblichen dynamischen Druckänderungen infolge der unterschiedlichen Dichte der beiden Medien führen. Daher müssen Rohrleitungen möglichst luftfrei sein und gehalten werden.

Luft kann auf verschiedenen Wegen in die Rohrleitungen gelangen, zum Beispiel:

- gelöst im Wasser,
- vorhanden in der leeren oder geleerten Rohrleitung,
- eingesaugt an Hochpunkten,
- eingesaugt am Pumpensumpf,
- eingetragen über Windkessel.

Zur Absicherung der Rohrleitung gegen unzulässige Druckschwankungen für einen störungsfreien Betrieb ist je nach Betriebszustand eine Entlüftung oder Belüftung der Leitungsanlage erforderlich. Die in Leitungen eingeschlossenen Gasblasen (Luft, Kohlensäure usw.) verringern den freien Strömungsquerschnitt,

erhöhen den Druckverlust in der Leitung und erzeugen unter Umständen unerwünschte Druckstöße.

Be- und Entlüftungsventile sind im Allgemeinen in Schächten oder Gebäuden eingebaut. Sie können auch auf oberirdisch verlaufenden Rohrleitungen angeordnet werden. Es gibt jedoch auch Ausführungen, die für den erdüberdeckten Einbau geeignet sind, so genannte Be- und Entlüftungsgarnituren.

### 7.7.2 Entlüften

Das Entlüften ist im normalen Netzbetrieb nicht erforderlich, da durch Abzweigungen, Hydranten und vor allem Hausanschlüsse eine selbsttätige Entlüftung eintritt. Auch bei Fernleitungen ist dann keine Zwangsentlüftung erforderlich, wenn die Strömungsgeschwindigkeit ausreicht, auch bei abfallendem Leitungsverlauf, die Luftblasen mitzureißen. In Fällen, wo sich störende Luftansammlungen bilden können, sind selbsttätig wirkende Entlüfter vorzusehen. Luft in Wasserleitungen ist hauptsächlich dort zu erwarten, wo

bestimmte Voraussetzungen, wie Druckabsenkungen und Temperaturerhöhungen gegeben sind. So sammeln sich Luftblasen an **(Bild 7.7.1)**

- geodätischen Hochpunkten (L 1, L 3, L 6, L 7) und
- hydraulischen Hochpunkten (L 2, L 4).

Hydraulische Hochpunkte treten ggf. in bestimmten Betriebsituationen auf und sind vorübergehender Natur.

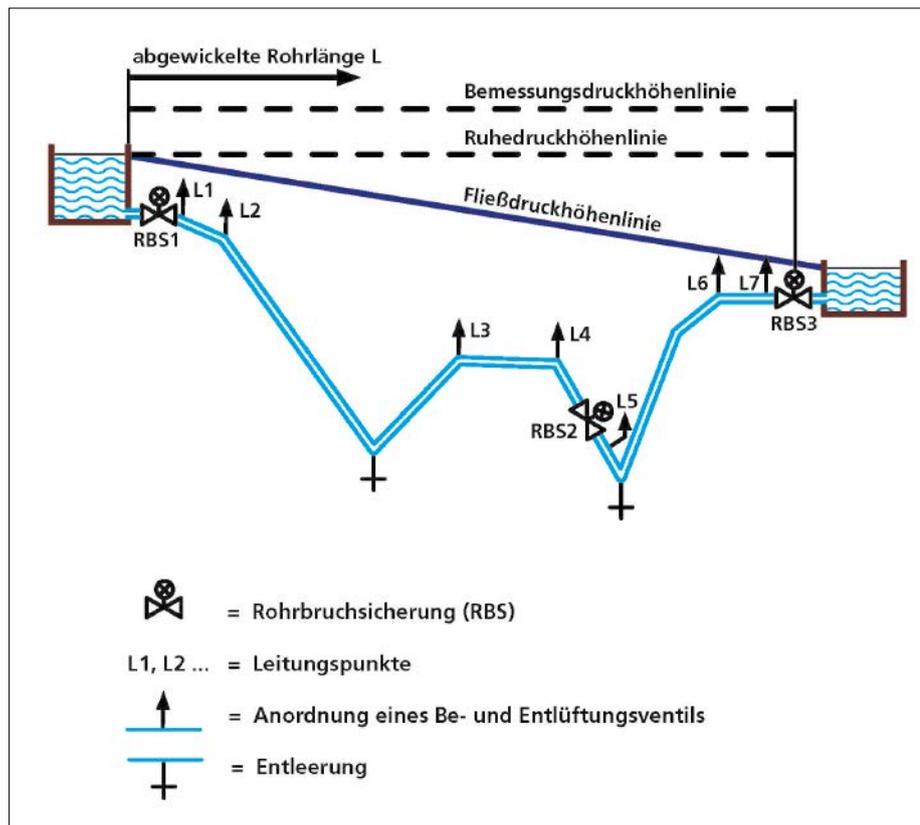
### 7.7.3 Belüften

Belüften über selbsttätige Belüftungsventile ist in folgenden Fällen erforderlich:

- Entleerung von Leitungsabschnitten,
- bei Unterdruckbildung zum Schutz der Leitung (zum Beispiel hinter Rohrbruchversicherungen) **(Bild 7.7.1)**.

### 7.7.4 Auswahl verschiedener Be- und Entlüfter

Die meisten Bauarten der Be- und Entlüfter **(Bild 7.7.2)** basieren auf dem Schwimmkörperprinzip, mit und ohne Hebelverstärkung.



**Bild 7.7.1:**  
Einbauorte von Be- und Entlüftungsventilen in einer Rohrleitung



**Bild 7.7.2:**  
Be- und Entlüftungsventile

### 7.7.4.1 Schwimmkörperprinzip

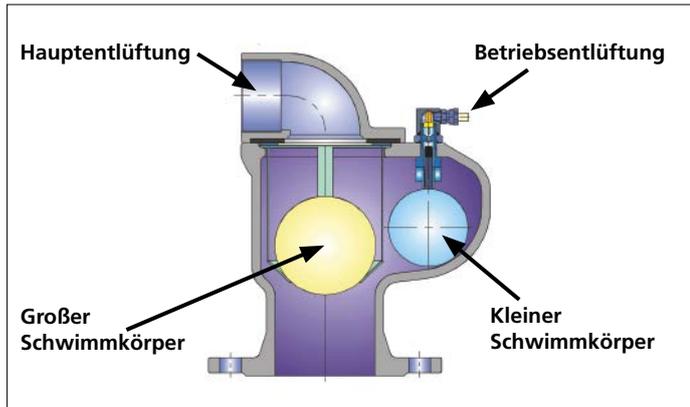
#### Schwimmkörper mit großem Durchmesser

Der Schwimmkörper wird vom Betriebsmedium angehoben, bleibt unter Druck immer geschlossen, auch bei Luftansammlungen während des Betriebs (**Bilder 7.7.3 und 7.7.4**).

#### Schwimmkörper mit kleinem Durchmesser

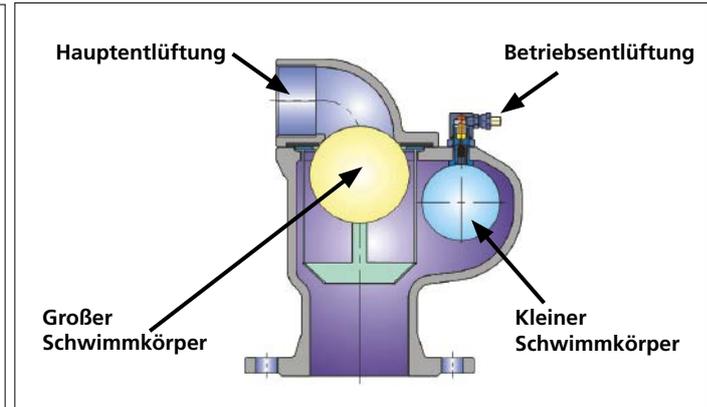
Der Schwimmkörper wird vom Betriebsmedium angehoben und verschließt die Düse (**Bild 7.7.3**). Er öffnet wieder, wenn sich im Gehäuse während des Betriebes Luftblasen ansammeln (**Bild 7.7.4**).

Das Be- und Entlüftungsventil kann sowohl über die Haupt- als auch über die Betriebsentlüftung wirksam werden. Dieser Zustand tritt zum Beispiel zu Beginn der Befüllung einer Rohrleitung mit Wasser auf.



**Bild 7.7.3:**

Be- und Entlüftungsventil mit großem und kleinem Schwimmkörper im geöffneten Zustand

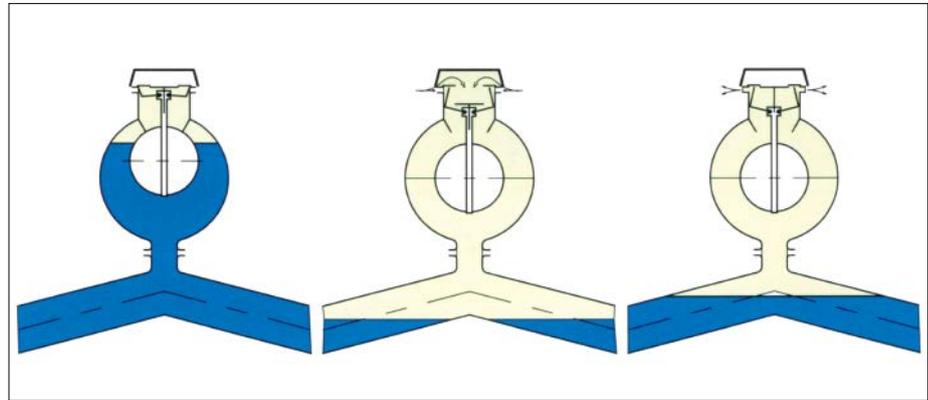


**Bild 7.7.4:**

Das Ventil ist dicht geschlossen. Sowohl die Haupt- als auch die Betriebsentlüftung ist verschlossen, weil keine Luftansammlung in der Rohrleitung vorhanden ist

### 7.7.4.2 Ventilhebelfunktion

Im normalen Betriebszustand steht der Schwimmkörper in seiner oberen Position. Die Düsenventile sind geschlossen (**Bild 7.7.5, links**). Bei negativer Druckwelle fällt der Schwimmerkörper ab. Die Düsenventile öffnen. Über die Düsen wird Luft in die Leitung gesaugt. Der Flüssigkeitsspiegel sinkt entsprechend ab (**Bild 7.7.5, Mitte**). Sobald die Druckwelle in Positivdruck umschlägt, verschließt der mittlere Ventilteller die große Düse (**Bild 7.7.5, rechts**).



**Bild 7.7.5:**

Wirkungsweise von Schwimmkörper und Ventilhebelfunktion

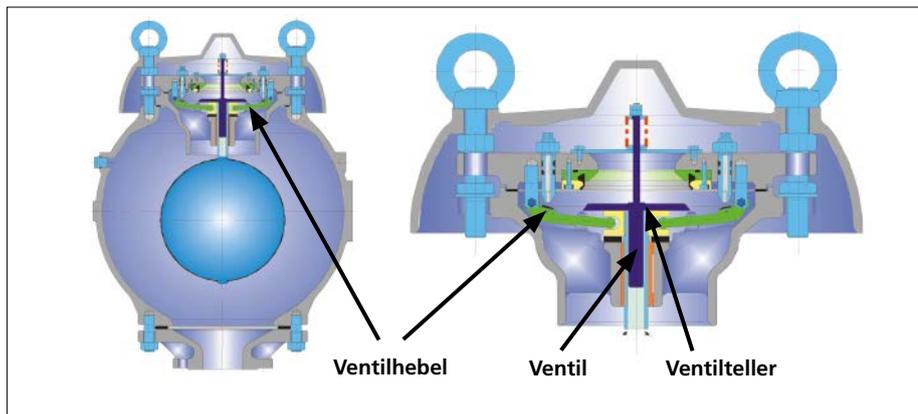
Links: Das Ventil ist geschlossen. Der Schwimmkörper steht in seiner oberen Position

Mitte: Bei negativem Druck fällt der Schwimmkörper ab. Die Düsenventile öffnen und Luft tritt in die Leitung ein. Der Flüssigkeitsspiegel sinkt entsprechend ab.

Rechts: Sobald die Druckwelle in positiven Druck umschlägt, verschließt der mittlere Ventilteller die große Düse. Hierbei arbeitet der frei bewegliche Ventilteller wie ein Rückschlagventil. Die dadurch eingespannte Luft kann nur noch langsam und gesteuert über die beiden kleinen Düsen austreten. Die beiden Wassersäulen werden abgebremst und fließen langsam aufeinander zu. Ein Aufeinanderschlagen und die daraus resultierenden Folgen werden vermieden.

### 7.7.4.3 Hebelprinzip

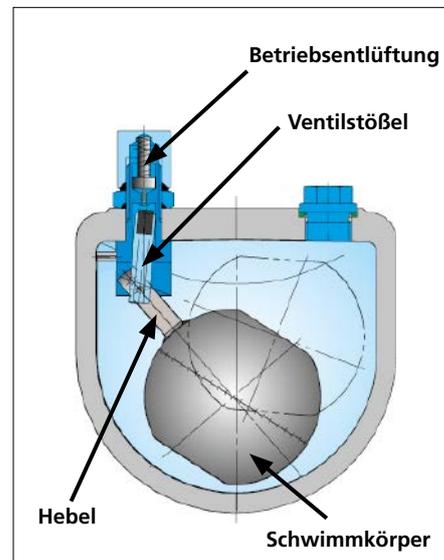
Ein Schwimmkörper ist an einem Hebel befestigt, welcher an einem Gelenk gelagert ist. Der Hebel führt eine Schwenkbewegung aus (**Bild 7.7.8**).



**Bild 7.7.6:**  
Schnittdarstellung eines Einkammerventils mit Ventilhebel für kleine und große Luftvolumina



**Bild 7.7.7:**  
Be- und Entlüftungsventil mit Hebelfunktion für Abwasserdruckleitungen



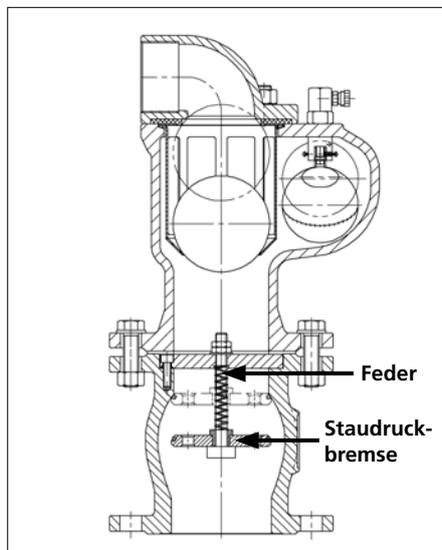
**Bild 7.7.8:**  
Unterschiedliche Hebelprinzipien am Be- und Entlüftungsventil – Die Darstellung zeigt die Betriebsentlüftung. Der Schwimmkörper ist an einem Hebel befestigt. Ein Ventilstößel am Hebel verschließt die Entlüftungsbohrung bei positivem Druck. Bei negativem Druck sinkt der Schwimmkörper ab und die Bohrung wird geöffnet. Luft kann entweichen.

#### 7.7.4.4 Staudruckbremse

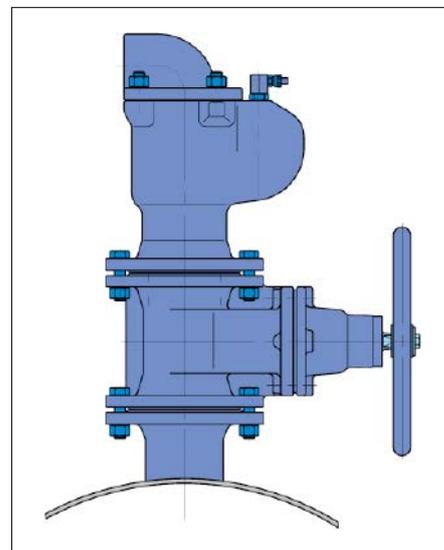
Im Gehäuse der Armatur ist ein Absperrkörper in der Strömung beweglich gelagert. Bei Überschreiten einer bestimmten Strömungsgeschwindigkeit wird der Absperrkörper vom Medium in den Gehäusesitz geführt. Es bleibt nur ein reduzierter Querschnitt frei. Diese Staudruckbremse wird eingesetzt, um das Be- und Entlüftungsventil vor Druckstößen zu schützen (**Bild 7.7.9**).

#### 7.7.4.5 Be- und Entlüftungsventil mit Absperrschieber

Damit in Revisionsfällen das Be- und Entlüftungsventil von der Rohrleitung abgetrennt werden kann, wird häufig vor dem Be- und Entlüftungsventil ein Absperrschieber angeordnet. So kann das Be- und Entlüftungsventil auch während des Betriebes der Hauptleitung demontiert oder gereinigt werden (**Bild 7.7.10**). Ein weichdichtender Schieber ist für diese Funktion am besten geeignet, da er einen freien Durchgang zulässt.



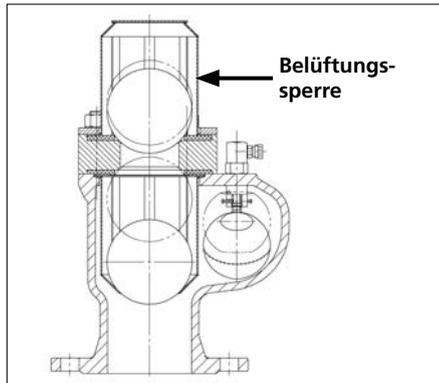
**Bild 7.7.9:** Be- und Entlüftungsventil mit Staudruckbremse



**Bild 7.7.10:** Be- und Entlüftungsventil mit Absperrschieber

#### 7.7.4.6 Be- und Entlüftungsventil mit Belüftungssperre

Um das Belüften bei kleinen Be- und Entlüftungsventilen zu verhindern und nur das Entlüften sicherzustellen, werden häufig Be- und Entlüftungsventile mit Belüftungssperre eingesetzt (**Bild 7.7.11**). Diese Ventile finden ihre Anwendung hauptsächlich bei Saugleitungen für mechanisch gereinigtes Wasser oder im Trinkwasserbereich.

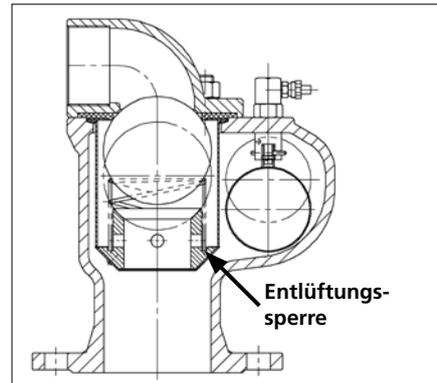


**Bild 7.7.11:**

Be- und Entlüftungsventil mit Belüftungssperre

#### 7.7.4.7 Be- und Entlüftungsventil mit Entlüftungssperre

Um das Entlüften bei kleinen Be- und Entlüftungsventilen zu verhindern und nur das Belüften zu erlauben, werden häufig Be- und Entlüftungsventile mit Entlüftungssperre eingesetzt (**Bild 7.7.12**). Diese Ventile finden ihre Anwendung hauptsächlich bei Druckleitungen für Trinkwasser oder mechanisch gereinigtes Wasser.



**Bild 7.7.12:**

Be- und Entlüftungsventil mit Entlüftungssperre

#### 7.7.4.8 Betriebseigenschaften

Wird beim Füllen von Rohrleitungen über Entlüftungsventile die Luft abgegeben, muss die Füllgeschwindigkeit möglichst niedrig gehalten werden. Der gefürchtete Druckstoß (Joukowsky-Stoß), der dann eintritt, wenn der Schwimmkörper des Entlüftungsventils am Ende des Füllvorgangs schlagartig den Ventilsitz verschließt, muss unterhalb der zulässigen Druckbelastung (PMA = höchster zeitweise auftretender Druck, einschließlich Druckstoß, dem ein Rohrleitungsteil im Betrieb standhält [7.6-02]) der Rohrleitung bleiben. In der Regel wird der zulässige Druckstoß aus Sicherheitsgründen auf 3 bar begrenzt. Die Füllgeschwindigkeit ist nach dem DVGW-Merkblatt W 334 [7.6-01] auf 0,25 m/s begrenzt.

Die Größe und Anzahl der Entlüftungsventile ist in Abhängigkeit von der Nennweite der Leitung, der Füllmenge, der Topografie sowie der maximal zulässigen Luftgeschwindigkeit im engsten Querschnitt des Entlüftungsventils (Hauptentlüftung) festzulegen.

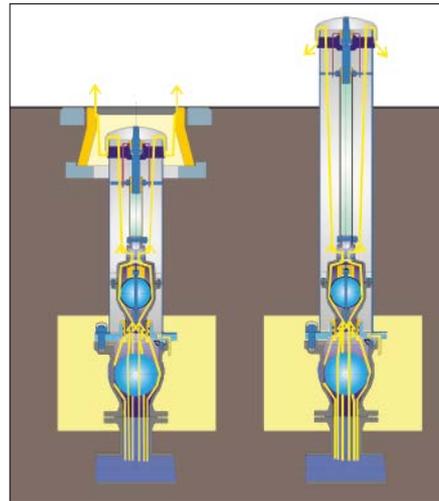
Bei der Größe der Belüftung geht man in der Regel davon aus, dass der Absolutdruck von 0,8 bar (0,2 bar Unterdruck) in der Leitung nicht unterschritten werden soll. Die Grenze wird erfahrungsgemäß mit genügender Sicherheit eingehalten, wenn die Lufteintrittsgeschwindigkeit im richtig dimensionierten Belüfter nicht über 80 m/s liegt. Auch aus Gründen der Lärmbelästigung soll die Geschwindigkeit von 80 m/s nicht überschritten werden.

#### 7.7.4.9 Be- und Entlüftungsventil für den Erdeinbau

Generell werden Be- und Entlüftungsventile in Schächte eingebaut. Die Bauweise ist im DVGW-Arbeitsblatt W 358 [7.7-03] beschrieben. Um das Schachtbauwerk einzusparen, werden Be- und Entlüftungsgarnituren eingesetzt (**Bilder 7.7.13 und 7.7.14**). Links dargestellt das Be- und Entlüftungsventil, welches Unterflur über eine Straßenkappe entlüftet. In der rechten Darstellung ist eine Überflurausführung dargestellt.

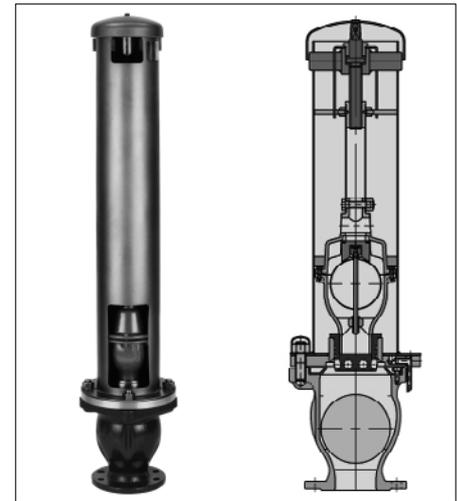
#### 7.7.4.10 Be- und Entlüftungsventil für kleine Luftmengen

Es gibt Be- und Entlüftungsventile zum Zu- und Abführen von kleinen Luftmengen.



**Bild 7.7.13:**  
Be- und Entlüftungsventil für den Erdeinbau

Das Ventil ist mit einem Innengewinde versehen und kann direkt auf die Rohrleitung montiert werden (**Bild 7.7.15**). Derartige Ventile werden vorwiegend in Gebäudeinstallationen eingesetzt.



**Bild 7.7.14:**  
Be- und Entlüftungsventil für den Erdeinbau – Überflurausführung



**Bild 7.7.15:**  
Be- und Entlüftungsventil für kleine Luftmengen mit Innengewindeanschluss

### 7.7.5 Literatur Kapitel 7.7

- [7.7-01] DVGW-Merkblatt W 334  
Be- und Entlüften von  
Trinkwasserleitungen  
[DVGW technical information  
sheet W 334  
Aeration and air release for  
drinking water pipelines]  
2007-10
- [7.7-02] EN 805  
Water supply –  
Requirements for systems and  
components outside buildings  
[Wasserversorgung –  
Anforderungen an Wasserver-  
sorgungssysteme und deren Bau-  
teile außerhalb von Gebäuden]  
2000
- [7.7-03] DVGW-Arbeitsblatt W 358  
Leitungsschächte und Auslauf-  
bauwerke  
[DVGW worksheet W 358  
Manholes and outlet structures  
for piping systems]  
2005-09

## 7.8 Hydranten

- 7.8.1 Einsatzbereich
- 7.8.2 Werkstoffe
- 7.8.3 Überflurhydranten
- 7.8.4 Unterflurhydranten
- 7.8.5 Industriehydranten
- 7.8.6 Literatur Kapitel 7.8

## 7.8 Hydranten

### 7.8.1 Einsatzbereich

Ein Hydrant ist Teil der zentralen Löschwasserversorgung von Städten und Gemeinden. Er ermöglicht der Feuerwehr, aber auch öffentlichen (z.B. Straßenmeisterei, Stadtbetriebe) und privaten (z.B. Straßenreinigungsfirmen, Zeltfestveranstaltern) Nutzern die Wasserentnahme aus dem öffentlichen Wasserleitungsnetz (Sammellwasserversorgung). Außerdem erweisen sich Hydranten als sehr hilfreich für Betriebsmaßnahmen, wie das Spülen und Be- und Entlüften von Rohrnetzen. Sie sind die einzigen Armaturen, die eine unmittelbare Entnahme von Trinkwasser aus dem Versorgungsnetz erlauben.

Im DVGW-Arbeitsblatt W 331 [7.8-01] sind Auswahl, Einbau und Betrieb von Hydranten geregelt und im DVGW-Arbeitsblatt W 405 [7.8-02] die Bereitstellung von Löschwasser.

Mögliche Anwendungsbereiche für Hydranten:

- Entnahme von Löschwasser,
- Be- und Entlüften von Rohrleitungen,
- Spülen von Rohrnetzen, vor allem an Endsträngen aus hygienischen Gründen,
- Herstellen von provisorischen Netzverbindungen,
- Notwasserentnahme,
- zeitliche begrenzte Entnahme: z. B. für Bauzwecke, Volksfeste usw.,
- Überbrückungen von Notversorgungen,
- Entleeren von Rohrleitungen,
- Leckortung.

Nach Lage der Ausflussöffnung unterscheidet man zwischen Unterflur- und Überflurhydranten. Für die Brandbekämpfung sind Überflurhydranten vorzuziehen; sie sind leicht aufzufinden, leicht zugänglich und jederzeit betriebsbereit. Bei dichter Bebauung, in engen und verkehrsreichen Straßen müssen jedoch Unterflurhydranten verwendet werden, deren Lage durch Hinweisschilder zu kennzeichnen ist.

Weiter gehende Regelungen (länderspezifisch) sind in den Normen EN 14384 [7.8-03] und EN 14339 [7.8-04] zu finden.

Da man bei den Benutzern von unterschiedlichen Qualifikationen ausgehen muss, werden an die Konstruktion, die Bedienbarkeit, die Wartungsfreundlichkeit sowie die Betriebssicherheit hohe Anforderungen gestellt:

1. Geringer Durchflusswiderstand:
  - Strömungsgünstige Konstruktion von Gehäuse und Ventilkörper,
  - Mindestdurchfluss bei 1 bar Druckdifferenz ( $k_v$ -Wert):  
Überflurhydranten nach **Tabelle 7.8.-01**,  
Unterflurhydranten nach EN 14339 [7.8-04]  
- 60 m<sup>3</sup>/h bei DN 80 und  
- 75 m<sup>3</sup>/h bei DN 100.
2. Druckwasserdichtheit:
  - Bei Hydranten mit selbsttätiger Entleerung muss die Hauptabspernung geschlossen sein, bevor die Entleerung öffnet, bzw. die Entleerung muss geschlossen sein, bevor die Hauptabspernung öffnet.

**Tabelle 7.8.-01:**Minstdurchflusswerte  $k_v$  bei Überflurhydranten nach Tabelle 4 der EN 14384 [7.7-03]

Anzahl und Größe der zu prüfenden Abgänge										
Hydrant DN	1 x 37,5 mm	2 x 37,5 mm	1 x 50 mm	2 x 50 mm	1 x 65 mm	2 x 65 mm	1 x 100 mm	2 x 100 mm	1 x 150 mm	2 x 150 mm
80 und 100	30	60	40	60	80	140	160 <sup>a)</sup>	–	–	–
150	–	–	–	–	80	140	160	280	300	–

<sup>a)</sup> Gilt nicht für DN 80  
– Kombination DN/Größe des Abgangs nicht zulässig

**Tabelle 7.8.-02:**

Maximale Restwassermenge nach der Entleerung von Oberflur- und Unterflurhydranten

Maximale Restwassermenge nach der Entleerung gemäß EN 1074-6 [7.7-05]	
DN	Restwassermenge max. ml
65	100
80	100
100	150
150	200

**3. Geringe Restwassermenge:**

- Bei selbsttätiger Entleerung zulässige Restwassermengen nach EN 14384 [7.8-03] und EN 14339 [7.8-04] mit Verweis auf die EN 1074-6 [7.8-05] gemäß **Tabelle 7.8-02** für Überflur- und Unterflurhydranten,

**4. Wurzelschutz:**

- Die Entleerungsöffnung muss gegen das Eindringen von Wurzeln geschützt sein, z. B. 50 mm Trockenstrecke unterhalb der Entleerung nach DVGW-Prüfgrundlage VP 325 [7.8-06].

#### 5. Betätigung der Hauptabspernung:

- Nach EN 1074-6 [7.8-05] gelten folgende maximale Betätigungsmomente:
  - DN 65: 85 Nm,
  - DN 80: 105 Nm,
  - DN 100: 130 Nm,
  - DN 150: 195 Nm.

#### 6. Schutz Spindelabdichtung:

- Schutz vor eindringendem Oberflächenwasser und Schmutz oberhalb der Dichtung (O-Ringe).

#### 7. Keine Totwasserräume:

- Alle mit Trinkwasser in Berührung kommenden Teile müssen beim Öffnen oder im geöffneten Zustand von der Strömung erfasst werden.

#### 8. Innen- und Außenbeschichtung:

- Die Innen- und Außenbeschichtung wird in **Kapitel 7.2** behandelt.

### 7.8.2 Werkstoffe

- Gehäuseteile sind i. d. R. aus Guss-eisen mit Kugelgrafit nach EN 1563 [7.8-07] sowie aus Stahl. Nach EN 14384 [7.8-03] sind auch andere Werkstoffe zulässig. Z.B. sind auch Oberteile aus Aluminium erhältlich (**Bild 7.8.2-01**).
- Als Werkstoffe für Absperrlemente werden PUR (Polyurethan) und EPDM (Ethylen-Propylen-Dien-Monomer) eingesetzt.



**Bild 7.8.2-01:**  
Überflurhydrant – Oberteil aus Aluminium

### 7.8.3 Überflurhydranten

In der öffentlichen Wasserversorgung eingesetzte Überflurhydranten müssen den Anforderungen der EN 14384 [7.8-03], der EN 1074-1 [7.8-08], der EN 1074-6 [7.8-05] sowie ggf. weiteren nationalen Regelwerken, wie z.B. dem DVGW-Arbeitsblatt W 386 (P) [7.8-09] entsprechen.

#### 7.8.3.1 Aufbau

- Überflurhydranten ragen über das Bodenniveau hinaus, enthalten ein Hauptabsperventil und einen oder mehrere Abgänge zur Wasserentnahme.
- Überflurhydranten bestehen aus zwei Teilen: dem Hydrantenunterteil, welches das Hauptventil beinhaltet und im Erdreich verbaut wird sowie das Hydrantenoberteil, welches in der Regel auf Bodenhöhe angeflanscht wird.

- Überflurhydranten sind mit einer Sollbruchstelle ausgestattet, welche in der Regel im Verbindungsflansch zwischen Hydrantenoberteil und -unterteil liegt. Sie dient dem Schutz des Hydrantenunterteils und der angeschlossenen Rohrleitung.
- Überflurhydranten werden vorwiegend in den Nennweiten DN 80 und DN 100 sowie für einen zulässigen Bauteilbetriebsdruck PFA = 16 bar eingesetzt. Sie gibt es mit vertikalem oder horizontalem Einlauf mit Flansch-, Muffen- oder Spitzendanschluss (**Bilder 7.8.3-01 und 7.8.3-02**).
- Übliche Rohrüberdeckungen bewegen sich zwischen 1,25 m und 1,5 m. Damit wird sichergestellt, dass das Hauptventil auch bei minimaler Restwassermenge nicht einfrieren kann. Kleinere Rohrdeckungen bis minimal 0,2 m können in Tunneln mit beengten Platzverhältnissen vorkommen (**Bilder 7.8.3-03 und 7.8.3-04**).



**Bild 7.8.3-01:**  
Überflurhydrant DN 100 –  
2 Abgänge B



**Bild 7.8.3-02:**  
Ausführungsbeispiele – Überflurhydrant DN 100 –  
2 Abgänge B, 1 Abgang A mit Flanschanschluss



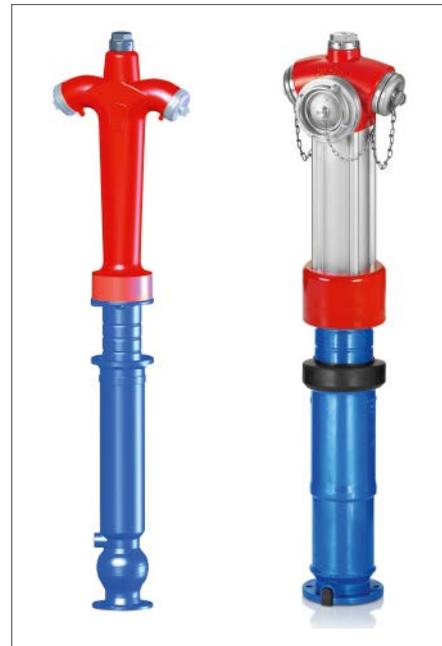
**Bild 7.8.3-03:**  
Tunnelhydrant höhenverstellbar  
mit Einlaufbogen und Montagesockel

- Normalerweise sind Hydrantenunterteile für fixe Rohrdeckungen ausgelegt.



**Bild 7.8.3-04:**  
Tunnelhydrant mit Handrad als  
Bedienelement

In der Schweiz werden vorwiegend höhenverstellbare Hydrantenunterteile eingebaut (**Bild 7.8.3-05**).



**Bild 7.8.3-05:**  
Überflurhydranten DN 100  
mit Flanschanschluss –  
Unterteil höhenverstellbar

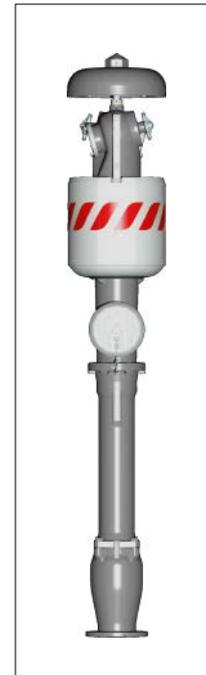
- Überflurhydranten unterscheiden sich in der Art der Sicherung ihrer Abgänge B – ohne Fallmantel (**Bild 7.8.3-06**) oder mit Fallmantel (**Bilder 7.8.3-07 und 7.8.3-08**).



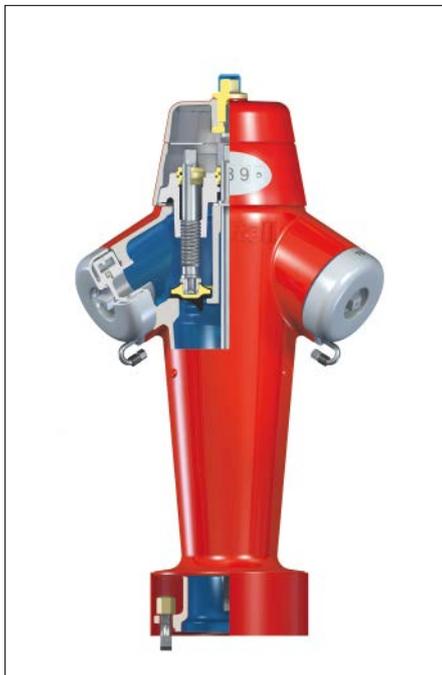
**Bild 7.8.3-06:**  
Schnittbild eines  
Überflurhydranten  
DN 100  
mit 2 Abgängen B  
und 1 Abgang A  
mit Edelstahlsäule



**Bild 7.8.3-07:**  
Beispiele von Überflurhydranten DN 100  
mit 2 Abgängen B und 1 Abgang A mit  
geschlossenem Fallmantel



**Bild 7.8.3-08:**  
Überflurhydrant  
mit geöffnetem  
Fallmantel –  
2 Abgänge B und  
1 Abgang A



**Bild 7.8.3-09:**  
Hydrantenoberteil eines Überflurhydranten ohne Fallmantel mit absperrbaren Abgängen B

- **Bild 7.8.3-09** zeigt einen Überflurhydranten ohne Fallmantel mit absperrbaren Abgängen B.
- Die Bedienung erfolgt über länderspezifische Hydrantenschlüssel.
- Überflurhydranten können eine einfache oder doppelte Absperrung haben. Die doppelte Absperrung wird meist mittels einer Kugel oder eines Kegels ausgeführt.

#### 7.8.3.2 Befestigungsvarianten

Überflurhydranten werden in unterschiedlichen Rohr- und Rohrverbindungssystemen eingesetzt. Dafür gibt es verschiedene Verbindungen:

- Hydrant mit Flansch-Verbindung,
- Hydrant mit Spitzende in verschiedenen längskraftschlüssigen Systemen (Novo SIT®, TYTON SIT PLUS®, BLS®, VRS®-T, BAIO®, vonRoll HYDROTIGHT, Schraubmuffe o. ä.).

### 7.8.4 Unterflurhydranten

In der öffentlichen Wasserversorgung eingesetzte Unterflurhydranten müssen den Anforderungen der EN 14339 [7.8-04], der EN 1074-1 [7.8-08], der EN 1074-6 [7.8-05] sowie ggf. weiteren nationalen Regelwerken, wie z.B. dem DVGW-Arbeitsblatt W 386 (P) [7.8-09] entsprechen.

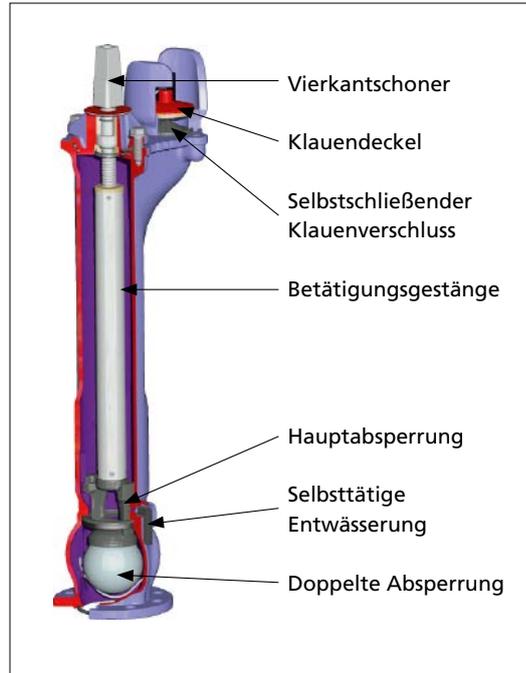
#### 7.8.4.1 Aufbau

Unterflurhydranten werden vorwiegend in den Nennweiten DN 80 und DN 100 eingesetzt. Sie befinden sich meist in einer Straßenkappe nach DIN 4055 [7.8-10] und können von dort bedient werden. Zur Wasserentnahme wird immer ein Standrohr entsprechend DIN 14375-1 [7.8-11] benötigt, welches in der Klaue befestigt wird. Neben dem Klauenanschluss existieren länderspezifisch unterschiedliche Anschlüsse, z. B. in der Schweiz auch Anschlüsse mit Rundgewinde.

Die Hauptabspernung wird mit einem aufgesetzten Hydrantenschlüssel betätigt. Es existieren länderspezifische Ausführungen des Hydrantenschlüssels, z. B. nach DIN 3223 [7.8-12].

Unterflurhydranten bestehen aus ein- oder zweiteiligen Gehäusen, auch Mantelrohre oder Steigrohre genannt, deren unterer Teil das Absperrorgan aufnimmt. Die Öffnungsbewegung kann gegen oder in Strömungsrichtung erfolgen. Unterflurhydranten können eine einfache oder doppelte Absperrung haben. Die doppelte Absperrung wird meist mittels einer Kugel oder eines Kegels ausgeführt (**Bilder 7.8.4-01 und 7.8.4-02**).

Die doppelte Absperrung hat den Vorteil, dass das Absperrorgan einschließlich seiner Antriebs Elemente unter vollem Leitungsdruck über die Straßenkappe ausgetauscht werden kann. Bei Verwendung von Hydranten mit Doppelabspernung können die Vorschieber entfallen.



**Bild 7.8.4-01:** Unterflurhydrant DN 80 – doppelte Absperrung, Öffnungsrichtung entgegen der Strömungsrichtung – Beschichtung mit Epoxidharzpulver



**Bild 7.8.4-02:** Unterflurhydrant DN 80 – doppelte Absperrung, Öffnungsrichtung entgegen der Strömungsrichtung – Vollemaillierung

Da sich der Unterflurhydrant meist in einer Straßenkappe befindet, besteht die Gefahr, dass bei unzureichender Wartung und in ungünstigen Standorten (Straßensenken) Straßensplitt, Steine oder andere kleinere Fremdkörper in das Gehäuse gelangen und das Absperrorgan beschädigen können. Um die Gefahr zu minimieren werden im Bereich der Klaue zwei Systeme verwendet, Venenklappe und Deckel.

#### 7.8.4.2 Befestigungsvarianten

Unterflurhydranten werden in unterschiedlichen Rohr- und Rohrverbindungssystemen eingesetzt. Dafür gibt es verschiedenen Verbindungen:

- Hydrant mit Flansch-Verbindung,
- Hydrant mit Spitze in verschiedenen längskraftschlüssigen Systemen (Novo SIT®, TYTON SIT PLUS®, BLS®, VRS®-T, BAIO®, vonRoll HYDROTIGHT, Schraubmuffe o. ä.).

### 7.8.5 Industriehydranten

Der Einsatzbereich von Industriehydranten ist, wie der Name sagt, z. B. in Industrieanlagen, Kraftwerken, Flughäfen usw., dort wo große Mengen an Löschwasser benötigt werden (**Bilder 7.8.5-01 und 7.8.5-02**).



**Bild 7.8.5-01:**  
Industriehydrant für die Löschwasserversorgung in Industrieanlagen



**Bild 7.8.5-02:**  
Industriehydrant für die Löschwasserversorgung bei Flughäfen



**Bild 7.8.5-03:**  
Industriehydrant mit Kugelhahn DN 150  
ohne Fallmantel



**Bild 7.8.5-04:**  
Industriehydrant mit Kugelhahn DN 150  
mit Fallmantel

Der Industriehydrant verfügt über einen Flanschanschluss DN 150, PN 16, 2 oberen B-Abgängen und für Industriehydranten charakteristisch 2 unteren A-Abgängen. Industriehydranten gibt es mit oder ohne Fallmantel (**Bilder 7.8.5-03 und 7.8.5-04**).

Industriehydranten haben üblicherweise die gleiche Bauart wie Überflurhydranten. Eine besondere Bauart ist ein Industriehydrant mit einem Kugelhahn (**Kapitel 7.3.3**) als Absperrorgan (**Bild 7.8.5-05**).



**Bild 7.8.5-05:**  
Kugelhahn als Absperrorgan eines Industriehydranten DN 150

### 7.8.6 Literatur Kapitel 7.8

- [7.8-01] DVGW-Arbeitsblatt W 331  
Auswahl, Einbau und Betrieb  
von Hydranten  
[Selection, installation and  
operation of hydrants]  
2006-11
- [7.8-02] DVGW-Arbeitsblatt W 405  
Bereitstellung von Löschwasser  
durch die öffentliche Trink-  
wasserversorgung  
[Provision of extinguishing  
water by the public drinking  
water supply system]  
2008-02
- [7.8-03] EN 14384  
Pillar fire hydrants  
[Überflurhydranten]  
2005
- [7.8-04] EN 14339  
Underground fire hydrants  
[Unterflurhydranten]  
2005
- [7.8-05] EN 1074-6  
Valves for water supply –  
Fitness for purpose require-  
ments and appropriate verifi-  
cation tests –  
Part 6: Hydrants  
[Armaturen für die Wasserver-  
sorgung – Anforderungen  
an die Gebrauchstauglichkeit  
und deren Prüfung –  
Teil 6: Hydranten]  
2008
- [7.8-06] DVGW-Prüfgrundlage VP 325  
Hydranten in der Trinkwasser-  
verteilung – Anforderungen  
und Prüfung  
[Hydrants in drinking  
water distribution –  
Requirements and testing]  
2008-01
- [7.8-07] EN 1563  
Founding –  
Spheroidal graphite cast irons  
[Gießereiwesen –  
Gusseisen mit Kugelgraphit]  
2011
- [7.8-08] EN 1074-1  
Valves for water supply –  
Fitness for purpose require-  
ments and appropriate  
verification tests –  
Part 1: General requirements  
[Armaturen für die Wasser-  
versorgung –  
Anforderungen an die  
Gebrauchstauglichkeit  
und deren Prüfung –  
Teil 1: Allgemeine Anfor-  
derungen]  
2000
- [7.8-09] DVGW-Prüfgrundlage W 386,  
Entwurf Hydranten in der  
Trinkwasserverteilung –  
Anforderungen und Prüfungen  
[DVGW test specification W 386,  
draft Hydrants in drinking  
water distribution –  
Requirements and testing]  
2014-01

- [7.8-10] DIN 4055  
Wasserleitungen; Straßenkappe  
für Unterflurhydranten  
[Water pipelines; valve box for  
underground hydrants]  
1992-02
- [7.8-11] DIN 14375-1  
Standrohr PN 16; Standrohr 2 B  
[Double outlet standpipes,  
nominal pressure 16]  
1979-09
- [7.8-12] DIN 3223  
Betätigungsschlüssel für  
Armaturen  
[Handling keys for valves]  
2012-11





# 8

## Steckmuffen-Verbindungen

- 8.1 Allgemeines
- 8.2 Verbindungsarten
- 8.3 Einsatzbereiche
- 8.4 Literatur

## 8 Steckmuffen-Verbindungen

**Steckmuffen-Verbindungen wirken als längsverschiebbare Gelenke und widerstehen hohen Belastungen. Ihre Dichtheit bleibt selbst bei maximaler Dezentrierung oder Abwinkelung der Rohre erhalten.**

### 8.1 Allgemeines

Seit hunderten von Jahren werden Gussrohre mit Muffen-Verbindungen zu Leitungen zusammengefügt. Die modernen Steckmuffen-Verbindungen (**Bild 8.1**) sind schnell und sicher zu montieren und bieten zudem beim Einbau beachtliche technische und wirtschaftliche Vorteile.

Mit der Einführung der Europäischen Produktnormen EN 545 [8.1] und EN 598 [8.2] für Rohre aus duktilem Gusseisen wurden für die Verbindungen erstmals Anforderungen an die Funktion festgelegt. Lediglich der Durchmesser des Einsteckendes blieb aus Kompatibilitätsgründen fixiert.



**Bild 8.1:**  
Duktile Kanalrohre mit der Steckmuffen-Verbindung TYTON®

Somit liegt es in der Verantwortung des Herstellers, die Verbindung so zu konstruieren und zu fertigen, dass sie die hohen Anforderungen an die Funktion erfüllt.

In EN 545 [8.1] und EN 598 [8.2] werden für bewegliche, nicht längskraftschlüssige Verbindungen folgende Anforderungen an die Funktion vorgegeben:

- Abwinkelbarkeit (in Abhängigkeit von der Nennweite, **Tabelle 8.1**),
- Längsbeweglichkeit (Angabe des Herstellers),
- Prüfbedingungen für folgende Druckzustände:
  1. positiver hydrostatischer Innendruck,
  2. negativer Innendruck,
  3. positiver hydrostatischer Außendruck,
  4. zyklischer hydrostatischer Innendruck.

Die maximalen Abwinkelungen der Steckmuffen-Verbindungen sind **Tabelle 8.1** zu entnehmen.

**Tabelle 8.1:**  
Abwinkelbarkeit der wichtigsten Steckmuffen-Verbindungen

DN	Maximale Abwinkelung	
	TYTON®	STANDARD
80– 150	5°	5°
200– 300		4°
350– 400	4°	3°
500– 600	3°	
700– 800		2°
900– 1000		1,5°
1200– 1400	1,5°	
1600– 2000	—	

Anmerkung: Eine Abwinkelung von 3° ergibt auf einer Rohrlänge von 6 m etwa 30 cm Abweichung von der Achse des zuvor eingebauten Rohres oder Formstückes.

Bei den Nachweisen über die Erfüllung der Anforderungen an die Funktion sind folgende Randbedingungen (**Tabelle 8.2**) verbindlich.

**Tabelle 8.2:**  
Randbedingungen für die Typ-Prüfungen der Steckmuffen-Verbindungen

1	maximaler Verbindungsspalt
2	maximale Abwinkelung
3	maximaler Längsauszug
4	mittlere Gusswanddicke
5	achsgleiche Lage unter Scherlast

Für längskraftschlüssige bewegliche Verbindungen ist im Wesentlichen das gleiche Prüfprogramm vorgesehen (**Kapitel 9**). Dabei sind repräsentative Nennweiten für bestimmte Nennweitengruppen (**Tabelle 8.3**) zu prüfen.

**Tabelle 8.3:**  
Nennweitengruppierung für die Typ-Prüfungen an Steckmuffen-Verbindungen laut EN 545 [8.1]

DN-Gruppe	Bevorzugte DN in jeder Gruppe
80– 250	200
300– 600	400
700– 1000	800
1100– 2000	1600

In Deutschland sind diejenigen Verbindungskonstruktionen, welche die oben beschriebenen Anforderungen erfüllen, in DIN 28603 [8.3] genormt. Die darin enthaltenen Abmessungen und zulässigen Abweichungen (Maßtoleranzen) sind für die Einhaltung der Anforderungen an die Funktion von Bedeutung. Mit diesen Angaben gehört DIN 28603 [8.3] zu den wesentlichen Grundlagen des für die Zertifizierung maßgeblichen DVGW-Arbeitsblattes GW 337 [8.4].

Entsprechend der in Deutschland für Rohre und Formstücke aus duktilem Gusseisen verbindlichen DVGW-Prüfgrundlage, dem DVGW-Arbeitsblatt GW 337 [8.4], werden die beschriebenen Prüfungen der Funktionstüchtigkeit der Verbindungen als fremdüberwachte Typprüfungen durchgeführt.

Dieser Konformitätsnachweis ist wichtiger Bestandteil des **Qualitätssiegels FGR®**, mit dem die Mitglieder der **EADIPS® (European Association for Ductile Iron Pipe Systems)** die Eignung ihrer Produkte (Rohre, Formstücke und Armaturen aus duktilem Gusseisen) hinsichtlich der erforderlichen Sicherheit, Gebrauchstauglichkeit, Qualität, Hygiene und Umweltverträglichkeit beim Einsatz in der Wasserversorgung nachweisen.

Diese für die Leistungsfähigkeit des Guss-Rohrsystems grundlegende Normenanforderungen lassen sich nur unter folgenden Aspekten realisieren:

- Die Abmessungen der einzelnen Verbindungselemente müssen gut aufeinander abgestimmt sein.
- Die elastomeren Dichtungen müssen hohen Beanspruchungen widerstehen.

Selbst bei größter Innendruckbelastung, bei maximaler Dezentrierung und Abwinkelung des Rohrendes in der Muffe bleibt diese Verbindung dicht, wie die Prüfzeugnisse über die geforderten Typ-Prüfungen belegen. Diese Eigenschaften werden u. a. durch die hohe Formstabilität der Muffe erreicht.

Allen Steckmuffen-Systemen ist gemeinsam, dass sie beweglich sind und als längsverschiebbares Gelenk wirken. Biegemomente und Längskräfte werden deshalb nicht übertragen.

Sollen Längskräfte von Rohr zu Rohr bzw. von Rohr zu Formstück/Armatur übertragen werden, sind längskraftschlüssige Konstruktionen einzusetzen. Diese werden im **Kapitel 9** eingehend behandelt. Die langfristige Dichtheit der Verbindungen ist durch die dauerelastischen Eigenschaften der Dichtung selbst, aber auch durch die konstruktive Abstimmung zwischen Rohreinsteckende, Muffe und Dichtung gegeben. Selbst bei ungünstigster Paarung der Verbindungsmaße im Rahmen der zulässigen Abweichungen sowie bei maximaler Dezentrierung des Einsteckendes in

der Muffe bleibt die Verbindung bei allen vorkommenden Arten der Druckbeanspruchung dicht.

Durch die axiale Beweglichkeit und Abwinkelbarkeit sowie durch die Elastizität der verwendeten Dichtungen können die Verbindungen selbst starken Bodenbewegungen, z. B. Bergsenkungen, Erdbeben, folgen und bleiben dabei dicht. Der Dezentrierweg ist konstruktiv begrenzt, wodurch Kräfte aus Setzungsunterschieden vom Zentrierbund auf das Einsteckende übertragen werden und die Dichtung nur geringfügig an der Lastübertragung teilnimmt.

Ihre Dichtfunktion bleibt bei hohem Innendruck ebenso unbeeinträchtigt wie bei Unterdruck oder von außen auf die Verbindung einwirkendem Überdruck.

Für den Einbau in Wasser- und Abwasserleitungen oder Kanäle entsprechen die Dichtungen qualitativ der Norm EN 681-1 [8.5].

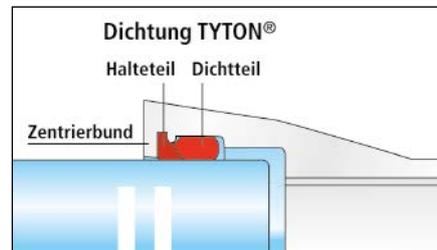
Nähere Angaben über die Dichtungen enthält **Kapitel 13**.

## 8.2 Verbindungsarten

### 8.2.1 TYTON® - Steckmuffen-Verbindung

Die in Deutschland meistverwendete Muffen-Verbindung ist die Steckmuffen-Verbindung System TYTON®. Sie ist im Bereich von DN 80 bis DN 1400 genormt. Seit ihrer Einführung auf dem deutschen Markt im Jahre 1957 hat sie sich millionenfach in Trinkwasser-, Rohwasser-, und Abwasserleitungen bewährt.

**Bild 8.2** zeigt ihre konstruktive Ausführung im Querschnitt.



**Bild 8.2:**  
Steckmuffen-Verbindung System TYTON®

Die wesentlichen Abmessungen dieser Verbindung sind in DIN 28603 [8.3] für die Nennweiten DN 80 bis DN 1400 festgelegt.

Die Dichtfunktion der TYTON® - Steckmuffen-Verbindung übernimmt eine profilierte Dichtung, die aus einer weicheren (Dichtteil) und einer härteren Gummimischung (Halteteil) besteht.

Die Ausführung der Dichtung ist ebenfalls aus **Bild 8.2** ersichtlich. Die Dichtung sitzt nach dem Einlegen in die Muffe mit einer geringen Vorstauchung in der Dichtkammer, d. h., der Außendurchmesser ihres weicheren Dichtteiles ist größer als der Innendurchmesser der Dichtkammer in der Muffe. Das hat zur Folge, dass sie mit dem Dichtwulst zu etwa 30 % in den Querschnitt des einzuziehenden Rohreinsteckendes ragt. Durch die Abstimmung zwischen Dichtkammer-, Dichtwulst- und Rohrdurchmesser ergibt sich eine hohe Verformung der Dichtung und somit ein hoher Anpressdruck auf die Dichtflächen.

Eine übermäßige Kompression der Dichtung bei einer Dezentrierung des

Rohreinsteckendes, verursacht durch eine äußere Rohrbelastung, kann nicht auftreten, weil zum einen der Zentrierbund am Muffeneingang, zum anderen die Dichtkammerbegrenzung den Dezentrierweg konstruktiv begrenzt. Ähnlich verhält es sich bei Abwinkelungsbewegungen, die ebenfalls konstruktiv begrenzt sind.

Der härtere, krallenförmig geformte Ringteil (Halteteil), der in der Haltenut der Muffe liegt, hält die Dichtung beim Einschieben des Rohrendes ebenso in ihrer Position fest wie auch bei späterer Belastung durch den Innendruck.

Bei einer Innendruckbelastung stützt sich der Halteteil am Zentrierbund ab, verschließt dabei den Spalt zwischen Zentrierbund und Rohr und verhindert somit ein Herausdrücken der Dichtung selbst bei höchsten Innendrücken. Die Verbindung bleibt bis zum Berstdruck des Rohrsystems dicht.

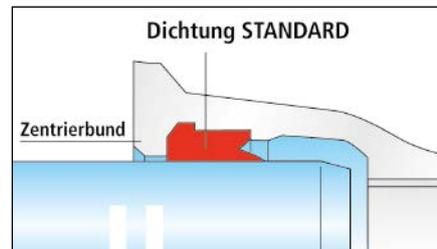
Der aus weicherem Gummi bestehende wulstförmige Dichtteil wird beim Einschieben des Einsteckendes so verpresst, dass eine zuverlässige Abdichtung gegeben ist.

### 8.2.2 STANDARD - Steckmuffen-Verbindung

Die STANDARD - Steckmuffen-Verbindung ist in ihrem konstruktiven Konzept und in ihrer Funktion mit der TYTON® - Steckmuffen-Verbindung vergleichbar. Ihre Verbindungsmaße sind in Deutschland in DIN 28603 [8.3] (Form C) von DN 80 bis DN 2000 festgelegt.

Die Verbindung ist in **Bild 8.3** schematisch dargestellt.

Die Dichtung besteht aus Gummi mit einer einzigen Härte.



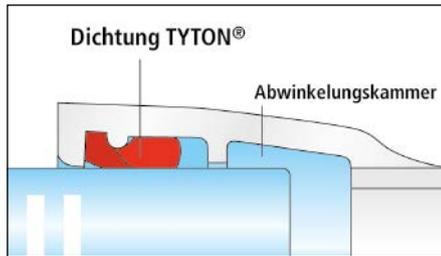
**Bild 8.3:** Steckmuffen-Verbindung System STANDARD

Die maximalen Abwinkelungen der TYTON® - und STANDARD - Steckmuffen-Verbindung sind der **Tabelle 8.1** zu entnehmen.

### 8.3 Einsatzbereiche

Rohrverbindungen haben die Aufgabe, zu einer Versorgung mit einwandfreiem Trinkwasser, zur sicheren Abwasserentsorgung und zum Gewässerschutz beizutragen. Weitere Einsatzbereiche bestehen im Transport von Rohwasser und Prozesswasser; ebenso werden duktile Gussrohre mit Steckmuffen-Verbindungen bei der Bewässerung sowie in Feuerlösch- und Beschneigungsanlagen – hier hauptsächlich in längskraftschlüssiger Ausführung (**Kapitel 9**) – eingesetzt.

Die Steckmuffen-Verbindungen System TYTON® und System STANDARD werden bei Druckrohren aus duktilem Gusseisen in Wasserleitungen nach EN 545 [8.1] sowie in Kanälen und Leitungen für die Abwasserentsorgung nach EN 598 [8.2] eingesetzt.

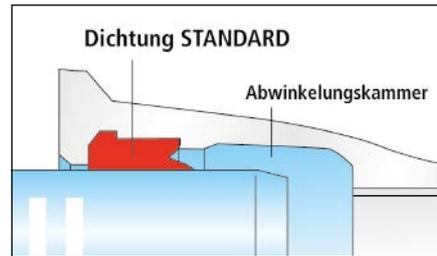


**Bild 8.4:**  
TYTON®-Langmuffe

Formstücke aus duktilem Gusseisen mit Steckmuffen-Verbindung System TYTON® und STANDARD sind ebenfalls in den vorgenannten Normen enthalten.

In Druckrohrleitungen setzt man duktile Gussrohre und Formstücke mit Steckmuffen-Verbindungen in Abhängigkeit vom Rohrdurchmesser und von der Wanddickenklasse für zulässige Betriebsdrücke ein, wie sie den vorgenannten Produktnormen und darüber hinaus den Herstellerkatalogen zu entnehmen sind.

Für Einbauten in nicht standfeste Böden oder in Bergsenkungsgebieten werden die TYTON® - oder die STANDARD - Steck-



**Bild 8.5:**  
STANDARD-Langmuffe

muffen-Verbindung mit einer Langmuffe hergestellt (DIN 28603 [8.3], Form B), welche größere axiale Verschiebungen als die übliche Muffe der Form A zulassen (**Bilder 8.4 und 8.5**).

Bezogen auf die Baulänge steigt die Längsverschiebbarkeit im Nennweitenbereich DN 700 bis DN 1000 auf 0,8 % an. Ein außerhalb der Muffe noch sichtbarer Markierungsstrich zeigt die neutrale Einstellung der Verbindung an. Bei genauer Kenntnis der zu erwartenden Längsbewegungen kann das Einsteckende bis zum Anfang bzw. bis zum Ende der Abwinkelungskammer eingeschoben werden.

Rohre und Formstücke für Abwasserkanäle und -leitungen aus duktilem Gusseisen sind für Betriebsdrücke nach Tabelle 5 der EN 598 [8.2] ausgelegt. Die Verbindungen müssen den vielfältigen Beanspruchungen, wie sie sich z. B. aus der Anwendung in Freispiegel-, Abwasserdruck-, Schlammdruck- und Sickerwasserleitungen ergeben, über Jahrzehnte widerstehen und sowohl von innen als auch von außen dicht bleiben.

Das gilt in besonderem Maße auch für die Lage im Grundwasser und bei Einbaumaßnahmen mit hohen Überdeckungen.

Eine besonders schwierig einzuhaltende Anforderung an Steckmuffen-Verbindungen im Bereich der Abwasserleitungen ist die Wurzelfestigkeit. Umfangreiche Untersuchungen haben weltweit gezeigt, dass Baumwurzeln in gummigedichtete Steckmuffen-Verbindungen eindringen können, wenn die Verpressung der Dichtung nicht ausreichend hoch ist, um dem Wurzelspitzenruck zu widerstehen, z. B. bei Lippendichtungen. Wegen der hohen Zugfestigkeit des duktilen Gusseisens konnte die Verpressung

der TYTON®-bzw. STANDARD-Dichtung konstruktiv so hoch gewählt werden, dass ein Einwachsen von Wurzeln in die Verbindung sicher unterbleibt. Tatsächlich wurde bei Abwasserleitungen mit regelgerecht montierter TYTON® - Steckmuffen-Verbindung noch nie eine Verwurzelung gefunden [8.6].

## 8.4 Literatur

- [8.1] EN 545  
Ductile iron pipes, fittings, accessories and their joints for water pipelines – Requirements and test methods [Rohre, Formstücke, Zubehörteile aus duktilem Gusseisen und ihre Verbindungen für Wasserleitungen – Anforderungen und Prüfverfahren] 2006
- [8.2] EN 598  
Ductile iron pipes, fittings, accessories and their joints for sewerage applications – Requirements and test methods [Rohre, Formstücke, Zubehörteile aus duktilem Gusseisen und ihre Verbindungen für die Abwasserentsorgung – Anforderungen und Prüfverfahren] 2007+A1:2009
- [8.3] DIN 28603  
Rohre und Formstücke aus duktilem Gusseisen – Steckmuffen-Verbindungen – Zusammenstellung, Muffen und Dichtungen [Ductile iron pipes and fittings – Push-in joints – Survey, sockets and gaskets] 2002-05
- [8.4] DVGW-Prüfgrundlage GW 337  
Rohre, Formstücke und Zubehörteile aus duktilem Gusseisen für die Gas- und Wasserversorgung – Anforderungen und Prüfungen [DVGW test specification GW 337 Ductile cast iron pipes, fittings and accessories for gas and water supply – Requirements and tests] 2010-09
- [8.5] EN 681-1  
Elastomeric seals – Material requirements for pipe joint seals used in water and drainage applications – Part 1: Vulcanized rubber [Elastomer-Dichtungen – Werkstoff-Anforderungen für Rohrleitungs-Dichtungen für Anwendungen in der Wasserversorgung und Entwässerung – Teil 1: Vulkanisierter Gummi] 1996 + A1:1998 + A2:2002 + AC:2002 + A3:2005
- [8.6] Köhne, H.:  
Verwurzelungsschäden in Entwässerungsleitungen in Gelsenkirchen [Damage from root penetration in drainage pipelines in Gelsenkirchen] awt abwassertechnik 5 (1991), S. 37 u. 38



# 9

## Längskraftschlüssige Muffen-Verbindungen

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

## 9 Längskraftschlüssige Muffen-Verbindungen

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

### 9.1 Allgemeines

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

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

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

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

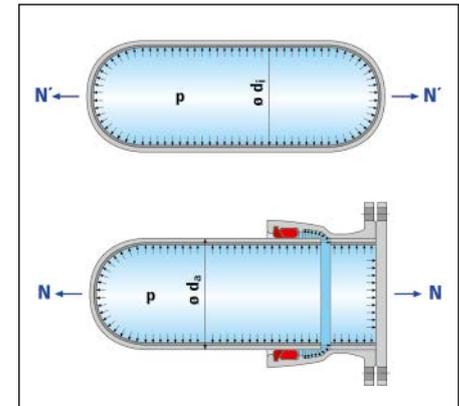
PFA ist der höchste hydrostatische Druck, dem ein Rohrleitungsteil im Dauerbetrieb standhält.

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

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

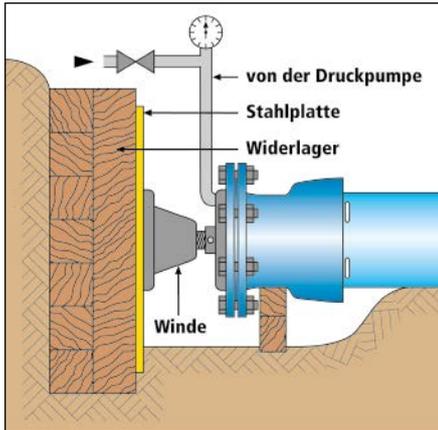
$$N' = p \cdot \frac{d_i^2}{4} \text{ [kN]} \quad (9.1)$$

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



**Bild 9.1:**  
Kräfte aus Innendruck

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

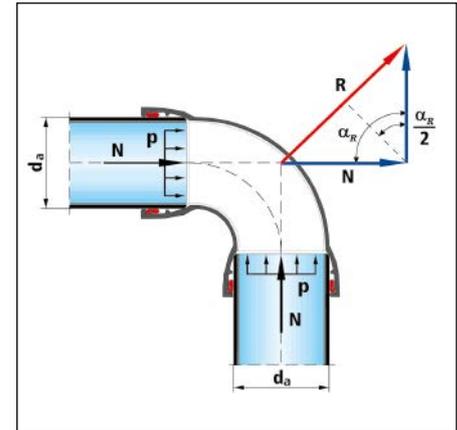


**Bild 9.2:**  
Abstützung eines Endverschlusses  
bei der Druckprobe

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

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

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



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

## 9.2 Verbindungsarten

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

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

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

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

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

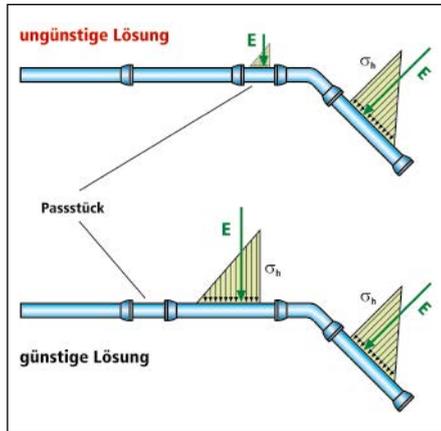
Das DVGW-Arbeitsblatt GW 368 [9.1] nennt folgende Anforderungen an längskraftschlüssige Verbindungen:

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

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

**Praxistipp:**

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

**Bild 9.4:**

Vergrößerung des aktivierten Erdwiderstands durch Anschluss einer Originalrohrlänge an das Formstück

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

## 9.4 Bauarten längkraftschlüssiger Verbindungen

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

### 9.4.1 Formschlüssige Steckmuffen-Verbindungen

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

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

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

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

**Bild 9.5:**

Auftrag einer Schweißraupe auf der Baustelle

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

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

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

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

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

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

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

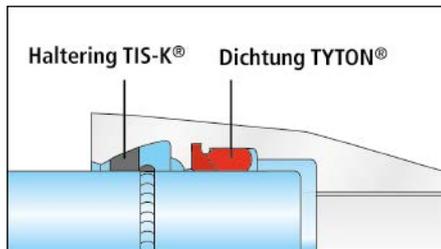
**Tabelle 9.1:**  
Übersicht der  
formschlüssigen Steck-  
muffen-Verbindungen

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

### System TIS-K®

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

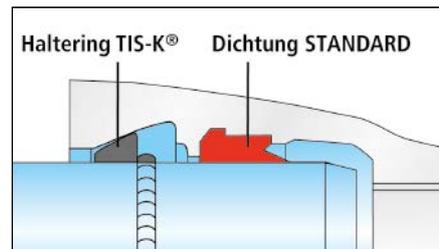
Die ursprüngliche Abwinkelbarkeit der TYTON®- Steckmuffen-Verbindung bleibt voll erhalten (**Tabelle 9.1**).



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

### System UNIVERSAL Ve

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



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

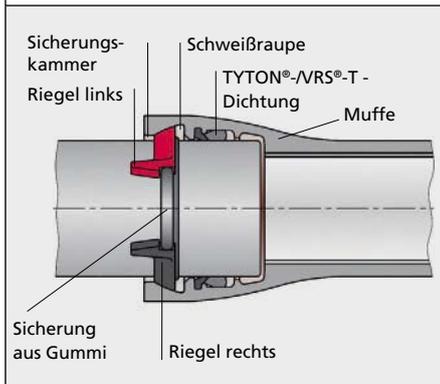
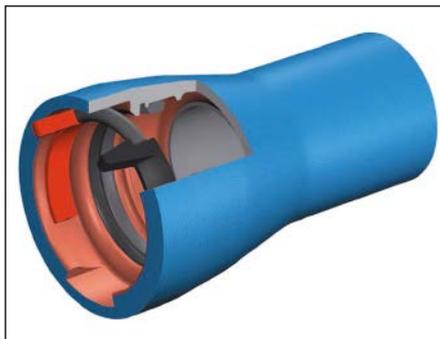
### System BLS® / VRS®-T

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

- „Dichtheit herstellen“ und
- „Verriegeln“

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

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

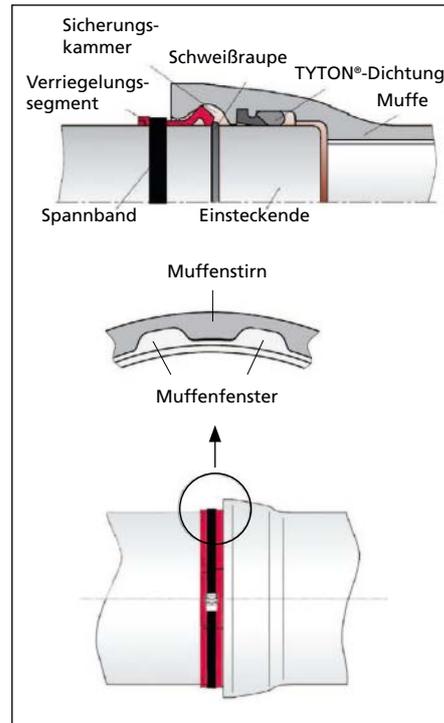


**Bild 9.8:**  
Längskraftschlüssige Steckmuffen-Verbindung BLS® / VRS®-T mit Riegeln (DN 80 bis 500)

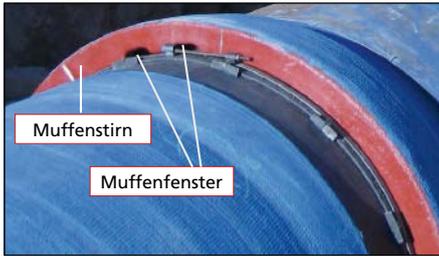


**Bild 9.9:**  
Anordnung der Riegel und der Sicherung aus Gummi in der BLS® / VRS®-T - Verbindung (DN 80 bis DN 500); Hochdruckriegel nur für DN 80 bis DN 250

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



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



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

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

### System BAIO®

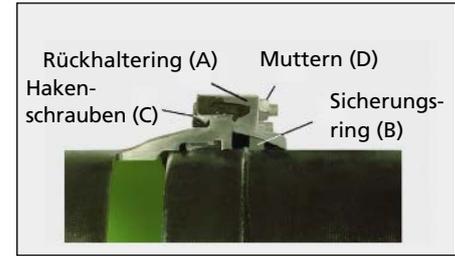
Das formschlüssige System BAIO® wird bei Formstücken und Armaturen eingesetzt. Die Einsteckenden tragen auf ihrer Außenfläche vier gleichmäßig über den Umfang angeordnete Nocken, während die Muffen eine Rückhaltekommer auf-



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

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

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



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

### System *Hydrotight*

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

### 9.4.2 Reibschlüssige Steckmuffen-Verbindung

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

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

**Tabelle 9.2:**

Übersicht der reibschlüssigen Steckmuffen-Verbindungen

### System BRS®

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



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

### System BLS®/VRS®-T mit Klemmring

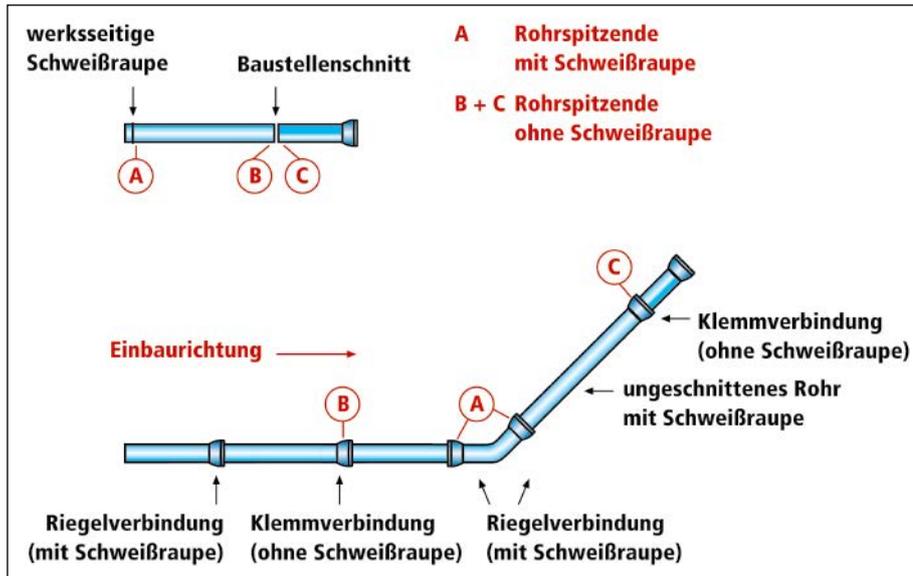
Mit diesem System kann der Auftrag von Schweißraupen an baustellenseitig gekürzten Rohren umgangen werden. Anstelle der Riegel werden zwei Klemmringhälften in die Einschuböffnungen an der Muffe eingeführt und mittels Schrauben auf dem Einsteckende verspannt (**Bild 9.15**).



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

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

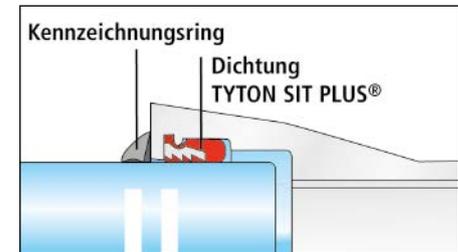
Bei grabenlosen Einbauverfahren sowie in Düker- und Brückenleitungen, in Steilhängen, Schutzrohren und Kollektoren sollte der Einsatz von Klemmringen vermieden werden.



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

### System TYTON SIT PLUS®

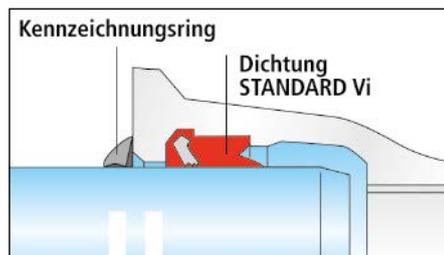
Mit der Einführung von TYTON SIT PLUS® (Bild 9.17) im Jahre 2003 wurde der Anwendungsbereich der reibschlüssigen Verbindung Tyton SIT® erweitert und diese durch TYTON SIT PLUS® ersetzt.



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

### System STANDARD Vi

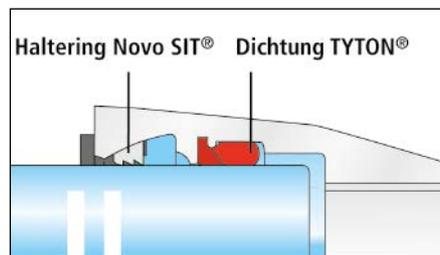
Das System STANDARD Vi (**Bild 9.18**) arbeitet nach einem ähnlichen Prinzip: In die STANDARD-Dichtung sind Edelstahl-Segmente mit gehärteten und scharf geschliffenen Zähnen einvulkanisiert. Sie greifen in die Oberfläche des Einsteckendes ein und übertragen somit die Längskräfte.



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

### System Novo SIT®

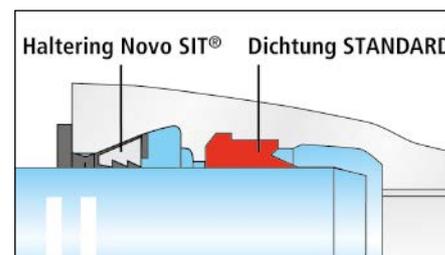
Die Muffe besitzt eine vorgegossene Haltekammer. Im Vergleich zur TYTON SIT PLUS® sind die Dicht- und Haltefunktionen voneinander getrennt. Durch die Konstruktion des Ringes liegt dieser beim Einschieben des Einsteckendes immer innen an der Sicherungskammer an, sodass sich geringe Reckwege ergeben. (**Bild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



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

### System UNIVERSAL Vi

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



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

### System BAIO-SIT und Hawle-STOP

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

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

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



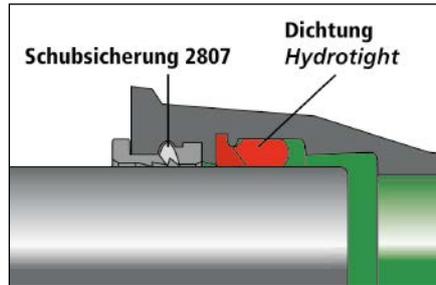
**Bild 9.21:**  
Reibschlüssige Steckmuffen-Verbindung  
BAIO-SIT



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



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



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



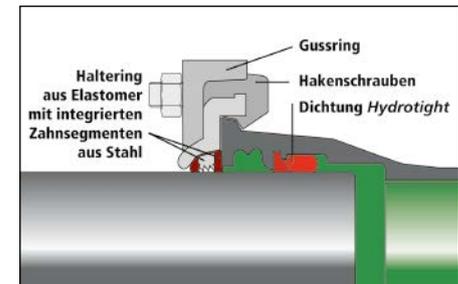
**Bild 9.25:**  
Reibschlüssige Verbindung *Hydrotight*  
außenliegend

### System *Hydrotight* innenliegend (Doppelkammermuffe)

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

### System *Hydrotight* außenliegend

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



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

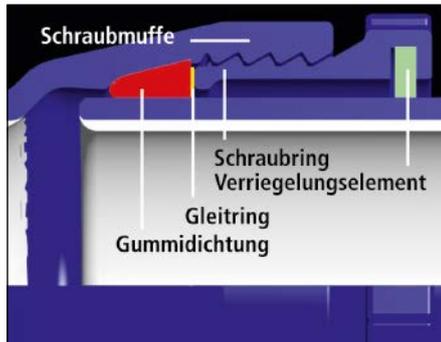
### 9.4.3 Reibschlüssige Schraubmuffen-Verbindungen

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

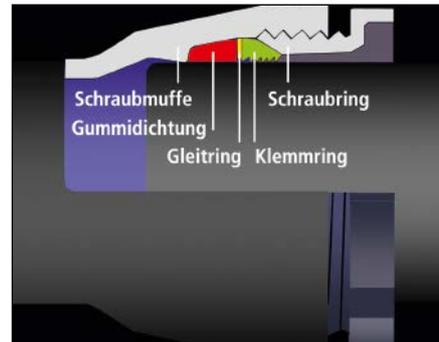
Bei der längskraftschlüssigen Schraubmuffen-Verbindung mit Verriegelungselementen hat der Schlüsselbund des Schraubringes entgegen der Einschraubdrehrichtung nach innen fallende tangentielle Einschubkanäle mit rechteckigem Querschnitt. Durch diese Einschubkanäle werden verzahnte Keile eingetrieben, die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

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

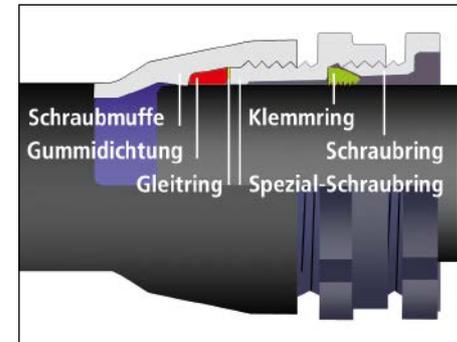
Die **Tabelle 9.3** gibt einen Überblick über die reibschlüssigen Konstruktionen für Schraubmuffen-Verbindungen, die Anwendungsbereiche, die Betriebsdrücke und zulässigen Abwinkelungen.



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



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



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

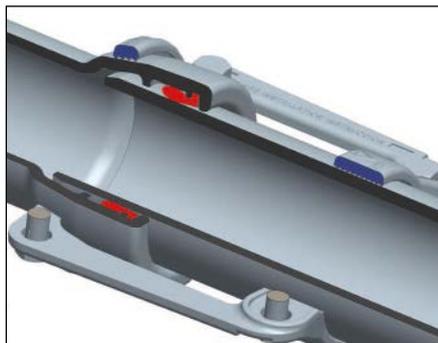
**Tabelle 9.3:**  
Einsatzbereich und Abwinkelbarkeit reibschlüssiger Schraubmuffen-Verbindungen

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

#### 9.4.4 Klemmschellen für nachträgliche Montage

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

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



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

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

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

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

## 9.5 Typprüfungen

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

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

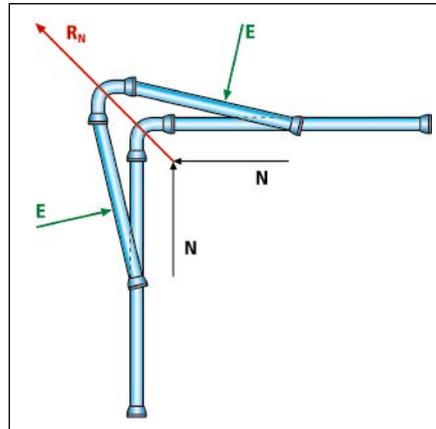
## 9.6 Ermittlung der auftretenden Kräfte und der zu sichernden Rohrlängen

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

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

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

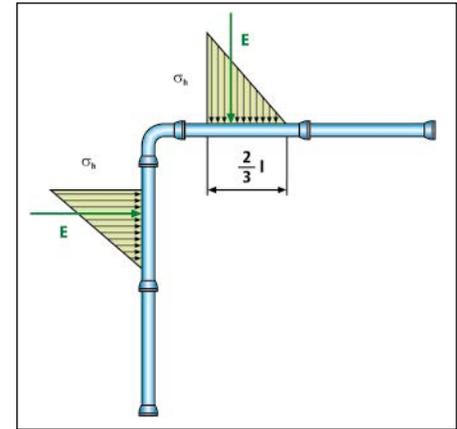
Der Boden verformt sich und der Bogen verschiebt sich in Richtung der Resultierenden  $R_N$ .



**Bild 9.31:**

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

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



**Bild 9.32:**

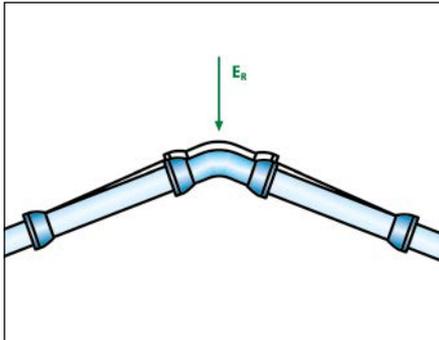
Aktivierter Erdwiderstand  $E$

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

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

**Praxistipp:**

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

**Bild 9.33:**

Verschiebung des Formstückes vorgegogenommen – negative Abwinkelung im Bereich des Bogens

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

**Reibungskraft aus der Erdlast an der Rohroberseite**

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

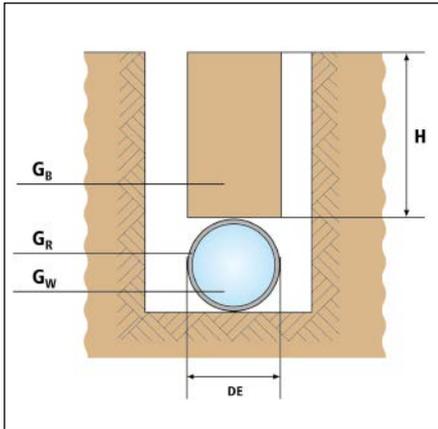
$$R_1 = \mu \cdot G_B = \mu \cdot DE \cdot H \cdot \gamma_B \quad [\text{kN/m}] \quad (9.5)$$

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

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

**Bild 9.34:**

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



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

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

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

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

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

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

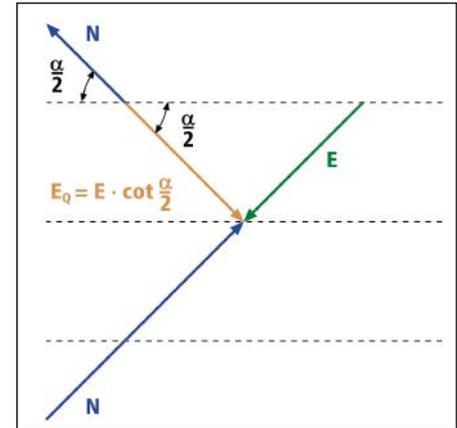
### Reibungskräfte aus dem Erdwiderstand

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

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

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

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



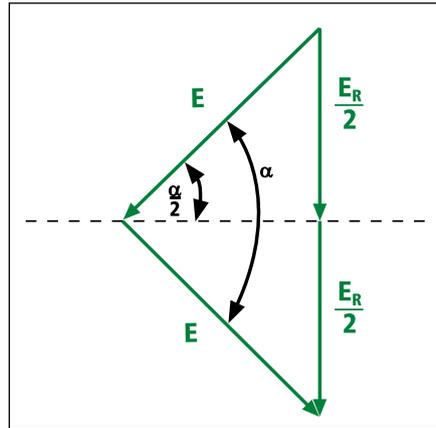
**Bild 9.36:**  
Ermittlung der Querkraft aus dem Erdwiderstand  $E$

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

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

### Gleichgewicht der Kräfte am Bogen

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

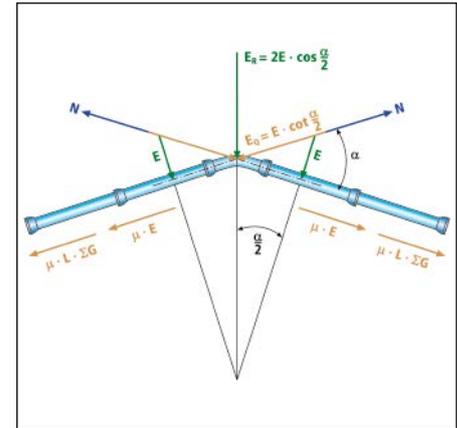


**Bild 9.37:**  
Ermittlung des resultierenden Erdwiderstandes  $E_R$  am Bogen

$$\cos \frac{\alpha}{2} = \frac{E_R}{E} \quad (9.13)$$

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

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



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

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

$$\sum G = 2 \cdot G_B + G_W + G_R [kN/m] \quad (9.17)$$

Hieraus ergibt sich die zu sichernde Rohrleitungslänge  $L$ .

Unter Berücksichtigung einer Rohrlänge von 6 m und den Werten

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

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

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

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

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

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

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

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

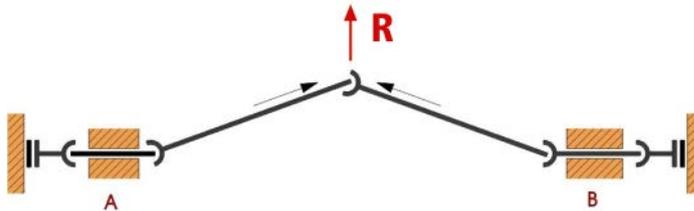
Bei Richtungsänderungen in der vertikalen Ebene wirkt die resultierende Kraft am sogenannten Luftbogen nach außen. Dadurch können die Gewichtskräfte  $G_w$  und  $G_R$  in Gleichung 9.17 gegen Null gehen.

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

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

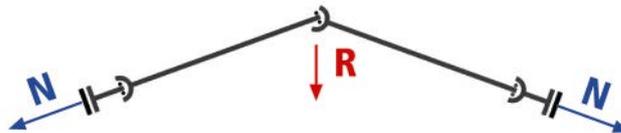
Oft liegen einzelne Muffen-Verbindungen nach dem Einbau in einem ungereckten Zustand vor, der eine Reckung vor dem Anschluss der Leitungsenden an Fixpunkte (z. B. Bauwerke, eingerdete Leitungen) erforderlich macht (**Bild 9.39**). Die Reckwege der einzelnen längskraftschlüssigen Verbindungssysteme betragen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

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



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

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



Reckung der gesamten Leitung möglich –

kein Ausbruch der Rohrleitung an den Muffen-Verbindungen;

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

**Bild 9.39:**

Auswirkungen von Reckwegen in längkraftschlüssigen Rohrleitungen

## 9.7 Einbaubeispiele

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

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

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



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

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



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

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



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

**Bild 9.43:**

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

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

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

**Bild 9.44:**

Sanierung eines Schieberkreuzes mit längskraftschlüssigen Verbindungen BAIO®

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

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

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

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

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



**Bild 9.45:**  
Turbinenleitung DN 400

## 9.8 Formelzeichen

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

Rohraußendurchmesser

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

Rohrinnendurchmesser

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

Mindestwanddicke des gewählten Rohrtypes

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

Erdwiderstand

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

Resultierender Erdwiderstand in der Winkelhalbierenden

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

Querkraft aus dem Erdwiderstand

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

Gewicht des Bodens über dem Rohr

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

Gewichtskraft des Rohres

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

Gewichtskraft der Wasserfüllung

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

Erdüberdeckung über dem Rohr

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

Rohrlänge

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

zu sichernde Rohrlänge

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

Axialkraft aus Innendruck

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

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

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

resultierende Kraft aus dem Innendruck

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

Reibungskraft aus der Erdlast an der Rohroberseite

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

Reibungskraft aus Erdauflast, Wasserfüllung und Rohrgewicht an der Rohrunterseite

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

Reibungskraft aus dem Erdwiderstand

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

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

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

Winkel des Bogens

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

Wichte des Bodens

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

Wichte des Rohres

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

Wichte des Wassers

$$\mu$$

Reibungszahl zwischen Rohr und Boden

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

zulässige horizontale Bodenpressung

## 9.9 Literatur

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





# 10

## Mechanische Verbindungen – Großbereichs-Kupplungen und -Flanschadapter

- 10.1 Allgemeines
- 10.2 Aufbau und Wirkungsweise
- 10.3 Großbereichs-Kupplungen
- 10.4 Großbereichs-Flanschadapter
- 10.5 Dichtungsvorspannung
- 10.6 Bereiche von Rohraußendurchmessern
- 10.7 Zulässige Abwinkelbarkeit
- 10.8 Längskraftschlüssigkeit
- 10.9 Literatur

## 10 Mechanische Verbindungen – Großbereichs-Kupplungen und -Flanschadapter

Im Laufe der technischen Entwicklung haben sich bei den Rohrsystemen aller Werkstoffe eigene Verbindungstechniken etabliert, seien es Steckmuffen- oder Schweiß-Verbindungen. Ebenso gehören werkstoffspezifische Kupplungen zum Stand der Technik. Bei der Vielfalt von Werkstoffen in der Wasserwirtschaft ergibt sich jedoch häufig das Problem, Rohrleitungsteile aus unterschiedlichen Werkstoffen dauerhaft dicht miteinander zu verbinden. Dieser Aufgabe werden Kupplungen gerecht, die einen größeren Bereich von Rohrdurchmessern überbrücken können oder sogar in der Lage sind, unterschiedliche Verbindungssysteme einander anzupassen.

### 10.1 Allgemeines

Mechanische Verbindungen werden u. a. für Reparaturen, Werkstoffübergänge oder für den Anschluss an alte Rohrabmessungen verwendet bzw. für Anwendungen, bei denen die Montagekräfte gering gehalten werden müssen.

Bei mechanischen Verbindungen kann grundsätzlich zwischen spezifischen, wie z. B. Gibault-Kupplungen bzw. Großbereichs-Verbindungen nach EN 12842 [10.1] bzw. EN 14525 [10.2] unterschieden werden.

Mechanische Verbindungen können ohne hohe axiale Montagekräfte eingebaut werden, da die Dichtungen dem Einschieben des Rohres kaum Widerstand bieten, dafür müssen jedoch in einem weiteren Arbeitsgang die Schrauben angezogen werden. Zur Sicherstellung der erforderlichen Montagekräfte werden von den Herstellern in den Einbauanleitungen Schraubenanzugsmomente (**Tabelle 10.1**) vorgegeben. Diese sind oft als Bereich formuliert, da sie von den Abmessungen des montierten Rohres beeinflusst werden.

**Tabelle 10.1:**

Schraubenanzugsmomente  
(Beispiel: MEGA-Flex Verbindungen)

Nennweite	Schraubenanzugsmomente in Nm
bis DN 80	55 – 65
ab DN 100	95 – 120

### 10.2 Aufbau und Wirkungsweise

Kennzeichnend für mechanische Verbindungen ist die Abdichtung zwischen Muffeninnen- und Rohraußenfläche mittels mechanischer Verpressung des Dichtelements. Meist wird mit axial angeordneten Schrauben-Verbindungen ein Druckring an den Kupplungs- oder Flanschadapterkörper herangezogen. Dabei wird die axiale Dichtungs-Bewegung über konische Führungsflächen radial auf die Rohroberfläche umgelenkt. Prinzipiell handelt es sich bei diesen Ausführungen daher um Weiterentwicklungen der Stopfbuchsenmuffen-Verbindung nach DIN 28602 [10.3].

### 10.3 Großbereichs-Kupplungen

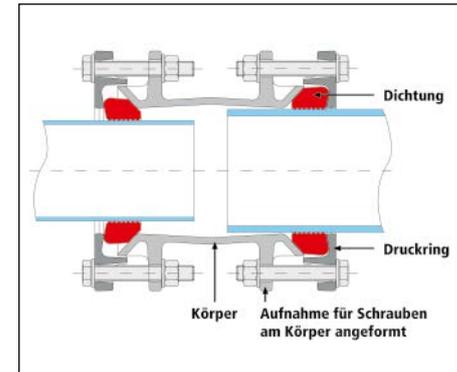
Großbereichs-Kupplungen (**Bild 10.1** und **Bild 10.2**) verbinden zwei glatte Rohrenden mit jeweils einer mechanischen Verbindung pro Rohr.

Durch die Abwinkelbarkeit in den beiden Muffen können Kupplungen auch begrenzt Rohrversatz ausgleichen. Der zulässige axiale Spalt zwischen den Rohren ergibt sich durch die jeweils erforderliche Mindesteinstecktiefe der mechanischen Verbindungen und der Baulänge der Kupplungen.

Mindestwerte für den zulässigen Verbindungsspalt sind in EN 14525 [10.2] definiert für Großbereichs-Verbindungen in den Nennweiten DN 50 bis DN 600 (**Tabelle 10.2**).



**Bild 10.1:**  
Flexible Großbereichs-Kupplung



**Bild 10.2:**  
Schnittdarstellung einer montierten Großbereichs-Kupplung

**Tabelle 10.2:**  
Mindestwerte für den zulässigen Verbindungsspalt nach EN 14525 [10.2] für Großbereichs-Verbindungen

Größe(r) AD oder DN für die Verbindung		Verbindungsspalt (mm)	
AD (mm)	DN	Kupplung	Flanschadapter
AD ≤ 110	DN 100	20	15
110 < AD ≤ 225	100 < DN ≤ 200	25	20
225 < AD ≤ 315	200 < DN ≤ 300	35	30
315 < AD ≤ 400	300 < DN ≤ 400	55	40
400 < AD ≤ 630	400 < DN ≤ 600	70	50

### 10.3.1 Durchgehende Schrauben (einfach)

Es gibt Ausführungen von Kupplungen und Flanschadaptern, bei denen die Schrauben entweder die gegenüberliegenden Druckringe direkt gegeneinander, bzw. den Druckring gegen den Flansch ziehen (**Bilder 10.3**), der Kuppelungskörper ist dazwischen schwimmend eingespannt. Die Kupplungs- und Flanschadapter-Körper können hierbei einfach ausgeführt werden, jedoch wirkt bei Kupplungen in beiden Verbindungen dieselbe Vorspannkraft, d. h. eine individuelle Einstellung ist nicht möglich.

Die Verkürzung der Abstände der Pressringe bewirkt eine Verlängerung des Schraubenüberstands in der Mutter. Bei Kupplungen dieser Ausführung summiert sich diese Längenänderung von beiden Muffen auf die Schrauben auf, d. h. es können u. U. keine Stecknüsse mit Standard-Tiefe verwendet werden. Für den Einsatz von Drehmomentschlüsseln zur Überwachung der Herstellervorgabe sind somit ggf. verlängerte Stecknüsse mit größerer Einstecktiefe erforderlich.



**Bild 10.3:**  
Durchgehende Schrauben: Der Druckring wird direkt gegen den Flansch gezogen.

### 10.3.2 Schraubenbefestigung am Körper (doppelt)

Um die erforderliche Schraubenlänge reduzieren zu können und die gegenüberliegenden Verbindungen nacheinander und ggf. mit unterschiedlichen Montagekräften herstellen zu können, gibt es alternativ Systeme mit doppelter Verschraubung (**Bild 10.4**). Bei diesen Ausführungen erhält jede Verbindung



**Bild 10.4:**  
Großbereichs-Kupplung für Materialübergänge (links: Faserzementrohr, rechts: PE-Rohr) mit Schraubenbefestigung am Körper

einen eigenen Satz Verschraubungen, welche in Aufnahmen befestigt werden (**Bild 10.2**), die am Kupplungs-Körper angeformt sind.

Die Verlängerung des Schraubenüberstands resultiert hier nur aus der Verkürzung der mechanischen Verbindung einer einzigen Kupplungsseite, zudem kann der Anpressdruck der Dichtungen gezielt auf das jeweils angeschlossene Rohr abgestimmt werden (**Bild 10.4**).

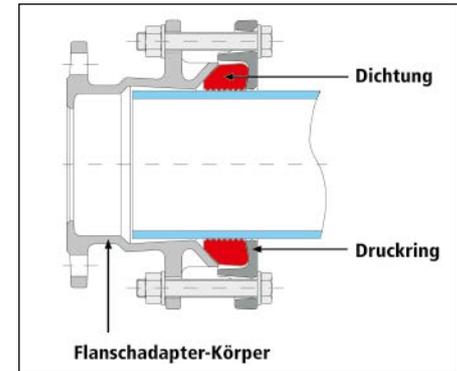
## 10.4 Großbereichs-Flanschadapter

Großbereichs-Flanschadapter (**Bild 10.5** und **Bild 10.6**) ermöglichen den Anschluss von glatten Rohrenden an Flansche und sind daher auf der Rohrseite mit einer mechanischen Verbindung und auf der Gegenseite mit einem Flansch nach EN 1092-2 [10.4] ausgestattet.

Es gibt Flanschadapter, welche komplett auf die anzuschließenden Rohre aufgeschoben werden können, dadurch wird jedoch ggf. die Flanschdichtung aufgrund des erweiterten Innendurchmessers am Flansch nicht vollflächig abgedeckt.



**Bild 10.5:**  
Flexibler Großbereichs-Flanschadapter



**Bild 10.6:**  
Schnittdarstellung eines montierten  
Großbereichs-Flanschadapters

## 10.5 Dichtungsvorspannung

Mechanische Verbindungen zeigen nicht den von TYTON®-Gummidichtungen in Verbindung mit der Muffengeometrie bekannten Effekt der selbstverstärkenden Dichtwirkung mit steigendem Innendruck. Daher muss der Anpressdruck des Dichtsystems bei den Großbereichs-Kupplungen und -Flanschadaptern die langfristige Relaxation des Elastomers bereits bei der Montage berücksichtigen, d. h. es sind für eine dauerhaft zuverlässige Funktion erhöhte Schraubenanzugs-

momente erforderlich, selbst wenn bereits erheblich geringere Werte zur kurzfristigen Abdichtung führen.

Die Hersteller verweisen hierzu in ihren Unterlagen auf eindeutige Vorgaben, deren Einhaltung durch Verwendung geeigneter Werkzeuge (Drehmomentschlüssel) sicherzustellen ist (**Tabelle 10.1**).

## 10.6 Bereiche von Rohraußendurchmessern

Spezifische mechanische Verbindungen, wie z. B. Gibault-Kupplungen sind auf einen relativ engen Bereich von Rohraußendurchmessern ausgelegt und somit oft nur für einen einzigen Rohrtyp anwendbar.

Großbereichs-Kupplungen (**Bild 10.4**) und -Flanschadapter sind bis DN 600 nach EN 14525 [10.2] auf definierte Mindest-Spannbereiche je Nennweite ausgelegt (**Tabelle 10.3**).

**Tabelle 10.3:**

Mindest-Spannbereiche nach EN 14525 [10.2] für Großbereichs-Kupplungen und -Flanschadapter

Größe(r) AD oder DN für die Verbindung		Mindest-Spannbereich
AD (mm)	DN	(mm)
AD ≤ 110	DN ≤ 100	10
110 < AD ≤ 225	100 < DN ≤ 200	15
225 < AD ≤ 315	200 < DN ≤ 300	20
315 < AD ≤ 400	300 < DN ≤ 400	25
400 < AD ≤ 630	400 < DN ≤ 600	30

## 10.7 Zulässige Abwinkelbarkeit

Der in EN 14525 [10.2] definierte Mindestwert der Abwinkelbarkeit bezieht sich auf den gesamten Bereich der jeweiligen Großbereichs-Verbindung. Die Körper von Großbereichs-Kupplungen und -Flanschadaptern müssen für eine Auswinkelung von mindestens  $3^\circ$  bei Rohren mit maximal zulässigem Außendurchmesser ausgeführt sein, daher finden Rohre mit kleineren Außendurchmessern in dem Körper der Großbereichs-Kupplung bzw. des -Flanschadapters erheblich mehr Platz für eine Abwinkelung. Daher ist ggf. eine bauseitige Begrenzung der möglichen Abwinkelung erforderlich, um die volle Abdichtleistung der Verbindung zu erhalten, welche mit zunehmender Überschreitung der Herstellervorgabe sinkt.

Ein Seiten-, Höhen- oder Winkel-Versatz zwischen zu verbindenden Rohrenden kann von einer Großbereichs-Kupplung in den Grenzen der zulässigen Abwin-

kelung mit beiden Muffen ausgeglichen werden. Großbereichs-Kupplungen passen sich dem Versatz „schwimmend“ an, sofern keine zusätzliche Abstützung erfolgt.

Hierbei ist zu beachten, dass bei Verbindungen von Rohren mit extrem unterschiedlichen Außendurchmessern die Verbindung auf dem kleineren Rohr aufgrund des Platzangebots im Körper sowie auch wegen der geringeren Überdeckung der Verbindungselemente erfahrungsgemäß zu erheblich stärkerer Auswinkelung neigt.

## 10.8 Längskraftschlüssigkeit

In den meisten Anwendungsfällen sind unabhängig von der Bauart flexible Verbindungen, wie z. B. MEGA-Flex ausreichend.

Bei nicht längskraftschlüssigen Druckrohrsystemen werden Widerlager, in Deutschland berechnet nach dem DVGW-Arbeitsblatt GW 310 [10.5], eingebaut. Längskraftschlüssige Druckrohrsysteme erfordern keine Widerlager. Die Anzahl von längskraftschlüssigen Rohrverbindungen errechnet sich in Deutschland nach dem DVGW-Arbeitsblatt GW 368 [10.6].

Rohrwerkstoffe, wie z. B. PE, können bei großen Temperaturänderungen hohe Dilatationen je nach Einbau- und Betriebsbedingungen aufweisen. Diese Längenänderungen können in einem Rohrsystem, ggf. auch ohne Schubkräfte aus dem Innendruck, längskraftschlüssige Verbindungen im Rohrsystem erforderlich machen.

Zugfeste Ausführungen von Großbereichs-Verbindungen können je nach Aufbau in integrierte und autarke Systeme unterschieden werden.

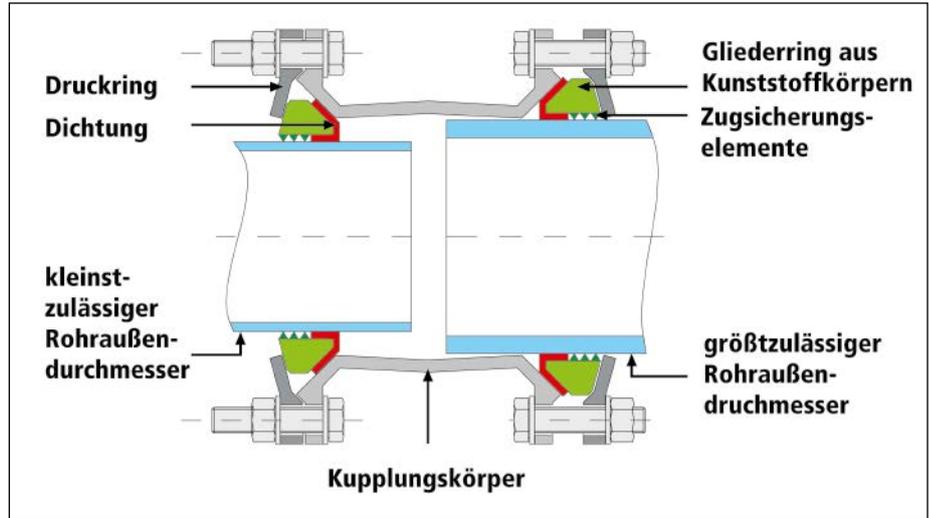


**Bild 10.7:**  
Übergangsstück BAIO® - MultiJoint®

### 10.8.1 Integrierte Zugsicherung

Bei dieser kompakten Bauform (**Bilder 10.7 und 10.8**) werden Dichtung und Zugsicherung in einem einzigen Arbeitsgang verpresst.

Hierbei wird die Montagekraft von der Zugsicherungseinheit auf den Dichtungskörper weitergegeben. Durch zueinander verschiebbare Kunststoffkörper wird der Spalt zwischen Muffe und Rohrober-



**Bild 10.8:**  
Kupplung mit mechanischer Verbindung und integrierter Zugsicherung (doppelte Verschraubung)

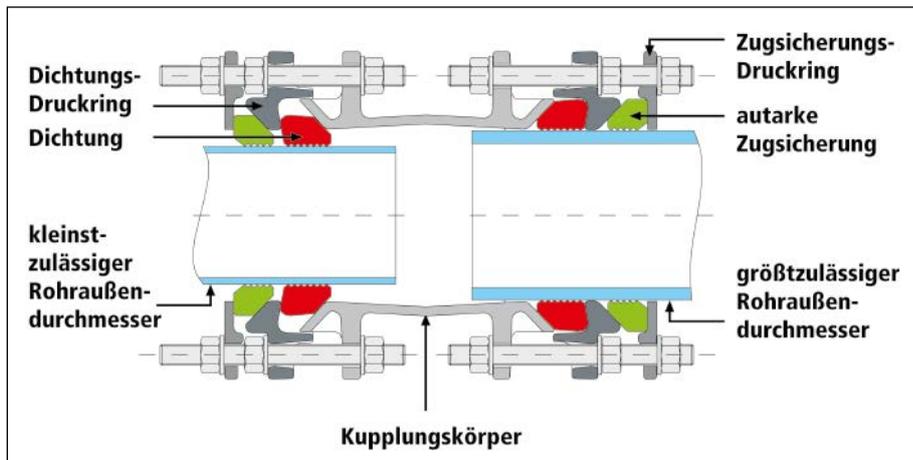
fläche abgedeckt, die Abmessungen von Dichtung und Zugsicherungselementen können auf das erforderliche Minimum reduziert werden.

### 10.8.2 Autarke Zugsicherung

Bei autarken Systemen (**Bild 10.9**) arbeiten Dichtung und Zugsicherung unabhängig voneinander. Bei der Montage wird zuerst die Dichtung auf dem zu verbindenden Rohr verpresst, anschließend kann die Zugsicherung unabhängig von der Anpresskraft der Dichtung mit den jeweils erforderlichen Montagekräften auf das Rohr einwirken.

Da bei diesen Ausführungen der Spalt zwischen Dichtungs-Druckring und Rohr ausschließlich von der Gummidichtung abgedeckt werden muss, sind diese Ausführungen mit sehr großvolumigen Gummidichtungen bestückt.

Diese Bauart ist weniger kompakt und erfordert höheren Montageaufwand, bietet jedoch bei sorgfältiger Handhabung optimale Einstellbedingungen für die jeweilige Anwendung.



**Bild 10.9:**

Kupplung mit mechanischer Verbindung und autarker Zugsicherung

## 10.9 Literatur

- [10.1] EN 12842  
Ductile iron fittings for PVC-U or PE piping systems – Requirements and test methods [Duktile Gussformstücke für PVC-U- oder PE-Rohrleitungssysteme – Anforderungen und Prüfverfahren]  
2000
- [10.2] EN 14525  
Ductile iron wide tolerance couplings and flange adaptors for use with pipes of different materials: Ductile iron, grey iron, steel, PVC-U, PE, fibre-cement [Großbereichskupplungen und -flanschadapter aus duktilem Gusseisen zur Verbindung von Rohren aus unterschiedlichen Werkstoffen: Duktile Gusseisen, Grauguss, Stahl, PVC-U, PE, Faserzement]  
2004
- [10.3] DIN 28602  
Rohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen – Stopfbuchsenmuffen-Verbindungen – Zusammenstellung, Muffen, Stopfbuchsenring, Dichtung, Hammerschrauben und Muttern] [Ductile iron pipes and fittings – Bolted gland joints – Assembly, sockets, counter ring, sealing ring, bolts and nuts]  
2000-05
- [10.4] EN 1092-2  
Flanges and their joints – Circular flanges for pipes, valves, fittings and accessories, PN designated – Part 2: Cast iron flanges [Flansche und ihre Verbindungen – Runde Flansche für Rohre, Armaturen, Formstücke und Zubehörteile, nach PN bezeichnet – Teil 2: Gußeisenflansche]  
1997
- [10.5] DVGW-Arbeitsblatt GW 310  
Widerlager aus Beton – Bemessungsgrundlagen [DVGW worksheet GW 310 Concrete thrust blocks – Principles of sizing]  
2008-01
- [10.6] DVGW-Arbeitsblatt GW 368  
Längskraftschlüssige Muffenverbindungen für Rohre, Formstücke und Armaturen aus duktilem Gusseisen oder Stahl [DVGW worksheet GW 368 Restrained socket joints for ductile iron and steel pipes, fittings and valves]  
2002-06



# 11

## Sicherung durch Betonwiderlager

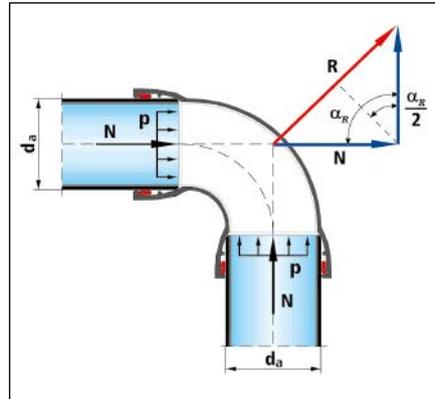
- 11.1 Ermittlung der Anlagefläche  $A_G$  eines Betonwiderlagers
- 11.2 Berechnungsbeispiel für ein Betonwiderlager mit quadratischer Anlagefläche  $A_G$  und der Widerlagerlänge  $l$
- 11.3 Berechnung der Übertragungsfläche zwischen Beton und Formstückaußenfläche
- 11.4 Formelzeichen

## 11 Sicherung durch Betonwiderlager

Rohrsysteme mit Steckmuffen-Verbindungen sind üblicherweise nicht längskraftschlüssig ausgeführt. Aus dem Innendruck resultieren an Richtungs-, Querschnittsänderungen und Endverschlüssen sowie an Abzweigen Kräfte, die in den Baugrund eingeleitet werden müssen. Das vorliegende Kapitel befasst sich mit der Bemessung und Ausführung der Betonwiderlager zur Sicherung von nicht längskraftschlüssigen Rohrsystemen auf Grundlage des DVGW-Arbeitsblattes GW 310, „Widerlager aus Beton; Bemessungsgrundlagen“, Januar 2008.

### 11.1 Ermittlung der Anlagefläche $A_G$ eines Betonwiderlagers

Es sei noch einmal an das Prinzip aus **Kapitel 9** erinnert, wonach an einem Bogen aus dem Wasserinnendruck Kräfte entstehen, die mit den Widerstandskräften des Bodens im Gleichgewicht stehen müssen (**Bild 11.1**).



**Bild 11.1:**  
Resultierende Kraft  $R$  aus  
Prüfdruck  $STP$  am Bogen

Diese Kräfte hängen vom Durchmesser der Rohrleitung, der Art des Formstückes bzw. dem Winkel des Bogens und dem Prüfdruck  $STP$  ab. Dabei errechnet sich die resultierende Kraft  $R$  [kN] nach Gleichung 11.4:

$$N = STP \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_a^2 \quad (11.1)$$

$$R = N \cdot a \quad (11.2)$$

$$a = 2 \cdot \sin \frac{\alpha_R}{2} \quad (11.3)$$

$$R = STP \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_a^2 \cdot 2 \cdot \sin \frac{\alpha_R}{2} \quad (11.4)$$

Für eine einfachere Berechnung entsprechend Gleichung 11.2 ist in der **Tabelle 11.1** der Koeffizient  $a$  als Funktion des Winkels typischer Druckformstücke aus duktilem Gusseisen aufgeführt, wobei für Endverschlüsse und Abzweige der Koeffizient

$$a_1 = \frac{a}{2} \quad \text{ist.}$$

**Tabelle 11.1:**Koeffizient  $a$  ( $a_i$ ) als Funktion der Formstückart

$\alpha_R$	11°	22°	30°	45°	90°	180° Endverschluss und Abzweig ( $R = N \cdot a_i$ )	$a = 2 \cdot \sin \frac{\alpha_R}{2}$
$a$ ( $a_i$ )	0,2	0,4	0,5	0,8	1,4	(1,0)	

Die Größe der Anlagefläche  $A_G$  des Widerlagers am gewachsenen Erdboden ist dann

$$A_G = \frac{R}{\sigma_{h,w}} \quad (11.5)$$

$\sigma_{h,w}$  ist die horizontale Bodenpressung für Widerlager in der vertikalen Widerlagerdruckfläche.

In **Bild 11.2** sind die horizontalen Bodenpressungen  $\sigma_{h,w}$  über der Gründungstiefe  $h$  für verschiedene nichtbindige Bodenarten und bindige Bodenschichten aufgetragen.

**Bild 11.2:**

Horizontale Bodenpressung  $\sigma_{h,w}$  [kN/m<sup>2</sup>] verschiedener Boden-  
gruppen in Abhängigkeit von  
der Gründungstiefe oberhalb des  
Grundwassers zur Bemessung von  
Widerlagern mit quadratischer  
Druckfläche

$$\frac{h_G}{b_G} = 1$$

**Nichtbindige Bodenarten:**

NB1: Naturschotter scharfkantig; Kies ohne Sand; Sand dicht gelagert

NB2: sandiger Kies oder Sand mitteldicht gelagert

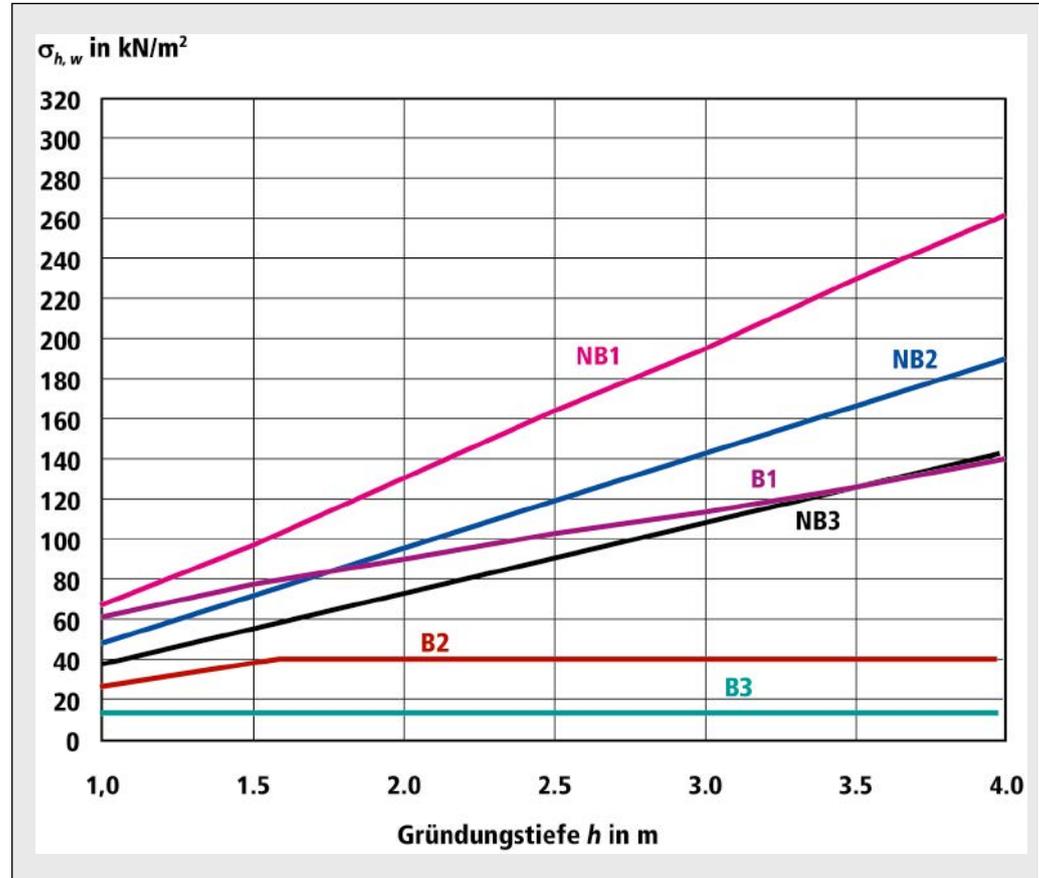
NB3: sandiger Kies oder Sand, locker gelagert

**Bindige Bodenschichten:**

B1: Geschiebemergel, fest, Lehm oder Ton, mindestens halb-fest (nicht knetbar)

B2: Lehm, Schluff oder Ton, mindestens steif (schwer knetbar)

B3: Lehm, Schluff oder Ton, mindestens weich (leicht knetbar)



## 11.2 Berechnungsbeispiel für ein Betonwiderlager mit quadratischer Anlagefläche $A_G$ und der Widerlagerlänge $l$

In den **Bildern 11.3 und 11.4** ist die prinzipielle Ausbildung der Widerlager an den entsprechenden Formstücken zu erkennen. Für die beispielhafte Bemessung eines Betonwiderlagers in einem einfachen Regelfall werden folgende Vorgaben als Rechenbasis angenommen:

### Druckleitung DN 300

Betriebsdruck:

$$\text{MDP} = 16 \text{ bar}$$

Rohraußendurchmesser:

$$d_a = 0,33 \text{ m}$$

Bogenwinkel:

$$\alpha_R = 30^\circ$$

Prüfdruck:

$$\text{STP} = 21 \text{ bar ( } 2100 \text{ kN/m}^2 \text{ )}$$

Bodenart:

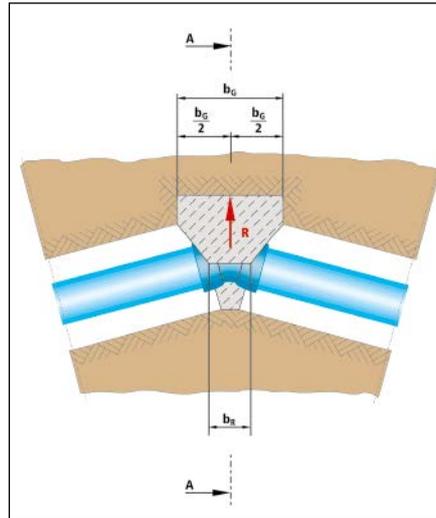
NB2 (Sand, mitteldicht gelagert)

Grundwasser:

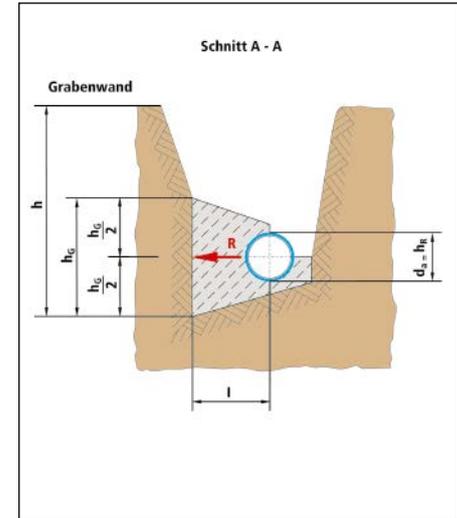
nicht vorhanden

Gründungstiefe:

$$h = 1,5 \text{ m}$$



**Bild 11.3:**  
Abmessungen eines Betonwiderlagers  
am Bogen (Grundriss)



**Bild 11.4:**  
Abmessungen eines Betonwiderlagers am  
Bogen (Schnitt A - A)

Mit diesen Größen wird im ersten Schritt die Resultierende  $R$  entsprechend Gleichung 11.4 mit

$$R = 87,6 \text{ kN}$$

ermittelt. Der zweite Schritt gilt der Ermittlung der horizontalen Bodenpressung  $\sigma_{h,w}$  für das gewählte Rechenbeispiel. Aus Bild 9.2 ergibt sich

$$\sigma_{h,w} = 72 \text{ kN/m}^2$$

Aus der Gleichung 11.5 lässt sich jetzt die Druckfläche  $A_G$  des Betonwiderlagers an der Grabenwand ermitteln

$$A_G = \frac{87,6}{72} = 1,22 \text{ m}^2$$

Für eine quadratische Anlagefläche gilt

$$A_G = b_G \cdot h_G \quad (11.6)$$

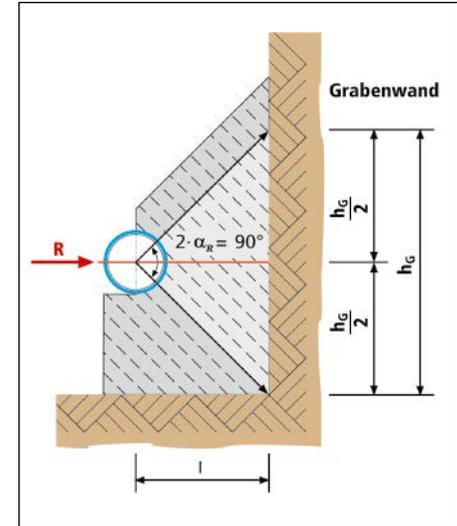
Die Seitenlänge  $b_G = h_G$  ist dann 1,1 m.

Üblicherweise wird für die Kraftausbreitung im Betonwiderlager ein Winkel von  $2 \cdot \alpha_K = 90^\circ$  angesetzt (**Bild 11.5**), woraus sich eine Widerlagerlänge  $l$  (Tiefe des Widerlagers) nach Gleichung 11.7 von

$$l = \frac{\frac{h_G}{2}}{\tan \alpha_K} \quad (11.7)$$

$$l = \frac{\frac{1,10}{2}}{1} = 0,55 \text{ m}$$

ergibt.



**Bild 11.5:**  
Kraftausbreitung im Betonwiderlager;  
Kraftaufnahme durch die Grabenwand

### 11.3 Berechnung der Übertragungsfläche zwischen Beton und Formstückaußenfläche

Betonwiderlager werden im Allgemeinen aus unbewehrtem Beton der Druckfestigkeitsklasse C 20/25 hergestellt; mit Rücksicht auf die zeitlichen Erfordernisse des Bauablaufs können jedoch meist nur drei Tage Abbindezeit in Kauf genommen werden, sodass mit einer Betonfestigkeit  $\sigma_{c,k}$  zum Zeitpunkt der Druckprüfung von  $\sigma_{c,k} = 2 \text{ N/mm}^2$  ( $2000 \text{ kN/m}^2$ ) zu rechnen ist. Die Kraftübertragungsfläche  $A_R$  ist

$$A_R = d_a \cdot b_R = \frac{R}{\sigma_{c,k}} \quad (11.8)$$

$$d_a = 326 \text{ mm} = 0,33 \text{ m}$$

$$b_R = \frac{87,6}{2000 \cdot 0,33} = 0,13 \text{ m}$$

Die Kontaktfläche zwischen Formstück und Widerlager ist  $0,13 \text{ m}$  breit ( $b_R$ ) und geht über den ganzen Durchmesser des Formstücks ( $d_a$ ).

Für die erforderliche Standsicherheit muss ein Widerlager symmetrisch zur Rohrleitung gebaut werden. Die Anlagefläche an der gewachsenen Grabenwand soll eben und rechtwinklig zur Resultierenden  $R$  liegen. Bei Unsicherheit in der Beurteilung des Bodens soll ein Bodengutachter herangezogen werden.

Die Website der European Association for Ductile Iron Pipe Systems · EADIPS®/ Fachgemeinschaft Guss-Rohrsysteme (FGR®) e. V., [www.eadips.org](http://www.eadips.org), hält ein online-Rechenprogramm bereit, welches nach Eingabe der erforderlichen Eingangsdaten die Widerlagerabmessungen anzeigt und ausdrucken lässt. Dieses „online-Rechentool“ sollte nur bei Bemessung einfacher Regelfälle angewendet werden. Grundsätzlich ist das DVGW Arbeitsblatt GW 310, Ausgabe Januar 2008, maßgebend.

### 11.4 Formelzeichen

$a$  [ - ]  
Koeffizient als Funktion der Formstückart

$a_i$  [ - ]  
Koeffizient als Funktion bei Endverschlüssen und Abzweigen ( $\alpha_R = 180^\circ$ )

$A_G$  [m<sup>2</sup>]  
Druckfläche des Betonwiderlagers an der Grabenwand

$A_R$  [m<sup>2</sup>]  
Kraftübertragungsfläche am Rohrleitungsteil

$b_G$  [m]  
Breite des Betonwiderlagers an der Grabenwand

$b_R$  [m]  
Breite der Kraftübertragungsfläche am Rohrleitungsteil

$d_a$  [m]  
Rohraußendurchmesser (entspricht OD, Einheit hier jedoch in m)

$h$ [m] Gründungstiefe des Betonwiderlagers	$R$ [kN] Resultierende aller wirkenden Kräfte, allgemein
$h_G$ [m] Höhe des Betonwiderlagers an der Grabenwand	$STP$ [bar] Systemprüfdruck ( <b>S</b> ystem <b>T</b> est <b>P</b> ressure)
$h_R$ [m] Höhe der Kraftübertragungsfläche am Rohrleitungsteil	$\alpha_K$ [°] halber Kraftausbreitungswinkel
$l$ [m] Widerlagerlänge	$\alpha_R$ [°] Winkel der Richtungsänderung der Rohrleitung (Bogenwinkel)
$MDP$ [bar] Höchster Systembetriebsdruck ( <b>M</b> aximum <b>D</b> esign <b>P</b> ressure)	$\sigma_{c,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ] charakteristische Betondruckspannung (3-Tage-Wert)
$N$ [kN] Längskraft (Normalkraft), allgemein	$\sigma_{h,w}$ [kN/m <sup>2</sup> ] Rechenwert der horizontalen Boden- pressung für Widerlager in der vertikalen Widerlagerdruckfläche
$OD$ [m] Rohraußendurchmesser ( <b>O</b> utside <b>D</b> iameter)	
$p$ [bar] Innendruck einer Rohrleitung (1 bar = 100 kN/m <sup>2</sup> )	



# 12

## Dauerhaftigkeit

- 12.1 Allgemeines
- 12.2 Korrosionsschutz-Maßnahmen, Grundlagen
- 12.3 Allgemeine Betrachtung von Korrosionsschutz-Maßnahmen bei Rohrleitungen aus duktilem Gusseisen
- 12.4 Dauerhaftigkeit von Beschichtungsstoffen
- 12.5 Dauerhaftigkeit von Dichtungen

## 12 Dauerhaftigkeit

Rohrleitungen aus duktilem Gusseisen sind dauerhaft. Die mechanischen Eigenschaften ändern sich während der gesamten Nutzungsdauer nicht, es findet keine Alterung statt. Wechselwirkungen mit den Umgebungsbedingungen werden durch geeignete und abgestimmte Schutzmaßnahmen vermieden. Die Schutzmaßnahmen bestehen aus einer geeigneten Umhüllung (Außenschutz) und einer geeigneten Auskleidung (Innenschutz). Der werkseitige Schutz kann durch baustellenseitige Maßnahmen ergänzt werden.

### 12.1 Allgemeines

Bei der Wahl eines Rohrleitungssystems aus einem bestimmten Werkstoff werden heute hauptsächlich folgende Kriterien herangezogen:

- Kosten des Systems und Verfügbarkeit am Markt,
- Kosten der Verarbeitung und des Einbaus,
- Kosten für Betrieb und Instandhaltung während der Nutzungsdauer,
- lange Nutzungsdauer infolge hoher Beständigkeit bzw. hoher mechanischer und chemischer Belastbarkeit,
- Wiederverwertbarkeit nach der Nutzungsphase.

Rohrleitungen sollen dauerhaft sein, d. h. sie dürfen während ihrer Nutzungsdauer ihre Funktionsfähigkeit nicht verlieren.

Die Dauerhaftigkeit von Werkstoffen hängt im Wesentlichen von ihrer chemischen Beständigkeit bzw. Korrosionsbeständigkeit und von ihrer Alterungsbeständigkeit ab.

Die mechanischen Eigenschaften von Rohrleitungen aus metallischen Werkstoffen bleiben über die gesamte Nutzungsphase unverändert. Dies bedeutet, dass die anfänglich vorhandenen Sicherheitsreserven gegenüber nicht vorhersehbaren Belastungsänderungen während des

Betriebs nicht aufgezehrt werden. Dies können z. B. Druckerhöhungen oder Änderungen der statischen Randbedingungen durch Straßenumbau sein.

In der Technischen Mitteilung des DVGW W 401, „Entscheidungshilfen für die Rehabilitation von Wasserrohrnetzen“ wird den hochwertig geschützten Rohren aus duktilem Gusseisen die größte Dauerhaftigkeit attestiert, nämlich mit durchschnittlich 120 Jahren die längste Nutzungsdauer aller Rohrwerkstoffe.

Die folgenden Abschnitte enthalten zunächst die zum Verständnis der Dauerhaftigkeit erforderlichen generellen Aussagen bezüglich Korrosion und Korrosionsschutz von erdüberdeckten Rohrleitungen aus nicht legierten Eisenwerkstoffen (**Abschnitte 12.2 und 12.3**).

**Abschnitt 12.3** behandelt die speziellen Korrosionsschutz-Maßnahmen von Rohrleitungen aus duktilem Gusseisen. Die Maßnahmen im einzelnen sind in den **Kapiteln 14 und 15** eingehend beschrieben.

Da Gussrohrleitungen auch nichtmetallische Werkstoffe in Form von Beschichtungs- oder Dichtstoffen enthalten, wird in den **Abschnitten 12.4 und 12.5** auch auf die Dauerhaftigkeit dieser Materialien eingegangen.

## 12.2 Korrosionsschutz-Maßnahmen, Grundlagen

Rohre aus unlegierten Eisenwerkstoffen in Böden und Wässern erhalten nur durch Korrosionsschutz-Maßnahmen ihre geforderte Dauerhaftigkeit.

Nach DIN 50900 Teil 1 ist Korrosionsschutz eine Maßnahme mit dem Ziel, Korrosionsschäden zu vermeiden, und zwar durch

- Beeinflussung der Reaktionspartner und / oder durch Änderung der Reaktionsbedingungen,
- durch Trennung des metallischen Werkstoffs vom korrosiven Mittel mit Hilfe aufgebrachtener Schutzschichten,
- durch elektrochemische Maßnahmen.

Bei Rohrleitungsteilen aus duktilem Guss-eisen sind Korrosionsschutzschichten von erheblicher Bedeutung. Folgende Begriffe sind in DIN 50902 hierzu definiert:

### Korrosionsschutzschicht

Eine Korrosionsschutzschicht ist eine auf einem Metall oder im oberflächennahen Bereich eines Metalls befindliche Schicht, die aus einer oder mehreren Lagen besteht. Mehrlagige Schichten bezeichnet man auch als Korrosionsschutzsystem.

### Umhüllung

Eine Umhüllung ist eine Korrosionsschutzschicht an den Außenflächen von z.B. Apparaten, Behältern und Rohrleitungen, z.B. Zementmörtel-Umhüllung.

### Auskleidung

Eine Auskleidung ist eine Korrosionsschutzschicht an den Innenflächen von z.B. Apparaten, Behältern und Rohrleitungen, z.B. Zementmörtel-Auskleidung.

### Beschichtung

Eine Beschichtung ist eine Korrosionsschutzschicht aus Beschichtungsstoffen. Beschichtungsstoff ist der Oberbegriff für flüssige, pulverförmige oder feste Stoffe, die aus Bindemitteln sowie gegebenenfalls zusätzlich aus Pigmenten und anderen Farbmitteln, Füllstoffen, Lösemitteln und sonstigen Zusätzen bestehen, z.B. Epoxidharzpulverbeschichtung.

### Überzug

Ein Überzug ist eine Korrosionsschutzschicht aus Metallen, ein Umwandlungsüberzug oder ein Diffusionsüberzug, z.B. Zinküberzug. Hierzu zählen nicht die Reaktionsschichten, die in betrieblichen Medien entstehen.

## 12.3 Allgemeine Betrachtung von Korrosionsschutz-Maßnahmen bei Rohrleitungen aus duktilem Gusseisen

Rohrleitungen aus duktilem Gusseisen werden durch einfache und effektive Maßnahmen gegen Korrosion geschützt. Laufende Überwachungen, z.B. kathodischer Korrosionsschutz, sind nicht möglich und nicht erforderlich. Bei Abwasserkanälen aus duktilen Gussrohren wird in Intervallen der Zustand der Zementmörtel-Auskleidung kontrolliert.

Es ist zwischen werkseitigen und baustellenseitigen Korrosionsschutz-Maßnahmen zu unterscheiden:

### Werkseitige

#### Korrosionsschutz-Maßnahmen

Werkseitige Korrosionsschutz-Maßnahmen sind Umhüllungen und Auskleidungen, die zum Oberbegriff Korrosionsschutzschicht gehören, vgl. hierzu DIN 50902. Rohre und Formstücke aus duktilem Gusseisen werden grundsätzlich nur mit äußerem und innerem Schutz ausgeliefert; dieser Schutz

ist integraler Bestandteil der Rohre und Formstücke. Die Palette der möglichen Umhüllungen und Auskleidungen wird in den **Kapiteln 14 und 15** dargestellt.

### Baustellenseitige

#### Korrosionsschutz-Maßnahmen

Mit baustellenseitigen Maßnahmen wird z. B. der äußere Schutz an den Verbindungsstellen vervollständigt. Weiterhin können Reparaturmaßnahmen am werkseitigen Korrosionsschutz erforderlich werden. Die Möglichkeiten der notwendigen baustellenseitigen Maßnahmen für Umhüllungen und Auskleidungen sind in den **Kapiteln 14 und 15** aufgeführt.

### 12.3.1 Äußerer Korrosionsschutz bei Rohrleitungen aus duktilem Gusseisen

Gussrohrleitungen bestehen aus Rohren und Formstücken mit gummigedichteten Verbindungen. Dies bedeutet eine Unterbrechung der elektrischen Längsleitung durch die gummigedichtete Verbindung nach jedem Rohr bzw. Formstück. Deshalb werden Gussrohrleitungen nicht kathodisch geschützt. Ohne zusätzliche elektrische Überbrückung der Verbindungen

ist der kathodische Korrosionsschutz von Rohrleitungen mit Muffen-Verbindungen nicht möglich, aber auch nicht erforderlich. Die Korrosionsschutz-Maßnahmen sind auf die äußeren Bedingungen (Bodenart, Grundwasserstand usw.) abgestimmt.

### 12.3.2 Innerer Korrosionsschutz von Rohrleitungen aus duktilem Gusseisen

Der innere Schutz von Rohrleitungen aus duktilem Gusseisen ist dem zu transportierenden Medium angepasst. Rohre und Formstücke für Wasserleitungen sind standardmäßig mit Zementmörtel ausgekleidet.

Bei den Formstücken zeichnet sich zur Zeit ein Wandel ab: Die Zementmörtel-Auskleidung wird mehr und mehr von Beschichtungen aus Epoxidharz oder Email abgelöst.

## 12.4 Dauerhaftigkeit von Beschichtungsstoffen

Rohrleitungsteile aus duktilem Gusseisen können mit organischen oder anorganischen Stoffen beschichtet werden.

Nach EN 545 und EN 598 werden verwendet:

- organische Beschichtungsstoffe
  - Bitumen,
  - Cyclokauschuk,
  - Epoxidharz,
  - Polyethylen,
  - Polyurethan,
- anorganischer Beschichtungsstoff
  - Zementmörtel,
  - Email.

Bitumen-, Cyclokauschuk- und Epoxidharzlacke sind poröse Dünnbeschichtungen mit Schichtdicken bis etwa 100 µm. Sie werden meist nur in Verbindung mit einem Zinküberzug eingesetzt, dessen besonderer Effekt darin besteht, dass diese porösen Schichten mit Zinkreaktionsprodukten extrem dauerhafte Deckschichten bilden können.

Die Wirksamkeit des in den Produktnormen EN 545 und EN 598 sowie in DIN 30674-3 genormten Korrosionsschutzsystems „Zinküberzug mit Deckbeschichtung“ wurde in zahlreichen Labor- und Felduntersuchungen nachgewiesen.

Der Einsatzbereich des Systems „Zinküberzug mit Deckbeschichtung“ konnte in jüngerer Zeit durch die Applikation einer Zink-Aluminium-Legierung erweitert werden, wobei parallel dazu praxisnahe Makroelement-Messzellen entwickelt wurden. Mit diesen Messzellen lassen sich die Korrosionsreaktionen in Böden quantitativ und zeitraffend simulieren. Ein Vergleich der unterschiedlichen Schutzsysteme für erdüberdeckte Rohrleitungen aus nicht legierten Eisenwerkstoffen wurde damit möglich. Die Anwendung der nur für atmosphärische Korrosionsvorgänge geeigneten Salzsprühtests wurde damit obsolet.

Das System „Zinküberzug mit Deckbeschichtung“ wurde in der Vergangenheit bei Bedarf zusätzlich mit einer baustellenseitig aufgetragenen Polyethylen-Folienumhüllung kombiniert, was seine

Anwendung in stark aggressiven Böden ermöglichte. Diese PE-Folienumhüllung wurde zunehmend durch Sonderumhüllungen wie ZM-U und PE-U ersetzt oder in jüngster Vergangenheit durch Zn-Al<sub>15</sub> mit Deckbeschichtung. Auch die Anwendung einer korrosionsschutzgerechten Bettung nach DIN 30675-2 besitzt nach wie vor einen hohen Stellenwert.

Die Epoxidharzbeschichtung nach EN 14901 und die Polyethylen-Umhüllung nach EN 14628 sind porenfreie Dickbeschichtungen. Ihre Wirksamkeit ist über Langzeiterfahrungen von mehr als 50 Jahren abgesichert.

Die Zementmörtel-Umhüllung nach DIN 30674-2 bzw. nach prEN 15542 ist ein mehrschichtiges Korrosionsschutzsystem. Sie wird seit Jahrzehnten in schwierigsten Böden (stark aggressiv und mit groben Steinen bis 100 mm Korngröße durchsetzt) erfolgreich eingesetzt.

Zementmörtel-Auskleidungen werden in den USA schon seit über 100 Jahren mit Erfolg angewendet und haben sich auch in Europa seit mehr als 50 Jahren bestens bewährt.

In Abwasserkanälen eingesetzte Zementmörtel-Auskleidungen auf Basis Tonerdezement widerstehen Angriffen biogener Schwefelsäure auch unter schwierigen Bedingungen. Auch ihre mechanische Beständigkeit gegenüber Beanspruchungen durch abrasive Stoffe und Reinigungsvorgänge mit Hochdruckspülung ist durch Laboruntersuchungen sowie langjährige betriebliche Erfahrungen nachgewiesen.

## 12.5 Dauerhaftigkeit von Dichtungen

Als Werkstoffe finden in der Regel Verwendung:

- NBR (Nitril-Butadien-Kautschuk),
- EPDM (Ethylen-Propylen-Dien-Copolymer).

Die Dichtungswerkstoffe sind nach den jeweiligen Einsatzbereichen ausgewählt. Sie entsprechen der Norm EN 681-1 (Wasser/Abwasser).

Um die Dauerhaftigkeit sicherzustellen, enthalten diese Normen hohe Anforderungen an bestimmte Prüfparameter, vgl. **Kapitel 13**.

Zum Praxisnachweis der Dauerhaftigkeit wurden Steckmuffen-Dichtungen vom Typ TYTON® nach 50 Jahren störungsfreiem Betrieb ausgebaut und untersucht. Die Verbindungen waren, wie zu erwarten, druckdicht; die Dichtung erfüllte immer noch weitestgehend die Normanforderungen an neuwertige Dichtungen.



# 13

## Dichtungen

- 13.1 Allgemeines
- 13.2 Dichtungsarten
- 13.3 Eigenschaften
- 13.4 Dichtungen für Trinkwasserleitungen
- 13.5 Dichtungen für Abwasserkanäle und -leitungen
- 13.6 Literatur

## 13 Dichtungen

**Erdüberdeckte Rohrleitungen aus duktilem Gusseisen werden fast ausnahmslos mittels Steckmuffen-Verbindungen zusammengefügt. Den Dichtungen der Systeme TYTON® und STANDARD kommt die größte Bedeutung zu. Es handelt sich um gekammerte Kompressionsdichtungen mit speziellen Fixierungsprofilen. Ihre Dichtfunktion ist während der gesamten Nutzungsdauer der Rohrleitung sichergestellt. Die Anforderungen an die Dichtungswerkstoffe sind auf eine langfristige Dichtheit ausgerichtet. Durch die Verwendung unterschiedlicher Ausgangsstoffe kann der Gummi an die Anforderungen des jeweiligen Mediums angepasst werden.**

### 13.1 Allgemeines

Erdüberdeckte Rohrleitungen sind der ständigen Kontrolle und Beobachtung entzogen. Deswegen ist die langfristige Zuverlässigkeit der Dichtungen in den Rohrverbindungen besonders wichtig.

Die Zuverlässigkeit und Haltbarkeit des verwendeten Dichtungswerkstoffes trägt in hohem Maße zur Sicherheit der Rohrleitung bei. Diese Sicherheit dient dem Schutz unseres wichtigsten Lebensmittels, des Trinkwassers.

Ebenso sicher verhindert sie Grundwasserverunreinigungen und Schäden durch Austritt von Abwässern und Gasen. Die verschiedenen Anwendungsbereiche erfordern den Einsatz zum Teil unterschiedlicher Dichtungen, die aus hochwertigen Elastomerwerkstoffen hergestellt sein müssen. Die Forderung nach dauerhaft dichten Verbindungen spiegelt sich in einer Reihe von Anforderungen an die Festigkeit, den Widerstand gegen Druckverformung (Rückverformung), das Alterungsverhalten und die Chemikalienbeständigkeit wieder.

Der weitaus größte Teil der Gussrohre wird in erdüberdeckten Leitungen mit Steckmuffen-Verbindungen eingesetzt. Hiervon haben im Laufe der jahrzehntelangen praktischen Anwendungen die Systeme TYTON® und STANDARD die größte Bedeutung erlangt.

Maßgebend für die Dichtheit von Steckmuffen-Verbindungen ist die Verformbarkeit einer profilierten Gummidichtung. Der Werkstoff Gummi ist wegen seiner hohen Elastizität und Haltbarkeit besonders gut als Dichtungswerkstoff geeignet.

Wurden in der Vergangenheit nur Dichtungen aus vulkanisiertem Naturkautschuk (NR = Natural Rubber) eingesetzt, so werden seit über 25 Jahren Dichtungen ausschließlich aus synthetischem Gummi angewendet, welche dem Naturgummi in der Chemikalien- und Temperaturbeständigkeit sowie in der Haltbarkeit überlegen sind. Bei Trinkwasser wird EPDM (Ethylen-Propylen-Dien-Terpolymer), bei Abwasser NBR (Acrylnitril-Butadien-Elastomer) eingesetzt. Der Anwendungsbereich von Steckmuffen-Verbindungen nach EN 545 [13.01], z. B. für Trink-

wasser reicht für EPDM-Dichtungen von 0 °C bis 50 °C. Bei Abwasser nach EN 598 [13.02] liegt die obere Grenze von NBR-Dichtungen je nach Nennweite bei 45 °C (bis einschl. DN 200) und bei 35 °C (oberhalb DN 200).

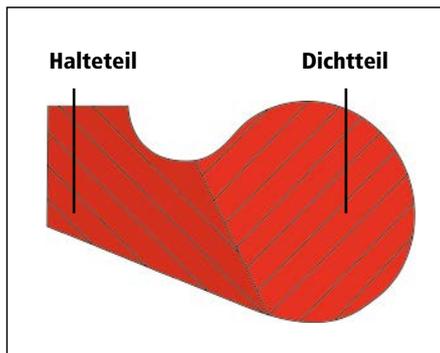
Bei Anwendungen oberhalb dieser Temperaturen empfehlen sich wegen ihrer Beständigkeit bei höheren Temperaturen andere synthetische Elastomere, z. B. FPM (Fluor-Kautschuk).

Für Dichtungen in Trinkwasser- und Abwasserleitungen gilt die Werkstoffnorm EN 681-1 [13.03]. Im Rahmen der Europäischen Bauproduktenverordnung wurde die EN 681-1 [13.03] inzwischen harmonisiert, wodurch sich die Verpflichtung zur CE-Kennzeichnung ergibt. Die nationalen Anforderungen und Prüfungen von Dichtungen für Muffen-Verbindungen duktiler Gussrohre wurden in der DVGW-Prüfgrundlage VP 546 [13.04], zukünftig DVGW-Arbeitsblatt W 384 [13.05], zusammengefasst.

## 13.2 Dichtungsarten

### 13.2.1 TYTON®-Dichtung

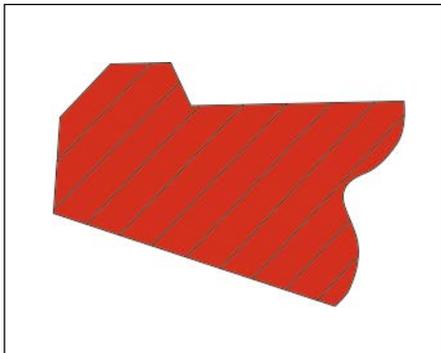
Das Profil der TYTON®-Dichtung zeigt **Bild 13.1** im Querschnitt. Sie besteht aus einer Kombination von zwei Gummisorten: Der eine Teil mit einer Härte von 55 IRHD (International Rubber Hardness Degree) ist auf optimale Dichtfunktion und Langzeitelastizität ausgelegt (Dichtteil).



**Bild 13.1:**  
Querschnitt einer TYTON®-Dichtung



**Bild 13.2:**  
TYTON®-Dichtung DN 300



**Bild 13.3:**  
Querschnitt einer STANDARD-Dichtung

Der andere Teil mit einer Härte von 85 IRHD hat die Aufgabe, die Dichtung während der Verbindungs- montage in ihrem Sitz zu fixieren (Halteteil). Durch die Verformung des Dichteteiles zwischen der Muffeninnenseite und der Rohraußenseite werden hohe Rückstellkräfte erzeugt. Sie bewirken die Abdichtung der Verbindung, nicht nur bei niedrigen und hohen Innendrü- cken, sondern auch bei äußerem Überdruck sowie bei Unterdruck.



**Bild 13.4:**  
STANDARD-Dichtung DN 300

Die TYTON®-Dichtung (**Bild 13.2**) ist in DIN 28603 [13.06] für den Nennweitenbereich von DN 80 bis DN 1400 genormt. Sie besteht je nach Einsatzbereich i. d. R. aus den synthetischen Gummiqualititäten EPDM oder NBR.

### 13.2.2 STANDARD-Dichtung

**Bild 13.3** zeigt die STANDARD-Dichtung im Querschnitt. Wie bei der TYTON®-Dichtung wird die Verbindung durch die Rückstellkraft des radial zusammen- gedrückten Ringes abgedichtet.

Die Dichtung besteht aus einem homo- genen Gummiwerkstoff mit einer Härte von 67 IRHD. Die STANDARD-Dichtung (**Bild 13.4**) ist in DIN 28603 [13.06] für den Nennweitenbereich von DN 80 bis DN 2000 genormt.

### 13.2.3 Flachdichtungen

Flachdichtungen dienen zum Ab- dichten von Flansch-Verbindungen (**Bild 13.5**). Der Dichteffekt entsteht dadurch, dass zwei Flansche über Schrauben und Muttern gegeneinan-



**Bild 13.5:**  
Beispiel einer Flachdichtung nach DIN EN 1514-1 [13.07]

der gepresst werden. Zwischen dem Flanschpaar befindet sich die Dichtung, die durch einen hohen Anpressdruck die Dichtfunktion sicherstellt.

Flachdichtungen bestehen in der Regel aus Gummi mit einer Härte von < 80 IRHD. Eine in die Dichtung einvulkanisierte Stahleinlage verhindert wirksam ein Verschieben oder Ausblasen bei hohen Beanspruchungen.

Flachdichtungen sind für alle gängigen Nennweiten, z. B. DN 80 bis DN 2000, und für Nenndrücke bis PN 63 (nennweitenabhängig) verfügbar. Ihre Abmessungen sind in EN 1514-1 [13.08] festgelegt. Die nationalen Anforderungen und Prüfungen enthält die DVGW-Prüfgrundlage VP 547 [13.09], zukünftig das DVGW-Arbeitsblatt W 385 [13.10].

## 13.3 Eigenschaften

Elastomerdichtungen haben die Aufgabe, Rohrverbindungen über Jahrzehnte zuverlässig abzudichten. Folgende Eigenschaften sind wichtig:

- Härte,
- Zugfestigkeit,
- Reißdehnung,
- Druckverformungsrest,
- Spannungsrelaxation,
- Alterungsbeständigkeit,
- Verhalten in der Kälte,
- Ozonbeständigkeit,
- chemische Beständigkeit.

### 13.3.1 Härte

Die Härte von Gummi ist der relative Widerstand gegen das Eindringen eines Körpers. Zur Prüfung der Härte bedient man sich der Prüfmethode nach Shore-A und IRHD. In den EN-Normen sind die Gummihärten nach IRHD angegeben.

Zur Bestimmung der Gummihärte nach Shore-A kann ein einfach zu handhabendes Prüfgerät (**Bild 13.6**) verwendet werden.



**Bild 13.6:**  
Durometer zur Messung der Gummihärte nach Shore-A

Die Messung nach IRHD ist aufwendiger. Sie wird deshalb nur dann angewandt, wenn an die Messung höhere Anforderungen hinsichtlich Genauigkeit und Reproduzierbarkeit gestellt werden. Die Härte hängt von der Zusammensetzung des Kautschuks und seiner Vulkanisation ab. Weil diese Parameter zwangsläufig auch andere Eigenschaften eines Gummierwerkstoffes verändern, fasst man die Anforderungen an Dichtungswerkstoffe oft in Härteklassen zusammen. Die Härte der Steckmuffen-Dichtungen ist auf die geometrische Form und die Konstruktion der Rohrverbindung abgestimmt.

Die Härte wird am ganzen Ring oder an Standardprobekörpern bestimmt, die man der Dichtung bzw. den Probeplatten der verwendeten Mischung entnimmt.

### 13.3.2 Zugfestigkeit und Reißdehnung

Zugfestigkeit und Reißdehnung sind leicht zu bestimmende Eigenschaften eines Gummis. Alterungseffekte, die z. B. auf einen oxidativen Abbau zurückzuführen sind, lassen sich u. a. an der Änderung von Zugfestigkeit und Reißdehnung einfach erkennen.

### 13.3.3 Druckverformungsrest

Ein gutes Druckverformungsverhalten ist erforderlich, um die Funktion der Dichtung sicherzustellen, selbst wenn die Verbindung sich bewegt.

Der Dichtkammerspalt der Rohrverbindung, der sich zwischen Muffe und Rohr bildet, muss auch bei Setzungen des Rohres permanent mit Gummi so ausgefüllt sein, dass die Dichtung eine ausreichende Anpresskraft auf die Dichtflächen ausübt.

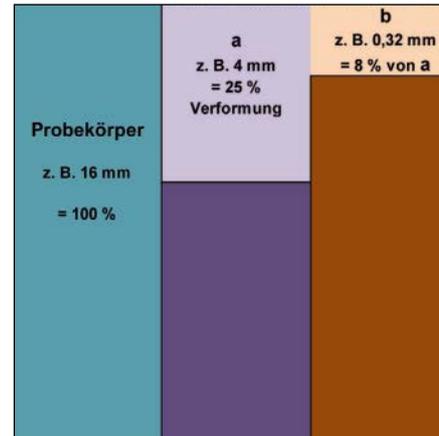
Plastische (= bleibende) Verformungen der Dichtung, die als Druckverformungsrest (DVR) bezeichnet werden, sind bereits bei der Festlegung von Abmessungen und Toleranzen aller

Verbindungsstücke und bei der Auswahl der Gummiqualität zu berücksichtigen.

$$DVR = \frac{b}{a} \cdot 100 \text{ [\%]} \quad (13.1)$$

Der Druckverformungsrest nach **Gleichung 13.1** wird an zylindrischen Proben bestimmt, die während einer vorgegebenen Zeit bei einer bestimmten

Temperatur in Achsrichtung um 25 % (**Bild 13.7, a**) zusammengedrückt werden. Bei idealem elastischem Verhalten würde der Probekörper nach der Entlastung seine Ausgangsmaße wieder annehmen. Der Test zeigt aber, dass die Probe eine geringe bleibende Verformung (**Bild 13.7, b**) zurückbehält, die als Druckverformungsrest bezeichnet und in % von der Gesamtverformung a angegeben wird.



**Bild 13.7:**  
Definition des Druckverformungsrests (DVR) nach Gleichung 13.1

### 13.3.4 Spannungsrelaxation

Die Spannungsrelaxation wie auch der Druckverformungsrest sind ein Maß für die Elastizität einer Gummidichtung. Für eine hohe Dauerhaftigkeit der Abdichtung muss die Dichtung eine möglichst geringe Spannungsrelaxation besitzen.

Spannungsrelaxation (DSR) und Druckverformungsrest (DVR) werden im Prüfzeitraum identisch belastet (25 % Verformung). Während beim DVR der verformte Weg das Ergebnis bestimmt, wird bei der DSR die verbleibende Spannung als Ergebnis dargestellt.

Die Spannungsrelaxation ist schwieriger und aufwändiger zu bestimmen und benötigt eine längere Zeit, weswegen der Druckverformungsrest als Routineprüfung vorgezogen wird.

Die bei konstant gehaltener Verformung auftretende Rückstellkraft wird als Funktion der Zeit gemessen. Die zeitliche Abnahme der Rückstellkraft, in % vom Ausgangswert gemessen, ist die Spannungsrelaxation.

### 13.3.5 Alterung

Für die über Jahrzehnte einwandfreie Dichtigkeit einer Verbindung spielt neben den elastischen Eigenschaften auch das Alterungsverhalten des Gummis eine bedeutende Rolle. Die Alterung wird im Wesentlichen von Licht, Sauerstoff, Temperatur und Medium beeinflusst.

Daher schreibt ISO 2230 [13.11] vor, dass Dichtungen kühl und dunkel gelagert werden sollen.

Das Alterungsverhalten wird meist durch einen 7-tägigen Alterungstest bei +70 °C überprüft. Dabei werden Messwertänderungen der Härte, der Zugfestigkeit und der Reißdehnung mit dem Neuzustand verglichen.

### 13.3.6 Verhalten in der Kälte

Bei niedrigen Temperaturen nimmt die Härte von Gummi zu. Dieses Verhalten ist reversibel und ruft keinen Qualitätsverlust hervor. Bei Erwärmung nimmt der Gummi seine ursprünglichen Eigenschaften wieder an.

Die durch Abkühlung bewirkte Eigenschaftsänderung darf jedoch bei Gummidichtungen ein gewisses Maß nicht überschreiten, damit keine Schwierigkeiten bei der Montage unter niedrigen Temperaturen auftreten. In die Einbauleitung von Dichtungen für duktile Gussrohre wurde deshalb folgender Passus aufgenommen:

#### **Praxistipp:**

Die Dichtungen können bei Temperaturen unter 0 °C eine gewisse Härtezunahme erfahren. Bei Einbautemperaturen unter 0 °C sind die Dichtungen daher zur Erleichterung der Montage bei einer Temperatur von möglichst über +10 °C zu lagern. Die Dichtungen sind erst kurz vor dem Herstellen der Verbindungen der Lagerstelle (z. B. beheizter Bauwagen) zu entnehmen. Zur Prüfung des Kälteverhaltens der Dichtungen wird die Härtezunahme nach der Lagerung in der Kälte (70 Stunden bei -10 °C) bestimmt. Für höhere Anforderungen sind fakultativ auch Kälteprüfungen bei -25 °C nach EN 681-1 [13.03] möglich.

### 13.3.7 Ozonbeständigkeit

Eine besondere Form des oxidativen Abbaues, die Ozonrissbildung, wird durch die Untersuchung der Ozonbeständigkeit geprüft.

Bei der Prüfung wird eine Gummiprobe gedehnt und bei einer festgelegten Temperatur über eine bestimmte Zeit einer ozonhaltigen Atmosphäre ausgesetzt. Am Ende der Prüfung dürfen keine Risse auf der Gummioberfläche sichtbar sein.

### 13.3.8 Chemische Beständigkeit

Die Dichtungen für Steckmuffen-Verbindungen unterliegen bei ihrem Einsatz in Trink-, Roh- und Brauchwasserleitungen hinsichtlich ihrer chemischen Beständigkeit keinen besonderen Beanspruchungen.

Für den Einsatz in Abwasserkanälen und -leitungen ist für die Dichtung allerdings die Beständigkeit nach EN 681-1 [13.03] gegen Abwasser nachzuweisen.

Sie wird anhand der Volumenänderung einer Probe gemäß ISO 1817 [13.12] nach 7 Tagen Lagerung in destilliertem oder deionisiertem Wasser bei 70 °C geprüft und bewertet. Weitergehende Anforderungen sind in Anlehnung an EN 681-1 [13.03] festzulegen.

### 13.3.9 Lagerzeiten

Um eine den Markterfordernissen entsprechende Belieferung mit Dichtungen sicherzustellen, sind länger-

fristige Lagerbestände üblich und notwendig. Im Einzelfall kann dies zu mehrjährigen Lagerzeiten führen, was jedoch wegen der speziellen Rezeptierung der Dichtungen hinsichtlich ihrer Nutzungsdauer problemlos möglich ist, sofern die vorgeschriebenen Lagerbedingungen berücksichtigt werden.

Nach ISO 2230 [13.11] sollte die Lagerdauer die in **Tabelle 13.1** angegebenen Lagerzeiten nicht überschreiten (Auszug).

**Tabelle 13.1:**

Auszug von Lagerzeiten nach ISO 2230 [13.11]

Werkstoff <sup>a</sup>	Lagerzeit <sup>b</sup>	Erweiterte Lagerzeit <sup>b</sup>
NR, SBR	5 Jahre	+ 2 Jahre
NBR, HNBR, IIR, CIIR, BIIR	7 Jahre	+ 3 Jahre
EPDM, FKM, VMQ	10 Jahre	+ 5 Jahre

<sup>a</sup> Anwendungsspezifische Auswahl nach ISO 2230 [13.11]  
<sup>b</sup> Überprüfung und Bewertung nach ISO 2230 [13.11]

### 13.4 Dichtungen für Trinkwasserleitungen

TYTON®- und STANDARD-Dichtungen für den Einsatz in Trinkwasserleitungen sind vorwiegend aus EPDM nach EN 681-1 [13.03]. Sie dürfen das Trinkwasser farblich, geruchlich, geschmacklich und bakteriologisch nicht beeinflussen.

Die Anforderungen an diese Dichtungen sind in der DVGW-Prüfgrundlage VP 546 [13.04], zukünftig im DVGW-Arbeitsblatt W 384 [13.05] festgelegt. Darin sind die Forderungen in hygienischer Hinsicht durch die Elastomerleitlinie des Umweltbundesamtes (UBA) [13.13] und für die Mikrobiologie über das DVGW-Arbeitsblatt W 270 [13.14] definiert.

### 13.5 Dichtungen für Abwasserkanäle und -leitungen

Abwasserkanäle und -leitungen müssen dauerhaft dicht sein. Neben einem funktionierenden Rohr- und Verbindungssystem ist aus diesem Grund für die Dichtung eine Gummiqualität erforderlich, die den in einer Abwasserleitung zu erwartenden Beanspruchungen, vor allem durch aggressive Medien, möglichst dauerhaft widersteht. In der Regel werden hierfür Dichtungen aus NBR eingesetzt.

Zum Nachweis der Beständigkeit des Werkstoffes NBR gegenüber den im Abwasser am häufigsten vorkommenden organischen Verunreinigungen wurden umfangreiche Untersuchungen durchgeführt [13.15], [13.16] und [13.17].

Weitergehende Informationen zu Dichtungen hinsichtlich Technik und Anwendung finden Sie in den **Kapiteln 8 und 9**.

## 13.6 Literatur

- [13.01] EN 545  
Ductile iron pipes, fittings, accessories and their joints for water pipelines – Requirements and test methods [Rohre, Formstücke, Zubehörteile aus duktilem Gusseisen und ihre Verbindungen für Wasserleitungen – Anforderungen und Prüfverfahren] 2010
- [13.02] EN 598  
Ductile iron pipes, fittings, accessories and their joints for sewerage applications – Requirements and test methods [Rohre, Formstücke, Zubehörteile aus duktilem Gusseisen und ihre Verbindungen für die Abwasser-Entsorgung – Anforderungen und Prüfverfahren] 2007 + A1:2009
- [13.03] EN 681-1  
Elastomeric seals – Material requirements for pipe joint seals used in water and drainage applications – Part 1: Vulcanized rubber [Elastomer-Dichtungen – Werkstoff-Anforderungen für Rohrleitungs-Dichtungen für Anwendungen in der Wasserversorgung und Entwässerung – Teil 1: Vulkanisierter Gummi] 1996 + A1:1998 + A2:2002 + A3:2005
- [13.04] DVGW-Prüfgrundlage VP 546  
Dichtungen für Muffenverbindungen in Rohrleitungen aus duktilem Gusseisen oder Stahl – Anforderungen und Prüfungen [DVGW test specification VP 546 Gaskets for push-in joints in ductile iron or steel pipelines – Requirements and test methods] 2007-06
- [13.05] Gelbdruck, DVGW-Arbeitsblatt W 384  
Dichtungen für Muffenverbindungen in Rohrleitungen aus duktilem Gusseisen oder Stahl in der Wasserversorgung; Anforderungen und Prüfungen [Draft, DVGW worksheet W 384 Gaskets for push-in joints in ductile iron or steel pipelines for water supply; Requirements and test methods] 2013-04
- [13.06] DIN 28603  
Rohre und Formstücke aus duktilem Gusseisen – Steckmuffen-Verbindungen – Zusammenstellung, Muffen und Dichtungen [Ductile iron pipes and fittings – Push-in joints – Survey, sockets and gaskets] 2002-05

- [13.07] DIN EN 1514-1  
Flansche und ihre Verbindungen –  
Maße für Dichtungen für Flansche  
mit PN-Bezeichnung –  
Teil 1: Flachdichtungen aus nicht-  
metallischem Werkstoff mit oder  
ohne Einlagen  
[Flanges and their joints –  
Dimensions of gaskets for  
PN-designated flanges –  
Part 1: Non-metallic flat gaskets with  
or without inserts]  
1997-08
- [13.08] EN 1514-1  
Flanges and their joints –  
Dimensions of gaskets for  
PN-designated flanges –  
Part 1: Non-metallic flat gaskets with  
or without inserts  
[Flansche und ihre Verbindungen –  
Maße für Dichtungen für Flansche  
mit PN-Bezeichnung –  
Teil 1: Flachdichtungen aus nicht-  
metallischem Werkstoff mit oder  
ohne Einlagen]  
1997
- [13.09] DVGW-Prüfgrundlage VP 547  
Dichtungen für Flanschverbindungen  
in Rohrleitungen aus duktilem  
Gusseisen –  
Anforderungen und Prüfungen  
[DVGW test specification VP 547  
Gaskets for flange connections in  
ductile iron pipelines –  
Requirements and test methods]  
2002-03
- [13.10] Gelbdruck, DVGW-Arbeitsblatt W 385  
Dichtungen für Flanschverbindungen  
in Rohrleitungen aus duktilem  
Gusseisen oder Stahl in der Wasser-  
versorgung;  
Anforderungen und Prüfungen  
[Draft, DVGW worksheet W 385  
Gaskets for flange connections in  
ductile iron or steel pipelines for  
water supply; Requirements and test  
methods]  
2013-04
- [13.11] ISO 2230  
Rubber products –  
Guidelines for storage  
[Produkte aus Gummi –  
Leitlinie für die Lagerung]  
2002-04
- [13.12] ISO 1817  
Rubber, vulcanized –  
Determination of the effect  
of liquids  
[Elastomere – Bestimmung des  
Verhaltens gegenüber Flüssigkeiten]  
2005
- [13.13] Umweltbundesamt, Deutschland  
UBA-Elastomerleitlinie  
Leitlinie zur hygienischen Beurteilung  
von Elastomermaterialien im  
Kontakt mit Trinkwasser  
(Elastomerleitlinie)  
[UBA-Rubber Guideline  
Guideline for the hygienic assessment  
of elastomer materials in contact  
with drinking water  
(Elastomer Guideline)]  
2012-05

- [13.14] DVGW-Arbeitsblatt W 270  
Vermehrung von Mikroorganismen  
auf Werkstoffen für den  
Trinkwasserbereich –  
Prüfung und Bewertung  
[DVGW worksheet W 270  
Enhancement of microbial growth on  
materials in contact with drinking  
water – Test methods and assessment]  
2007-11
- [13.15] Wolf, W.:  
Untersuchungen über das Verhalten  
von TYTON-Dichtungen in CKW-  
gesättigtem Wasser  
[Investigations into the behaviour  
of TYTON gaskets in CHC saturated  
water]  
FGR GUSSROHR-TECHNIK,  
Heft 24 (1989), S. 4 ff
- [13.16] Eignungsprüfungen von Tyton-  
Dichtringen aus Nitrilkautschuk für  
Raffinerie-Abwasserleitungen  
Bericht des Engler-Bunte-Instituts der  
Universität Karlsruhe  
[Suitability testing of TYTON sealing  
rings in nitrile rubber for waste water  
lines in refineries.  
Report by the Engler-Bunte Institute  
of the University of Karlsruhe]  
1975
- [13.17] Bächmann, K.:  
Diffusionsverhalten chlorierter und  
aromatischer Kohlenwasserstoffe  
durch NBR-Dichtringe in TYTON-  
Verbindungen  
[Diffusion behaviour of chlorinated  
and aromatic hydrocarbons by NBR  
sealing rings in TYTON joints]  
FGR GUSSROHR-TECHNIK,  
Heft 28 (1993), S. 16 ff





# 14

## Umhüllungen

- 14.1 Allgemeines
- 14.2 Werkseitige Umhüllungen von Rohren
- 14.3 Beschichtung von Formstücken und Armaturen
- 14.4 Baustellenseitige Maßnahmen
- 14.5 Literatur

## 14 Umhüllungen

**Umhüllungen schützen Gussrohrleitungen dauerhaft. Werkseitige Umhüllungen von Rohren, Formstücken und Armaturen richten sich nach den Bodenbedingungen und werden gegebenenfalls baustellenseitig ergänzt. Gussrohrspezifische Korrosionsschutz-Maßnahmen und ihre Einsatzbereiche werden beschrieben.**

### 14.1 Allgemeines

Rohre, Formstücke und Armaturen werden grundsätzlich mit Werksumhüllungen geliefert, die gegebenenfalls auf der Baustelle ergänzt werden. Die Korrosionsschutz-Maßnahmen gilt es so zu wählen, dass die Dauerhaftigkeit der Rohrleitung sichergestellt ist.

Dabei sind genaue Kenntnisse über die Bodenarten erforderlich, in welchen die Rohrleitungen eingebaut werden sollen.

In den Produktnormen EN 545 [14.1] und EN 598 [14.2] werden die Einsatzgrenzen verschiedener Umhüllungssysteme von Rohren, Formstücken und Zubehörteilen in Bezug auf wichtige, für

duktilen Gusseisen korrosionsfördernde Bodenparameter in einem informativen Anhang D dargestellt. Hierzu gehören:

- spezifischer Bodenwiderstand,
- pH-Wert,
- Basenkapazität,
- Lage zum Grundwasser,
- Heterogenität (Mischböden),
- Vorhandensein von Abfällen, Aschen, Schlacken, Abwasser,
- Torfböden,
- Auftreten von Streuströmen.

Während die elektrisch hochohmig isolierenden Dickschicht-Umhüllungen aus Polyethylen (EN 14628 [14.3]), Polyurethan (EN 15189 [14.4]), Epoxydharz (EN 14901 [14.5]) sowie die leitfähige Zementmörtel-Umhüllung (EN 15542 [14.6]) in Böden aller Art eingesetzt werden können, ist bei

der Auswahl der unterschiedlichen Varianten von aktiven Beschichtungen auf Zinkbasis auf die zugeordneten Bodenparameter zu achten, welche so gewählt sind, dass sie den Einsatz der betrachteten Variante ausschließen. Eine tabellarische Übersicht der Einsatzbereiche folgt im **Abschnitt 14.2.1**.

Im deutschen Regelwerk besteht folgende Systematik: Nach einer ausführlichen Untersuchung des Bodens in der Rohrleitungstrasse nach DIN 50929-3 [14.7] wird der Boden in eine von drei Aggressivitätsklassen eingruppiert.

DIN 30675-2 [14.8] regelt dann den Einsatzbereich der unterschiedlichen Korrosionsschutzarten erdüberdeckter Rohrleitungen aus duktilem Gusseisen. Die Norm gibt einen Überblick über Werksumhüllungen und Baustellenmaßnahmen in Abhängigkeit von der Bodenaggressivitätsstufe.

In **Tabelle 14.1** sind die Einsatzbereiche für Umhüllungen von Rohren, Formstücken und Armaturen zusammengestellt.

**Tabelle 14.1:**

Einsatzbereiche von erdüberdeckten Rohrleitungen aus duktilem Gusseisen mit Umhüllungen nach EN 14628 [14.3], EN 15189 [14.4], EN 15542 [14.6], DIN 30674-3 [14.9] und -5 [14.10], EN 14901 [14.5], DIN 51178 [14.14] in Anlehnung an DIN 30675-2 [14.8] für Rohre sowie EN 14901 [14.5] und DIN 51178 [14.14] für Formstücke und Armaturen

lfd. Nr.	Umhüllung der Rohre	Schichtdicke	Empfohlene Umhüllung der Verbindung	Korrosionsschutzgerechte Bettung	Einsatzbereiche Bodenklassen
1	Zink-Überzug mit Deckbeschichtung nach DIN 30674-3 [14.9]	Zink, 130 g/m <sup>2</sup> mit Deckbeschichtung nach EN 545 [14.1]	keine	ohne mit	I, II I, II, III <sup>2)</sup>
2	Zink-Überzug mit Deckbeschichtung nach OENORM B 2560 [14.11]	Zink, 200 g/m <sup>2</sup> mit PUR-Deckbeschichtung $\geq 100 \mu\text{m}$	keine	ohne mit	I, II I, II, III <sup>2)</sup>
3	Zementmörtelumhüllung nach EN 15542 [14.6]	5,0 mm	wärmeschrumpfendes Material oder Umhüllung DIN 30672 [14.12] - B-50M <sup>1)</sup> oder Gummimanschetten	ohne	I, II, III
4	Polyethylenumhüllung nach EN 14628 [14.3]	1,8 bis 3,0 mm	wärmeschrumpfendes Material Umhüllung DIN 30672 [14.12] - B-50M <sup>1)</sup>	ohne	I, II, III
5	Polyurethanumhüllung nach EN 15189 [14.4]	$\geq 700 \mu\text{m}$	keine	ohne	I, II, III
6	Polyethylen-Folienumhüllung nach DIN 30674-5 [14.10] in Verbindung mit DIN 30674-3 [14.9]	0,2 mm	wie Rohr	mit <sup>3)</sup>	I, II, III

lfd. Nr.	Umhüllung der Formstücke und Armaturen	Schichtdicke	Empfohlene Umhüllung der Verbindung	Korrosionsschutzgerechte Bettung	Einsatzbereiche Bodenklassen
7	Epoxidharzbeschichtung nach EN 14901 [14.5]	≥ 250 µm	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ keine in Verbindung mit Zink-Überzügen von Rohren (lfd. Nr. 1 und 2),</li> <li>■ wärmeschrumpfendes Material oder Umhüllung DIN 30672 [14.12] - B-50M<sup>1)</sup> oder Gummimanschetten in Verbindung mit Rohrumhüllungen nach lfd. Nr. 3–5</li> </ul>	ohne	I, II, III
8	Umhüllung aus Technischem Email nach DIN 51178 [14.14]	≥ 250 µm	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ keine in Verbindung mit Zink-Überzügen von Rohren (lfd. Nr. 1 und 2),</li> <li>■ wärmeschrumpfendes Material oder Umhüllung DIN 30672 [14.12] - B-50M<sup>1)</sup> oder Gummimanschetten in Verbindung mit Rohrumhüllungen nach lfd. Nr. 3–5</li> </ul>	ohne	I, II, III

<sup>1)</sup> Bei Dauertemperaturen  $T \leq 30 \text{ °C}$  darf die Rohrverbindung die Umhüllung DIN 30672 [14.12] - B-50M oder Umhüllung DIN 30672 [14.12] - C-30M verwendet werden.

<sup>2)</sup> Nicht geeignet bei ständiger Einwirkung von Eluaten mit  $\text{pH} < 6$  sowie bei Torf-, Moor-, Schlick- und Marschboden.

<sup>3)</sup> Es sind die Hinweise in Abschnitt 4.1 zu beachten.

Anmerkung: Korrosionsschutzmaterialien nach DIN 30672 Teil 1 [14.12] können für die Umhüllung duktiler Gussrohre außerhalb der Rohrverbindung nach Vereinbarung angewendet werden.

Daneben informiert die Norm DIN 30675-2 [14.8] über Korrosionsschutz-Maßnahmen bei elektrochemischer Einwirkung und geht dabei auch auf die elektrisch isolierenden Muffen-Verbindungen ein.

## 14.2 Werkseitige Umhüllungen von Rohren

### 14.2.1 Zinküberzug mit Deckbeschichtung

Rohre aus duktilem Gusseisen haben als standardmäßige Umhüllung einen Zink-Überzug mit Deckbeschichtung nach EN 545 [14.1] und EN 598 [14.2]. Diese aktive Umhüllung schützt in den meisten Böden dauerhaft vor Korrosionsschäden. Zinküberzug und Deckbeschichtung wirken synergetisch, d. h., die gemeinsame Korrosionsschutzwirkung ist besser als die der Summe der einzelnen Umhüllungen.

Seit einigen Jahren wird eine Umhüllung mit einem Zink-Aluminium-Überzug (85 % Massenanteil Zink und 15 % Mas-

senanteil Aluminium) und Epoxidharz (EP)-Deckbeschichtung angeboten. Die Metallaufgabe wurde dabei auf 400 g/m<sup>2</sup> angehoben.

Ebenfalls zu den aktiven Schutzsystemen zählt die Metallaufgabe von  $\geq 200$  g Zn/m<sup>2</sup> mit einer mindestens 100 µm dicken PUR-Deckbeschichtung, die in Österreich in OENORM B 2560 [14.11] genormt ist.

Die Einsatzbereiche dieser aktiven Schutzsysteme sind im Anhang D der EN 545 [14.1] in Form von Ausschlusskriterien festgelegt und in **Tabelle 14.2** veranschaulicht.

Im deutschen Regelwerk werden diese Festlegungen durch DIN 30675-2 [14.8] ergänzt; hier kennt man zusätzlich die so genannte korrosionsschutzgerechte Betung, die aus neutralen Sanden besteht, mit welchen der direkte Kontakt der Rohrleitung mit aggressiven Bodenarten unterbunden wird.

In **Tabelle 14.1** sind die Einsatzbereiche der Systeme ausgewiesen, wobei die Bodenklassen nach DIN 50929-3 [14.7] bestimmt werden.

Erfordern die Bodenverhältnisse einen höherwertigen Korrosionsschutz, so sind wahlweise die Polyethylen-Umhüllung nach DIN EN 14628 [14.3], die Zementmörtel-Umhüllung nach EN 15542 [14.6] oder die Polyurethan-Umhüllung nach EN 15189 [14.4] einzusetzen.

Das Korrosionsschutzsystem „Zinküberzug mit Deckbeschichtung“ ist innerhalb seines Einsatzbereiches stabil, wobei die Deckbeschichtung das Gusseisen vom Boden trennt.

Poren in der Deckbeschichtung oder Verletzungen der Umhüllung beim Einbau der Rohre „heilen“ durch die im feuchten Boden (Dielektrikum) schwer löslichen Zinkreaktions-Produkte zu. Diese Produkte bilden sich bei der Reaktion von metallischem Zink mit Bestandteilen des umgebenden Bodens.

**Bild 14.1** zeigt die Fernwirkung der Zinkauflage: an den rechteckigen Beschädigungen war die Beschichtung entfernt worden, bevor die Versuchsrohre im Versuchsfeld über neun Jahre eingegraben wurden.

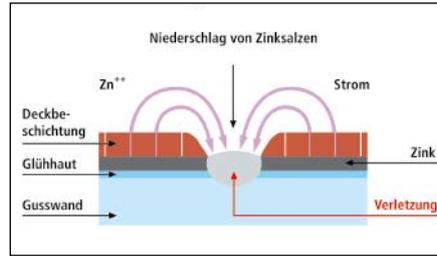
**Tabelle 14.2:**

Einsatzbereiche und Bodenbeschaffenheit der aktiven Umhüllungen auf Zink-Basis nach Annex D der EN 545 [14.1]

Schutzart nach EN 545 [14.1] 4.4.2	Ausgeschlossene Böden
Zinkschicht $\geq 130 \text{ g Zn/m}^2$ und Deckschicht $\geq 70 \text{ }\mu\text{m}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Böden mit einem Bodenwiderstand <math>&lt; 1.500 \text{ }\Omega \text{ cm}</math> oberhalb des Grundwasserspiegels, <math>&lt; 2.500 \text{ }\Omega \text{ cm}</math> unterhalb des Grundwasserspiegels</li> <li>■ Mischböden, d. h. mit zwei oder mehr verschiedenen Arten von Böden</li> <li>■ Böden mit einem pH-Wert <math>&lt; 6</math> und einer hohen Basekapazität</li> <li>■ Böden, die Abfälle, Schlacke, Asche enthalten oder durch industrielle Abwässer verunreinigt sind</li> <li>■ bei Auftreten von Streuströmen</li> </ul>
Zinkschicht $\geq 200 \text{ g Zn/m}^2$ und Deckschicht $\geq 100 \text{ }\mu\text{m}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Böden mit einem Bodenwiderstand <math>&lt; 1500 \text{ }\Omega \text{ cm}</math> oberhalb und unterhalb des Grundwasserspiegels</li> <li>■ Mischböden, d. h. mit zwei oder mehr verschiedenen Arten von Böden</li> <li>■ Böden mit einem pH-Wert <math>&lt; 6</math> und einer hohen Basekapazität</li> <li>■ Böden, die Abfälle, Schlacke, Asche enthalten oder durch industrielle Abwässer verunreinigt sind</li> <li>■ bei Auftreten von Streuströmen</li> </ul>
Zinkschicht $\geq 400 \text{ g ZnAl/m}^2$ und Deckschicht $\geq 70 \text{ }\mu\text{m}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ säurehaltige torfige Böden</li> <li>■ Böden, die Abfälle, Schlacke, Asche enthalten oder durch industrielle Abwässer verunreinigt sind</li> <li>■ Böden unterhalb des Meeresspiegels mit Bodenwiderstand <math>&lt; 500 \text{ }\Omega \text{ cm}</math></li> <li>■ bei Auftreten von Streuströmen</li> </ul>



**Bild 14.1:**  
Selbstheilung von künstlichen Verletzungen durch Zink-Reaktionsprodukte



**Bild 14.2:**  
Kathodische Schutzwirkung des Zinks an Verletzungen der Schutzschicht

Die Zink-Ionen können durch die poröse Deckschicht über einige Millimeter die freiliegende Eisenfläche durch Niederschlag schwerlöslicher Reaktionsprodukte schützen (Vernarbung, Selbstheilung). **Bild 14.2** stellt den Vorgang vereinfacht schematisch dar.

Im DVGW-Arbeitsblatt GW 337 [14.13] sind alle relevanten Anforderungen an das Rohrsystem zusammengefasst. Als zusätzliche Anforderung muss die mittlere flächenbezogene Zinkmasse mindestens  $200 \text{ g/m}^2$ , für das System mit Zn 85 – Al 15 mindestens  $400 \text{ g/m}^2$  betragen. Damit steht genügend metallisches

Zink zur Verfügung, um bei eventuellen, späteren Verletzungen, etwa infolge von Erdbewegungen oder durch nachträgliche Aufgrabungen, aktiviert zu werden.

Nach EN 545 [14.1] und EN 598 [14.2] kann der Zink-Überzug duktiler Gussrohre auch mit einer mindestens  $70 \mu\text{m}$  dicken Beschichtung aus Bitumenlack versehen werden. **Bild 14.3** zeigt duktile Kanalrohre nach EN 598 [14.2] mit einer rotbraun eingefärbten Bitumen-Deckschicht.



**Bild 14.3:**  
Duktile Kanalrohre nach EN 598 [14.2] mit Zink-Überzug und rotbraun eingefärbter Bitumen-Deckschicht

### 14.2.2 Zementmörtel-Umhüllung (ZM-U)

Duktile Gussrohre mit Zementmörtel-Umhüllung (ZM-U), **Bild 14.4**, können in allen Böden eingesetzt werden. Die ZM-U verhindert den Zutritt aggressiver Medien und widersteht mechanischen Belastungen bei Transport und Einbau. Vor allem bei der zunehmenden Anwendung der grabenlosen Einbautechniken hat sich diese Umhüllung hervorragend bewährt. Die mechanische Belastbarkeit der Zementmörtel-Umhüllung wird nach EN 15542 [14.6] durch zwei Anforderungen bestimmt:

- Haftzugfestigkeit,
- Schlagbeständigkeit.

Die Anforderungen sind so festgelegt, dass Beschädigungen der Zementmörtelschicht sowohl bei fachgerechtem Transport als auch bei Einbau in schwierigstem Gelände ausgeschlossen werden können. Herstellung der ZM-U siehe **Kapitel 3, Abschnitt 3.5**. In **Bild 14.4** sind duktile Gussrohre mit ZM-U dargestellt.



**Bild 14.4:**  
Duktile Gussrohre mit Zementmörtel-Umhüllung

Falls Verletzungen dennoch einmal auftreten sollten (z. B. beim Einbau im Berstliningverfahren), werden Beschädigungen durch die Zinkschicht mit ihrer Fernwirkung aktiv geschützt.

Die Verbindungsbereiche werden nach der Montage geschützt, **Abschnitt 14.4.2**.

### 14.2.3 Polyethylen-Umhüllung (PE-U)

Die Polyethylen-Umhüllung trennt das Gusseisen hochohmig elektrisch vom anstehenden Boden. Eine Mindestschichtdicke von 1 mm ist für den reinen Korrosionsschutz erforderlich, der übrige Schichtanteil dient der Verbesserung der mechanischen Belastbarkeit der Schutzschicht. **Bild 14.5** zeigt duktile Gussrohre mit PE-U.



**Bild 14.5:**  
Duktile Gussrohre mit Polyethylen-Umhüllung

EN 14628 [14.3] unterscheidet zwischen der Regelausführung und der verstärkten Ausführung.

Die Anforderungen und Prüfungen nach EN 14628 [14.3] sind so ausgelegt, dass die Polyethylen-Umhüllung den üblichen Beanspruchungen bei Transport, Lagerung und Einbau widersteht. Die Verbindungsbereiche werden nach der Montage geschützt, **Abschnitt 14.4.2**.

#### 14.2.4 Polyurethan-Umhüllung (PUR)

Die Polyurethan-Umhüllung (**Bild 14.6**) trennt das Gusseisen hochohmig elektrisch vom anstehenden Boden. Polyurethanharze gehören zur Familie der Duroplaste, deren mechanische Eigenschaften nur geringfügig von der Temperatur abhängen und keinem Kaltfluss unterliegen.

Das Zwei-Komponenten-Harzsystem wird ohne Lösemittel auf die gestrahlte und erwärmte Gussrohroberfläche gespritzt. Wegen seiner relativ hohen Härte, Schlagbeständigkeit und Eindruckfestigkeit reicht eine Nenn-Schichtdicke von 900 µm



**Bild 14.6:**  
Duktile Gussrohre mit  
Polyurethan-Umhüllung

für die üblichen Beanspruchungen bei Transport, Lagerung und Einbau aus. Auch bei den grabenlosen Einbauverfahren hat sich die PUR-Umhüllung bewährt. Ein baustellenseitiger Schutz des Verbindungsbereiches ist nicht erforderlich. EN 15189 [14.4] legt Anforderungen und Prüfungen an die PUR-Umhüllung duktiler Gussrohre fest.

### 14.3 Beschichtung von Formstücken und Armaturen

Wegen der Vielfalt von Formen und Ausführungen bei Formstücken und Armaturen sind die Verfahren zu ihrer Beschichtung häufig dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtungsstoffe auf allen Flächen der Bauteile, also innen und außen, gleichzeitig in einem Verfahrensschritt aufgetragen werden.

Dazu werden zunehmend automatisierte Verfahren mit programmierbaren Manipulatoren eingesetzt.

#### 14.3.1 Epoxidharzbeschichtung

Formstücke und Armaturen erhalten sowohl im Trinkwasserbereich als auch für den Abwassertransport üblicherweise eine Epoxidharzbeschichtung (**Bilder 14.7 und 14.8**). Die Beschichtung wird innen und außen mit einer mittleren Mindestschichtdicke von mindestens 250 µm vorwiegend mit EP-Pulver aufgebracht und ist in EN 14901 [14.5] genormt.



**Bild 14.7:**  
Weichdichtender Schieber mit  
Epoxidharzbeschichtung

Die Güte- und Prüfbestimmungen von Armaturen und Formstücken durch Pulverbeschichtung RAL - GZ 662 [14.20] übertreffen das Anforderungsniveau der EN 14901. Gegenüber EN 14901 ist die Haftfestigkeit erhöht (12 N/mm<sup>2</sup> statt 8 N/mm<sup>2</sup>), die Prüfspannung auf Porenfreiheit beträgt 3 kV statt 1,5 kV. Zusätzlich wurde der cathodic disbonding-Test als Maß für die Unterwanderungsbeständigkeit an Verletzungen eingeführt. Schichtdicke und Schlagbeständigkeit sind auf gleichem Niveau. Ein umfang-



**Bild 14.8:**  
Abwasserformstücke mit Epoxidharzbeschichtung

reiches System an Eigen- und Fremdüberwachung stellt eine gleich bleibend hohe Qualität der Beschichtung sicher.

Das Verfahren zur Herstellung der Beschichtung ist in **Kapitel 3.5.2.** beschrieben.

Die Beschichtung ist in Böden beliebiger Korrosivität einsetzbar.

### 14.3.2 Emailbeschichtung von Formstücken und Armaturen

Technisches Email als Umhüllungswerkstoff kann bei Formstücken und Armaturen in allen Böden eingesetzt werden. Im Oktober 2009 wurde die DIN 51178 [14.14] – Emails und Emailierungen – Innen- und Außenemailierte Armaturen und Druckrohrformstücke für die Roh- und Trinkwasserversorgung – Qualitätsanforderungen und Prüfungen – veröffentlicht.

Die Emaillierung bildet eine intensive physikalisch-chemische Verbindung (Ionenbindung) mit dem duktilen Gusseisen. Sie wird durch Diffusionsprozesse aus dem Grundwerkstoff in Richtung Email und umgekehrt gebildet. Anforderungen und Prüfungen enthält DIN 51178 [14.14]. **Bild 14.9** zeigt einige komplett emaillierte Formstücke.



**Bild 14.9:**  
Formstücke mit Komplettemail

Die Innen- und Außenemaillierung haben folgende Eigenschaften:

- bewährter Korrosionsschutz innen,
- hohe Korrosionsbeständigkeit in allen Böden,
- übergangslose Beschichtung innen und außen,
- hoher Widerstand gegen mechanische Belastung,
- Unterwanderungssicherheit, auch bei lokaler Verletzung der Oberfläche,
- Alterungsbeständigkeit.

Das Verfahren zur Emaillierung ist in **Kapitel 3.5.2.** beschrieben. Die Email-Beschichtung ist in Böden beliebiger Korrosivität einsetzbar.

### 14.3.3 Bitumenbeschichtung von Formstücken

Formstücke aus duktilem Gusseisen sind auch mit einer äußeren Beschichtung aus Bitumenlack lieferbar.

Die Schichtdicke beträgt mindestens 70 µm. Derart beschichtete Formstücke sind meist mit einer Zementmörtel-Auskleidung ausgestattet (**Kapitel 3.5.2.**) In jüngerer Zeit wird diese Art von

Beschichtung mehr und mehr durch die Epoxidharzbeschichtung nach EN 14901 [14.5] ersetzt.

**Bild 14.10** zeigt Formstücke mit einer äußeren Beschichtung aus Bitumenlack und verschiedenen Auskleidungen.



**Bild 14.10:**  
Formstücke mit einer äußeren Beschichtung aus Bitumenlack und verschiedenen Auskleidungen  
a) Email  
b) + c) Zementmörtel  
d) Bitumenlack

## 14.4 Baustellenseitige Maßnahmen

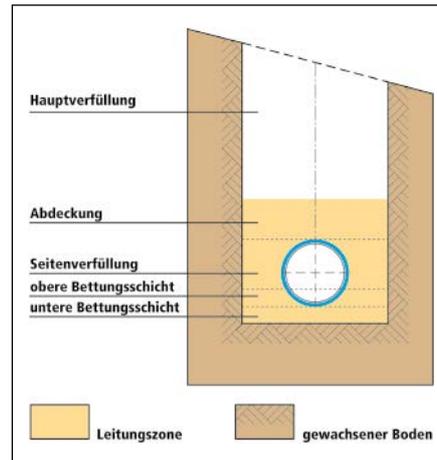
Bei den baustellenseitigen Maßnahmen unterscheidet man zwischen Einbau- und Reparaturmaßnahmen.

Einbaumaßnahmen ergänzen vorhandene Werksumhüllungen. Dabei erhält die Rohrleitung oder ein Rohrleitungsabschnitt einen zusätzlichen Schutz. Bei Rohrumhüllungen wie Zementmörtel- oder Polyethylen-Umhüllung werden die Verbindungsbereiche und die Formstücke nachträglich geschützt.

### 14.4.1 Korrosionsschutzgerechte Bettung

Die korrosionsschutzgerechte Bettung ist eine an der Rohrleitungsoberfläche allseitig homogen anliegende Bodenschicht der Bodenklasse 1 (nicht oder schwach aggressiv nach DIN 50929-3 [14.7]).

Entsprechend DIN 30675-2 [14.8] wird sie ergänzend zum System Zink plus Deckbeschichtung eingesetzt. Sie besteht nach EN 805 [14.15] und EN 1610 [14.16] aus der Abdeckung, der Seitenverfüllung,



**Bild 14.11:**  
Begriffe zur Bettung von Rohren

der oberen und der unteren Bettungsschicht (**Bild 14.11**). Diese Maßnahme ergibt eine homogene Umgebung um die Rohrleitung herum, vor allem in stark aggressiven, heterogenen Böden.

Dadurch bilden sich keine örtlich getrennten Kathoden- und Anodenbereiche aus, die zu Loch- oder Muldenfraß führen können. Die korrosionsschutz-

gerechte Bettung ist nicht geeignet bei ständiger Einwirkung von Eluaten mit  $\text{pH} < 6$  sowie bei Torf-, Moor-, Schlick- und Marschböden.

### 14.4.2 Korrosionsschutz von Verbindungsbereichen

Die Verbindungsbereiche von Rohrleitungen mit Polyethylen- und Zementmörtel-Umhüllung werden nach der Montage entsprechend der Einbauanleitungen der Hersteller umhüllt (DIN 30675-2 [14.8]) (**Bild 14.12**).

Zum Schutz von Muffen-Verbindungen haben sich bei der Polyethylen-Umhüllung wärmeschrumpfendes Material, bei der Zementmörtel-Umhüllung alternativ auch Gummimanschetten bewährt (**Bild 14.13**).



**Bild 14.12:**  
Applikation eines Schrumpfschlauches



**Bild 14.13:**  
Duktile Gussrohre mit Zementmörtel-Umhüllung und Gummimanschette zum Schutz der Muffen-Verbindung

### 14.4.3 Maßnahmen bei elektrochemischer Einwirkung

Der Korrosionsschutz bei elektrochemischer Einwirkung wird in DIN 30675-2 [14.8] näher behandelt. „Bei nicht längskraftschlüssigen Rohrleitungen aus duktilem Gusseisen ist aufgrund der elektrischen Unterbrechung durch die etwa alle 6 m vorhandenen gummigedichteten Rohrverbindungen im Allgemeinen nicht mit einer elektrochemischen Einwirkung zu rechnen, so dass auf elektrochemische Schutzmaßnahmen verzichtet werden kann.“

Als elektrochemische Einwirkungen nennt die Norm „Elementbildung mit Fremdkathoden und Streuströme aus Gleichstromanlagen“. Das Gleiche gilt für längskraftschlüssige Rohrleitungen mit elektrisch isolierend wirkenden Verbindungen.

Nur bei längskraftschlüssigen Rohrleitungen mit metallenen leitenden Verbindungen sind elektrochemische Schutzmaßnahmen notwendig wie z. B.:

- der Einbau von elektrisch isolierend wirkenden Rohrverbindungen etwa alle 100 m,
- Einhaltung eines ausreichenden Abstandes zu kathodisch geschützten Anlagen gemäß der Empfehlungen der Arbeitsgemeinschaft DVGW/VDE für Korrosionsfragen (AfK), AfK 2 [14.17],
- Streustrom-Ableitung bzw. -Absaugung nach EN 50162 und VDE 0150 [14.18].“

Die Wechselstromkorrosion von erdüberdeckten Rohrleitungen aus duktilem Gusseisen wird in [14.19] behandelt.

Dabei wird festgestellt, dass, ähnlich wie in DIN 30675-2 [14.8] für Gleichströme erwähnt, nur solche längskraftschlüssigen Rohrleitungen korrosionsgefährdet sind, die metallenen leitenden Verbindungen auf Leitungslängen von mehr als etwa 100 m und elektrisch isolierend wirkende Umhüllungen durch Wechselströme aufweisen.

#### 14.4.4 Reparaturmaßnahmen

Die Umhüllungen der Rohre, Formstücke und Armaturen sind so robust gewählt, dass bei sachgerechter Handhabung bedeutende Verletzungen nicht auftreten.

Sind dennoch Reparaturmaßnahmen erforderlich, z. B. bei nicht sachgerechter Handhabung, beim Anbohren oder Schneiden, sind die Einbauvorschriften der Hersteller zu beachten.

#### 14.5 Literatur

- [14.1] EN 545  
Ductile iron pipes, fittings, accessories and their joints for water pipelines – Requirements and test methods [Rohre, Formstücke, Zubehörteile aus duktilem Gusseisen und ihre Verbindungen für Wasserleitungen – Anforderungen und Prüfverfahren] 2006
- [14.2] EN 598  
Ductile iron pipes, fittings, accessories and their joints for sewerage applications – Requirements and test methods [Rohre, Formstücke, Zubehörteile aus duktilem Gusseisen und ihre Verbindungen für die Abwasserentsorgung – Anforderungen und Prüfverfahren] 2007+A1:2009
- [14.3] EN 14628  
Ductile iron pipes, fittings and accessories – External polyethylene coating for pipes – Requirements and test methods [Rohre, Formstücke und Zubehörteile aus duktilem Gusseisen – Polyethylenumhüllung von Rohren – Anforderungen und Prüfverfahren] 2005
- [14.4] EN 15189  
Ductile iron pipes, fittings and accessories – External polyurethane coating for pipes – Requirements and test methods [Rohre, Formstücke und Zubehör aus duktilem Gusseisen – Polyurethanumhüllung von Rohren – Anforderungen und Prüfverfahren] 2006

- [14.5] EN 14901  
Ductile iron pipes, fittings and accessories –  
Epoxy coating (heavy duty) of ductile iron fittings and accessories –  
Requirements and test methods  
[Rohre, Formstücke und Zubehör aus duktilem Gusseisen –  
Epoxidharzbeschichtung (für erhöhte Beanspruchung) von Formstücken und Zubehörteilen aus duktilem Gusseisen –  
Anforderungen und Prüfverfahren]  
2006
- [14.6] EN 15542  
Ductile iron pipes, fittings and accessories –  
External cement mortar coating for pipes –  
Requirements and test methods  
[Rohre, Formstücke und Zubehör aus duktilem Gusseisen –  
Zementmörtelumhüllung von Rohren –  
Anforderungen und Prüfverfahren]  
2008
- [14.7] DIN 50929-3  
Korrosion der Metalle –  
Korrosionswahrscheinlichkeit metallischer Werkstoffe bei äußerer Korrosionsbelastung –  
Rohrleitungen und Bauteile in Böden und Wässern  
[Corrosion of metals –  
probability of corrosion of metallic materials when subject to corrosion from the outside –  
Buried and underwater pipelines and structural components]  
1985-09
- [14.8] DIN 30675-2  
Äußerer Korrosionsschutz von erdverlegten Rohrleitungen –  
Schutzmaßnahmen und Einsatzbereiche bei Rohrleitungen aus duktilem Gußeisen  
[External corrosion protection of buried pipes –  
Corrosion protection systems for ductile iron pipes]  
1993-04
- [14.9] DIN 30674-3  
Umhüllung von Rohren aus duktilem Gusseisen –  
Teil 3: Zink-Überzug mit Deck-Beschichtung  
[Sheathing ductile cast iron pipes –  
Part 3: Zinc coating with protective sheathing]  
2001-03
- [14.10] DIN 30674-5  
Umhüllung von Rohren aus duktilem Gusseisen –  
Polyethylen-Folienumhüllung  
[External protection of ductile cast iron pipes –  
Polyethylene sleeving]  
1985-03
- [14.11] OENORM B 2560  
Duktile Gussrohre –  
Deckbeschichtung aus Polyurethan oder Epoxidmaterialien –  
Anforderungen und Prüfungen  
[Ductile iron pipes –  
Finishing paints of polyurethane or epoxy materials –  
Requirements and tests]  
2004-04-01

- [14.12] DIN 30672  
Organische Umhüllungen für den Korrosionsschutz von in Böden und Wässern verlegten Rohrleitungen für Dauerbetriebstemperaturen bis 50 °C ohne kathodischen Korrosionsschutz – Bänder und schrumpfende Materialien  
[External organic coatings for the corrosion protection of buried and immersed pipelines for continuous operating temperatures up to 50 °C – Tapes and shrinkable materials] 2000-12
- [14.13] DVGW-Prüfgrundlage GW 337  
Rohre, Formstücke und Zubehörteile aus duktilem Gusseisen für die Gas- und Wasserversorgung – Anforderungen und Prüfungen [DVGW test specification GW 337 Ductile cast iron pipes, fittings and accessories for gas and water supply – Requirements and tests] 2010-09
- [14.14] DIN 51178  
Emails und Emailierungen – Innen- und außenemailierte Armaturen und Druckrohrformstücke für die Roh- und Trinkwasserversorgung – Qualitätsanforderungen und Prüfung [Vitrous and porcelain enamels – Inside and outside enamelled valves and pressure pipe fittings for untreated and potable water supply – Quality requirements and testing] 2009-10
- [14.15] EN 805  
Water supply – Requirements for systems and components outside buildings [Wasserversorgung – Anforderungen an Wasserversorgungssysteme und deren Bauteile außerhalb von Gebäuden] 2000
- [14.16] EN 1610  
Construction and testing of drains and sewers [Einbau und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen] 1997
- [14.17] AfK-Empfehlung Nr. 2  
Beeinflussung von unterirdischen metallischen Anlagen durch Streuströme von Gleichstromanlagen [Interference of stray currents from DC-installations with buried metallic structures] 2009-09
- [14.18] DIN EN 50162; VDE 0150:2005-05  
Schutz gegen Korrosion durch Streuströme aus Gleichstromanlagen; Deutsche Fassung EN 50162:2004 [Protection against corrosion by stray current from direct current systems; German version EN 50162:2004] 2005-05
- [14.19] G. Heim und Th. Heim:  
Wechselstrom-Korrosion von erdverlegten Rohrleitungen aus duktilem Gusseisen [Afterrating current corrosion of underground ductile iron pipelines] FGR GUSSROHR-TECHNIK, Heft 28 (1993), S. 26 ff

[14.20] RAL – GZ 662

Güte- und Prüfbestimmungen –  
Schwerer Korrosionsschutz von  
Armaturen und Formstücken  
durch Pulverbeschichtung –  
Gütesicherung  
[Quality and test provisions –  
Heavy duty corrosion protection  
of valves and fittings by powder  
coatings –  
Quality assurance]  
2008





# 15

## Auskleidungen

- 15.1 Allgemeines
- 15.2 Auskleidungen von Rohren, Formstücken und Armaturen für Trinkwasserleitungen
- 15.3 Auskleidungen in Leitungen für Rohwässer
- 15.4 Auskleidungen von Rohren, Formstücken und Armaturen für Abwasserleitungen
- 15.5 Auskleidungen in Leitungen für Brauch- und Kühlwasser
- 15.6 Literatur

## 15 Auskleidungen

**Unter Auskleidungen versteht man Schutzschichten an den Innenflächen von Rohrleitungen. Sie haben die Aufgabe, das Rohrmaterial vor chemischen Reaktionen mit dem Durchflussmedium zu schützen. Vor allem soll das Medium Trinkwasser unbeeinflusst bis zum Endverbraucher geleitet werden. Duktile Gussrohre sind standardmäßig mit Zementmörtel (ZM) oder Polyurethan (PUR) ausgekleidet. Diese Auskleidungen sind integraler Bestandteil des Rohres.**

**Formstücke und Armaturen aus duktilem Gusseisen werden mehrheitlich innen und außen mit Epoxidharz beschichtet, aber auch Polyurethan und Technisches Email nehmen an Bedeutung zu. Die Zementmörtel-Auskleidung (ZM-A) von Formstücken wird hingegen weniger häufig eingesetzt.**

**Im Allgemeinen richten sich die Auskleidungsarten nach der Anwendung der Guss-Rohrsysteme.**

### 15.1 Allgemeines

Gussrohrleitungen sind grundsätzlich mit werkseitig eingebrachten Auskleidungen ausgestattet, die sich verfahrensbedingt bei Rohren einerseits sowie Formstücken und Armaturen andererseits unterscheiden. Grundsätzlich sind die Auskleidungen an die Art der transportierten Wässer angepasst. Eine Zusammenstellung der Wässer mit ihren speziellen Eigenschaften sowie die jeweils wichtigen Hauptanforderungen enthält **Tabelle 15.1.**

**Tabelle 15.1:**

Übersicht der zu transportierenden Wässer und der zu erfüllenden Hauptanforderungen an die Auskleidungen

Transportmedium	Hauptkennzeichen des Mediums	Hauptanforderungen an die Auskleidung
Trinkwasser nach Trinkwasserverordnung	im Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Korrosionsschutz</li> <li>■ Trinkwasserhygiene</li> </ul>
Trinkwasserähnliche Wässer wie Brauch- und Kühlwasser	im Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Korrosionsschutz</li> <li>■ Trinkwasserhygiene</li> </ul>
Rohwässer, die nicht der Trinkwasser- verordnung entsprechen	häufig kalklösend (sauer)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Korrosionsschutz</li> </ul>
Abwässer nach DWA Merkblatt M 115-2 [1]	Richtwerte nach DWA Merkblatt M 115-2 [1]	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Korrosionsschutz im Abwasserbereich und in der Kanalatmosphäre</li> <li>■ Abriebbeständigkeit</li> <li>■ chemische Beständigkeit</li> <li>■ Beständigkeit gegen Hochdruckspülung</li> </ul>
industrielle Abwässer außerhalb der Anforderungen von DWA Merkblatt M 115-2 [1]	Inhaltsstoffe sauer bis alkalisch	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Korrosionsschutz im Abwasserbereich und in der Kanalatmosphäre</li> <li>■ Abriebbeständigkeit</li> <li>■ chemische Beständigkeit</li> <li>■ Beständigkeit gegen Hochdruckspülung</li> <li>■ Temperatur</li> </ul>
Solen	salzreich	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Korrosionsschutz</li> <li>■ Abriebbeständigkeit</li> </ul>

Die **Tabellen 15.2 und 15.3** informieren über die gebräuchlichen Auskleidungen von Gussrohrleitungen für den Transport von Wässern im weitesten Sinne. Sie beziehen sich auf die Beschichtungen der Innenoberflächen von Rohren (**Tabelle 15.2**), Formstücken und Armaturen (**Tabelle 15.3**) sowie auf die Oberflächen der Verbindungsbereiche.

**Tabelle 15.2:**

Übersicht über die Anwendung von Auskleidungen von Gussrohren

Anwendungsbereich	Innenoberflächen der Rohre	Oberflächen des Verbindungsbereichs
Trinkwasser nach EN 545 [2]	ZM-Auskleidung auf Basis Hochofen-Zement	Beschichtung auf Basis Bitumen oder Epoxidharzlack
	PUR-Auskleidung nach EN 15655 [3]	Beschichtung auf Basis PUR- oder Epoxidharzlack
Abwasser nach EN 598 [4] und andere Wässer	ZM-Auskleidung auf Basis Tonerde-Zement	Beschichtung auf Basis Epoxidharzlack
	PUR-Auskleidung nach EN 15655 [3]	Beschichtung auf Basis PUR- oder Epoxidharzlack
Industrieabwässer	ZM-Auskleidung auf Basis Tonerde-Zement	Beschichtung auf Basis Epoxidharzlack
	PUR-Auskleidung nach EN 15655 [3]	Beschichtung auf Basis PUR- oder Epoxidharzlack

**Tabelle 15.3:**

Übersicht über die Anwendung von Auskleidungen von Formstücken und Armaturen

Anwendungsbereich	Art der Auskleidung auf		
	Innenoberfläche der Formstücke	Innenoberfläche der Armaturen	Oberflächen des Verbindungsbereichs
Trinkwasser nach EN 545 [2]	kunststoffmodifizierte ZM-Auskleidung	Epoxidharz-Beschichtung nach DIN 3476 [7] und RAL - GZ 662 [6]	Beschichtung auf Basis Bitumen oder Epoxidharzlack
	Epoxidharz-Beschichtung nach EN 14901 [5] und RAL - GZ 662 [6]		
	Technisches Email nach DIN 51178 [8]	Technisches Email nach DIN 51178 [8]	wie Innenoberfläche
	PUR-Auskleidung nach EN 15655 [3]	—	wie Innenoberfläche
Abwasser nach EN 598 [4] und andere Wässer	kunststoffmodifizierte ZM-Auskleidung	Epoxidharz-Beschichtung nach DIN 3476 [7] und RAL - GZ 662 [6]	Beschichtung auf Basis PUR- oder Epoxidharzlack
	Epoxidharz-Beschichtung nach EN 14901 [5] und RAL - GZ 662 [6]		
	Technisches Email nach DIN 51178 [8]	Technisches Email nach DIN 51178 [8]	wie Innenoberfläche
	PUR-Auskleidung nach EN 15655 [3]	—	wie Innenoberfläche
Industrieabwässer	Epoxidharz-Beschichtung nach EN 14901 [5] und RAL - GZ 662 [6]	Epoxidharz-Beschichtung nach DIN 3476 [7] und RAL - GZ 662 [6]	wie Innenoberfläche
	Technisches Email nach DIN 51178 [8]	Technisches Email nach DIN 51178 [8]	wie Innenoberfläche
	PUR-Auskleidung nach EN 15655 [3]	—	wie Innenoberfläche

## 15.2 Auskleidungen von Rohren, Formstücken und Armaturen für Trinkwasserleitungen

### 15.2.1 Zementmörtel-Auskleidungen von Rohren und Formstücken

Die ZM-Auskleidung von Rohren und Formstücken aus duktilem Gusseisen ist integraler Bestandteil des Produkts. Daher sind die Anforderungen und Prüfmethoden in der Produktnorm EN 545 [2] enthalten.

Die Zementmörtel-Auskleidung hat folgende Aufgaben:

- Optimierung der hydraulischen Eigenschaften,
- Vermeidung von Korrosionsschäden. Hierzu zählen:
  - Schäden am metallischen Rohrwerkstoff durch Reaktion mit Wasser und mit im Wasser gelösten Stoffen,
  - Beeinträchtigung der Funktion der Rohrleitung durch Reaktionsprodukte an der inneren Rohrwand (z.B. Inkrustationen),

- Beeinträchtigung des Wassers durch Reaktionsprodukte, z. B. unzulässige Veränderung der Wasserparameter (Verunreinigungen, Verfärbungen oder Trübungen).

Der Einsatzbereich und die Anwendungsgrenzen der beschriebenen Zementmörtel-Auskleidung ist im informativen Anhang E der EN 545 [2] angegeben.

Danach ist die Standardauskleidung mit dem Bindemittel Hochofen-Zement generell für den Trinkwasserbereich uneingeschränkt geeignet, wenn die transportierten Trinkwässer der europäischen Trinkwasserrichtlinie bzw. den nationalen Trinkwasserverordnungen entsprechen.

Für Abwasser und andere Wässer (z.B. Rohwässer, Brauchwässer) können entsprechend **Tabellen 15.2 und 15.3** andere Zemente als Bindemittel eingesetzt werden.

Eine breite Informationsbasis zu Anwendungsbereichen und Besonderheiten von Zementmörtel-Auskleidungen metallischer Rohre stellt DIN 2880 [9] dar. Hier



**Bild 15.1:**  
Einfüllen des Frischmörtels  
vor dem Rotationsschleudern

werden Verhalten und Anforderungen an die Auskleidungen für alle Arten von Wässern, Salzwässern und Solen beschrieben. Zusätzlich gibt es Hinweise auf die Beurteilung von Schwind- und Trocknungsrisen in den ZM-Auskleidungen sowie über deren Selbstheilungsverhalten.

Das DVGW-Arbeitsblatt W 346 [10] gibt praxisorientierte Empfehlungen zu Druckprüfung, Spülung, Desinfektion, Einfahren und Betrieb von Trinkwasserleitungen mit Zementmörtel-Auskleidung.

Das DVGW-Arbeitsblatt W 347 enthält trinkwasserhygienische Anforderungen und Prüfmethode an zementgebundene Werkstoffe im Trinkwasserbereich, also auch Zementmörtel-Auskleidungen von Rohren und Formstücken aus duktilem Gusseisen.

Die Herstellungsverfahren der Auskleidungen sind im **Kapitel 3**, Herstellung der Rohre, Formstücke und Zubehörteile, näher beschrieben. **Bild 15.1** zeigt ein duktiles Gussrohr bei der Auskleidung mit Zementmörtel vor dem Rotationsschleuderverfahren.

### 15.2.2 Polyurethan-Auskleidung von Rohren und Formstücken

Die PUR-Auskleidung gemäß EN 15655 [3] wird im Zweikomponenten-Heiß-Spritzverfahren auf die geschliffene und gestrahlte Innenoberfläche der Rohre und Formstücke aufgetragen (**Bild 15.2**).

Die PUR-Auskleidung trennt das Durchflussmedium elektrisch hochohmig vom Eisen.



**Bild 15.2:**  
Auftrag der PUR-Auskleidung  
in Rohren

An Rohren, die an der Baustelle geschnitten werden, muss die frische Schnittfläche mit einem Reparaturlack auf Epoxidharzbasis nachbeschichtet werden.

Die Auskleidung erfüllt die Anforderungen der Leitlinie des deutschen Umweltbundesamtes (UBA) zur hygienischen Beurteilung von organischen Beschichtungen im Kontakt mit Trinkwasser sowie die Anforderungen des DVGW-Arbeitsblattes W 270 [12].

### 15.2.3 Epoxidharz-Beschichtung von Formstücken und Armaturen

Die übliche Beschichtungstechnik mit Epoxidharz-Pulver besteht in folgenden Teilschritten:

- Aktivieren der Oberfläche der fertig bearbeiteten Gussstücke durch Strahlen mit scharfkantigem Stahlkies – Reinheitsgrad der Oberfläche: SA 2 1/2,
- Erwärmen in einem Durchlauf-Vorwärmofen,
- Pulverauftrag durch automatisiertes Eintauchen in ein Wirbelsinterbad (**Bild 15.3**) oder durch Auftragen des Pulvers mittels Sprühpistole (**Bild 15.4**),
- Vernetzen der aufgeschmolzenen Epoxidharzschicht in einem Trockenofen.



**Bild 15.3:**  
Epoxidharzpulver-Auftrag mit  
Roboter im Wirbelsinterverfahren

Die Verfahrenstechnik, die Kontrolle auf Einhaltung festgeschriebener Fertigungsparameter und die Qualitätsprüfung der fertigen Beschichtung wird mit den Güte- und Prüfbestimmungen „Schwerer Korrosionsschutz von Armaturen und Formstücken durch Pulverbeschichtung“ RAL - GZ 662 [6] der Gütegemeinschaft



**Bild 15.4:**  
Elektrostatischer Epoxidharzpulver-Auftrag  
mit Sprühpistole

Schwerer Korrosionsschutz von Armaturen und Formstücken durch Pulverbeschichtung e. V. (GSK) geregelt.

Weiterhin ist die Epoxidharz-Beschichtung in den Normen EN 545 [2] und EN 598 [4] aufgeführt und in EN 14901 [5] und in DIN 3476 [7] genormt.

#### 15.2.4 Auskleidungen von Formstücken und Armaturen mit Technischem Email

Im Bereich der Auskleidung von Armaturen für den Trinkwassereinsatz sind Email-Beschichtungen seit langem bewährt (**Bild 15.5**). Auch für Formstücke aus duktilem Gusseisen findet diese Auskleidung zunehmend Anwendung (**Bild 15.6**). Sie ist in DIN 51178 [8] genormt.



**Bild 15.5:**  
Absperriklappe mit Komplettemail



**Bild 15.6:**  
Formstücke beim Einbrand des Emails

### 15.2.5 Organische Auskleidungen/ Beschichtungen des Verbindungsbereiches

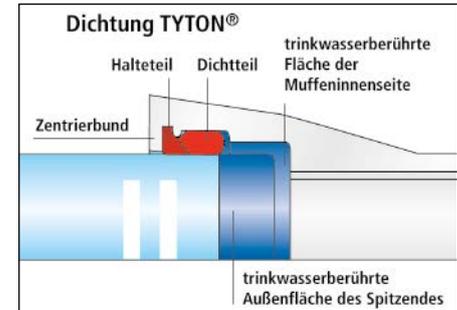
Die Flächen der Rohrverbindungen sind mit organischen Stoffen beschichtet. Dies sind im Allgemeinen Beschichtungen auf Basis Bitumen, Epoxidharz oder Polyurethan.

**Bild 15. 7** gibt einen Querschnitt durch eine Steckmuffen-Verbindung wieder; dabei wird deutlich, dass sowohl die Rohraußenfläche als auch das Innere des Muffenprofils von Trinkwasser berührt sind.

Die Epoxidharzbeschichtungsstoffe erfüllen die Anforderungen der Leitlinie zur hygienischen Beurteilung von Epoxidharz-Beschichtungen im Kontakt mit Trinkwasser des deutschen Umweltbundesamtes (UBA).

Die Anforderungen an Bitumenlacke im Verbindungsbereich enthält das DVGW-Arbeitsblatt W 348 [13].

Grundsätzlich sind darüber hinaus alle trinkwasserberührten Beschichtungen und Auskleidungen, welche organische Bestandteile aufweisen, auf ihre mikrobielle Bewuchsneigung nach DVGW-Arbeitsblatt W 270 [12] zu prüfen.



**Bild 15.7:**  
Trinkwasserberührte Flächen im Verbindungsbereich der TYTON®-Verbindung

### 15.2.6 Europäische Regelungen

Eine Besonderheit im Trinkwasserbereich besteht darin, dass die Rohrleitungen für Trinkwasser unter dem Mandat der Europäischen Bauproduktenrichtlinie genormt werden. Damit sollen Handelsbarrieren vermieden werden, welche aus unterschiedlichen nationalen Anforderungen herrühren.

Die individuellen nationalen Regelungen zum Verbraucherschutz und zur Trinkwasserhygiene sollen jedoch bestehen bleiben. Dies erfordert die Errichtung eines Europäischen Zulassungsverfahrens, in welchem Anforderungen und Testmethoden für trinkwasserberührte Bauteile entwickelt werden, die in allen Mitgliedsländern übernommen werden können, ohne dass die nationalen Schutzniveaus verlassen werden müssen. Nach Inkrafttreten dieser Regelung wird es möglich sein, mit Absolvierung einer einzigen Zulassungsprüfung in allen Ländern der EU für das entsprechende Bauteil die trinkwasserhygienische Zulassung zu bekommen.

### 15.3 Auskleidungen in Leitungen für Rohwässer

Rohwässer entsprechen oft nicht der Trinkwasserverordnung. Es handelt sich bei ihnen häufig um stark kalklösende, saure Wässer.

Calcit-lösende Wässer können im Laufe der Zeit die Festigkeit von zementgebundenen Werkstoffen durch die Auflösung der Calciumcarbonatanteile beeinträchtigen.

Die damit verbundenen Vorgänge sind umso intensiver, je höher die Calcit-Lösekapazität und je geringer die Verdichtung der Auskleidung ist.

Für Rohwässer, die nicht der Trinkwasserverordnung entsprechen, haben sich ZM-Auskleidungen auf Tonerde-Zement-Basis bewährt. Diese Auskleidung wird in Rohre nach dem Rotationsschleuderverfahren eingebracht und ist daher sehr hoch verdichtet. Tonerde-Zementmörtel weisen praktisch keinen freien Kalk auf und sind gegenüber kalklösenden Wässern beständig. Auch kunststoffmodifizierte Zementmörtel sind gegenüber kalklösenden Wässern beständig.

Rohre mit PUR-Auskleidung nach EN 15655 [3] und Formstücke und Armaturen mit Epoxidharz-Beschichtung nach EN 14901 [5] sowie Formstücke und Armaturen mit einer Emaillierung nach DIN 51178 [8] sind ebenfalls zum Transport von Rohwässern geeignet.

## 15.4 Auskleidungen von Rohren, Formstücken und Armaturen für Abwasserleitungen

Abwässer enthalten wesentlich mehr Inhaltsstoffe als Trink- oder Rohwässer. Abwässer in öffentlichen Abwasseranlagen müssen die Richtwerte des DWA-Merkblattes M 115-2 [1] einhalten. Es enthält allgemeine Richtwerte für die wichtigsten Beschaffenheitskriterien vor allem für nicht häusliche Abwässer. Diese Richtwerte werden allerdings von industriellen Abwässern vor der Behandlungsstation in manchen Fällen überschritten.

### 15.4.1 Zementmörtel-Auskleidungen von Rohren und Formstücken

Rohre und Formstücke aus duktilem Gusseisen für die Abwasserentsorgung sind in EN 598 [4] genormt. Der Einsatzbereich umfasst Freigefällekanäle und Druckleitungen. Die Auskleidung muss unterschiedlichen mechanischen und chemischen Belastungen dauerhaft widerstehen. Sie wird mit Tonerde-Zement als Bindemittel hergestellt.

Damit widersteht sie nicht nur chemischen Belastungen wie weichen, sauren oder salzreichen Wässern, sondern auch mechanischen Belastungen, z. B. durch Geschiebe im Abwasser oder Hochdruckreinigung.

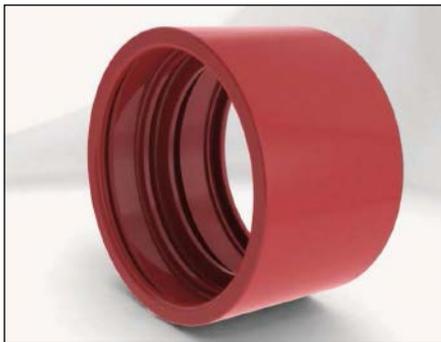
Die Tonerde-Zementmörtel-Auskleidung wird im Rotationsschleuderverfahren hoch verdichtet und in speziellen Reifekammern bei hohen Temperaturen so gereift, dass die stabile kubische Kristallstruktur der Aluminat-Hydrate entsteht, welche Grundlage der hohen Beständigkeit dieser Auskleidung ist.

Der Verbindungsbereich ist mit einer Epoxidharz-Beschichtung gegen Angriff geschützt.

### 15.4.2 Polyurethan-Auskleidungen von Rohren und Formstücken

Rohre und Formstücke aus duktilem Gusseisen mit Polyurethan-Auskleidung für die Abwasserentsorgung sind in EN 598 [4] genormt. Der Einsatzbereich umfasst Freigefällekanäle und Druckleitungen. Die Auskleidung widersteht dauerhaft unterschiedlichen mechanischen und chemischen Belastungen wie weichen, sauren oder salzreichen Wässern, und auch mechanischen Belastungen, z. B. durch Geschiebe im Abwasser oder Hochdruckreinigung.

Die PUR-Auskleidung gemäß EN 15655 [3] wird im Zweikomponenten-Heiß-Spritzverfahren auf die geschliffene und gestrahlte Innenoberfläche der Rohre und Formstücke aufgetragen. Sie trennt das Durchflussmedium hochohmig vom Eisen und gewährleistet die Beständigkeit gegen Abwässer aller Art.



**Bild 15.8:**  
Abwasserformstück  
mit Epoxidharzpulver-Beschichtung

#### 15.4.3 Epoxidharz-Beschichtung von Formstücken und Armaturen für den Abwassertransport

Formstücke werden im Bereich Abwasser standardmäßig innen und außen mit Epoxidharz (EP)-Beschichtung versehen. Die EP-Beschichtung ist in EN 598 [4] aufgeführt und in EN 14901 [5] genormt. **Bild 15.8** zeigt eine TYTON®-Kupplung, die innen und außen mit Epoxidharzpulver beschichtet ist.

#### 15.4.4 Auskleidung von Formstücken und Armaturen mit Technischem Email

Für den Abwasserbereich sind Beschichtungen und Auskleidungen aus Technischem Email entsprechend DIN 51178 [8] möglich. **Bild 15.9** zeigt einen emaillierten Schieber für den Einsatz in Abwasserdruckleitungen.



**Bild 15.9:**  
Emaillierter Schieber für den Einsatz  
in Abwasserdruckleitungen

### 15.5 Auskleidungen in Leitungen für Brauch- und Kühlwasser

Für den Transport von Brauch- und Kühlwässern können Rohre und Formstücke aus dem Trinkwasserprogramm eingesetzt werden, im Zweifel ist ihre Eignung festzustellen. Die technischen Abteilungen der jeweiligen Hersteller bieten hierfür ihre Beratungsleistung an.

Bei kalklösenden Wässern eignen sich Rohre mit Auskleidungen auf Basis Tonerde-Zement oder PUR-Auskleidung. Die Formstücke und Armaturen dieser Leitungen sind mit Epoxidharz nach EN 14901 [5] oder Technischem Email nach DIN 51178 [8] zu schützen.

## 15.6 Literatur

- [15.1] DWA Merkblatt M 115-2  
Indirekteinleitung nicht  
häuslichen Abwassers –  
Teil 2: Anforderungen  
[DWA technical information  
sheet M 115-2  
Indirect discharging of  
non-domestic sewage –  
Part 2: requirements]  
2005-07
- [15.2] EN 545  
Ductile iron pipes, fittings,  
accessories and their joints for  
water pipelines –  
Requirements and test methods  
[Rohre, Formstücke,  
Zubehörteile aus duktilem  
Gusseisen und ihre Verbindungen  
für Wasserleitungen –  
Anforderungen und Prüfverfahren]  
2010
- [15.3] EN 15655  
Ductile iron pipes, fittings and  
accessories –  
Internal polyurethane  
lining for pipes  
and fittings –  
Requirements and test methods  
[Rohre, Formstücke und Zubehör  
teile aus duktilem Gusseisen –  
Polyurethan-Auskleidung von  
Rohren und Formstücken –  
Anforderungen und Prüfverfahren]  
2009
- [15.4] EN 598  
Ductile iron pipes, fittings,  
accessories and their joints for  
sewerage applications –  
Requirements and test methods  
[Rohre, Formstücke, Zubehörteile  
aus duktilem Gusseisen und ihre  
Verbindungen für die Abwasser-  
entsorgung –  
Anforderungen und Prüfverfahren]  
2007+A1:2009
- [15.5] EN 14901  
Ductile iron pipes, fittings and  
accessories –  
Epoxy coating (heavy duty) of  
ductile iron fittings and accessories –  
Requirements and test methods  
[Rohre, Formstücke und Zubehör  
aus duktilem Gusseisen –  
Epoxidharzbeschichtung  
(für erhöhte Beanspruchung)  
von Formstücken und Zubehör-  
teilen aus duktilem Gusseisen –  
Anforderungen und Prüfverfahren]  
2006
- [15.6] RAL – GZ 662  
Güte- und Prüfbestimmungen –  
Schwerer Korrosionsschutz von  
Armaturen und Formstücken durch  
Pulverbeschichtung –  
Gütesicherung  
[Quality and test provisions –  
Heavy duty corrosion protection  
of valves and fittings by powder  
coatings –  
Quality assurance]  
2008

- [15.7] DIN 3476  
Armaturen und Formstücke für Roh- und Trinkwasser – Korrosionsschutz durch EP-Innenbeschichtung aus Pulverlacken (P) bzw. Flüssiglacken (F) – Anforderungen und Prüfungen [Valves and fittings for untreated and potable water – Protection against corrosion by internal epoxy coating of coating powder (P) or liquid varnishes (F) – Requirements and Test] 1996-08
- [15.8] DIN 51178  
Emails und Emailierungen – Innen- und außenemailierte Armaturen und Druckrohrformstücke für die Roh- und Trinkwasserversorgung – Qualitätsanforderungen und Prüfung [Vitreous and porcelain enamels – Inside and outside enamelled valves and pressure pipe fitting for untreated and potable water supply – Quality requirements and testing] 2009-10
- [15.9] DIN 2880  
Anwendung von Zementmörtel-Auskleidung für Gussrohre, Stahlrohre und Formstücke [Application of cement mortar lining for cast iron pipes, steel pipes and fittings] 1999-01
- [15.10] DVGW-Arbeitsblatt W 346  
Guss- und Stahlrohrleitungsteile mit ZM-Auskleidung – Handhabung [DVGW worksheet W 346 Pipeline components of cast iron or steel with cement mortar lining – Treatment] 2000-08
- [15.11] DVGW-Arbeitsblatt W 347  
Hygienische Anforderungen an zementgebundene Werkstoffe im Trinkwasserbereich – Prüfung und Bewertung [DVGW worksheet W 347 Hygienic requirements for cementitious products in contact with drinking water – Test methods and assessment] 2006-05
- [15.11] DVGW-Arbeitsblatt W 270  
Vermehrung von Mikroorganismen auf Werkstoffen für den Trinkwasserbereich – Prüfung und Bewertung [DVGW worksheet W 270 Enhancement of microbial growth on materials in contact with drinking water – Test methods and assessment] 2007-11
- [15.13] DVGW-Arbeitsblatt W 348  
Anforderungen an Bitumenbeschichtungen von Formstücken aus duktilem Gusseisen und im Verbindungsbereich von Rohren aus duktilem Gusseisen, unlegiertem und niedrig legiertem Stahl [DVGW worksheet W 348 Requirements for bituminous coatings of ductile iron fittings and of the joint area of ductile iron pipes and pipes of unalloyed or low-alloy steel] 2004-09



# 16

## Statische Berechnung

- 16.1 Allgemeines
- 16.2 Belastungen
- 16.3 Berechnung
- 16.4 Schnittkräfte
- 16.5 Verformungen
- 16.6 Spannungen
- 16.7 Deformationen
- 16.8 Sicherheiten
- 16.9 Literatur

## 16 Statische Berechnung

**Erdüberdeckte Rohre aus duktilem Gusseisen werden nach DIN EN 1295-1 und damit in Deutschland nach dem Arbeitsblatt ATV-DVWK A 127 [4] berechnet. Für duktile Gussrohre ist es eine kombinierte Festigkeits- und Verformungsrechnung. Die Berechnungsergebnisse zeigen, dass diese Rohre in den meisten Einbausituationen hohe Sicherheiten aufweisen. Darüber hinaus ergeben sich zusätzliche Sicherheitsreserven aus der plastischen Verformbarkeit dieser Rohre.**

### 16.1 Allgemeines

Bei mechanischer Belastung antwortet ein Körper auf die mechanische Spannung  $\sigma$  mit einer bestimmten Verformung  $\varepsilon$  entsprechend der Gleichung

$$E = \sigma / \varepsilon \quad (16.1)$$

in der E der Elastizitätsmodul des Werkstoffs ist. Je nach Werkstoff kann sich dieser Wert im Laufe der Zeit ändern. Er wird in der Regel in einem Kurzzeitversuch ermittelt und ist mit ausreichender Sicherheit für eine Berechnung verwendbar.

Rohre müssen über ihre gesamte Betriebszeit dicht und funktionssicher bleiben. Bei ihrer Bemessung spielen neben inneren sowie äußeren Lasten auch die Betriebsbedingungen und das Werkstoffverhalten eine maßgebliche Rolle.

Das Verhältnis der tatsächlich erreichten Spannungen bzw. Verformungen zu den zulässigen Werten bezeichnet man als Sicherheit  $\gamma$ . Der Wert für  $\gamma$  richtet sich nach der Art der Beanspruchung und des Versagens, nach dem Material selbst und der aus dem Einsatz herrührenden erforderlichen Sicherheit.

### 16.2 Belastungen

Belastungen erdüberdeckter Rohrleitungen sind z.B.:

- Erdlasten,
- gleichmäßig verteilte Flächenlasten,
- Verkehrslasten,
- begrenzte Flächenlasten,
- Innendruck,
- Sonderlasten  
(Düker/Einbau auf Stützen).

#### **Erdlasten**

Das Einbetten der Rohrleitung ist eine Teilarbeit der Ausbildung des Rohrauf-lagers und bestimmt wesentlich die Lastaufteilung und die Druckverteilung am Rohrumfang sowie die Möglichkeit der Ausbildung eines entlastend wirkenden seitlichen Erddruckes auf die Rohrleitung. Die statische Berechnung setzt im Allgemeinen voraus, dass Belastungen und Reaktion über die Rohrlänge gleichmäßig verteilt sind.

#### **Gleichmäßig verteilte Flächenlasten**

Dies können z.B. Schüttgüter sein.

### Verkehrslasten

Unter Verkehrslasten versteht man nicht ständig auf die Rohrleitung wirkende Belastungen. Hierzu zählen z.B.:

- Straßenverkehrslasten,
- Eisenbahnverkehrslasten,
- Flugzeugverkehrslasten.

### Innendruck

Der Innendruck ist der größte auftretende Systembetriebsdruck (MDPc bzw. MDPa). Hierzu zählt also auch der Systemprüfdruck (STP) nach der Definition in der EN 773 und EN 805.

Der Systembetriebsdruck ergibt sich aus dem statischen Druck, dem Pumpendruck und dem Druckstoßzuschlag. Die Auslegung einer Leitung erfolgt zumeist auf der Basis des Systemprüfdruckes.

## 16.3 Berechnung

Mit Einführung des ATV-DVWK Arbeitsblattes A 127 im Dezember 1984 ist die bis dahin übliche reine Festigkeitsrechnung (Spannungsnachweis) durch eine kombinierte Festigkeits- und Verformungsrechnung ersetzt worden, die auf den Überlegungen von Watkins basiert.

Mit dem o. a. Verfahren zur Berechnung erdüberdeckter Rohre lassen sich neben starren Rohrsystemen (biegesteif) auch solche aus verformungsfähigen Werkstoffen (biegeweich) berechnen. Bei der Berechnung wird der umgebende Boden als konstruktives und damit tragendes Element einbezogen, d. h., die Steifigkeit des Systems Rohr/Boden ist maßgebend. Auch der durch die horizontale Verformung der Rohre bedingte passive Erd- druck mit seiner abstützenden Wirkung hat Eingang in die Rechnung gefunden.

Grundlage für die Anwendung des Berechnungsverfahrens ist der in EN 1610 festgelegte Einbau der Rohrleitung, insbesondere ihre Auflagerung und Einbettung.

Weiterhin sind das ATV-DVWK Arbeitsblatt A 139, die DIN 4124 sowie die ZTV 89 zu beachten.

Die charakteristische Größe für das System Rohr/Boden ist seine Steifigkeit (Systemsteifigkeit)  $V_{RB}$ , mit welcher der Grad der Inanspruchnahme des horizontalen Bettungsreaktionsdruckes erfasst wird. Es gilt:

$$V_{RB} = \frac{8 \cdot S_o}{S_{Bh}} \quad (16.2)$$

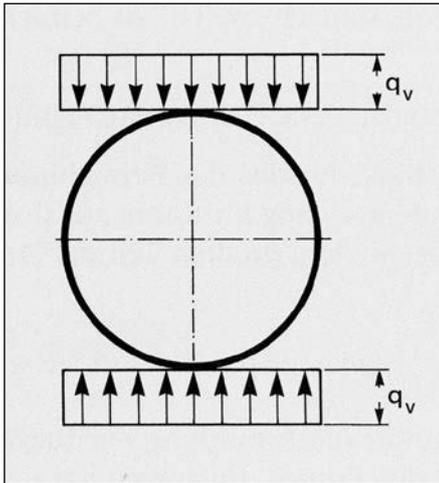
Hierin bedeuten  $S_o$  die Rohrsteifigkeit und  $S_{Bh}$  die horizontale Bettungssteifigkeit. Letztere ist dem Steifemodul  $E_2$  der Verfüllung proportional:

$$S_{Bh} = 0,6 \cdot \zeta \cdot E_2 \quad (16.3)$$

Der Faktor 0,6 berücksichtigt die Spannungsausbreitung im Boden unter dem horizontalen Bettungsreaktionsdruck  $q_h^*$ . Der Korrekturfaktor  $\zeta$  berücksichtigt die unterschiedlichen Verformungsmoduln des Bodens neben dem Rohr ( $E_2$ ) und des anstehenden Bodens neben dem Graben bzw. neben der Leitungszone ( $E_3$ ) und der Grabenbreite.

Zur Erläuterung der Bedeutung der Systemsteifigkeit  $V_{RB}$  dient das **Bild 16.1**.

Unter der Wirkung der vertikalen Belastung  $q_v$  wird sich ein biegeweiches Rohr im Gegensatz zu einem biegesteifen Rohr in horizontaler Richtung verformen und somit über den „geweckten“ passiven Erd- druck Reaktionen im Boden erzeugen.



**Bild 16.1:**  
Einfluss Belastung/Systemsteifigkeit  
Bild 16.1a: Biegesteifes Rohr

Diese wirken der Deformation des Rohres entgegen. Der aus der Rohrverformung resultierende Bettungsreaktionsdruck  $q_h^*$  wird in Form einer Parabel mit dem Öffnungswinkel  $120^\circ$  angesetzt (**Bild 16.2**)

$$q_h^* = \frac{c_{h,qv} \cdot q_v + c_{h,qh} \cdot q_h}{V_{RR} - c_{h,qh}} \quad (16.4)$$

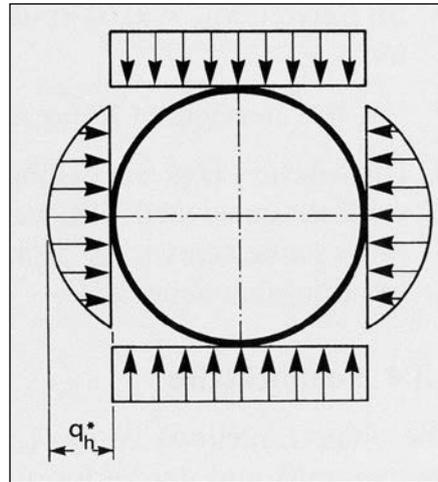
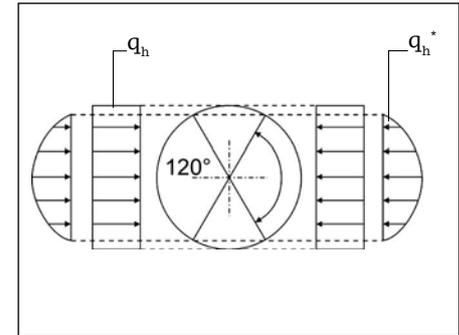


Bild 16.1b: Biegeweiches Rohr

**Bild 16.2:**  
Bettungsreaktion biegeweicher Rohre



mit:

$$q_v = \lambda_{RG} \cdot p_E + p_V \quad (16.5)$$

$$q_h = K_2 \cdot (\lambda_B \cdot p_E + \gamma_B \cdot \frac{d_a}{2}) \quad (16.6)$$

$c_{h,qv}$   $c_{h,qh}$   $c_{h,qh^*}$  sind Verformungsbeiwerte für Biegemomente.

Die Systemsteifigkeit Rohr/Boden

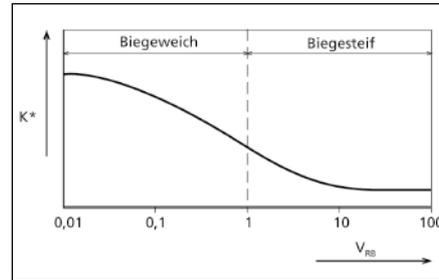
$$V_{RB} = \frac{S_R}{S_{Bh}} \frac{\text{Rohrsteifigkeit}}{\text{Bettungssteifigkeit}}$$

gibt darüber Aufschluss, wie weit sich das Rohr im Boden verformt und inwieweit Bettungsreaktionsdrücke geweckt werden. Als Grenzwert zwischen biegesteifem Verhalten, bei dem der Einfluss des Bettungsreaktionsdruckes  $q_h$  unbedeutend wird, zum biegeweichen Rohr, dessen Standsicherheit wesentlich, wenn nicht sogar ausschließlich, durch den Bettungsreaktionsdruck bestimmt wird, liegt bei  $V_{RB} = 1$ . Biegesteife Rohre haben demnach eine Systemsteifigkeit  $V_{RB} > 1$ ; biege- weiche Rohre  $V_{RB} < 1$  (**Bild 16.3**).

Die rechnerische Grenze zwischen biegesteifem und biegeweichem Verhalten ist im August 2000 im ATV DVWK Arbeitsblatt A 127, 3. Auflage, mit  $V_{RB} = 1$  festgelegt worden [16.1]. Sie betrug bis dato  $V_{RB} = 0,1$ . Die neue Festlegung wurde notwendig, da immer mehr Rohre unterschiedlicher Werkstoffe bei Berechnungen in den „Grenzbereich“ fielen. Beispielsweise liegen für Rohre aus duktilem Gusseisen die sich rechnerisch

**Bild 16.3:**

Zur Erläuterung des Begriff der Systemsteifigkeit



ergebenden Werte für  $V_{RB}$  größtenteils zwischen 0,01 und 0,99.  $V_{RB} = 1$  ist eine eindeutige Grenze. Damit ist geregelt, dass Rohre aus duktilem Gusseisen rechnerisch den biegeweichen Rohren zuzuordnen sind und damit grundsätzlich ein Verformungsnachweis zu führen ist.

**Tipp:**

Ist das im Erdreich eingebettete Rohr steifer als der umgebende Boden, dann konzentriert sich der Kraftfluss auf das Rohr; ist das Rohr weicher, verläuft der Kraftfluss um das Rohr herum; d.h. je steifer das Rohr, um so größer die Lastkonzentration.

**Tabelle 16.1:**

Beispiele für biege- weiche und biegesteife Rohre

	Spannungs- nachweis	Verformungs- nachweis
<b>Biegeweich</b>		
Duktiles Gusseisen	ja	ja
Stahl	ja	ja
Polypropylen	ja	ja
Polyethylen	ja	ja
Polyvinylchlorid	ja	ja
Glasfaser- verstärkter Kunststoff	ja	ja
<b>Biegesteif</b>		
Steinzeug	ja	Nicht maßgebend
Beton	ja	Nicht maßgebend
Grauguss	ja	Nicht maßgebend

## 16.4 Schnittkräfte

Die Einteilung in biegeweiche und biegesteife Rohre bildet die Grundlage für die Ermittlung der Biegemomente  $M$  und der Verformung  $\Delta d_v$  des Rohres. Entsprechend den Druckverteilungen am Rohrfumfang werden Biegemomente  $M$  und Normalkräfte  $N$  für äußere Lasten sowie für Eigengewicht und Wasserfüllung bestimmt.

Die Querkräfte in Ringrichtung sind vernachlässigbar klein. Die Momentenbeiwerte  $m$  und die Normalkraftbeiwerte  $n$  sind nach den Regeln der Statik zu ermitteln.

Mit den Beiwerten  $M$  und  $N$  ermittelt man die Schnittkräfte nach folgenden Gleichungen.

Vertikale Gesamtbelastung  $q_v$ :

$$M_{qv} = m_{qv} \cdot q_v \cdot r_m^2 \quad (16.7)$$

$$N_{qv} = n_{qv} \cdot q_v \cdot r_m \quad (16.8)$$

Seitendruck  $q_h$ :

$$M_{qh} = m_{qh} \cdot q_h \cdot r_m^2 \quad (16.9)$$

$$N_{qh} = n_{qh} \cdot q_h \cdot r_m \quad (16.10)$$

Horizontaler Bettungsreaktionsdruck  $q_h^*$  infolge von Erdlasten:

$$M_{qh} = m_{qh} \cdot q_h \cdot r_m^2 \quad (16.11)$$

$$N_{qh} = n_{qh} \cdot q_h \cdot r_m \quad (16.12)$$

Eigengewicht:

$$M_g = m_g \cdot \gamma_R \cdot s \cdot r_m^2 \quad (16.13)$$

$$N_g = n_g \cdot \gamma_R \cdot s \cdot r_m \quad (16.14)$$

oder

$$M_g = m'_g \cdot F_g \cdot r_m \quad (16.15)$$

$$N_g = n'_g \cdot F_g \quad (16.16)$$

mit

$$F_g = 2 \cdot r_m \cdot \pi \cdot s \cdot \gamma_R \quad (16.17)$$

Wasserfüllung:

$$M_w = m_w \cdot \gamma_w \cdot r_m^3 \quad (16.18)$$

$$N_w = n_w \cdot \gamma_w \cdot r_m^2 \quad (16.19)$$

oder

$$M_w = m_w \cdot F_w \cdot r_m \quad (16.20)$$

$$N_w = n_w \cdot F_w \quad (16.21)$$

mit

$$F_w = r_i^2 \cdot \pi \cdot \gamma_w \quad (16.22)$$

Wasserdruck:

$$M_{pw} = (p_i - p_a) \cdot r_i \cdot r_a \cdot \left( \frac{1}{2} - \frac{r_i \cdot r_a}{r_a^2 - r_i^2} \cdot \ln \frac{r_a}{r_i} \right) \quad (16.23)$$

$$N_{pw} = p_i \cdot r_i - p_a \cdot r_a \quad (16.24)$$

**Tipp:**

Mit geringer werdender Systemsteifigkeit, d. h. in Richtung auf das „weichere“ Rohr, werden die Momente kleiner. Das gilt besonders für duktile Gussrohre großer Nennweiten, bei denen die Systemsteifigkeit im Allgemeinen kleiner als 0,1 ist.

**16.5 Verformungen**

Entsprechend der Druckverteilung am Rohrumfang kann die vertikale Durchmesseränderung  $\Delta d_v$  infolge äußerer Lasten nach folgender Gleichung berechnet werden, wobei der geringe Einfluss der Wasserfüllung auf die Verformung vernachlässigt wird.

$$\Delta d_v = \frac{2 \cdot r_m}{8 \cdot S_o} \cdot (c_{h,qv} \cdot q_v + c_{h,qh} \cdot q_h + c_{h,gh} \cdot q_h^*) \quad (16.25)$$

dabei gilt für

$$S_o = \frac{E_R \cdot I}{d_m^3}$$

Die Gesamtbelastung des Rohres  $q_v$  setzt sich aus der mit einem Konzentrationsfaktor  $m$  multiplizierten Erdlast  $p$  und der Verkehrslast  $p_v$  zusammen.

$$q_v = m \cdot p + p_v \quad (16.26)$$

Die Lastkonzentration über dem Rohr ist Folge einer Spannungsumlagerung, die von folgenden Einflüssen abhängig ist.

- der wirksamen relativen Rohrausladung

$$a' = a \cdot \frac{E_1}{E_2} > 0,25$$

- der relativen Überdeckung  $h/d_a$
- dem Steifigkeitsverhältnis

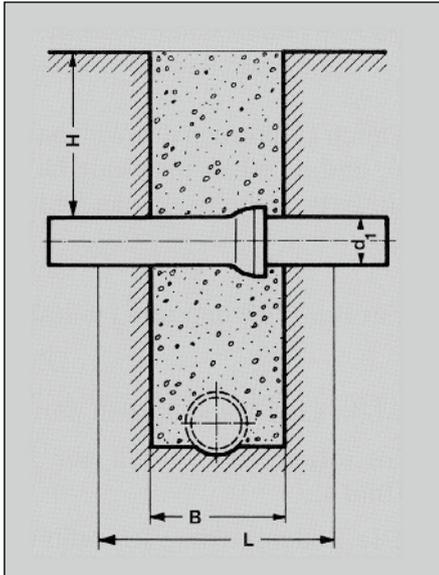
$$V_s = \frac{S_R}{[C \cdot v] \cdot S_{BV}}$$

- der relativen Grabenbreite  $b/d_a$

In einigen Fällen werden Rohre zusätzlich mit Biegung in Längsrichtung belastet, wie z. B. bei:

- Untergraben einer bereits eingebauten Leitung; Belastung durch Erd- und Verkehrslast über dem freigelegten Rohr (**Bild 16.4**),
- Bodensenkung; Belastung des Rohres dadurch, dass es die Bodenbewegung mitmachen muss (**Bild 16.5**).

**Bild 16.4:**  
Belastung des Rohres durch  
Erd- und Verkehrslast

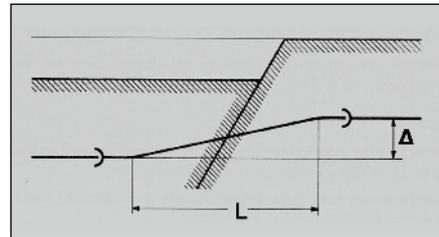


Hier sind gesonderte Überlegungen notwendig:  
Zunächst soll einmal abgeschätzt werden, welche Nennweiten mehr durch Biegung und welche mehr durch Scheitelbelastung gefährdet sind. Für den Belastungsfall nach **Bild 16.4** ergibt sich die maximale Biegebeanspruchung  $\sigma_b$  zu

$$\sigma_b = \frac{P \cdot b \cdot l}{8 \cdot W} \quad (16.27)$$

während sich bei gleicher äußerer Belastung  $P$  die Scheitelspannung  $\sigma_s$  wie folgt errechnet.

$$\sigma_s = 0,375 \cdot \frac{P \cdot d_m}{s^2} \quad (16.28)$$



**Bild 16.5:**  
Belastung des Rohres durch Bodensenkung

Durch Umformen des Widerstandsmomentes  $W$  und Gleichsetzen von  $\sigma_s$  und  $\sigma_b$  erhält man eine Grenznennweite  $DN_{Gr}$ , die beide „Gefährdungsbereiche“ voneinander trennt.

$$DN_{Gr} = 0,7 \cdot \sqrt[3]{B \cdot l \cdot s} \quad (16.29)$$

Für  $B = 1.200$  mm und  $l = 1.600$  mm wird

$$DN_{Gr} = 90 \cdot \sqrt[3]{s} \quad (s \text{ in mm}) \quad (16.30)$$

Im folgenden Fall soll auf „Bodensenkungen“ eingegangen werden (**Bild 16.5**).

Die Bodensenkung ist definiert durch den Sprung  $\Delta$  und ihre Einflusslänge  $L$ . An der Stelle des größten Momentes ergibt sich eine Biegespannung  $\sigma_b$  im Rohr zu.

$$\sigma_b = 3 \cdot \frac{E \cdot d_a}{L^2} \cdot \Delta \quad (16.31)$$

Setzt man für den Quotienten  $\sigma_b/E$  den Wert für die Dehnung  $\varepsilon$  und löst nach  $\Delta$  auf, so wird

$$\Delta = \frac{\varepsilon \cdot L^2}{3 \cdot d_a} \quad (16.32)$$

## 16.6 Spannungen

Die Spannungen werden aus den Belastungen nach den allgemeinen Regeln der Technik ermittelt:

$$\sigma = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{W} \cdot \alpha_k \quad (16.33)$$

mit dem Korrekturfaktor  $\alpha_k$  zur Berücksichtigung der Krümmung der inneren und äußeren Randfaser.

### Innendruck

Bei Beanspruchung der Rohre durch den Innendruck  $p$  entstehen Spannungen in Umfangs-, Längs- und Radialrichtung.

Bei Muffenrohren (ohne längskraftschlüssige Verbindungen) sind die Spannungen in Längsrichtung gleich Null, wenn keine Biegung in Längsrichtung vorhanden ist. Die Spannungen in Umfangsrichtung errechnen sich, unter Berücksichtigung der radialen Komponente, nach der Kesselformel zu.

$$\sigma_p = \frac{p \cdot d_a}{2 \cdot s_{\min}} - \frac{P}{2} \quad (16.34)$$

Den zulässigen Betriebsdruck erhält man, wenn die Gleichung (16.34) nach  $p$  auflöst, für  $d_a - s_{\min} = d_m$  setzt ( $d_m =$  mittlerer Durchmesser) und die Sicherheit  $\gamma$  wählt.

$$P_{zul} = \frac{2 \cdot \sigma_p \cdot s_{\min}}{\gamma \cdot d_m} \quad (16.35)$$

## 16.7 Deformationen

Als Folge der Biegung und der Scheitelbelastung treten an Rohren Deformationen auf. Der erste Fall wurde bereits erläutert. Die Berechnung der Deformation infolge Scheitellast geht von den oben ermittelten Belastungen aus. Nach **Kapitel 16.5** ergibt sich für die Verformung.

$$\Delta d_v = \frac{2 \cdot r_m}{8 \cdot S_o} \cdot (c_{h,qv} \cdot q_v + c_{h,qh} \cdot q_h + c_{h,qh^*} \cdot q_h^*) \quad (16.36)$$

Daraus berechnet sich die relative Durchmesseränderung in vertikaler Richtung in % zu

$$\delta_v = \frac{\Delta d_v}{2 \cdot r_m} \cdot 100 [\%] \quad (16.37)$$

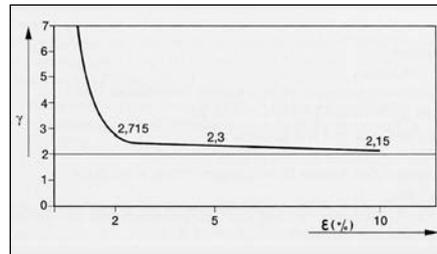
## 16.8 Sicherheiten

Die Sicherheitsbeiwerte sind auf der Grundlage der probabilistischen Zuverlässigkeitstheorie ermittelt. Dabei werden die Streuungen der Belastbarkeit der Rohre und der Belastung berücksichtigt. Aufgrund der unterschiedlichen Streuung der Festigkeiten, Abmessungen, Steifigkeiten und Prüfmethode sowie der unterschiedlichen Inanspruchnahme der Stützfunktion des Bodens ergeben sich für verschiedene Rohrwerkstoffe bei gleicher Versagenswahrscheinlichkeit unterschiedliche Sicherheitsbeiwerte. Bei duktilem Gusseisen beträgt der Sicherheitsbeiwert  $\gamma = 1,5$  unter Berücksichtigung der Gefährdung des Grundwassers, der Beeinträchtigung der Nutzung sowie der wirtschaftlichen Folgen.

Bei einem verformungsfähigen Werkstoff wie dem duktilem Gusseisen kann es sinnvoll sein, den Sicherheitsbeiwert  $\gamma$  mit dem Arbeitsvermögen des Materials in starkem Maße von der Dehnung  $\epsilon$  beeinflusst wird, ist  $\gamma$  auch als Funktion von  $\epsilon$  darstellbar.

Mit den entsprechenden Werten für duktile Gussrohre ergibt sich der in **Bild 16.6** gezeigte Zusammenhang für das Arbeitsvermögen [16.2].

Zurzeit wird die Überarbeitung des ATV-DVWK Arbeitsblattes A127, 3. Auflage, vorbereitet. In die Berechnungen gehen zukünftig nicht mehr die globalen Sicherheiten ein. Man unterscheidet vielmehr Teilsicherheiten der Rohre unterschiedlicher Werkstoffe und der Belastung.



**Bild 16.6:** Sicherheitsbeiwert  $\gamma$ , auf die jeweiligen Festigkeitswerte bezogen, in Abhängigkeit von der Dehnung

## 16.9 Literatur

- [16.1] ATV-DVWK-A 127  
Statische Berechnung von Abwasserkanälen und -leitungen, 3. Auflage, 2000-08
- [16.2] Hein, H.:  
Der Einfluss der Zeit auf das Festigkeitsverhalten am Beispiel gusseiserner Rohre  
FGR Information 3 (1968)  
S. 28



# 17

# Hydraulische Berechnung

- 17.1 Allgemeines
- 17.2 Berechnung des Druckverlustes
- 17.3 Literatur

## 17 Hydraulische Berechnung

### Berechnungsmethoden für Druckverluste in Rohrleitungen, Formstücken und Armaturen, Teilfüllung, Druckstöße.

#### 17.1 Allgemeines

Für den Bereich der Wasserleitungen basieren die nachfolgenden Ausführungen auf der EN 545; für Abwasserkanäle und -leitungen gilt EN 598.

Die hydraulische Berechnung von Trinkwasserleitungen ist im DVGW-Arbeitsblatt GW 303-1 geregelt.

Das Arbeitsblatt DWA-A 110 ist für die hydraulische Dimensionierung und den Leistungsnachweis von Abwasserkanälen und -leitungen maßgebend; es ist in einer überarbeiteten Fassung mit Ausgabe August 2006 neu erschienen.

Für die Berechnung von Wasserrohrnetzen ist das DVGW-Arbeitsblatt GW 303-1 maßgebend.

Unter [www.eadips.org](http://www.eadips.org) kann im Kapitel „**Rechentools**“ ein Programm in Anlehnung an das DVGW-Arbeitsblatt GW 303-1 und dem Arbeitsblatt **DWA-A 110** zur hydraulischen Berechnung folgender Anwendungsfälle kostenlos heruntergeladen werden:

- Wasserleitungen im Bereich von DN 80 bis DN 2000 und
- Abwasserkanäle und Abwasserleitungen im Bereich von DN 100 bis DN 2000.

#### 17.2 Berechnung des Druckverlustes

Der Volumenstrom (Abfluss, Durchfluss)  $Q$  in [m<sup>3</sup>/sec], der lichte Rohrdurchmesser  $d$  in [m] und die mittlere Fließgeschwindigkeit  $V$  in [m/s] sind durch die Beziehung

$$(17.1) Q = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot V \text{ [m}^3 / \text{s]}$$

miteinander verknüpft. Mit einer für das Medium typischen Fließgeschwindigkeit wird, bei vorgegebenem Druckabfall, der lichte Rohrdurchmesser in erster Näherung ermittelt. Orientierungswerte für  $V$  sind in **Tabelle 17.1** zusammengefasst.

**Tabelle 17.1:**  
Typische Fließgeschwindigkeiten  
verschiedener Medien in Rohrleitungen

Art der Leitung	Fließgeschwindigkeit [m/s]
Trinkwasser- und Betriebswasserleitungen	1 bis 3
Abwasserleitungen	1 bis 15
Niederdruck-Gasleitungen (Versorgungsleitung)	1 bis 3
Gasleitungen (Hauptleitung)	3 bis 6
Hochdruck-Gasleitungen	10 bis 25

### 17.2.1 Druckverlust in geraden Rohren

Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf kreisförmige Querschnitte sowie Leitungen für Wasser und Abwasser.

Bei Rohrströmungen entstehen durch Reibung an der Rohrwand, durch Verwirbelung des Mediums und durch Reibung der Flüssigkeitsteilchen untereinander Energieverluste, die sich durch einen Druckabfall äußern.

Der Druckabfall  $p_1 - p_2$  errechnet sich für stationäre Strömungsverhältnisse zu

$$p_1 - p_2 = \lambda \cdot \gamma_w \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \quad [\text{N/m}^2] \quad (17.2)$$

Hierin bedeuten:

- $p_1 - p_2$  Druckabfall in  $[\text{N/m}^2]$
- $l$  Leitungslänge in  $[\text{m}]$
- $d$  lichter Rohrdurchmesser in  $[\text{m}]$
- $V$  mittlere Fließgeschwindigkeit in  $[\text{m/s}]$
- $g$  Erdbeschleunigung in  $[\text{m/s}^2]$
- $\gamma_w$  Dichte des Wassers in  $[\text{N/m}^3]$
- $\lambda$  Widerstandsbeiwert (Rohrreibungszahl).

Die Umformung von obiger Beziehung liefert

$$\frac{p_1 - p_2}{\gamma_w} = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \quad (17.3)$$

Der Ausdruck

$$\frac{p_1 - p_2}{\gamma_w} \quad (17.4)$$

stellt die Druckverlusthöhe  $h$  in  $[\text{m}]$  dar, die nach Division durch die Leitungslänge  $l$  in das Energieliniengefälle  $J$  übergeht.

$$J = \frac{\lambda}{d} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \quad [\text{m/km}] \quad (17.5)$$

Aus Gründen der Übersicht wird  $J$  als der auf 1 km Leitungslänge bezogene Druckabfall  $h$  in m Wassersäule ausgewiesen.

Der Faktor  $\lambda$  stellt die dimensionslose Rohrreibungszahl (Widerstandsbeiwert) dar, die von der Wandrauheit und der Reynoldszahl  $Re$  abhängt.

Die Reynoldszahl  $Re$  ist das Verhältnis der Massenträgheitskräfte und der inneren Reibungskräfte und errechnet sich zu

$$Re = \frac{V \cdot d}{\nu} \quad (17.6)$$

Hier ist  $\nu$  die kinematische Zähigkeit in  $[m^2/s]$ .

**Tabelle 17.2** enthält die kinematischen Zähigkeiten des Wassers bei Temperaturen zwischen  $0\text{ °C}$  und  $100\text{ °C}$  bei Normaldruck. Üblicherweise sind Druckabfalltafeln auf Wassertemperaturen von  $10\text{ °C}$ , d.h. auf eine kinematische Zähigkeit von  $\nu = 1,31 \cdot 10^{-6}\text{ m}^2/s$ , bezogen.

Mit den in **Tabelle 17.2** angegebenen Werten für die Fließgeschwindigkeiten  $V$  ist die Strömung in den Rohren immer turbulent.

**Tabelle 17.2:**  
Abhängigkeit der kinematischen Zähigkeit des Wassers von der Temperatur

Temperatur [°C]	Kinematische Zähigkeit $\nu$ [ $10^6\text{ m}^2/s$ ]
0	1,790
10	1,310
20	1,010
40	0,658
60	0,478
80	0,366
100	0,295

In diesen Fällen gilt für den Widerstandsbeiwert  $\lambda$  die Beziehung

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \lg \left( \frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{\lambda}} + \frac{k}{3,71 \cdot d} \right) \quad (17.7)$$

(Nach Prandtl-Colebrook).

Die obere Grenze stellt die von Nikuradse für hydraulisch raue Rohre ermittelte Beziehung

$$\lambda = \frac{1}{\left( 2 \cdot \lg \frac{d}{k} + 1,14 \right)^2} \quad (17.8)$$

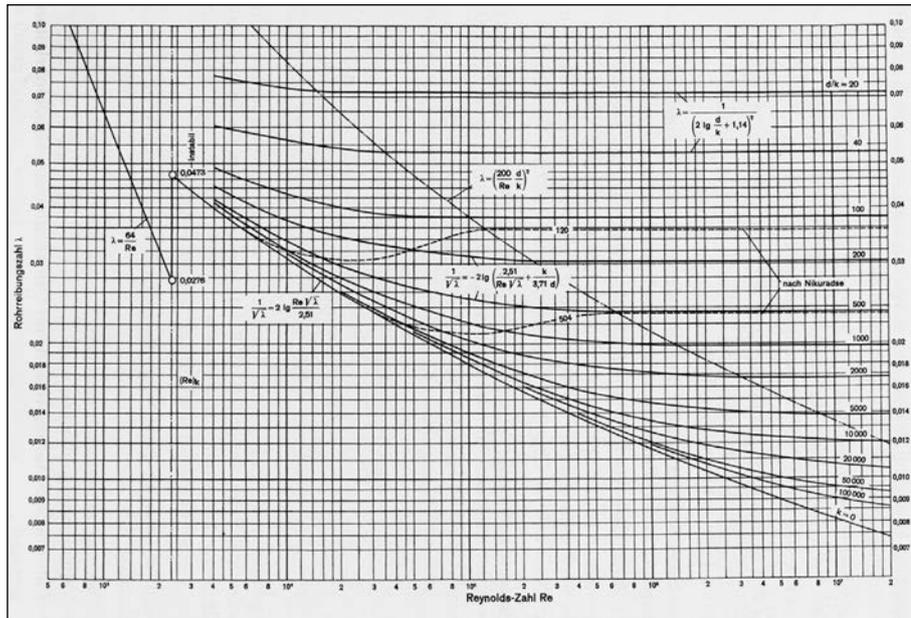
dar, während die untere Grenze ( $K=0$ ) durch die von Karman-Prandtl für hydraulisch glatte Rohre angegebene Beziehung

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \cdot \lg \frac{Re \cdot \sqrt{\lambda}}{2,51} \quad (17.9)$$

gegeben ist.

**Bild 17.1** zeigt die Abhängigkeit der Rohrreibungszahl  $\lambda$  von der Reynoldszahl  $Re$ ; Parameter ist das Verhältnis des lichten Rohrdurchmessers  $d$  und der absoluten Rauheit  $k$ . Es ist ersichtlich, dass der Bestimmung und Festlegung der absoluten Rauheit  $k$  eine besondere Bedeutung zufällt.

**Bild 17.1**  
Abhängigkeit der Rohrreibungszahl  $\lambda$  von der Reynoldszahl  $Re$



Für Trink- und Betriebswasserleitungen sind im DVGW-Arbeitsblatt W 302 nachstehende  $k_i$ -Werte festgelegt.

- $k_i = 0,1$  [mm]  
Fern- und Zubringerleitungen mit gestreckter Leitungsführung
- $k_i = 0,4$  [mm]  
Hauptleitungen mit weitgehend gestreckter Leitungsführung
- $k_i = 1,0$  [mm]  
Neue Netze; durch den Übergang von  $k_i = 0,4$  mm auf  $k_i = 1,0$  mm wird der Einfluss starker Vermaschung näherungsweise berücksichtigt.

Schubert [17.1] hat diese Werte an einer rund 16 km langen Fernwasser-Versorgungsleitung aus zementmörtel ausgekleideten duktilen Gussrohren DN 400 und DN 500 bestätigt gefunden.

Für die Nachrechnung älterer Rohrleitungen und Rohrnetze ist es nicht möglich, Zahlenwerte für die Annahme von Rauheiten zu empfehlen. Die vorhandene Rauheit muss in der Regel durch Messungen bestimmt werden.

In den Messwerten sind die Verluste aller Formstücke und Armaturen enthalten, so dass man mit der Festlegung  $k_1 = 0,1$  mm für Fernleitungen auf der sicheren Seite liegt.

Das ATV-DVWK-Arbeitsblatt A 110 ist 2001 in einer überarbeiteten Fassung neu erschienen.

Wesentliche Änderungen im Vergleich zur Ausgabe August 1988 sind:

- Trennung der Vorgehensweise bei der Dimensionierung und beim Leistungsnachweis,
- neugefasste, erweiterte Darstellung der Strömungsverluste in Schächten mit und ohne Einstau,
- neuartige Behandlung der Strömung in Schachtbauwerken mit schießendem Abfluss bei gleichzeitiger Strömungsumlenkung,
- analytische Behandlung der Strömung in nicht kreisförmigen Profilen sowie bei Teilfüllungszuständen,
- Wegfall der Berücksichtigung von Formbeiwerten  $f$ ,

- Generalisierung der Behandlung der diskontinuierlichen Strömung durch Einführen des Faktors  $m$ ,
- erweiterte Neufassung der Behandlung von Flachstrecken und Ablagerungen,
- Berechnung der Energieumwandlung im Auslaufbereich von Steilstrecken,
- Überarbeitung der Berechnung für offene Gerinne mit gegliedertem Querschnitt.

Bei Berechnung von Spiegellinien ist der Übergang von Teilfüllung über Vollfüllung zum Druckabfluss (Einstau), auch unter Berücksichtigung des Einstaus der Schächte, lückenlos möglich. Vereinfachende Rechenmodelle bedürfen modellspezifischer Ansätze, die außerhalb des Geltungsbereiches von A 110 liegen würden.

Für Entwässerungskanäle und -leitungen sind die betrieblichen Rauheiten  $k_b$  in den Richtlinien des ATV-Arbeitsblattes A 110 festgelegt.

Für nicht genormte Rohre und Ortbetonkanäle ohne besonderen Nachweis der effektiven Wandrauheit ist  $k_b = 1,5$  mm zu setzen. Der Pauschal-Ansatz für  $k_b$ -Werte enthält in der Regel die Einflüsse von

- Wandrauheit,
- Lageungenauigkeiten und -änderungen,
- Rohrstoßen,
- Zulauf-Formstücken und
- Schachtbauwerken.

Im Rahmen dieses Pauschal-Ansatzes ist die effektive Wandrauheit für genormte Rohre einheitlich mit  $k = 0,1$  mm angesetzt. Darin sind auch die Auswirkungen des Kanalbetriebs auf die Wandrauheit gegenüber den Verhältnissen bei neuwertigen Rohren erfasst.

Nicht enthalten in dieser pauschalen Definition der  $k_b$ -Werte sind die Einflüsse von

- Unterschieden zwischen gerechneten und vorhandenen lichten Rohrdurchmessern,
- Vereinigungsbauwerken
- Ein- und Auslaufbauwerken von Drosselstrecken, Druckrohrleitungen
- Dükern
- Auswirkungen von Ein- und Überstau.

In diesen Fällen gelten folgende Prinzipien:

- Es ist grundsätzlich mit der effektiven mittleren Lichtweite zu rechnen oder mit den mittleren Lichtmaßen.
- Bei der Dimensionierung (Planung) sind Unterschreitungen im Rahmen von DIN 4263 zulässig und durch die Auslegung auf 0,9  $Q_v$  abgedeckt.
- Wenn die effektive Lichtweite im Einzelfall nicht berücksichtigt wird, ist beim Leistungsnachweis (Nachrechnung) grundsätzlich mit 95 % der Nennweite zu rechnen, worin auch Querschnittsreduzierungen infolge normaler Ablagerungen erfasst sind.

- Die Verluste an Vereinigungsbauwerken sind im Einzelfall nachzuweisen. Auf den Nachweis kann verzichtet werden, wenn im Vereinigungsbauwerk ein Sohl sprung  $\Delta Z \geq d/20$  vorgesehen oder vorhanden ist.

Auf den Nachweis kann ferner verzichtet werden, wenn die Auslastung des weiterführenden Kanals mit etwa 0,85  $Q_v$  statt 0,9  $Q_v$  begrenzt wird, sofern diese Kanäle rückstaufrei betrieben werden.

In **Tabelle 17.3** sind Pauschal-Werte für die betrieblichen Rauheiten in [mm] aufgeführt.

**Tabelle 17.3:**

Pauschalwerte der betrieblichen Rauheiten  $K_b$

$k_b$ [mm]	Anwendung	Bemerkung
0,25	Drosselstrecken <sup>1)</sup> , Druckrohrleitungen <sup>1)2)</sup> , Düker <sup>1)</sup> , und Reliningstrecken ohne Schächte	alle DN
0,5	Transportkanäle mit Schächten	alle DN
0,75	Sammelkanäle und -leitungen mit Schächten	bis DN 1000
	dto. mit angeformten Schächten	alle DN
	Transportkanäle mit Sonderschächten bzw. angeformten Schächten	alle DN
1,5	Sammelkanäle und -leitungen mit Sonderschächten	alle DN
	Mauerwerkskanäle, Ortbetonkanäle, Kanäle aus nicht genormten Rohren, Rohre ohne besonderen Nachweis der Wandrauheit	alle DN

<sup>1)</sup> Ohne Einlauf-, Auslauf- und Krümmungsverluste

<sup>2)</sup> Ohne Drucknetze

### 17.2.2 Teilfüllung

Bei der Ermittlung von Teilfüllungszuständen geht man davon aus, dass die Spiegellinie parallel zur Sohle verläuft (Normalabfluss).

Dann gilt für die Fließgeschwindigkeit  $V_T$  bei Teilfüllung

$$\frac{V_T}{V_V} = \left( \frac{r_{hy,T}}{r_{hy,V}} \right)^{0,625} \quad (17.10)$$

und für den Abfluss  $Q_T$

$$\frac{Q_T}{Q_V} = \frac{A_T}{A_V} \cdot \left( \frac{r_{hy,T}}{r_{hy,V}} \right)^{0,625} \quad (17.11)$$

Die theoretischen Untersuchungen von Tiedt [17.2] haben die praktischen Versuche von Sauerbrey [17.3] dahingehend untermauert, dass der Einfluss der Luftreibung auf das Abflussverhalten teilgefüllter, geschlossener Profile vernachlässigt werden kann. Die Teilfüllkurven besitzen somit ein rückbiegendes Maximum bei Teilfüllungen, dem die höchstmögliche, stabile Normalwassertiefe zuzuordnen ist. Wegen der Problematik der Belüftung bzw. des Lufteinschlusses bei Kanalisationsleitungen, verbunden mit der daraus resultierenden Gefahr des „Zuschlagens“ der Leitungen, werden die Teilfüllkurven für Abflüsse bei

$$\frac{Q_T}{Q_V} = 1,0 \quad (17.12)$$

abgebrochen.

### 17.2.3 Druckverluste in Formstücken und Armaturen

Die Druckverlusthöhe  $h'$  in Formstücken und Armaturen errechnet sich nach der Formel

$$h' = \xi_i \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \quad (17.13)$$

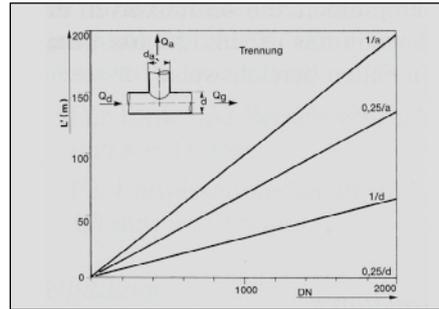
wobei  $\xi_i$  die Widerstandszahl ist.

Eine andere Möglichkeit zur Definition der Druckverluste ist die Festlegung einer äquivalenten Verlustlänge  $L'$ , die sich aus der Formel zu

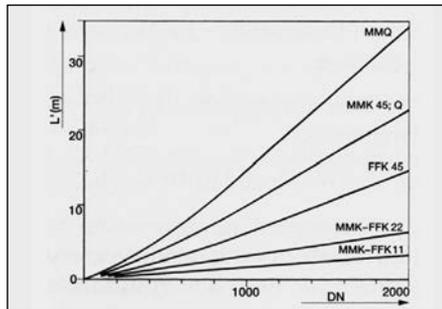
$$L' = \xi_i \cdot \frac{d}{\lambda} \quad (17.14)$$

errechnet.

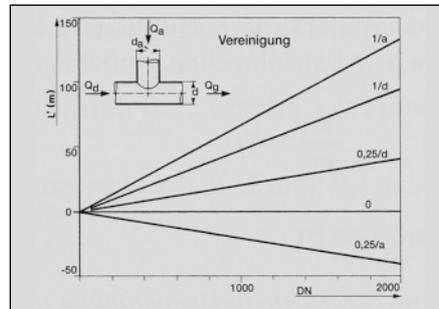
Die Druckverluste werden durch die äquivalente Verlustlänge  $L'$  einer Leitung der gleichen Nennweite ersetzt. Die Ergebnisse sind für Bögen in **Bild 17.2**, für Abzweige in **Bild 17.3** und **Bild 17.4** enthalten. Sie gelten für eine Strömungsgeschwindigkeit  $V$  von 1 m/s und der kinematischen Zähigkeit  $\nu$  bei 10 °C Wassertemperatur.



**Bild 17.3:**  
Äquivalente Verlustlänge  $L'$  bei Abzweigen (Trennung)



**Bild 17.2:**  
Äquivalente Verlustlänge  $L'$  bei Bögen



**Bild 17.4:**  
Äquivalente Verlustlänge  $L'$  bei Abzweigen (Vereinigung)

### 17.2.4 Druckstöße in Rohrleitungen

Gegenstand der Berechnung sind jene instationären Strömungsvorgänge in Leitungen, die im Wesentlichen durch die Massenträgheit der Flüssigkeit verursacht wird. Zusätzlich ist der Einfluss der Kompressibilität des Mediums und die Elastizität des Rohrwerkstoffes zu berücksichtigen.

Die dabei auftretenden Druckschwankungen sind allgemein unter dem Begriff Druckstöße – bei Wasserleitungsnetzen auch als Wasserschläge – bekannt.

Das DVGW-Arbeitsblatt W 303 enthält Planungshinweise und Berechnungsverfahren.

## 17.3 Literatur

- [17.1] Schubert, J.:  
Druckverlustmessungen an duktilen  
Gussrohren mit Zementmörtel-  
Auskleidung,  
FGR-Informationen 11  
(1976) S. 14/18
- [17.2] Tiedt, W.:  
Hydrodynamische Untersuchungen  
des Teilfüllungsproblems  
(Gesetzmäßigkeiten des  
Abflusses in technisch rauen  
Kreisgerinnen bei laminarer  
und turbulenter Strömung)  
Techn. Berichte aus dem Institut für  
Hydraulik und Hydrologie der Tech-  
nischen Hochschule Darmstadt, Nr. 7  
1971
- [17.3] Sauerbrey, M.:  
Abfluß in Entwässerungsleitungen  
unter besonderer Berücksichtigung  
der Fließvorgänge in  
teilgefüllten Rohren.  
Erich Schmidt Verlag, Bielefeld  
1969



# 18

## Schweißen an duktilen Gussrohren

- 18.1 Allgemeines
- 18.2 Schweißverfahren
- 18.3 Anwendungsbereiche

## 18 Schweißen an duktilen Gussrohren

**Beschreibung der Schweißverfahren, der Nahtvorbereitung, der Zusatzwerkstoffe und der Wärmebehandlung beim Schweißen an duktilen Gussrohren und Formstücken sowie Schweißnaht-Prüfungen.**

### 18.1 Allgemeine

Kurz nach der Wende zum 20. Jahrhundert begann im Bereich der industriellen Fertigung die Entwicklung des Schweißens von Gusseisenwerkstoffen. Damals handelte es sich noch um Grauguss (Gusseisen mit Lamellengraphit). Die Vorbehalte gegen das Schweißen von Gusseisen erübrigen sich insofern, als es sich inzwischen im Bereich Rohrleitungsbau meistens um duktilen Gusseisen (Gusseisen mit Kugelgraphit) handelt, aber auch geeignete Schweißzusätze und erheblich verbesserte Schweißtechnologien Verwendung finden. Entsprechende Richtlinien wurden gemeinsam von DVGW, DVS und den Herstellern von Rohren und Formstücken aus duktilem Gusseisen erstellt.

Hinsichtlich des Schweißens von Gusswerkstoffen im Bereich des Rohrleitungsbaus unterscheidet man drei Fälle:

- Konstruktionsschweißen, das Schweißen von Gussbauteilen aus Einzelkomponenten (z. B. Anschweißen von Flanschen, Abzweigen usw. auf Rohre),
- Fertigungsschweißen, beispielsweise das Aufbringen eines Schweißwulstes an Einsteckenden von längskraftschlüssigen Rohrverbindungen,
- Instandsetzungsschweißen, Schweißausbesserungen und Auftragsschweißungen.

Der für eine bestimmte Verbindungsqualität erforderliche Aufwand kann sehr unterschiedlich sein.

Man unterscheidet folgende Schweißtechnologien:

- Schweißen mit artgleichem Schweißzusatz unter hoher Vorwärmung, artgleiches Schweißen genannt (früher Warmschweißen),
- Schweißen ohne Zusatzwerkstoff,
- Schweißen mit artfremdem Schweißzusatz ohne oder mit nur geringer Vorwärmung, artfremdes Schweißen genannt (früher Kaltschweißen).

In der Praxis hat sich inzwischen letzteres durchgesetzt.

### 18.2 Schweißverfahren

Beim Schweißen von duktilem Gusseisen kommen folgende Verfahren zur Anwendung:

- Lichtbogenhandschweißen (E),
- Metallschutzgasschweißen (MIG/MAG),
- Metalllichtbogenschweißen mit Fülldrahtelektroden (MF).

Die Auswahl der Technologie für Guss-eisenschweißverbindungen behandelt das Merkblatt DVS 0602. Es enthält die grundlegenden Vorgehensweisen in Abhängigkeit vom Grundwerkstoff und dem Schweißverfahren.

Zur Schweißnahtvorbereitung sind die Gussflächen von Ölen, Fetten, Farbresten, Rost und Sand zu reinigen. Sie müssen metallisch blank und trocken sowie bei verzinkten Teilen zinkfrei sein.

Beim Schweißen auf der Baustelle ist für die üblichen Bedingungen Sorge zu tragen, z. B. ausreichend große Montagegrube und Schutz vor Witterung. In der Praxis haben sich V- und Kehlnahtverbindungen bewährt, die mit und ohne Pufferlage ausgeführt werden können.

Heftstellen sind vor dem Überschweißen auszuschleifen, um Bindefehler oder Schlackeeinschlüsse zu vermeiden.

DIN EN ISO 1071 unterteilt die für das Schweißen von Gusseisen geeigneten Schweißzusätze in artgleiche und artfremde:

Die artgleichen Schweißzusätze stehen als gegossene Stäbe, als umhüllte Stabelektroden aus Gusseisen oder als Fülldrahtelektroden zur Verfügung. Nach dem Schweißen soll das Gusstück möglichst langsam abkühlen, um Eigenspannungen weitestgehend abzubauen (siehe Merkblatt DVS 0602). Dieses Verfahren bleibt auf das Herstellerwerk beschränkt.

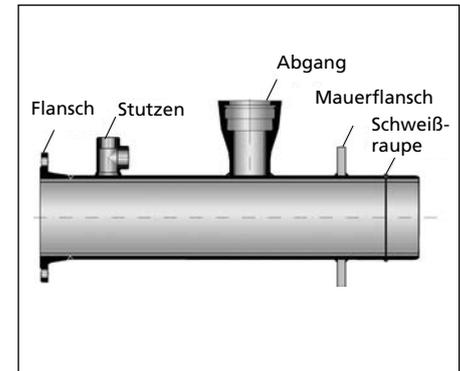
Als artfremde Zusätze für das Schweißen von duktilem Gusseisen kommen vorzugsweise Nickel-Eisen-Legierungen in Frage. Sie haben den Vorteil, eine niedrige Wärmeausdehnung zu besitzen und, als Folge der Aufmischung mit dem hochkohlenstoffhaltigen Grundwerkstoff, nicht zur Versprödung zu neigen.

Der über die Löslichkeitsgrenze hinausgehende Kohlenstoff wird meist als Kugelgraphit ausgeschieden. Darum ist bei duktilem Gusseisen mit Kugelgraphiteinlagerungen keine Wärmenachbehandlung erforderlich. Dieser Sachverhalt ermöglicht eine baustellengerechte Schweißung ohne thermische Nachbehandlung.

## 18.3 Anwendungsbereiche

### 18.3.1 Schweißen an Rohren aus duktilem Gusseisen

Maßgebend für die schweißtechnischen Grundsätze zur Ausführung von Schweißungen an Rohren aus duktilem Gusseisen sind die Richtlinien DVS 1502-1 und -2. Die wichtigsten Anwendungen des Schweißens an Rohren aus duktilem Gusseisen zeigt das **Bild 18.1**.



**Bild 18.1:**  
Übersicht der Anwendungsbereiche

Im Zuge der Überarbeitung der Richtlinie DVS 1502-1 in den 90er Jahren wurden auf Veranlassung des DVGW umfangreiche Versuche durchgeführt. Sie führten zu dem Ergebnis, dass das Schweißen an Rohren aus duktilem Gusseisen mit entsprechend ausgebildetem und qualifiziertem Schweißfachpersonal (Schweißer und Schweißaufsicht) möglich ist. Das gilt insbesondere unter Einsatz des Lichtbogenhandschweißens mit eignungsgeprüften Nickel-Eisen-Stabelektroden für den Bereich der Gas- und Wasserversorgung.

Im Falle von duktilen Gussrohren mit Zementmörtel-Auskleidung ist danach kein negativer Einfluss des Schweißprozesses auf die Zementmörtelschicht, und somit rückwirkend auf die Ausbildung der Wärmeeinflusszone, festzustellen. Eine thermische Nachbehandlung von Schweißverbindungen oder geschweißten Teilen ist nicht erforderlich.

**Tabelle 18.1**, die der Richtlinie DVS 1502-1 entnommen wurde, zeigt in Abhängigkeit von der realen Rohrwanddicke die Randbedingungen für das Schweißen auf.

**Tabelle 18.1:**

Randbedingungen für das Schweißen an Rohren aus duktilem Gusseisen

Schweißausführung	Dreilagig (auch für Rohr/Stutzenverbindung)		
	ohne Wasserfüllung *)		mit Wasserdurchfluss
Rohrwanddicke real [mm]	ohne ZMA	mit ZMA	mit ZMA
≥ 4,7 ***)	bei 20 °C	bei 20 °C	Nicht zulässig
≥ 6	bei 20 °C	bei 20 °C	bei 20 °C **)
> 8	bei 20 °C	bei 20 °C	bei 20 °C **)
> 10	150 °C Vorwärmung	bei 20 °C	bei 20 °C **)
> 12	150 °C Vorwärmung	150 °C Vorwärmung	200 °C Vorwärmung

\*) gilt auch für Rohrleitungen in Schweißbereichen oberhalb des Wasserspiegels  
 \*\*) Bei Rohrwandtemperaturen unter 20 °C empfiehlt sich eine Vorwärmung.  
 \*\*\*) Beim Schweißen von Rohren mit realen Wanddicken unter 4,7 mm sind die Angaben der Hersteller zu beachten.

Das Schweißen an duktilen Gussrohren darf nicht durchgeführt werden, wenn es sich um wasserdurchflossene Rohre ohne Zementmörtel-Auskleidung handelt. Die seit den 70er Jahren eingebauten Wasserleitungsrohre sind grundsätzlich mit Zementmörtel ausgekleidet.

In einzelnen Ausnahmefällen wurden Rohre mit organischen Auskleidungen eingebaut. Hier ist eine Schweißung nicht möglich.

Für die Prüfung von Schweißern gilt die Prüfrichtlinie DVS 1148.

### 18.3.2 Anschweißen von Flanschen an duktile Gussrohre

Geschweißte Flanschenrohre bestehen aus Rohrabschnitten mit angeschweißten Flanschen aus duktilem Gusseisen. Sie werden je nach Nennweite von PN 10 bis PN 40 hergestellt, jedoch für Gasleitungen nur bis 4 bar. Die Baulängen können 200 bis 5.900 mm betragen.

Für das Anschweißen der Flansche kommt das Metall-Inertgas-Schweißen, meist mit Argon-Schutzgas (MIG-Verfahren), zum Einsatz. Dabei fördert das Elektrodenvorschubgerät die Drahtelektrode (SG Ni Fe, nach DIN EN ISO 1071) mit eingestellter, gleichbleibender Vorschubgeschwindigkeit.

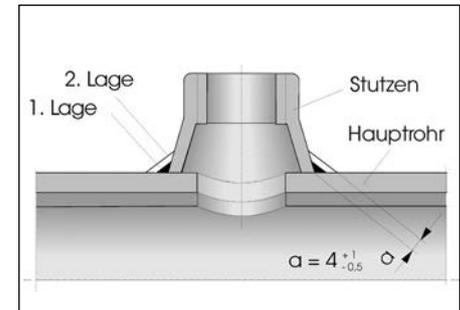
Die Flansche werden vorgewärmt und über die mechanisch bearbeiteten Rohrenden gezogen. Nach dem Abkühlen der Flansche entsteht eine reibschlüssige Verbindung zwischen Rohr und Flansch. Um die Dichtheit sicherzustellen, werden die Flanschenden mit Kehlnähten an den Rohrschaft angeschweißt.

Eine thermische Nachbehandlung der Schweißverbindung ist nicht erforderlich, weil im Nahtbereich ein ähnliches Gefüge entsteht wie im Grundgefüge (s. Lichtbogenhandschweißen an Rohren aus duktilem Gusseisen mit Nickel-Eisen-Stabelektroden nach Richtlinie DVS 1502-1).

### 18.3.3 Anschweißen von Stutzen

Anschweißstutzen von 1" bis 3" aus duktilem Gusseisen in den Nennweiten DN 25 bis DN 80 können an Wasserleitungen bis 40 bar und an Gasleitungen bis 4 bar angeschweißt werden.

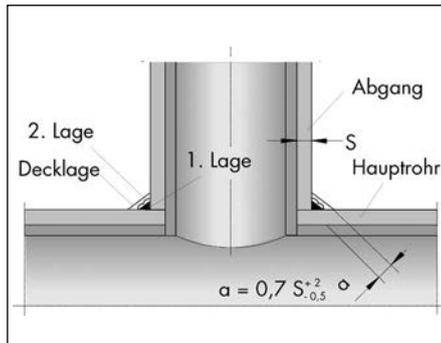
Nach entsprechender Schweißnahtvorbereitung wird der Stutzen mit Kehlnähten (Wurzellage und gependelte Decklage) angeschweißt (**Bild 18.2**). Die Schweißung kann an der mit Wasser gefüllten, jedoch nicht durchströmten, Leitung vorgenommen werden.



**Bild 18.2:**  
Anschweißen von Stutzen

### 18.3.4 Anschweißen von Abgängen

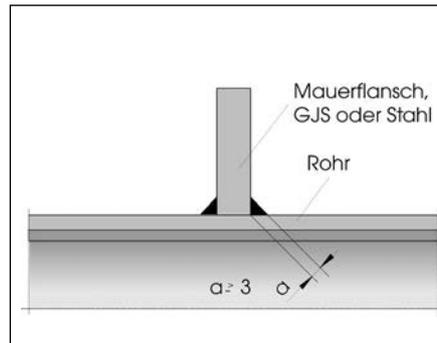
Mit zunehmendem Rohrdurchmesser gewinnt das Anschweißen von Abgängen aus duktilem Gusseisen an Bedeutung. Hierdurch wird das gängige Formstückprogramm ergänzt. Die Nennweite der Abgänge von DN 80 bis DN 300 darf bei Druckleitungen höchstens dem halben Außendurchmesser des Hauptrohres entsprechen. Zum Anschweißen der Abgänge haben sich Kehlnähte als geeignet erwiesen (**Bild 18.3**).



**Bild 18.3:**  
Anschweißen von Abgängen

### 18.3.5 Anschweißen von Mauerflanschen

Für das Einbinden in Bauwerke wird der Mauerflansch an geeigneter, aber beliebiger Stelle mit Kehlnähten auf das Rohr geschweißt. Die Mauerflansche aus duktilem Gusseisen (gegebenenfalls auch aus Stahl) sollen eng am Rohr anliegen (**Bild 18.4**). Selbst bei großen Rohrdimensionen ist eine Vorwärmung nicht erforderlich, da segmentweise geschweißt wird.



**Bild 18.4:**  
Anschweißen von Mauerflanschen

### 18.3.6 Auftragsschweißen für formschlüssige Verbindungen

Für die Herstellung formschlüssiger Verbindungen hat sich in der Praxis die am Einsteckende aufgetragene umlaufende Schweißraupe bewährt (**Bild 18.1**).

### 18.3.7 Prüfung von Gusseisen-schweißverbindungen

Die Schweißnähte sind einer Sichtprüfung zu unterziehen und falls erforderlich mittels Ultraschall oder dem Farbeindringverfahren auf Naht- bzw. Oberflächenfehler zu prüfen. Nicht auf Dichtigkeit beanspruchte Teile, beispielsweise Mauerflansche, werden stichprobenweise auf Oberflächenfehler geprüft. Rohre mit geschweißten Flanschen werden unabhängig vom Schweißverfahren nach dem Schweißen einer Wasserdruckprüfung mit 1,5-fachem Nenndruck unterzogen.



# 19

## Transport, Lagerung und Einbau

- 19.1 Allgemeines
- 19.2 Vorschriften für den Bau von Leitungen
- 19.3 Transport von Rohren, Formstücken und Armaturen  
aus duktilem Gusseisen
- 19.4 Einbau von duktilen Guss-Rohrsystemen
- 19.5 Einbau
- 19.6 Rohrgraben
- 19.7 Sonderfälle beim Bau von Rohrleitungen
- 19.8 Literatur

## 19 Transport, Lagerung und Einbau

**Bei fachgerechtem Transport, Lagerung und Einbau von Rohrleitungen aus duktilem Gusseisen ist eine hohe Zuverlässigkeit und lange Lebensdauer zu erwarten. Wegen ihrer Eigenschaften sind Rohre, Formstücke und Armaturen aus duktilem Gusseisen für verschiedene Einbauverfahren und eine Vielzahl von Anwendungen geeignet.**

### 19.1 Allgemeines

Rohrleitungen für den Transport von Trink- und Abwasser aber auch für z. B. Turbinen- und Beschneigungsanlagen sind Ingenieurbauwerke; ihre Errichtung ist mit hohen Investitionskosten verbunden. Entsprechend hoch sind auch die Erwartungen an Betriebssicherheit und Nutzungsdauer. Darum ist es verständlich, dass der Auswahl des Rohrwerkstoffs, der Rohrherstellung und vor allem dem fachgerechten Transport, Lagerung und Einbau eine große Bedeutung beigemessen wird.

Für die Ausführung und die Überwachung des Bauvorhabens ist erfahrenes Personal, das die Güte der Arbeit im Sinne der

EN 805 [19.1] bzw. der EN 1610 [19.2] beurteilen kann, einzusetzen. Firmen die vom Auftraggeber eingesetzt werden, müssen die für die Ausführung der Arbeiten notwendigen Qualifikationen besitzen. Der Auftraggeber hat sich vom Vorhandensein dieser Qualifikation zu überzeugen. Dies gilt sinngemäß auch für die Auswahl der Planer.

Die Qualifikation gilt als nachgewiesen, wenn das Bauunternehmen zum Beispiel über eine DVGW-Bescheinigung gemäß DVGW-Arbeitsblatt GW 301 [19.3] verfügt. Eine vergleichbare Regelung enthält die SVGW Richtlinie W4-3 [19.4].

Die zunehmende Verwendung zugfester Steckmuffen-Verbindungen, vornehmlich beim Einsatz in grabenlosen Einbauver-

fahren, war Anlass für die Erarbeitung eines Lehr- und Prüfplanes für Monteure von metallischen Rohren mit Steckmuffen-Verbindungen. Es gilt in Deutschland das DVGW-Arbeitsblatt W 339 [19.5], „Fachkraft für Muffentechnik metallischer Rohrsysteme“. Für die Schweiz gilt die SVGW-Richtlinie W4-3 [19.4].

In Deutschland wird beim Bau von Abwasserkanälen und -leitungen in zunehmendem Maße von den Tiefbauunternehmen die Zertifizierung durch die Gütegemeinschaft „Güteschutz Kanalbau“ gefordert. Für Baumaßnahmen in Trinkwasser-Schutzzonen ist gemäß ATV-DVWK-A 142 [19.6] dieses oder vergleichbare Zertifikate vorgeschrieben.

### 19.2 Vorschriften für den Bau von Leitungen

Beim Bau von Leitungen sind je nach Fördermedium die Normen EN 805 [19.1] für Wasserleitungen und EN 1610 [19.2] für Abwasserleitungen zu beachten. Zu den Normen EN 805 [19.1] und EN 1610 [19.2] gibt es in verschiedenen

europäischen Ländern ergänzende Regelwerke, welche diese vervollständigen. **Tabelle 19.1** gibt einen länder-spezifischen Überblick.

Bei Leitungen für den Transport des Lebensmittels Trinkwasser werden nicht nur an die Bauteile sondern auch an die Planer und Bauausführenden höchste Anforderungen gestellt. Die Europäische Richtlinie 98/83/EG [19.13] über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch ist in den EU-Mitgliedsländern umgesetzt und ist zu beachten.

**Tabelle 19.1:**  
Überblick von länderspezifischen Regelwerken in Ergänzung zur EN 805 [19.1] und EN 1610 [19.2]

Land	Ergänzende Regelwerke zu	
	EN 805 [19.1]	EN 1610 [19.2]
Deutschland	DVGW-Arbeitsblatt W 400-2 [19.7]; DIN 2000 [19.8]	DWA-A 139 [19.9]; ATV-DVWK-A 142 [19.6]
Österreich	OENORM B 2538 [19.10]	OENORM B 2503 [19.11]
Schweiz	SVGW-Richtlinie W4-3 [19.4]	SIA 190; SN 533190 [19.12]

### 19.3 Transport von Rohren, Formstücken und Armaturen aus duktilem Gusseisen

Duktile Gussrohre, Formstücke und Armaturen für Trink- und Abwasserleitungen sind durch geeignete Maßnahmen vor Beschädigungen und Verunreinigung bei Transport und Lagerung zu schützen. Für die Verpackung von Formstücken und Armaturen ist die EADIPS®/FGR®-Norm 74 [19.14] zu beachten. Die Anleitungen der Hersteller für Transport, Lagerung und Einbau sind zu beachten.

#### 19.3.1 Transport und Lagerung von Rohren

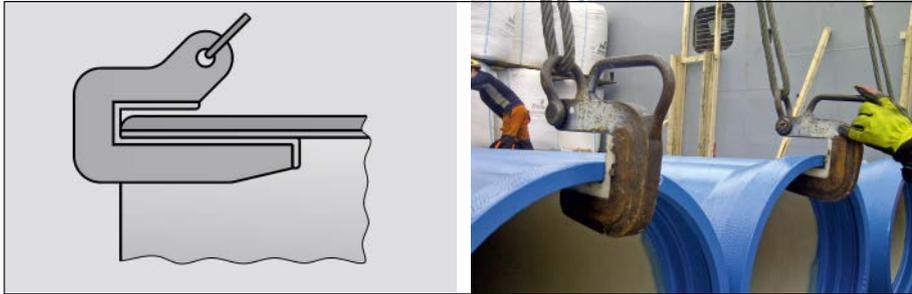
##### 19.3.1.1 Be- und Entladen

Duktile Gussrohre  $\leq$  DN 350 werden gebündelt als Rohrbunde geliefert, darüber hinaus als Einzelrohr. Die genaue Anzahl der Rohre pro Bund, ebenso die zugehörigen Gewichte, sind den Unterlagen der Hersteller zu entnehmen.

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 (**Bild 19.1**), die an den Kopfen eingehängt werden, geschehen, da sonst die Gefahr von Beschädigungen des Rohres und seiner Beschichtung besteht.

**Bild 19.2** gibt Hinweise, wie Anschlagmittel zum Transport von Rohren einzusetzen sind.

Alternativ zum Be- und Entladen mit dem Kran können auch geeignete Gabelstapler verwendet werden.



**Bild 19.1:**  
Abgepolsterter Haken für den Rohrtransport

Dabei ist besonderes Augenmerk darauf zu legen, dass

- die Rohre nicht seitlich über die Gabel kippen können (die Gabel sollte  $\geq 1,5$  m breit sein),
- die Rohre nicht von der Gabel rollen können,
- die Gabel ausreichend gepolstert ist, damit Beschädigungen am Rohr vermieden werden.

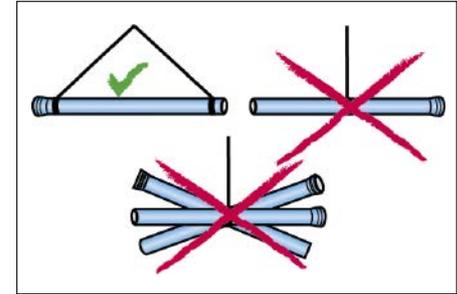
Während des Be- und Entladevorganges darf sich niemand unter bzw. auf dem Rohr oder Rohrbündel, noch im Gefahrenbereich des Kranes befinden.

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 gerollt,
- gegen Rollen und Rutschen gesichert,
- auf einem ebenen und tragfähigen Untergrund gelagert werden.

Werden duktile Gussrohre im Stapel gelagert, so sind sie auf Lagerhölzern von mindestens 10 cm Breite, etwa 1,5 m von den Rohrenden entfernt (**Bilder 19.3, 19.4 und 19.5**), abzusetzen.

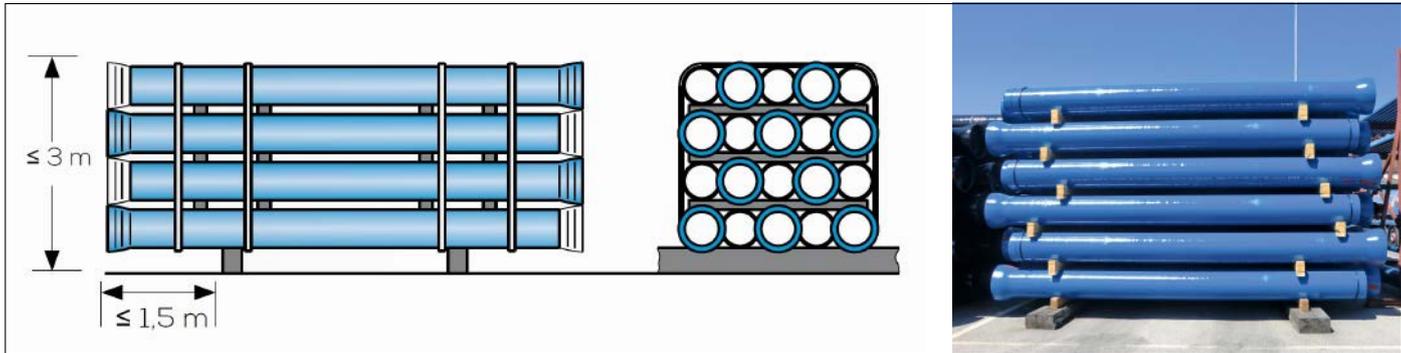


**Bild 19.2:**  
Befestigung von Anschlagmitteln



**Bild 19.3:**  
Lagerholz für das Stapeln von duktilen Gussrohren

Das Abrollen duktiler Gussrohre auf glatten Holzbalken wird durch aufgenagelte Holzkeile verhindert (**Bild 19.6**).



**Bild 19.4:**  
Anordnung von Lagerhölzern für das Stapeln von duktilen Gussrohren



**Bild 19.5:**  
Auf Lagerhölzern abgesetzte duktile Gussrohre



**Bild 19.6:**  
Mit Hilfe von Lagerhölzern gestapelte duktile Gussrohre

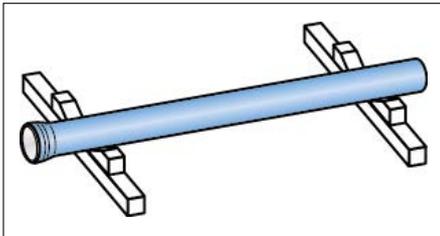


Stapelhöhen duktiler Gussrohre sind den Herstellerangaben zu entnehmen. Stapelhöhen auf der Baustelle > 3 m sind aus Sicherheitsgründen zu vermeiden.

Einzelrohre sind mittels Holzkeilen zu sichern (**Bild 19.7**).

### 19.3.1.2 Öffnen von Rohrbündeln

Die Rohrbünde sind mit Stahl- oder Kunststoffbändern gebündelt. Die Bänder dürfen nur mit geeigneten Werkzeugen (Blechscher, Seitenschneider) durchtrennt werden, um Beschädigungen der Rohre und Gefährdung des Personals zu vermeiden.



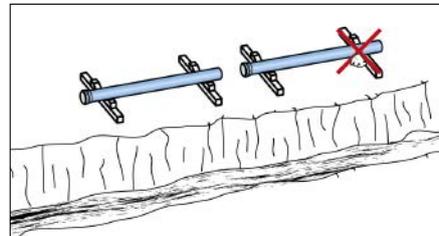
**Bild 19.7:**  
Sicherung von Einzelrohren

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.

### 19.3.1.3 Verteilen der Rohre auf der Baustelle

Werden die Rohre vor Einbau längs des Rohrgrabens verteilt, sind sie wie bereits beschrieben auf Lagerhölzern o. ä. zu lagern und gegen Rutschen und Rollen



**Bild 19.8:**  
Sicherung duktiler Gussrohre auf der Baustelle

zu sichern (**Bild 19.8**). Die Verschlusskappen von Trinkwasserrohren sind erst unmittelbar vor dem Einbau zu entfernen (**Bild 19.9**).

### 19.3.2 Transport und Lagerung von Formstücken

Entsprechend der EADIPS®/FGR®-Norm 74 [19.14] sollte der Versand von Formstücken vorzugsweise in Gitterboxen erfolgen (**Bild 19.10**). Eine Kommissionierung auf Einwegpaletten für Baustellenlieferungen ist zulässig (**Bild 19.11**). Die Stapelung und Anordnung muss sicherstellen, dass die Teile sich nicht gegenseitig beschädigen.

**Bild 19.9:**

Die Verschlusskappen von duktilen Gussrohren für die Trinkwasserversorgung sind erst unmittelbar vor dem Einbau zu entfernen

**Bild 19.10:**

Versandfertige duktile Formstücke in einer Gitterbox



**Bild 19.11:**  
Versandfertige Kommissionierung von Formstücken auf einer Einwegpalette

Einzelteile bzw. Artikel, die nicht in eine Gitterbox passen, sind auf Euro- bzw. Einwegpaletten zu kommissionieren und zu versenden. Die Einzelteile sollten möglichst nicht über den Palettenrand hinausragen.

Für Formstücke ist nach [19.14] weiterhin zu beachten:

- Bis DN 300 sind Öffnungen mit den entsprechenden EADIPS®/FGR®-Schutzkappen zu verschließen.

- Ab DN 350 sind die Öffnungen ebenfalls durch geeignete Maßnahmen zu verschließen, z. B. Abdeckungen aus witterungsbeständigen Materialien, Schrumpffolien oder Ähnlichem. Bei Verwendung von Stahlbändern ist die Beschichtung der Formstücke an den Kontaktstellen mit den Stahlbändern zu schützen.



**Bild 19.12:**  
Versandfertige Armaturen in einer Gitterbox

### 19.3.3 Transport und Lagerung von Armaturen

Entsprechend der EADIPS®/FGR®-Norm 74 [19.14] sollte der Versand von Armaturen vorzugsweise in Gitterboxen erfolgen (**Bild 19.12**). Eine Kommissionierung auf Einwegpaletten für Baustellenlieferungen ist zulässig (**Bild 19.13**).

Die Stapelung und Anordnung muss sicherstellen, dass die Teile sich nicht gegenseitig beschädigen.



**Bild 19.13:**  
Versandfertige Kommissionierung von Armaturen auf Einwegpaletten

Die Gehäuseenden müssen geschützt werden, um das Eindringen von Fremdstoffen und Feuchtigkeit zu verhindern. Bei Armaturen mit Sitzen aus Polymer oder Elastomer müssen die Sitze zusätzlich vor UV-Strahlung geschützt werden. Die Schutzkappen für Armaturen mit Flanschschluss müssen EN 12351 [19.15] entsprechen. Armaturen mit Sitzen aus Polymer oder Elastomer müssen so ausgeliefert werden, dass der Dichtwerkstoff nicht unter Druckspannung steht. Bei allen anderen Armaturen muss bei der Lieferung der Abschlusskörper in Geschlossenstellung sein.

Einzelteile bzw. Artikel, die nicht in eine Gitterbox passen, sind auf Euro- bzw. Einwegpaletten zu kommissionieren und zu versenden. Die Einzelteile sollten möglichst nicht über den Palettenrand hinausragen.

### 19.3.4 Lagerung von Zubehörteilen

Die Anleitungen der Hersteller enthalten Angaben zur Lagerung von Zubehörteilen, wie z. B. Dichtungen.

Ausführungen zu den Lagerungsbedingungen von Dichtungen enthält **Kapitel 13.3.9** unter Berücksichtigung der ISO 2230 [19.16].

## 19.4 Einbau von duktilen Guss-Rohrsystemen

Die wichtigste Voraussetzung für eine erfolgreiche Errichtung des Bauwerks besteht in der Einhaltung der Einbauanleitungen der Hersteller.

Rohre, Formstücke und Armaturen aus duktilem Gusseisen sowie Zubehörteile sind vor dem Einbau auf ordnungsgemäßen Zustand zu überprüfen.

### 19.4.1 Einbau von Rohren

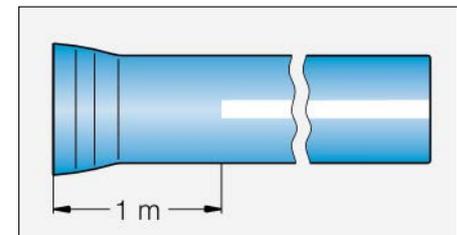
Das DVGW-Arbeitsblatt W 346 [19.17] ergänzt die für Zementmörtel-Auskleidungen spezifischen Vorschriften und Empfehlungen.

Bei Rohren aus duktilem Gusseisen mit längskraftschlüssigen beweglichen Steckmuffen-Verbindungen ist nach

der EADIPS®/FGR®-Norm 75 [19.18] die Kennzeichnung des zulässigen Bauteilbetriebsdrucks (PFA) zu beachten (**Kapitel 3.6.1**).

#### 19.4.1.1 Kürzen von Rohren

Der Außendurchmesser der Rohre bis DN 300 liegt mindestens bis zu  $\frac{2}{3}$  der Rohrlänge vom Einsteckende entfernt im zulässigen Bereich (**Tabelle 19.2**), d. h. diese Rohre können auf der Baustelle in diesem Bereich gekürzt werden. Einzelne Hersteller lassen auch größere Schnittbereiche zu (**Bild 19.14**).



**Bild 19.14:** Kennzeichnungsbeispiel eines duktilen Gussrohres – Im Bereich des Längsstreifens kann gekürzt werden

**Tabelle 19.2:**

Zulässige Rohraußendurchmesser für schnittfähige duktile Gussrohre in mm

DN	Da <sub>max</sub>	Da <sub>min</sub>	U <sub>max</sub>	U <sub>min</sub>
80	99	95,3	311,0	299,4
100	119	115,2	373,8	361,9
125	145	141,2	455,5	443,6
150	171	167,1	537,2	525,0
200	223	219,0	700,6	688,0
250	275	270,9	863,9	851,1
300	327	322,7	1.027,3	1.013,8
400	430	425,5	1.350,9	1.336,7
500	533	528,2	1.674,5	1.659,4
600	636	631,0	1.998,1	1.982,3
700	739	733,7	2.321,6	2.305,0
800	843	837,5	2.648,4	2.631,1
900	946	940,2	2.971,9	2.953,7
1.000	1.049	1.043,0	3.295,5	3.276,7

Da = Außendurchmesser, U = Umfang

**Bild 19.15:**

Duktile Gussrohre > DN 300 geeignet zum Kürzen auf der Baustelle – Kennzeichnung mit einem weißen Längsstrich

**Bild 19.16:**

Schnittfähige duktile Gussrohre > DN 300 – Kennzeichnung mit einem roten Strich auf der Muffe – Kürzen der Rohre vom Einsteckende aus bis zu 1 m vor der Muffenstirn

Schnittfähige Rohre über DN 300 sind mit Längsstreifen gekennzeichnet (**Bilder 19.15 und 19.16**). Bei einzelnen Herstellern sind alle Rohre schnittfähig.

Beim Kürzen (Schneiden) der Rohre sind die Unfallverhütungsvorschriften zu beachten. Zum Kürzen von Rohren werden z. B. Trennschleifer mit kunstharzgebundenen Steinscheiben, z. B. Typ C 24 RT Spezial aus Siliziumcarbid, eingesetzt (**Bild 19.17**).

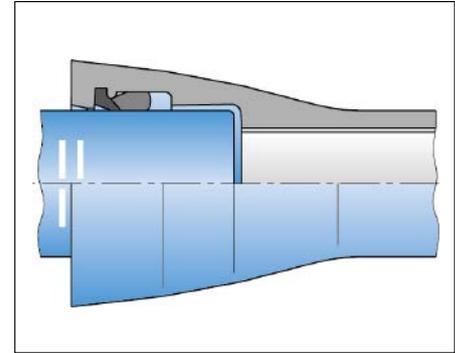
Die beim Schneiden der Rohre entstandenen Späne sind zu entfernen.

Die Schnittstellen der gekürzten Rohre sind entsprechend den Vorgaben der Hersteller wieder zu versiegeln. Das neue Einsteckende ist entsprechend dem Originaleinsteckende anzufasen. Hierzu haben die Hersteller entsprechende Hinweise in ihren Einbauanleitungen (**Bild 19.18**).

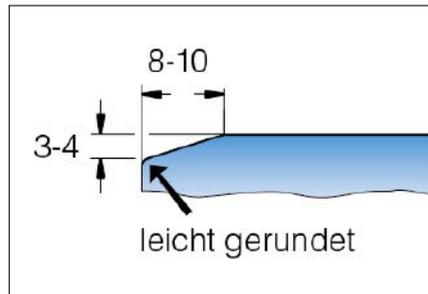
Nach dem Schneiden und dem Anfasen des Rohres ist die Einschubmarkierung (z. B. zwei weiße Striche) auf das Einsteckende zu übertragen (**Bild 19.19**).



**Bild 19.17:**  
Trennschnitt an einem Rohr



**Bild 19.19:**  
Einsteckende mit Einschubmarkierung



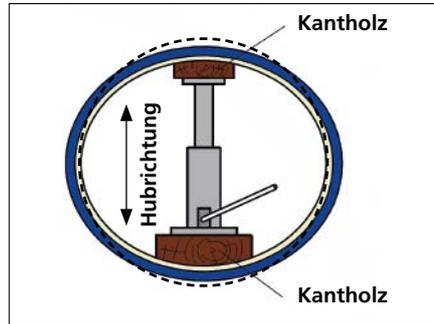
**Bild 19.18:**  
Ausführungsbeispiel für das Anfasen eines Einsteckendes



### 19.4.1.2 Behebung eventuell auftretender Verformung von Rohrenden nach dem Kürzen (Runden)

Die Einsteckenden von Rohren großer Nennweiten oder Schnittenden, die nach dem Trennen von Rohren entstanden sind, können unrund sein. Unter Ausnutzung der elastischen Werkstoffigenschaften ist das Runden der Rohre möglich. Hierzu setzt man z. B. innen am Rohr eine Hubwinde an. Um dabei die Zementmörtel-Auskleidung nicht zu beschädigen, wird die Winde zwischen Hartholzstücke gespannt, die der Rohrinnenform angepasst sind (**Bild 19.20**).

Rohre mit Steckmuffen-Verbindungen DN > 1000 lassen sich i. A. ohne Rundungsvorrichtung ohne Schwierigkeiten montieren, auch wenn sich durch Lagerung und Transport eine Ovalisierung eingestellt hat.



**Bild 19.20:**  
Runden eines Rohrspitzendes mittels Hubwinde



**Bild 19.21:**  
Beispiel eines Montagegerätes für das Zusammenziehen von duktilen Gussrohren ≤ DN 300

### 19.4.1.3 Herstellen der Steckmuffen-Verbindungen

Nicht längskraftschlüssige Steckmuffen-Verbindungen sind in **Kapitel 8.2** und längskraftschlüssige Steckmuffen-Verbindungen in **Kapitel 9.2** beschrieben.

In den Einbauanleitungen der Hersteller von duktilen Gussrohren werden für die Montage von Steckmuffen-Verbindungen Angaben zum Reinigen, zum Auftrag von geeigneten Gleitmitteln, zum Einlegen der Gummidichtung und zur Prüfung des richtigen Sitzes der Gummidichtung gemacht.

Für die verschiedenen Nennweitenbereiche sind in den Einbauanleitungen der Hersteller von duktilen Gussrohren geeignete Montagegeräte aufgeführt (**Bilder 19.21, 19.22 und 19.23**).

Bei der Montage von Rohrverbindungen mit Bagger ist zwischen Rohr und Baggerschaufel eine geeignete Zwischenlage, z. B. ein Kantholz, vorzusehen.

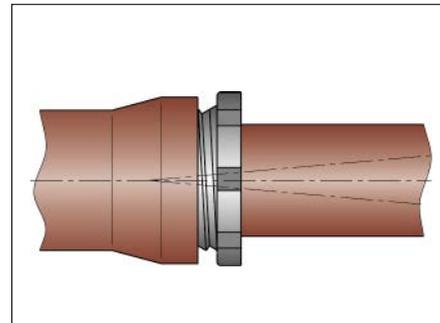
Der Einschub muss gleichmäßig und langsam erfolgen. Somit ist sichergestellt, dass die Dichtung nicht aus der Haltnut geschoben wird. Der ordnungsgemäße Dichtungssitz kann nach der Montage mittels Taster kontrolliert werden. Bei allen Montageverfahren sind vor und während der Herstellung der Verbindung die Rohre zentrisch und axial auszurichten.

#### 19.4.1.4 Herstellen von Schraubmuffen-Verbindungen

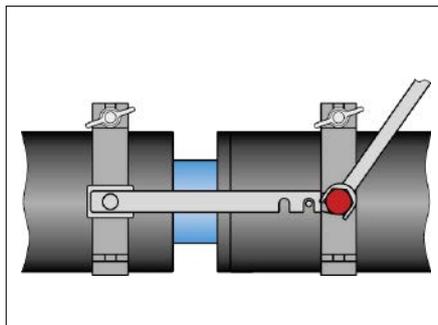
Schraubmuffen-Verbindungen werden im **Kapitel 1.3.3 (Bild 1.7)** und **Kapitel 9.4.3** beschrieben. Für die Montage von Schraubmuffen-Verbindungen (**Bild 19.24**) sind spezielle Werkzeuge erforderlich (**Bild 19.25**). Die Einbauanleitungen der Hersteller sind zu beachten.



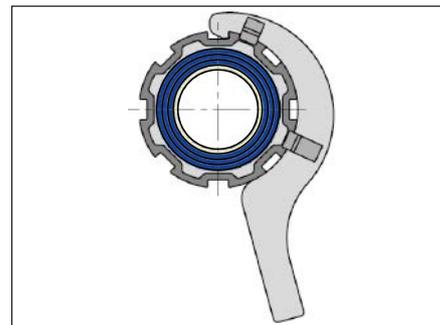
**Bild 19.22:**  
Beispiel eines Montagegerätes für das Zusammenziehen von duktilen Gussrohren  $\geq$  DN 350



**Bild 19.24:**  
Schraubmuffen-Verbindung



**Bild 19.23:**  
Montagegerät für das Zusammenziehen von WKG-Rohren



**Bild 19.25:**  
Hakenschlüssel zur Montage von Schraubmuffen-Verbindungen

#### 19.4.1.5 Herstellen von Flansch-Verbindungen

Flansch-Verbindungen werden im **Kapitel 1.3.1 (Bild 1.4)** und **Kapitel 9.2** beschrieben. Flanschrohre werden im **Kapitel 3.3.5 (Bild 3.13)** behandelt. Für die Montage von Flansch-Verbindungen sind die Einbauanleitungen der Hersteller zu beachten; Empfehlungen zu den Schraubenlängen für Flansch-Verbindungen enthält die EADIPS®/FGR®-Norm 30 [19.19].

#### 19.4.1.6 Herstellen von Stopfbuchsenmuffen-Verbindung

Stopfbuchsenmuffen-Verbindungen werden in **Kapitel 1.3.4 (Bild 1.8)** beschrieben. Für die Montage von Stopfbuchsenmuffen-Verbindungen (**Bild 19.26**) sind die Einbauanleitungen der Hersteller sind zu beachten.

#### 19.4.1.7 Schweißen an duktilen Gussrohren

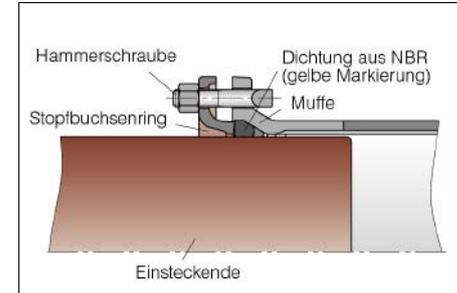
**Kapitel 18** enthält Ausführungen zum Schweißen an duktilen Gussrohren, wie das Anschweißen von Flanschen, Stützen, Abgängen und Mauerflanschen sowie Auftragen von Schweißraupen für schubgesicherte Rohre.

#### 19.4.2 Einbau von Formstücken

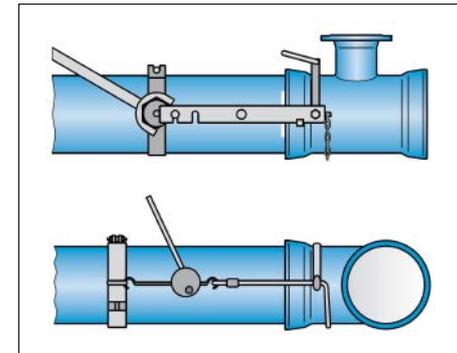
Formstücke dürfen nicht geschnitten, angeschliffen oder anderweitig bearbeitet werden.

#### 19.4.2.1 Herstellen der Steckmuffen-Verbindung

Bei allen Montageverfahren sind vor und während der Herstellung der Steckmuffen-Verbindung die Formstücke zentrisch und axial auszurichten. Zu einem ordnungsgemäßen Zusammenbau der Verbindung ist der Einsatz von Montagegeräten (**Bilder 19.27 und 19.28**) zweckmäßig. Die Einbauanleitungen der Hersteller sind zu beachten.



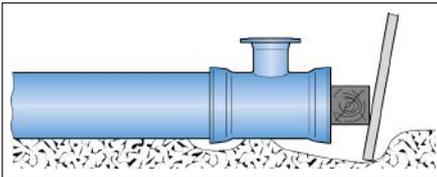
**Bild 19.26:**  
Darstellung einer Stopfbuchsenmuffen-Verbindung



**Bild 19.27:**  
Einsatz von nennweitenabhängigen Montagegeräten

**Bild 19.28:**

Beispiel eines Montagegerätes für die Nennweiten DN 350 bis DN 700

**Bild 19.29:**

Montage eines MMA-Stückes auf das Einsteckende eines duktilen Gussrohres

Bei der Montage von Formstücken mit Bagger ist zwischen Rohr und Bagger-schaufel eine geeignete Zwischenlage, z. B. ein Kantholz, vorzusehen (**Bild 19.29**).

#### 19.4.2.2 Montage eines Sattelstutzens

Die Montage eines Sattelstutzens erfolgt in mehreren Arbeitsschritten:

1. Anbohren mit der Bohrkrone (**Bild 19.30**),
2. Bohrung der Löcher für die Halteschrauben (**Bild 19.31**),
3. Dichtung einlegen, Halteschrauben fixieren (**Bild 19.32**),
4. Endmontage des Sattelstutzens (**Bild 19.33**).

Grate an den gebohrten Stellen sind zu entfernen. Die Schnittstellen der Bohrungen sind entsprechend den Vorgaben der Hersteller zu versiegeln.

Zum Anbohren sind ausschließlich hartmetallbestückte Bohrer bzw. Bohrkrone einzusetzen.

#### 19.4.2.3 Anschweißen von Stutzen und Abgängen

Ausführungen zum Anschweißen von Stutzen und Abgängen enthalten die **Kapitel 18.3.3 und 18.3.4**.

**Bild 19.30:**

Anbohren mit der Bohrkrone

**Bild 19.31:**

Bohren der Löcher für die Halteschrauben des Anbohrsattels



**Bild 19.32:**  
Eingelegter Dichtring und  
fixierte Halteschrauben



**Bild 19.33:**  
Aufgesetztes Sattelstück wird mit Halte-  
schrauben auf duktilem Gussrohr befestigt

### 19.4.3 Einbau, Instandhaltung und Wartung von Armaturen

#### 19.4.3.1 Einbau

Von der Armatur sind alle Verpackungsmaterialien zu entfernen. Um z. B. die Schieber vor Beschädigungen zu schützen, sind sie mit geeigneten Hebemitteln, z. B. breiten Gurten, zu transportieren. Ketten und Drahtseile sind zu vermeiden. Vor dem Einbau ist die Rohrleitung auf Verunreinigungen und Fremdkörper zu untersuchen und gegebenenfalls zu reinigen. Es ist darauf zu achten, dass die Armaturen für die Bedienung und Wartung zugänglich sind. Bei Einbau im Freien sind die Armaturen bauseits gegen direkte Witterungseinwirkungen zu schützen.

#### Einbau von Flansch-Schiebern

Als Flanschdichtungen werden stahlarmierte Gummidichtungen empfohlen. Während der Montage der Armatur sollte der Abstand zwischen den Rohrleitungsflanschen mindestens 20 mm größer sein als die Baulänge der Armatur, damit die Arbeitsleisten nicht beschädigt werden und die Dichtungen eingelegt werden

können. Die Rohrleitungs-Gegenflansche müssen planparallel und konzentrisch sein. Die Verbindungsschrauben sind gleichmäßig (verzugsfrei) und über Kreuz anzuziehen. Die Rohrleitung ist spannungsfrei zu montieren. Pass- und Ausbaustücke erleichtern die Montage und später die Demontage zu Wartungszwecken. In Deutschland sind die Einbaurichtlinien nach dem DVGW-Arbeitsblatt W 332 [19.20], Teil IV, zu beachten sowie die EN 805 [19.1].

#### Einbau von Muffen-Schiebern für duktile Gussrohre

Die rohrspezifischen Dichtungen sind zu verwenden (**Kapitel 13**). Die Einsteckenden sind zu reinigen. Die Montage hat nach den Einbaurichtlinien des Herstellers zu erfolgen. Es ist zu beachten, daß verschiedene Dichtungsarten nicht zugfest (nicht längskraftschlüssig) sind (**Kapitel 8**). Gegebenenfalls sind Schubsicherungen zu montieren (**Kapitel 9**) oder Widerlager, z. B. entsprechend dem DVGW-Arbeitsblatt GW 310 [19.21], einzubauen. Für die Schweiz gelten die SVGW Richtlinien W4-2 [19.22] und W4-5 [19.23].

### Einbau von Armaturen mit Einschweißenden

Bei Armaturen mit Einschweißenden ist darauf zu achten, dass wärmeempfindliche Teile (z. B. Beschichtung oder Elastomere) nicht beeinträchtigt werden.

### Einbau von Anbohrarmaturen

Der Anbohrvorgang bei Anbohrarmaturen ist in **Kapitel 7.4.4** beschrieben. Zum Anbohren sind ausschließlich hartmetallbestückte Bohrer bzw. Bohrkronen einzusetzen (**Bild 19.34**).



**Bild 19.34:**  
Anbohren eines duktilen Gussrohres mit Hilfe einer Anbohrarmatur

### 19.4.3.2 Instandhaltung und Wartung

Für die Instandhaltung von Armaturen sind die jeweiligen Herstellerangaben zu beachten. Eine Überwachung der Funktionsfähigkeit und Dichtheit sollte z. B. entsprechend dem DVGW-Merkblatt W 392-2 [19.24] turnusmäßig im Abstand  $\leq 4$  Jahren erfolgen. Vor Beginn der Wartungsarbeiten sind alle druckführenden Leitungen drucklos zu schalten und gegen Wiedereinschalten zu sichern! Nach Beendigung der Wartungsarbeiten sind alle Anschlüsse auf Dichtheit und Festsitz zu prüfen.

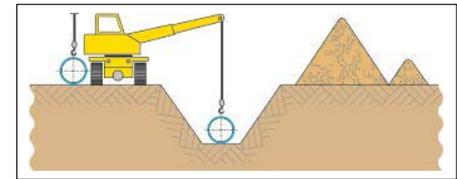


## 19.5 Einbau

### 19.5.1 Einbau im unverbauten Graben

Planungsgrundsätze der EN 805 [19.1] und der EN 1610 [19.2] sind zu beachten. Für die Bauausführung sind z. B. in Deutschland die DIN 4124 [19.25] und die ZTV A-StB 2012 [19.26] zu berücksichtigen.

Rohrgräben und Künetten, die tiefer als 1,25 m sind, müssen gegen unvorhergesehenen Einsturz gesichert werden. Dies kann durch Abböschchen oder Verbauen geschehen (**Bild 19.35**). Bei unverbauten Gräben bis 1,25 m Tiefe sind zum Einbringen der Rohre keine zusätzlichen Hinweise zu beachten.



**Bild 19.35:**  
Abgeböschter Graben

## 19.5.2 Einbau im verbauten Graben

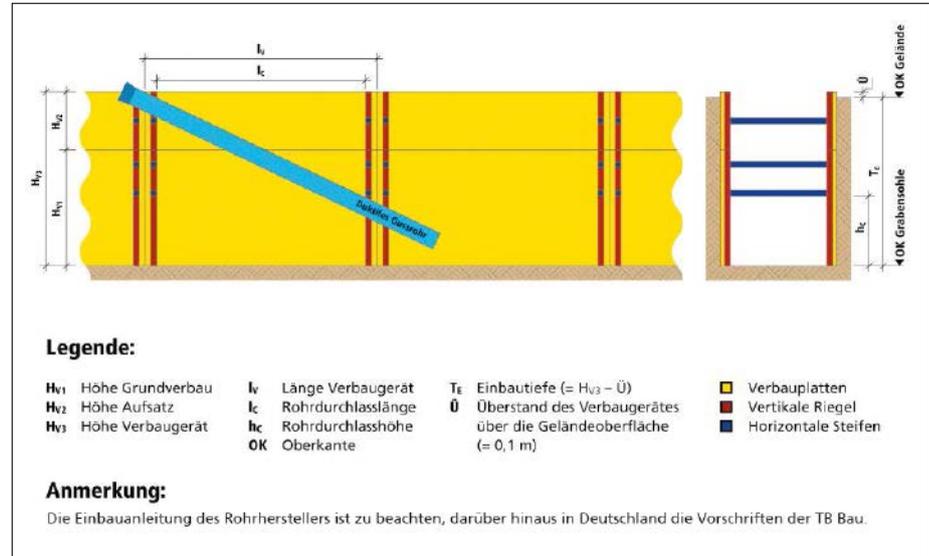
### 19.5.2.1 Einfädeln innerhalb eines Verbaufeldes

Hierbei legt man zwei Schlingen um das Rohr (eine etwa in Rohrmitte, eine im Muffenbereich) und fädelt es unterhalb der untersten Steifenlage in den Graben ein (Bild 19.36).

### 19.5.2.2 Einfädeln innerhalb zweier Verbaufelder

Bei tiefliegender unterer Steifenlage kann es aus geometrischen Gründen vorkommen, dass das Rohr sich nicht innerhalb eines Verbaufeldes einfädeln lässt, sondern hierfür zwei Felder benötigt. Dabei müssen die Anschlagmittel an- und abgeschlagen werden. Eine sichere Fixierung des Rohres ist dabei immer sicherzustellen (Bild 19.37).

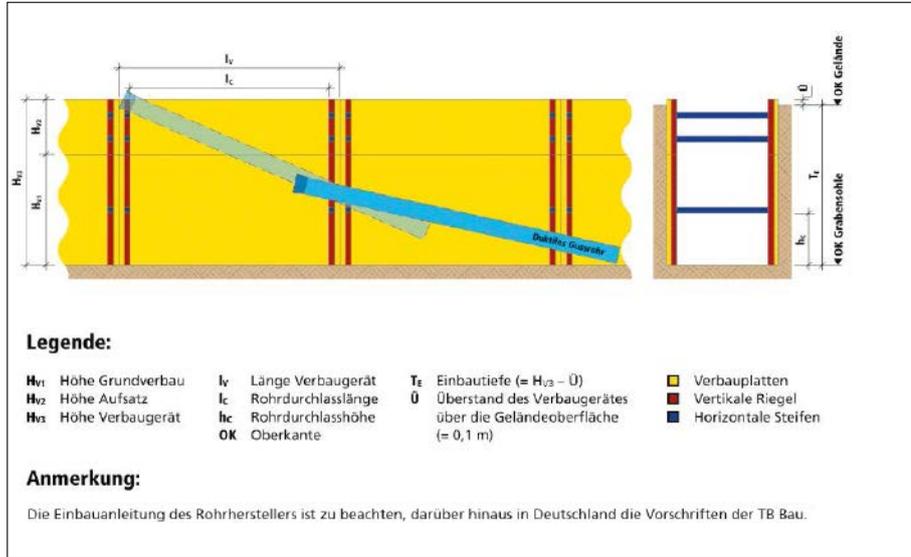
Eine größere Einbindetiefe des Verbaus erübrigt ggf. das Einfädeln innerhalb zweier Felder sowie eine tiefliegende Steifenlage.



**Bild 19.36:**  
Einfädeln innerhalb eines Verbaufeldes

Eine andere Möglichkeit, das Einfädeln innerhalb zweier Felder zu vermeiden, ist die Vertiefung der Grabensohle. Hierbei ist die Einhaltung der Einbindetiefe des Verbaus zu beachten. Diese Alternativen gelten nicht unbedingt für jedes

Verbaufeld, sondern sind nur in hierfür günstigen Bereichen auszuführen. Die Rohre können dann an diesen Stellen eingefädelt und innerhalb des verbauten Grabens horizontal transportiert werden.



**Bild 19.37:**  
Einfädeln innerhalb zweier Verbaufelder

### 19.5.2.3 Vor-Kopf-Einbau

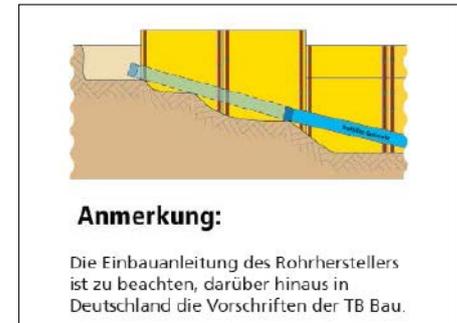
Die Rohre werden hierbei nicht erst eingebracht, nachdem der Verbau auf Endtiefe hergestellt ist, sondern zu einem Zeitpunkt, da der Verbau gestaffelt in abgestufter Tiefenlage abgesenkt ist.

Das Hebezeug übernimmt hierzu das Rohr mehrfach und legt es jeweils auf der Böschung ab, bis es die Grabensohle erreicht hat. Diese Einbaumethode eignet sich vor allem bei einem sogenannten wandernden Teilverbau (**Bild 19.38**).

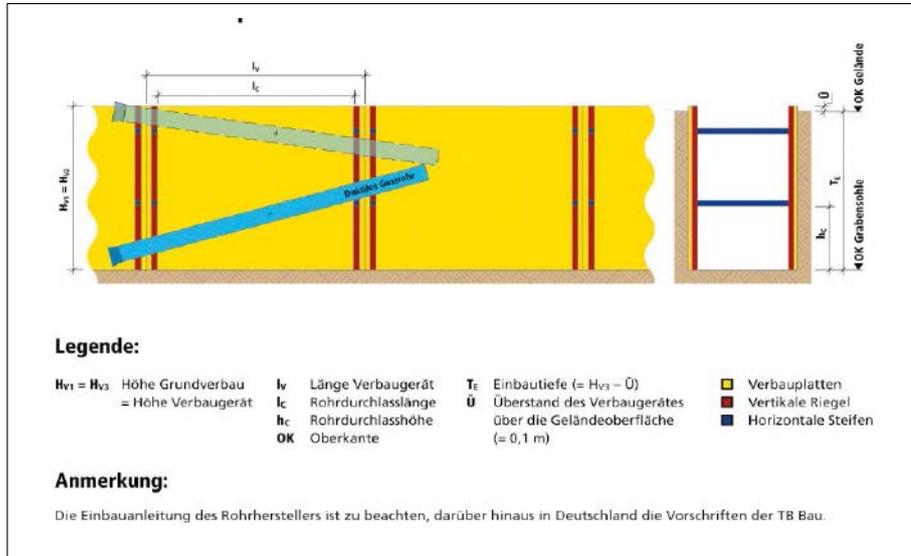
### 19.5.2.4 Einpendeln

Zum Einpendeln schlägt man das Rohr in seinem Schwerpunkt mittels Schlinge an. Durch wechselndes Schrägstellen bei gleichzeitigem horizontalen Führen wird das Rohr innerhalb eines Verbaufeldes auf der Rohrsohle abgelegt (**Bild 19.39**).

Da das Schrägstellen und Führen des Rohres von Hand unterstützt wird, ist auf ein sicheres Anschlagen des Rohres zu achten; eine starke Schrägstellung des Rohres ist zu vermeiden.



**Bild 19.38:**  
Vor-Kopf-Einbau



**Bild 19.39:**  
Einpendeln des Rohres

## 19.6 Rohrgraben

### 19.6.1 Ausführung, Arbeitsraum

Für die Ausführung von Baugruben und Gräben in konventioneller Bauweise gelten die Unfallverhütungsvorschriften und die EN 805 [19.1] bzw. EN 1610 [19.2] und deren nationalen Ergänzungen und Regelblätter nach **Tabelle 19.1**.

Im ländlichen Bereich setzt sich außerhalb des Straßenbereiches der Einsatz von Bodenfräsen immer mehr durch. Rohre aus duktilem Gusseisen lassen sich problemlos in derartig hergestellten Gräben einbauen.

Aufgrund der hohen Tragfähigkeit dieser Rohre kann auf die „Zwickelverdichtung“ verzichtet werden, wenn es die örtlichen Gegebenheiten zulassen; unter Straßen ist zur Vermeidung von Setzungen für eine homogene Verdichtung der Leitungszone zu sorgen.

### 19.6.2 Grabensohle

Die Grabensohle ist so herzustellen, dass die Rohrleitung auf der ganzen Länge aufliegt. Für die Rohrverbindungen sind entsprechende Vertiefungen in der Grabensohle (Kopflöcher) auszuheben (**Bild 19.40**).

### 19.6.3 Auflager

Das Auflager hat eine gleichmäßige Druckverteilung im Auflagerbereich sicherzustellen. Im Regelfall eignet sich der anstehende Boden als Rohrauflager. Zur direkten Auflagerung ungeeignet sind Steine, Fels und nicht tragfähige Böden.

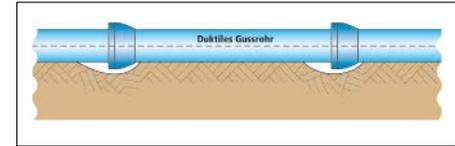
Wenn die Grabensohle für die Bettung der Rohre geeignet ist, wird die Grabensohle zur unteren Bettung. Falls die untere Bettungsschicht aus verdichtbarem Sand, Kiessand oder gesiebttem Boden eingebracht werden muss, sollte sie im verdichteten Zustand eine Höhe von  $100\text{ mm} + 1/10$  des Rohraußendurchmessers, jedoch mindestens  $15\text{ cm}$  unter dem Rohrschaft und mindestens  $10\text{ cm}$  unter Flanschen, Muffen, An- und

Einbauten aufweisen. Nach der EN 805 [19.1] bleibt die Festlegung der Dicke der unteren Bettungsschicht dem Planer überlassen.

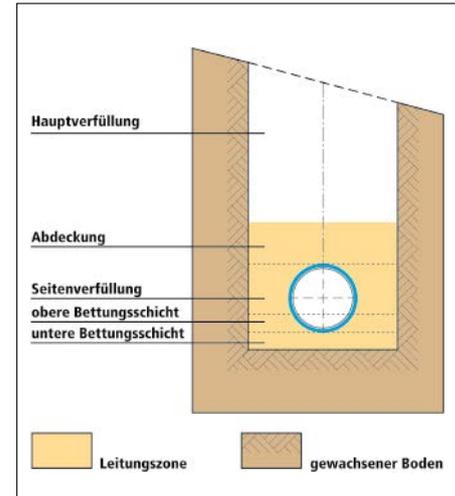
In EN 1610 [19.2] wird die Dicke der unteren Bettungsschicht mit  $10\text{ cm}$  bei normalen Bodenverhältnissen angegeben; bei Fels bzw. festgelagertem Untergrund soll sie mindestens  $15\text{ cm}$  betragen.

**Bild 19.41** enthält die in EN 805 [19.1] und EN 1610 [19.2] verwendeten Begriffe für die Unterteilung der Leitungszone.

**Tabelle 19.3** gibt einen Überblick über die Dicke der unteren Bettungsschicht in den verschiedenen nationalen und europäischen Regelwerken. Für Rohre aus duktilem Gusseisen geben die Rohrerhersteller für alle Rohraußenschutzarten einen einheitlichen Mindestwert von  $100\text{ mm}$  für die Dicke der unteren Bettungsschicht an.



**Bild 19.40:**  
Grabensohle mit Kopflöchern



**Bild 19.41:**  
Leitungszone und Überdeckung –  
Begriffe nach EN 805 [19.1]  
und EN 1610 [19.2]

**Tabelle 19.3:**  
Dicke der unteren Bettungsschicht

Dicke der unteren Bettungsschicht [mm]					
Beispiel	EN 805 [19.1]	DVGW W 400-2 [19.7]	EN 1610 [19.2]	DWA A 139 [19.9]	EADIPS®/FGR®
DN	k. A.	100 + 0,1 da mind. 150	mind. 100 (normal) mind. 150 (fest)	100 + 0,1 DN (normal) 100 + 0,2 DN (fest)	Alle Umhüllungsarten
250	–	150	100 (normal) 150 (fest)	125 (normal) 150 (fest)	100
600	–	163	100 (normal) 150 (fest)	160 (normal) 220 (fest)	100

### 19.6.4 Einbettung der Rohre

Die Einbettung bestimmt ganz wesentlich die Last- und Spannungsverteilung am Rohrumfang.

Zum Einbetten ist geeigneter Boden, der die Rohrleitungsteile und die Umhüllung nicht schädigt, beiderseits der Rohrleitung lagenweise einzufüllen und ausreichend zu verdichten.

Die Dicke der Abdeckung soll im verdichteten Zustand bis zu einer Höhe von 15 cm über dem Rohrscheitel bei Einsatz leichter Verdichtungsgeräte und 30 cm bei schweren Verdichtungsgeräten reichen, bevor mit der Verdichtung der Hauptverfüllung begonnen wird.

Rohrleitungen, die durch Aufschwimmen gefährdet sind, müssen Auftriebsicherungen erhalten.

### 19.6.5 Überdeckungshöhe

Die Überdeckungshöhe ist das Maß vom Rohrscheitel bis zur Geländeoberkante. Für Trinkwasserleitungen gilt, dass sie in frostfreier Tiefe einzubauen sind. Die Grenzwerte der Überdeckungshöhen, bei denen duktile Gussrohre ohne statischen Nachweis eingebaut werden können, sind in den maßgebenden Normen EN 545 [19.27] und EN 598 [19.28] aufgeführt.

Für Überdeckungshöhen außerhalb der angegebenen Bereiche oder günstigere Einbaubedingungen können gesonderte statische Berechnungen erforderlich werden. Rohrstatische Berechnungen sind z. B. in der ATV-DVWK-A 127 [19.29], der OENORM B 5012 [19.30], [19.31] und der SIA 190 [19.12] geregelt.

### 19.6.6 Bettungsmaterial

Als Rohrbettungsmaterial ist ein homogenes gut verdichtbares Verfüllmaterial zu verwenden. Die zulässigen Korngrößen sind von der Rohrbeschichtung abhängig und den Einbauanleitungen der Rohrhersteller zu entnehmen. Das Bettungsmaterial ist vor Einbau in Bezug auf seine Bodenaggressivität entsprechend DIN 50929-3 [19.32], [19.33], DVGW Arbeitsblatt GW 9 [19.34] oder OENORM B 5013-1 [19.35] zu bewerten und hinsichtlich ihrer Eignung für die vorgesehene Rohrbeschichtung entsprechend DIN 30675-2 [19.36] zu überprüfen.

## 19.7 Sonderfälle beim Bau von Rohrleitungen

Nachstehend sind die Merkmale einiger wesentlicher Anwendungsfälle beschrieben. Im Übrigen sollten zur Lösung technischer Probleme die Technischen Dienste der Gussrohrwerke konsultiert werden.

### 19.7.1 Rohrleitungen in Hang- und Steilstrecken

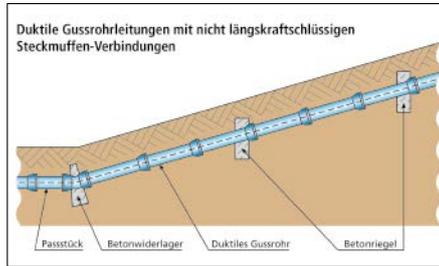
Beim Einbau von Rohren in Hang- und Steilstrecken treten zusätzliche Kräfte auf, die je nach Hangneigung entsprechende Sicherungsmaßnahmen, z. B. längskraftschlüssige Steckmuffen-Verbindungen und Querriegel, erfordern. Dies ist im Regelfall bei Neigungen von mehr als 15° notwendig.

Durch den Einbau von Beton-, Holz- oder Letten-Riegeln (Letten = stark tonhaltiger Lehmboden) wird vermieden, dass der verfüllte Rohrgraben als Drainage wirkt und die Rohrleitung unterspült wird.

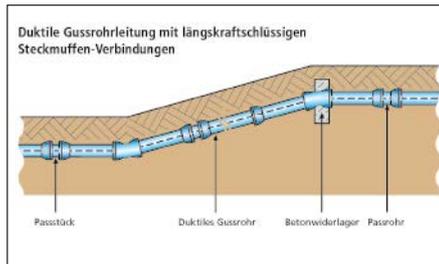
### 19.7.2 Einbau der Rohre bergwärts

Bei genügend festem (stehendem) Boden bieten sich Querriegel zur Sicherung einer Rohrleitung am Steilhang an. In einem solchen Fall sichert ein Betonwiderlager den unten liegenden Bogen (Fußbogen), und die bergwärts einzubauenden Rohre werden so weit in die Muffe eingefahren, bis sie im Muffengrund aufstehen.

Im Hang selbst wird dann je nach Neigung jedes 2. oder 3. Rohr hinter der Muffe mit einem Betonriegel gesichert, der in den gewachsenen Boden eingebunden ist (**Bild 19.42**). Die Betonriegel stellen gleichzeitig einen Schutz gegen die Unterspülung der Rohrleitung dar. Sie werden z. B. nach dem DVGW-Arbeitsblatt GW 310 [19.21] bemessen. Hänge, an denen Rutschungen zu erwarten sind, erfordern den Einbau von Geotextilien als gleitfähige Rohrumhüllung, um das Rohr von Bodenkräften zu entkoppeln.

**Bild 19.42:**

Einbau der Rohre bergwärts – duktile Gussrohrleitung am Hang mit Betonriegeln

**Bild 19.43:**

Einbau der Rohre hangabwärts – schubgesicherte duktile Gussrohrleitung mit einem Betonwiderlager am oberen Knickpunkt

### 19.7.3 Einbau der Rohre hangabwärts

Ist eine Rohrleitung hangabwärts zu bauen, so sind die Rohre mit längskraftschlüssigen Steckmuffen-Verbindungen in der Weise zu montieren, dass die Längskraftschlüssigkeit direkt gegeben ist und das Abrutschen der Rohre verhindert wird.

Die ganze Leitung muss dann am oberen Ende entweder durch einen Fixpunkt (Betonwiderlager oder Bauwerk) bzw. durch längskraftschlüssige Steckmuffen-Verbindungen gesichert werden (**Bild 19.43**).

Ein Widerlager am unteren Bogen ist nicht erforderlich, wenn die am Knickpunkt anschließende horizontale Leitungsstrecke auf einer ausreichenden Länge mit längskraftschlüssigen Steckmuffen-Verbindungen ausgestattet ist.

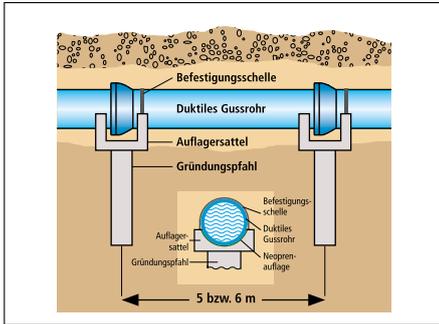
### 19.7.4 Einbau in instabilen Böden

In nicht tragfähigen Böden sind besondere Maßnahmen zu treffen, die ein Absinken der Rohrleitung verhindern. Setzungsgefährdet sind Leitungen vor

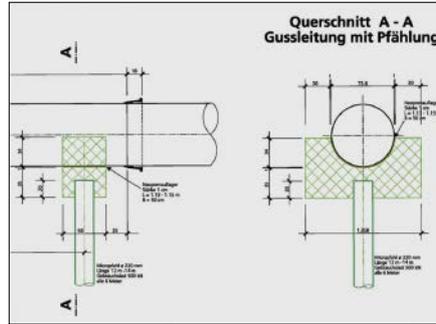
allem in Moor- und Torfböden sowie in schluffigen und organischen Bodenarten.

In den meisten Fällen wird man mit einer Untergrundverbesserung, z. B. Bodenaustausch, Schotterbett oder Geotextilkieskissen, auskommen. Reichen diese Maßnahmen nicht aus, bietet sich die Montage auf Pfahljochen an (**Bild 19.44**). Duktile Gussrohre benötigen im Normalfall nur ein Auflager pro Rohr (**Bilder 19.45, 19.46 und 19.47**).

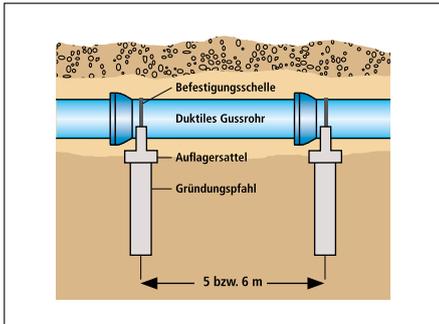
In bergbaulich beeinflussten Bereichen können u. U. erhebliche Setzungen eintreten, wenn die Flöze nach dem Abbau nicht verfüllt werden. Dabei entstehen in den Randzonen der Senken in der Regel Zerrungen, in der Mitte Pressungen. Sie können bis zu 15 mm/m betragen. Es sind Bodensenkungen bis zu 7 cm in fünf Tagen beobachtet worden, wobei Gefälleänderungen von 36 cm auf einer Länge von 40 m in einem Monat auftraten. Unter diesen Umständen dürfen Rohrleitungen nicht starr sein. Besonders geeignet sind Rohre aus duktilem Gusseisen mit ihren gelenkigen Steckmuffen-Verbindungen. Entsprechend den Produktnormen EN 545 [19.27] bzw.



**Bild 19.44:**  
Rohrleitung auf Pfahljochen –  
Zweifachlagerung



**Bild 19.46:**  
Beispiel einer Konstruktionszeichnung  
für einen Betonauflassers



**Bild 19.45:**  
Einfachlagerung von duktilen  
Gussrohren auf Pfählen

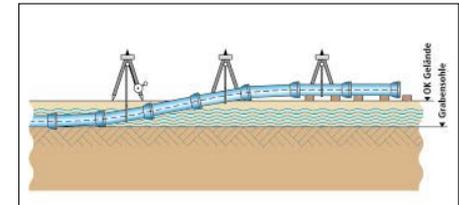


**Bild 19.47:**  
Betonauflassers mit Neopren-  
auflage für duktile Gussrohre

EN 598 [19.28] sind Abwinkelungen bei den Rohr- und Formstückmuffen bis zu 5° möglich.

### 19.7.5 Einbau im Grundwasser

Bei hohem Grundwasserstand sind die Rohre gegen Auftrieb zu sichern. Bei hoch anstehendem Grundwasser, wie es häufig in Niederungen in der Nähe von Gewässern vorliegt, lassen sich duktile Gussrohre mit längskraftschlüssiger Steckmuffen-Verbindung auf einer längeren Leitungsstrecke neben dem Graben montieren und anschließend mit mehreren Hebezeugen absenken (**Bild 19.48**).



**Bild 19.48:**  
Vormontierte Rohrleitung beim  
Absenken in den Graben

## 19.8 Literatur

- [19.1] EN 805  
Water supply –  
Requirements for systems and  
components outside buildings  
[Wasserversorgung –  
Anforderungen an Wasserversor-  
gungssysteme und deren Bauteile  
außerhalb von Gebäuden]  
2000
- [19.2] EN 1610  
Construction and testing of drains  
and sewers  
[Verlegung und Prüfung von  
Abwasserleitungen und -kanälen]  
2015
- [19.3] DVGW-Arbeitsblatt GW 301  
Unternehmen zur Errichtung,  
Instandsetzung und Einbindung  
von Rohrleitungen –  
Anforderungen und Prüfungen  
[DVGW worksheet GW 301  
Companies for construction, repair  
and connection of pipelines –  
Requirements and testings]  
2011-10
- [19.4] SVGW-Richtlinie W4-3  
Richtlinie für Wasserverteilung –  
Planung, Projektierung,  
Bau, Prüfung sowie  
Betrieb und Instandhaltung  
der Trinkwasserverteilung  
außerhalb von Gebäuden –  
Teil 3: Bau und Prüfung  
[SVGW guideline W4-3  
Guideline for water distribution –  
Planning, project development,  
construction, testing as well as  
operation and maintenance  
of drinking water distribution  
systems outside buildings –  
Part 3: Construction and testing]  
2013-3
- [19.5] DVGW-Arbeitsblatt W 339  
Fachkraft für Muffentechnik  
metallischer Rohrsysteme –  
Lehr- und Prüfplan  
[DVGW worksheet W 339  
Qualifications in jointing technol-  
ogy of metallic piping systems –  
Training and test plan]  
2005-10
- [19.6] ATV-DVWK-A 142  
Abwasserkanäle und -leitungen  
in Wassergewinnungsgebieten  
[Sewers and drains in water  
catchment areas]  
2002-11
- [19.7] DVGW-Arbeitsblatt W 400-2  
Technische Regeln Wasserver-  
teilungsanlagen (TRWV) –  
Teil 2: Bau und Prüfung  
[DVGW worksheet W 400-2  
Technical rules on water  
distribution systems –  
Part 2: Construction and testing]  
2004-09

- [19.8] DIN 2000  
Zentrale Trinkwasserversorgung –  
Leitsätze für Anforderungen  
an Trinkwasser, Planung, Bau,  
Betrieb und Instandhaltung  
der Versorgungsanlagen –  
Technische Regel des DVGW  
[Central drinking water supply –  
Guide lines regarding require-  
ments for drinking water, plan-  
ning, construction, operation  
and maintenance of plants –  
Technical rule of the DVGW]  
2000-10
- [19.9] DWA-A 139  
Einbau und Prüfung von Abwasser-  
leitungen und -kanälen  
[DWA worksheet A 139  
Installation and testing  
of drains and sewers]  
2010-01
- [19.10] OENORM B 2538  
Transport-, Versorgungs- und  
Anschlussleitungen von  
Wasserversorgungsanlagen –  
Ergänzende Bestimmungen  
zu OENORM EN 805
- [Long-distance, district and  
supply pipelines of water  
supply systems –  
Additional specifications con-  
cerning OENORM EN 805]  
2002-11-01
- [19.11] OENORM B 2503  
Kanalanlagen –  
Planung, Ausführung,  
Prüfung, Betrieb –  
Ergänzende Bestimmungen zu  
den OENORMEN EN 476, EN 752  
und EN 1610  
[Drain and sewer systems –  
Design, construction,  
testing, operation –  
Complementary provisions  
concerning OENORM EN 476, EN 752  
and EN 1610]  
2012-08-01
- [19.12] SIA 190; SN 533190  
Kanalisationen –  
Leitungen, Normal- und  
Sonderbauwerke  
[Sewage systems –  
Pipelines, standard and  
special constructions]  
2000-07
- [19.13] Council Directive 98/83/EC  
Council Directive 98/83/EC  
of 3 November 1998 on the  
quality of water intended  
for human consumption  
[Richtlinie 98/83/EG  
Richtlinie 98/83/EG des Rates  
vom 3. November 1998  
über die Qualität von Wasser für  
den menschlichen Gebrauch  
<http://www.bmub.bund.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/wasserrl.pdf>]  
1998-11-03
- [19.14] EADIPS®/FGR®-Norm 74  
Formstücke und Armaturen  
aus duktilem Gusseisen –  
Verpackung von Form-  
stücken und Armaturen  
[Ductile iron fittings and valves –  
Packaging of ductile iron  
fittings and valves]  
2013-06

- [19.15] EN 12351  
Industrial valves –  
Protective caps for valves  
with flanged connections  
[Industriearmaturen –  
Schutzkappen für Arma-  
turen mit Flanschanschluss]  
2010
- [19.16] ISO 2230  
Rubber products –  
Guidelines for storage  
[Produkte aus Gummi –  
Leitlinie für die Lagerung]  
2002-04
- [19.17] DVGW-Arbeitsblatt W 346  
Guss- und Stahlrohrleitungs-  
teile mit ZM-Auskleidung –  
Handhabung  
[DVGW worksheet W 346  
Cast iron and steel pipes  
and components with  
internal mortar lining –  
Handling]  
2000-08
- [19.18] EADIPS®/FGR®-Norm 75  
Rohre aus duktilem Gusseisen –  
Kennzeichnung des zulässigen  
Bauteilbetriebsdrucks (PFA)  
längskraftschlüssiger beweglicher  
Steckmuffen-Verbindungen  
von Rohren –  
Ergänzung zur EN 545:2010  
[Ductile iron pipes –  
Marking of the allowable operating  
pressure PFA of restrained flexible  
push-in socket joints of pipes –  
Supplement to EN 545:2010]  
2013-06
- [19.19] EADIPS®/FGR®-Norm 30  
Rohre, Formstücke und Armaturen  
aus duktilem Gusseisen –  
Schraubenlängen für  
Flansch-Verbindungen  
[Ductile iron pipes,  
fittings and valves –  
Length of bolts for flanged joints]  
2013-06
- [19.20] DVGW-Merkblatt W 332  
Auswahl, Einbau und Betrieb von  
metallischen Absperrarmaturen in  
Wasserverteilsanlagen  
[DVGW technical information sheet  
W 332  
Selection, installation and operation  
of metallic shut-off valves in water  
distribution systems]  
2006-11
- [19.21] DVGW-Arbeitsblatt GW 310  
Widerlager aus Beton –  
Bemessungsgrundlagen  
[DVGW worksheet GW 310  
Concret thrust blocks –  
Principles of sizing]  
2008-01
- [19.22] SVGW-Richtlinie W4-2  
Richtlinie für Wasserverteilung –  
Planung, Projektierung,  
Bau, Prüfung sowie  
Betrieb und Instandhaltung  
der Trinkwasserverteilung  
außerhalb von Gebäuden –  
Teil 2: Planung und Projektierung

- [Guideline for water distribution – Planning, project development, construction, testing as well as operation and maintenance of drinking water distribution systems outside buildings – Part 2: Planning and project development]  
2013-3
- [19.23] SVGW-Richtlinie W4-5  
Richtlinie für Wasserverteilung – Planung, Projektierung, Bau, Prüfung sowie Betrieb und Instandhaltung der Trinkwasserverteilung außerhalb von Gebäuden – Teil 5: Praxisunterlagen, Themenblatt Nr. 7: Rohrnetzspülung [Guideline for water distribution – Planning, project development, construction, testing as well as operation and maintenance of drinking water distribution systems outside buildings – Part 5: Practical data sheet, data sheet No. 7: Network flushing]  
2013-3
- [19.24] DVGW-Arbeitsblatt W 392  
Rohrnetzinspektion und Wasserverluste – Maßnahmen, Verfahren und Bewertungen  
[DVGW worksheet W 392 Piping network inspection and water losses – Activities, procedures and assessments]  
2003-05
- [19.25] DIN 4124  
Baugruben und Gräben – Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten  
[Excavations and trenches – Slopes, trench shoring, breadth of working space]  
2012-01
- [19.26] ZTV A-StB 12  
Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen  
[Additional technical contract conditions and guidelines for excavations in traffic areas]  
2012
- [19.27] EN 545  
Ductile iron pipes, fittings, accessories and their joints for water pipelines – Requirements and test methods  
[Rohre, Formstücke, Zubehörteile aus duktilem Gusseisen und ihre Verbindungen für Wasserleitungen – Anforderungen und Prüfverfahren]  
2010
- [19.28] EN 598  
Ductile iron pipes, fittings, accessories and their joints for sewerage applications – Requirements and test methods  
[Rohre, Formstücke, Zubehörteile aus duktilem Gusseisen und ihre Verbindungen für die Abwasser-Entsorgung – Anforderungen und Prüfverfahren]  
2007+A1:2009
- [19.29] ATV-DVWK-A 127  
Statische Berechnung von Abwasserkanälen und -leitungen (korrigierter Nachdruck 2008-04)  
[Structural design of drains and sewers (corrected reprint 2008-04)]  
2000-08

- [19.30] OENORM B 5012  
Statische Berechnung erdverlegter Rohrleitungen für die Wasserversorgung und die Abwasser-Entsorgung [Structural design of buried water and sewerage pipelines] 2008-10-01
- [19.31] OENORM B 5012/A  
Statische Berechnung erdverlegter Rohrleitungen für die Wasserversorgung und die Abwasser-Entsorgung (Änderung) [Structural design of buried water and sewerage pipelines (Amendment)] 2014-09-01
- [19.32] DIN 50929-3  
Korrosion der Metalle – Korrosionswahrscheinlichkeit metallischer Werkstoffe bei äußerer Korrosionsbelastung – Rohrleitungen und Bauteile in Böden und Wässern
- [Corrosion of metals – Probability of corrosion of metallic materials when subject to corrosion from the outside – Buried and underwater pipelines and structural components] 1985-09
- [19.33] DIN 50929-3 Beiblatt 1  
Korrosion der Metalle – Korrosionswahrscheinlichkeit metallischer Werkstoffe bei äußerer Korrosionsbelastung – Teil 3: Rohrleitungen und Bauteile in Böden und Wässern – Beiblatt 1: Korrosionsraten von Bauteilen in Gewässern [Corrosion of metals – Probability of corrosion of metallic materials when subject to corrosion from the outside – Part 3: Buried and underwater pipelines and structural components – Supplement 1: Corrosion rates of structural components in water] 2014-11
- [19.34] DVGW-Arbeitsblatt GW 9  
Beurteilung der Korrosionsbelastungen von erdüberdeckten Rohrleitungen und Behältern aus unlegierten und niedrig legierten Eisenwerkstoffen in Böden [DVGW worksheet GW 9 Assessment of the corrosion level of buried pipes and tanks in unalloyed and low-alloyed ferrous materials in soils] 2011-05
- [19.35] OENORM B 5013-1  
Oberflächenschutz mit organischen Schutzmaterialien im Siedlungswasserbau – Teil 1: Abschätzung der Korrosionswahrscheinlichkeit und Schutz von unlegierten und niedriglegierten Eisenwerkstoffen [Corrosion protection by organic coatings for water and wastewater engineering in residential areas – Part 1: Assessment of corrosion probability and protection of unalloyed and low-alloyed ferrous materials] 2013-12-15

[19.36] DIN 30675-2

Äußerer Korrosionsschutz von  
erdverlegten Rohrleitungen –  
Schutzmaßnahmen und Einsatz-  
bereiche bei Rohrleitungen  
aus duktilem Gusseisen  
[External corrosion protection  
of buried pipes –  
Corrosion protection systems  
for ductile iron pipes]  
1993-04



# 20

## Dichtheitsprüfungen

- 20.1 Allgemeines
- 20.2 Dichtheitsprüfungen von Druckrohrleitungen
- 20.3 Dichtheitsprüfung von Freispiegelkanälen und -leitungen für den Abwassertransport
- 20.4 Prüfung von Abwasserdruckleitungen

## 20 Dichtheitsprüfungen

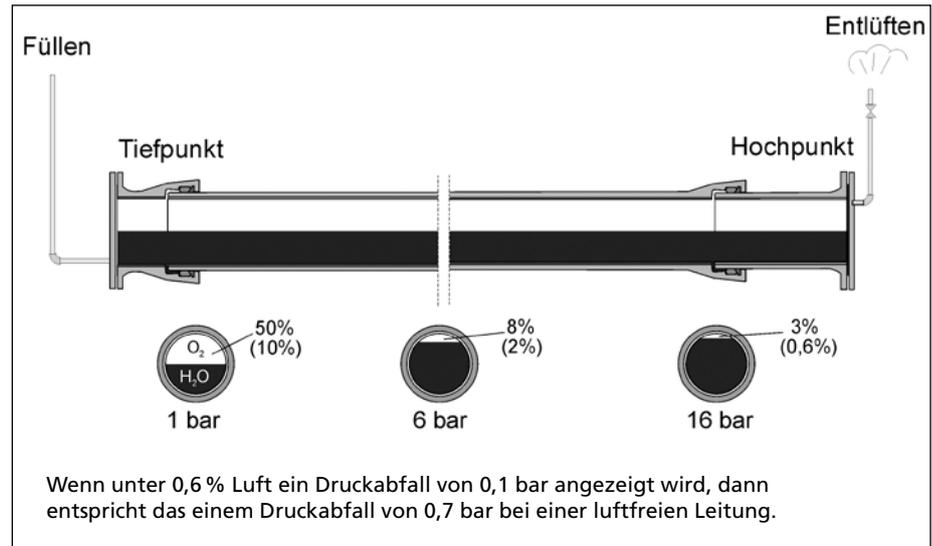
**Beschreibung der Dichtheitsprüfungen mit Wasser oder Luft als Prüfmedium. Zuordnung der verschiedenen Prüfverfahren zu den Rohrleitungen für unterschiedliche Fördermedien (Wasser, Abwasser).**

### 20.1 Allgemeines

Rohrleitungen für den Transport von Wasser und Abwasser sind einer Dichtheitsprüfung zu unterziehen. Für Wasserleitungen aus duktilem Gusseisen nach EN 545 sind die Richtlinien der Dichtheitsprüfung in EN 805 bzw. dem DVGW Arbeitsblatt W 400-2 festgelegt. Die während der Druckprüfung auftretenden Kräfte sind beachtlich, sie müssen in entsprechender Weise aufgefangen werden.

Beim Einfüllen des für die Druckprüfung erforderlichen Wassers spielt die Entlüftung eine wichtige Rolle. Eingeschlossene Luftpolster können zu erheblichen Störungen führen.

**Bild 20.1** verdeutlicht den Einfluss von geringen Mengen Luft in der zu prüfenden Leitung auf das abgelesene Prüfergebn. Zeigen sich während der Prüfung Mängel, so ist die Prüfung zu unterbrechen und die Leitung, soweit für die Beseitigung der Mängel nötig, zu entleeren.



**Bild 20.1:**  
Einfluss von Luft auf das Prüfergebn

Temperaturänderungen während der Prüfzeit können Druckänderungen hervorrufen, die zu falschen Prüfergebnissen führen. Daher sind die Temperaturen vor und nach der Prüfzeit zu messen und das Prüfergebnis nötigenfalls zu korrigieren.

Die Anforderungen an die Dichtheitsprüfung für Abwasserfreispiegelkanäle und -leitungen aus duktilem Gusseisen nach EN 598 sind in EN 1610 bzw. den ATV-DVWK-Arbeitsblättern A 139 außerhalb Wasserschutz-zonen und A 142 innerhalb Wasserschutz-zonen beschrieben. Abwasserdruckrohrleitungen werden wie Trinkwasserleitungen entsprechend der EN 805 bzw. dem DVGW Arbeitsblatt W 400-2 geprüft.

Als Alternative zur Dichtheitsprüfung mit Wasser bietet sich für Freispiegelkanäle die Dichtheitsprüfung mit Luft an, die entweder als Luftüber- oder -unterdruckprüfung durchgeführt werden kann. Die Prüfverfahren mit Luft haben sich in der Praxis bewährt, da sie schnell und ohne größeren Aufwand durchführbar sind.

Ergänzend sind Richtlinien und Bestimmungen zu beachten, welche die Maßnahmen zur Sicherung von Leitungen beschreiben.

## 20.2 Dichtheitsprüfungen von Druckrohrleitungen

Maßgebend für die Innendruckprüfung von Druckrohrleitungen aus duktilem Gusseisen zur Förderung von Wasser (Trinkwasser; Rohwasser oder Abwasser) ist EN 805 bzw. DVGW Arbeitsblatt W 400-2.

Jede Rohrleitung ist nach dem Einbau einer Wasserdichtheitsprüfung zu unterziehen. Ausnahmen entsprechend dem Arbeitsblatt W 400-2 sind liegende Leitungsabschnitte, an denen Reparaturen durchgeführt wurden bzw. neue Rohrleitungsabschnitte unter 30 m Länge.

Die Dichtheit bzw. ordnungsgemäße Ausführung der Rohre, Formstücke, Verbindungen und weiterer Rohrleitungsteile sowie ihre Lagesicherung ist sicherzustellen. Alle nationalen Richtlinien und Normen sind zu beachten, die die Sicher-

heitsvorkehrungen bei der Vorbereitung und Durchführung einer Druckprüfung beschreiben.

Für die Verfüllung und Verankerung von nicht längskraftschlüssigen Verbindungen ist zu beachten:

- Rohre sind vor der Druckprüfung derartig mit Verfüllmaterial abzudecken, dass Lageänderungen, die zu Undichtheiten führen könnten, vermieden werden. Es ist heute gängige Praxis, die Rohrleitung vor der Dichtheitsprüfung komplett zu verfüllen.
- Widerlager und Verankerungen sind im Bereich der Rohrleitungen so anzubringen, dass sie den Kräften aus dem Prüfdruck standhalten. Widerlager aus Beton müssen vor Prüfungsbeginn eine ausreichende Festigkeit besitzen; ihre Bemessung ist in DVGW GW 310 geregelt.
- Es ist außerdem darauf zu achten, dass Rohrabschlussteile und andere vorübergehend eingebaute Abschlussformstücke ausreichend abgestützt sind und die Belastung entsprechend der zulässigen Bodenpressung verteilt ist. Es ist nicht erlaubt, vorübergehend eingebaute Abstützungen oder Ver-

ankerungen an den Enden der Testabschnitte zu entfernen, bevor die Rohrleitungen vom Druck entlastet sind.

- Arbeiten in den Rohrgräben, die im Zusammenhang mit der Druckprüfung stehen, sind während der Druckprüfung nicht erlaubt.

### 20.2.1 Festlegung und Füllen der Prüfabschnitte

Für die Festlegung und das Füllen der Prüfabschnitte gilt Folgendes.

Die Druckprüfungsabschnitte sind so festzulegen, dass

- der Prüfdruck an der tiefsten Stelle jedes Prüfabschnittes erreicht wird,
- am höchsten Punkt jedes Prüfabschnittes mindestens MDP erreicht werden kann, außer bei abweichender Festlegung des Planers,
- die erforderliche Wassermenge für die Druckprüfung bereitgestellt und ohne Schwierigkeiten abgelassen werden kann.

Bei der Unterteilung der Rohrleitung in Prüfabschnitte hängt die Länge der Teilstrecken von den örtlichen Verhält-

nissen, z.B. den geodätischen Höhenunterschieden, ab. Im Allgemeinen soll die Länge bei Teilstrecken mit kleinen Rohrnennweiten in Versorgungsnetzen 500 m und bei Transportleitungen 1.500 m nicht überschreiten.

Abweichend von den Anforderungen nach EN 805 fordert das Arbeitsblatt W 400-2 dass:

- der Prüfdruck am höchsten Punkt jedes Prüfabschnittes mindestens  $1,1 \times \text{MDP}$  beträgt,
- die maximale Länge der Prüfstrecke in Abhängigkeit von Nennweite und Gelände bis 3 km beträgt.

Vor Prüfungsbeginn ist sicherzustellen, dass die Rohrleitung von Verunreinigungen frei ist. Der Prüfabschnitt wird dann mit Wasser gefüllt.

Wenn vom Planer nicht anders festgelegt, ist die Druckprüfung von Trinkwasserleitungen mit Trinkwasser durchzuführen.

Die Rohrleitung ist zu entlüften. Ausgehend vom Tiefpunkt ist die Rohrleitung so zu füllen, dass kein Rückfluss eintritt und die Luft an entsprechend dimensionierten

Entlüftungsvorrichtungen entweichen kann. Oftmals wird eine Leitung durch zu schnelles Füllen beschädigt. Eingeschlossene Luftpölster bewirken dann auf Gefällstrecken ein Abreißen der Wassersäule, die mit erheblicher Geschwindigkeit dem Tiefpunkt zuschießt und damit Kräfte erzeugt, welche zu örtlichen Beschädigungen der Leitung oder des Verbaus führen können.

Erfahrungsgemäß soll die Füllgeschwindigkeit die in **Bild 20.2** angegebenen Werte nicht überschreiten.



**Bild 20.2:**  
Empfohlene Füllgeschwindigkeiten [L/s]

### 20.2.2 Druckprüfverfahren

Für die Druckprüfung von Druckrohrleitungen sind verschiedene bewährte Druckprüfverfahren anwendbar.

Diese sind in der Norm EN 805 bzw. im Arbeitsblatt W 400-2 beschrieben.

Das Prüfverfahren ist vom Planer zu bestimmen und darf bis zu drei Schritte umfassen.

#### 1. Vorprüfung

Die Vorprüfung dient folgenden Zwecken:

- Stabilisierung des zur Prüfung anstehenden Rohrleitungsabschnittes nach weitestgehendem Abklingen der anfänglichen Setzungen,
- ausreichender Wassersättigung der Auskleidungen.

Die Rohrleitung ist in geeignete Prüfabschnitte zu unterteilen, vollständig mit Wasser zu füllen und zu entlüften. Während der Vorprüfung ist der Prüfdruck in regelmäßigen Abständen, jedoch spätestens nach einem Druckabfall von 0,5 bar, wiederherzustellen.

Wenn unzulässige Lageänderungen eines Rohrleitungsteiles oder Undichtheiten auftreten, ist die Rohrleitung zu entspannen und die Ursache zu beheben.

#### 2. Druckabfallprüfung

Die Druckabfallprüfung ermöglicht die Bestimmung der restlichen Luft in der Rohrleitung.

Luft im Prüfabschnitt der Rohrleitung führt zu falschen Ergebnissen, die eine scheinbare Undichtheit vortäuschen oder aber eine Undichtheit überdecken können. Vorhandene Luft vermindert

die Genauigkeit des Prüfverfahrens. Der Planer legt fest, ob eine Druckabfallprüfung vorzunehmen ist.

#### 3. Hauptprüfung

Die Hauptprüfung darf nicht beginnen, bevor die Vorprüfung und die Druckabfallprüfung, sofern vom Planer vorgeschrieben, erfolgreich abgeschlossen sind.

Die Einflüsse größerer Temperaturänderungen sind zu berücksichtigen.

### 20.2.3 Übersicht über die Prüfverfahren der verschiedenen Regelwerke

Während die EN 805 ein Prüfverfahren für alle Nennweiten und Druckstufen enthält, wird im Arbeitsblatt W 400-2 zwischen dem Normalverfahren, das ebenfalls für alle Nennweiten und Druckstufen anwendbar ist, und dem beschleunigten Normalverfahren, das für Rohrleitungen bis DN 600 und bis MDP 16 begrenzt ist, unterschieden. Die beiden Prüfverfahren nach W 400-2 können jeweils nach der Wasserverlust- oder Druckverlustmethode durchgeführt werden.

Die Wasserverlustmethode erfordert höhere Ansprüche an die Genauigkeit der Messgeräte. Der Vorteil gegenüber der Druckverlustmethode liegt in der geringeren Unempfindlichkeit gegenüber Luft-einschlüssen. Wenn die entsprechenden Messgeräte verfügbar sind, empfiehlt es sich, die Wasserverlustmethode anzuwenden.

Die Wasserverlustmenge kann durch zwei unterschiedliche Messverfahren ermittelt werden.

- Kontinuierliche Messung der nachgepumpten Wassermenge:  
Hierbei wird durch kontinuierliches Nachpumpen von Wasser während der gesamten Prüfzeit der Systemprüfdruck aufrecht erhalten.
- Einmalige Messung der nachgepumpten Wassermenge:  
Am Ende der Prüfzeit wird der Systemprüfdruck durch einmaliges Nachpumpen wiederhergestellt.

In beiden Messverfahren ist die nachgepumpte Wassermenge durch geeignete Einrichtungen zu messen und aufzuzeichnen.

Erforderliche Messgeräte für die Druckverlustmethode

- Druckmessgeräte Auflösung  $\leq 0,1$  bar
- Erdtemperaturmessgerät Auflösung  $\leq 0,1$  K
- Messbehälter für Druckabfallprüfung Skaleneinteilung von  $\leq 0,01$  bis  $0,1$  Liter.

Abweichend von diesen Messgeräten erfordert die Wasserverlustmethode für die kontinuierliche Messung des nachgepumpten Wasservolumens:

- eine zusätzliche Dosierpumpe, Mindestdosiergenauigkeit  $0,01$  Liter
- 2 Manometer oder ein Niveauschalter mit einer Messgenauigkeit von  $\leq \pm 10$  mbar.

Die **Tabelle 20.1** zeigt eine Gegenüberstellung der drei Prüfverfahren, die nachfolgend beschrieben werden.

**Tabelle 20.1:**

Tabellarische Zusammenstellung der Hauptparameter der verschiedenen Druckprüfverfahren

Druckprüfung nach EN 805	Beschleunigtes Normalverfahren nach W 400-2	Normalverfahren nach W 400-2
Für alle DN und für alle Prüfdrücke	Für DN ≤ 600 und für Prüfdrücke ≤ 21 bar	Für alle DN und für alle Prüfdrücke
Vorprüfung	Vorprüfung (= Sättigungsphase)	Vorprüfung
OP ≤ Prüfdruck p ≤ STP	Prüfdruck: p = STP (konstant d. Nachpumpen)	Prüfdruck: p = STP
Prüfzeit: t= vom Planer festzulegen	Prüfzeit: t = 0,5 Std.	Prüfzeit: t= 24 Std.
Druckabfallprüfung	Druckabfallprüfung	Druckabfallprüfung
	a) Wasserverlustmethode	a) Wasserverlustmethode
$\Delta V_{\max} = 1,5 \cdot V \cdot \Delta p \cdot \left[ \frac{1}{E_W} + \frac{D}{e \cdot E_R} \right]$ $\Delta V \leq \Delta V_{\max}$	$\Delta V_{zul} = 0,1 \cdot f \cdot \frac{\pi \cdot ID^2}{4} \cdot L \cdot \Delta p \cdot \left[ \frac{1}{E_W} + \frac{ID}{s \cdot E_R} \right]$ <p>f=3  <math>\Delta V \leq \Delta V_{zul}</math></p>	$\Delta V_{zul} = 0,1 \cdot f \cdot \frac{\pi \cdot ID^2}{4} \cdot L \cdot \Delta p \cdot \left[ \frac{1}{E_W} + \frac{ID}{s \cdot E_R} \right]$ <p>f=3  <math>\Delta V \leq \Delta V_{zul}</math></p>
	b) Druckverlustmethode	b) Druckverlustmethode
	$\Delta V_{erf} = (DN \cdot L) / (100 k)$	$\Delta V_{zul}^* = 0,1 \cdot 1,5 \cdot \frac{\pi \cdot ID^2}{4} \cdot L \cdot \Delta p \cdot \left[ \frac{1}{E_W} + \frac{ID}{s \cdot E_R} \right]$ <p>*) (entspricht <math>\Delta V_{\max}</math> in EN 805)</p>

Druckprüfung nach EN 805	Beschleunigtes Normalverfahren nach W 400-2	Normalverfahren nach W 400-2																		
	$\Delta V_{\text{erf}}$ der Leitung entnehmen u. zugehörigen Druckabfall $\Delta p$ messen																			
	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="568 304 794 340">DN</th> <th data-bbox="794 304 1024 340"><math>\Delta p_{\text{min.}}</math> [bar]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="568 340 794 376">80</td> <td data-bbox="794 340 1024 376">1,4</td> </tr> <tr> <td data-bbox="568 376 794 412">100</td> <td data-bbox="794 376 1024 412">1,2</td> </tr> <tr> <td data-bbox="568 412 794 448">150</td> <td data-bbox="794 412 1024 448">0,8</td> </tr> <tr> <td data-bbox="568 448 794 483">200</td> <td data-bbox="794 448 1024 483">0,6</td> </tr> <tr> <td data-bbox="568 483 794 519">300</td> <td data-bbox="794 483 1024 519">0,4</td> </tr> <tr> <td data-bbox="568 519 794 555">400</td> <td data-bbox="794 519 1024 555">0,3</td> </tr> <tr> <td data-bbox="568 555 794 591">500</td> <td data-bbox="794 555 1024 591">0,2</td> </tr> <tr> <td data-bbox="568 591 794 627">600</td> <td data-bbox="794 591 1024 627">0,1</td> </tr> </tbody> </table>		DN	$\Delta p_{\text{min.}}$ [bar]	80	1,4	100	1,2	150	0,8	200	0,6	300	0,4	400	0,3	500	0,2	600	0,1
	DN		$\Delta p_{\text{min.}}$ [bar]																	
	80		1,4																	
	100		1,2																	
	150		0,8																	
	200		0,6																	
	300		0,4																	
	400		0,3																	
	500		0,2																	
600	0,1																			
$\Delta p \geq p_{\text{min}}$ (Nachweis für ausreichende Entlüftung)																				

Druckprüfung nach EN 805	Beschleunigtes Normalverfahren nach W 400-2	Normalverfahren nach W 400-2	
Hauptprüfung	Hauptprüfung	Hauptprüfung	
a) Wasserverlustverfahren	a) Wasserverlustverfahren	a) Wasserverlustverfahren	
Messung abgelassener Wassermenge	Prüfdruck: $p = \text{STP}$	Prüfdruck: $p = \text{STP}$	
Prüfdruck: $p = \text{STP}$	Prüfzeit: $t = 1 \text{ Std}$	Prüfzeit: $t =$	
zusätzlich Sättigung: $t \geq 1 \text{ Std.}$	$\Delta V_{zul} = (DN \cdot L) / (100 k)$	DN	Prüfzeit
Prüfzeit: $t \geq 1 \text{ Std}$		$\leq 400$	3 Std
Messung nachgepumpter Wassermenge		500–700	12 Std
Prüfdruck: $p = \text{STP}$		$> 700$	24 Std
Prüfzeit: $t \geq 1 \text{ Std}$		Prüfkriterium	
$\Delta V_{\max} = 1,2 \cdot V \cdot \Delta p \cdot \left[ \frac{1}{E_W} + \frac{D}{e \cdot E_R} \right]$	STP	$\Delta p_{zul}$	
	15 bar	0,1 bar	
	21 bar	0,15 bar	
	$> 21 \text{ bar}$	0,2 bar	
	$\Delta V_{zul} = 0,1 \cdot \frac{\pi \cdot ID^2}{4} \cdot L \cdot \Delta p_{zul} \cdot \left[ \frac{1}{E_W} + \frac{ID}{s \cdot E_R} \right]$		
Prüfkriterium: $\Delta V \leq \Delta V_{\max}$	Prüfkriterium: $\Delta V \leq V_{zul}$	Prüfkriterium: $\Delta V \leq \Delta V_{zul}$	

Druckprüfung nach EN 805	Beschleunigtes Normalverfahren nach W 400-2	Normalverfahren nach W 400-2								
b) Druckverlustverfahren	b) Druckverlustverfahren	b) Druckverlustverfahren								
Prüfdruck: $p = \text{STP}$ Prüfzeit: $t \geq 1 \text{ Std}$	Prüfdruck: $p = \text{STP}$ Prüfzeit: $t = 1 \text{ Std}$	Prüfdruck: $p = \text{STP}$ Prüfzeit: $t =$ <table border="1" data-bbox="1034 351 1484 507"> <thead> <tr> <th>DN</th> <th>Prüfzeit</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>\leq 400</math></td> <td>3 Std</td> </tr> <tr> <td>500–700</td> <td>12 Std</td> </tr> <tr> <td><math>&gt; 700</math></td> <td>24 Std</td> </tr> </tbody> </table>	DN	Prüfzeit	$\leq 400$	3 Std	500–700	12 Std	$> 700$	24 Std
DN	Prüfzeit									
$\leq 400$	3 Std									
500–700	12 Std									
$> 700$	24 Std									
Prüfkriterium: $\Delta p =$ abnehmende Tendenz und $\Delta p \leq 20 \text{ kPa}$	Prüfkriterium: ( $\Delta p$ aus Druckabfallprüfung wird $\Delta p_{\text{zul}}$ in Hauptprüfung) $\Delta p =$ abnehmende Tendenz und $\Delta p \leq \Delta p_{\text{zul}}$	Prüfkriterium: <table border="1" data-bbox="1034 546 1484 702"> <thead> <tr> <th>STP</th> <th><math>\Delta p_{\text{zul}}</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>15 bar</td> <td>0,1 bar</td> </tr> <tr> <td>21 bar</td> <td>0,15 bar</td> </tr> <tr> <td><math>&gt; 21 \text{ bar}</math></td> <td>0,2 bar</td> </tr> </tbody> </table>	STP	$\Delta p_{\text{zul}}$	15 bar	0,1 bar	21 bar	0,15 bar	$> 21 \text{ bar}$	0,2 bar
STP	$\Delta p_{\text{zul}}$									
15 bar	0,1 bar									
21 bar	0,15 bar									
$> 21 \text{ bar}$	0,2 bar									
Prüfung der Gesamtleitung (nach erfolgreicher Prüfung von einzelnen Prüfabschnit- ten, falls vom Planer verlangt) Prüfzeit: $t = 2 \text{ Std}$ Prüfdruck: $p = \text{Betriebsdruck}$ Prüfkriterium: Sichtprüfung		$\Delta p \leq \Delta p_{\text{zul}}$								

## Druckdefinitionen nach EN 805

- MDP (Maximum Design Pressure)  
= Höchster Systembetriebsdruck  
Höchster vom Betreiber festgelegter Betriebsdruck des Systems oder einer Druckzone unter Berücksichtigung zukünftiger Entwicklungen und von Druckstößen.
- STP (System Test Pressure)  
= Systemprüfdruck  
Hydrostatischer Druck, der für die Prüfung der Unversehrtheit und Dichtheit einer neu verlegten Rohrleitung angewandt wird.
- OP (Operating Pressure)  
= Betriebsdruck  
Innendruck, der zu einem bestimmten Zeitpunkt an einer bestimmten Stelle im Wasserversorgungssystem auftritt.

## Prüfdruck

Der Systemprüfdruck wird mit Hilfe des höchsten Systembetriebsdrucks (MDP<sub>c</sub> oder MDP<sub>a</sub>) wie folgt berechnet

- bei Berechnung des Druckstoßes:  

$$STP = MDP_c + 100 \text{ kPa}$$
 (100 kPa = 1 bar)

MDP<sub>c</sub> = Systembetriebsdruck, der einen *berechneten* Druckstoß beinhaltet

- ohne Berechnung des Druckstoßes:  

$$STP = MDP_a \times 1,5$$
 oder  

$$STP = MDP_a + 500 \text{ kPa}$$
 (500 kPa = 5 bar)

MDP<sub>a</sub> = Systembetriebsdruck, der einen *angenommenen* Druckstoß beinhaltet, welcher nicht kleiner sein darf als 200 kPa.

Es gilt der jeweils niedrigere Wert.  
In Sonderfällen kann der Planer einen niedrigeren Prüfdruck festlegen.

## 20.2.4 Druckprüfung nach EN 805

### 1. Vorprüfung

Während der Vorprüfung ist der zu prüfende Rohrleitungsabschnitt mindestens auf den Betriebsdruck zu bringen, jedoch maximal auf den Systemprüfdruck!

Systemprüfdruck ≥ Prüfdruck ≥ Betriebsdruck

Die Dauer der Vorprüfung ist vom Planer festzulegen.

### 2. Druckabfallprüfung

Zur Durchführung der Druckabfallprüfung wird in dem zum prüfenden Rohrleitungsabschnitt der Prüfdruck erzeugt. Während der Leitung ein messbares Wasservolumen  $\Delta V$  entnommen wird, ist der zugehörige Druckabfall  $\Delta p$  zu messen, den man zur Berechnung der maximal zulässigen Wasserverlustmenge  $\Delta V_{\max}$  benötigt. Die Rohrleitung gilt als ausreichend entlüftet, wenn die entnommene Wassermenge  $\Delta V$  kleiner oder gleich der maximal zulässigen Wasserverlustmenge  $\Delta V_{\max}$  ist.

$$\Delta V_{\max} = 1,5 \cdot V \cdot \Delta p \cdot \left[ \frac{1}{E_W} + \frac{D}{e \cdot E_R} \right] \quad (20.1)$$

Hierin bedeuten:

$\Delta V_{\max}$	zulässiger Wasserverlust in Liter
1,5	zulässiger Faktor für den erlaubten Luftanteil vor der Hauptdruckprüfung
V	Volumen des Prüfabschnittes in Liter
$\Delta p$	gemessener Druckabfall in Kilopascal
$E_W$	$2,03 \cdot 10^6$ kPa; Kompressionsmodul des Wassers in Kilopascal
D	Innendurchmesser des Rohres in Meter
e	Wanddicke des Rohres in Meter
$E_R$	$1,67 \cdot 10^8$ kPa; Elastizitätsmodul der Rohrwand in Umfangsrichtung in Kilopascal

$$\Delta V \leq \Delta V_{\max}$$

### 3. Hauptprüfung

Die Hauptprüfung kann nach einem der beiden nachfolgenden Prüfverfahren durchgeführt werden:

- Wasserverlustverfahren,
- Druckverlustverfahren.

#### *Das Wasserverlustverfahren*

Zwei gleichwertige Messverfahren zur Feststellung des Wasserverlustes können zur Anwendung kommen. Diese sind nachfolgend beschrieben.

- a) Messung der abgelassenen Wassermenge

In dem zu prüfenden Rohrleitungsabschnitt wird der Systemprüfdruck STP erzeugt und gegebenenfalls durch Nachpumpen mindestens eine Stunde konstant gehalten. Danach wird die Pumpenleitung von der Prüfstrecke getrennt und mit der einstündigen Prüfung begonnen. Der Planer kann längere Prüfzeiten festlegen. Nach Ablauf der Prüfzeit wird der abgefallene Druck  $p$  gemessen. Durch Nachpumpen wird der Systemprüfdruck STP wiederhergestellt. Im Anschluss daran senkt man durch Ablassen von Wasser den Druck in der Rohrleitung so lange ab, bis der gleiche Druck  $p$  wieder erreicht

ist, der zuvor am Ende der Prüfzeit festgestellt wurde. Die abgelassene Wassermenge  $\Delta V$  ist zu messen.

- b) Messung der nachgepumpten Wassermenge  
Nachdem der Systemprüfdruck STP erzeugt ist, wird mit der einstündigen Prüfzeit begonnen. Während dieser Prüfzeit ist die zur Aufrechterhaltung des Systemprüfdruckes nachgepumpte Wassermenge mit einer geeigneten Einrichtung zu messen und aufzuzeichnen.

Die zugefügte bzw. entnommene Wassermenge  $\Delta V$  darf die maximal zulässige Wasserverlustmenge  $\Delta V_{\max}$  nicht überschreiten, die nach folgender Gleichung zu errechnen ist.

$$\Delta V_{\max} = 1,2 \cdot V \cdot \Delta p \cdot \left[ \frac{1}{E_W} + \frac{D}{e \cdot E_R} \right] \quad (20.2)$$

$\Delta V_{\max}$	zulässiger Wasserverlust in Liter
1,2	zulässiger Faktor (z.B. für Luftanteil) für die Hauptdruckprüfung
V	Volumen des Prüfabschnittes in Liter
$\Delta p$	zulässiger Druckverlust = 20 kPa

$E_W$	Kompressionsmodul des Wassers = $2,03 \cdot 10^6$ kPa
$D$	Innendurchmesser des Rohres in Meter
$e$	Wanddicke des Rohres in Meter
$E_R$	Elastizitätsmodul der Rohrwand in Umfangsrichtung, für GGG: $E_R = 1,67 \cdot 10^8$ kPa
	Prüfdruck = Systemprüfdruck (STP)
	Prüfzeit $\geq 1$ Stunde
$\Delta V \leq \Delta V_{\max}$	

#### *Das Druckverlustverfahren*

Der Druck muss gleichmäßig bis auf den Systemprüfdruck (STP) erhöht werden. Die Dauer der Druckverlustprüfung beträgt eine Stunde oder länger, je nach Festlegung des Planers.

Während der Hauptdruckprüfung muss der Druckverlust  $\Delta p$  eine abnehmende Tendenz zeigen und darf am Ende der ersten Stunde 20 kPa nicht überschreiten:

- Prüfdruck = Systemprüfdruck (STP)
- Prüfzeit  $\geq 1$  Stunde
- maximal zulässiger Druckverlust  $\leq 20$  kPa/Std.

#### *Auswertung der Prüfergebnisse*

Ist der Druckverlust höher als maximal zulässig oder treten Fehler auf, muss der Prüfabschnitt untersucht und bei Bedarf instandgesetzt werden. Die Prüfung ist zu wiederholen, bis der Druckverlust dem festgelegten Wert entspricht.

#### *Abschließende Prüfung des Rohrleitungssystems*

Wenn eine Rohrleitungsstrecke für die Druckprüfung in mehrere Prüfabschnitte unterteilt wurde und alle Abschnitte die Druckprüfung bestanden haben, muss, sofern vom Planer vorgeschrieben, die gesamte Leitung mindestens zwei Stunden lang mit dem Betriebsdruck beaufschlagt werden.

Jedes Rohrleitungsteil, das nach der Druckprüfung eingebaut wurde, ist einer Sichtprüfung auf Undichtheiten und Lageveränderungen zu unterziehen.

#### *Aufzeichnung der Prüfergebnisse*

Eine vollständige Dokumentation der Prüfergebnisse ist zu erstellen und aufzubewahren.

### 20.2.5 Druckprüfung nach DVGW W400-2

Entsprechend DVGW W 400-2 können bei Rohrleitungen aus duktilem Guss-eisen zwei Prüfverfahren angewendet werden:

- das beschleunigte Normalverfahren für Gussrohrleitungen bis DN 600 und bis STP = 21 bar,
- das Normalverfahren für Gussrohrleitungen aller Nennweiten und Druckstufen.

#### Beschleunigtes Normalverfahren

##### **a) Prüfung nach der Wasserverlustmethode**

##### **1. Vorprüfung/ Sättigungsphase**

Zum Erreichen eines hohen Sättigungsgrades wird der Prüfdruck während einer halben Stunde durch ständiges Nachpumpen gehalten. Für die Sättigung ist in erster Linie die Höhe des Prüfdruckes maßgebend. Ein zu niedriger Druck kann nicht durch eine Verlängerung der Sättigungsphase ausgeglichen werden.

Prüfdruck = STP

Prüfzeit = 0,5 Stunde

## 2. Druckabfallprüfung

Unmittelbar nach der Sättigungsphase, vorzugsweise eine Stunde nach Beginn der Vorprüfung, beginnt die Druckabfallprüfung. Der Leitung wird eine Wassermenge  $\Delta V$  entnommen, bis sich ein Druckabfall  $\Delta p$  von mindestens 0,5 bar, bei kleinen Rohrleitungen vorzugsweise von 1 bar, eingestellt hat. Wegen der höheren Messgenauigkeit gegenüber dem Druckverlustverfahren wird ein höherer Ausgleichsfaktor für Lufteinschlüsse von  $f = 3$  festgelegt. Die zulässige Volumenänderung  $\Delta V_{zul}$  kann nach folgender Gleichung berechnet werden.

$$\Delta V_{zul} = 0,1 \cdot f \cdot \frac{\pi \cdot ID^2}{4} \cdot L \cdot \Delta p \cdot \left[ \frac{1}{E_w} + \frac{ID}{s \cdot E_R} \right] \quad (20.3)$$

Hierin bedeuten:

$\Delta V_{zul}$  höchstzulässiges Wasservolumen in ml

$f = 3$  Ausgleichsfaktor für unvermeidliche Lufteinschlüsse

ID Innendurchmesser des Rohres ohne Berücksichtigung der Zementmörtelauskleidung in mm

L Länge der Prüfstrecke in m

s Wanddicke des Rohres in mm

$\Delta p$  gemessene Druckabsenkung

(0,5 oder 1 bar)

$E_w$  Kompressionsmodul des Wassers (2027 N/mm<sup>2</sup>)

$E_R$  Elastizitätsmodul der Rohrwerkstoffes

(1,7 · 10<sup>5</sup> N/mm<sup>2</sup>) für GGG

Die Leitung gilt als ausreichend entlüftet, wenn das entnommene Wasservolumen  $\Delta V \leq \Delta V_{zul}$  ist.

## 3. Hauptprüfung

Im Anschluss an die Druckabfallprüfung beginnt die Hauptprüfung. Die Dauer der Prüfung beträgt eine Stunde. Über die Dauer der Hauptprüfung wird der Prüfdruck durch ständiges Nachpumpen aufrecht gehalten (kontinuierliche Messung) oder alternativ am Ende der Prüfzeit durch eine einmalige Wasserzugabe hergestellt. In beiden Fällen ist die Wasserzugabe zu messen. Die zulässige Wasserzugabe errechnet sich nach folgender Gleichung.

$$\Delta V_{zul} = (DN \cdot L) / (100k) \quad (20.4)$$

Hierin bedeuten:

$\Delta V_{zul}$  maximal zulässiges nachzupumpendes Wasservolumen in ml

DN Nennweite ohne Einheit

L Länge der Prüfstrecke in Meter

100 k Proportionalitätsfaktor,  $k = 1$  m/ml

Prüfdruck = Systemprüfdruck (STP)

Prüfzeit = 1 Stunde

$\Delta V \leq \Delta V_{zul}$

**b) Prüfung nach der Druckverlustmethode**

*1. Vorprüfung/ Sättigungsphase*

Zum Erreichen eines hohen Sättigungsgrades wird der Prüfdruck während einer halben Stunde durch ständiges Nachpumpen gehalten. Für die Sättigung ist in erster Linie die Höhe des Prüfdruckes maßgebend. Ein zu niedriger Druck kann nicht durch eine Verlängerung der Sättigungsphase ausgeglichen werden.

- Prüfdruck = Systemprüfdruck (STP)
- Prüfzeit = 0,5 Stunde

*2. Druckabfallprüfung*

Dem zu prüfenden Leitungsabschnitt wird unter Prüfdruck STP ein Wasservolumen  $\Delta V_{\text{erf}}$  entnommen, das nach folgender Formel berechnet wird:

$$\Delta V_{\text{erf}} = (DN \cdot L) / (100k) \quad (20.5)$$

Hierin bedeuten:

- $\Delta V_{\text{erf}}$  erforderliche Volumenänderung in ml
- DN Nennweite ohne Einheit

- L Länge der Prüfstrecke in Meter
- 100 k Proportionalitätsfaktor,  $k = 1 \text{ m/ml}$

Der sich dabei einstellende Druckabfall  $\Delta p$  wird gemessen. Die Leitung gilt als ausreichend entlüftet, wenn bei der Entnahme des Wasservolumens  $\Delta V_{\text{erf}}$  der gemessene Druckabfall  $\Delta p$  größer oder gleich dem Mindestdruckabfall  $\Delta p_{\text{min}}$  aus nachfolgender **Tabelle 20.2** ist.

**Tabelle 20.2:** Mindestdruckabfall in der Druckabfallprüfung nach der Druckverlustmethode im beschleunigten Normalverfahren

DN	$\Delta p_{\text{min}}$ [bar]
80	1,4
100	1,2
150	0,8
200	0,6
300	0,4
400	0,3
500	0,2
600	0,1

- Prüfdruck = Systemprüfdruck (STP)
- $\Delta p \geq p_{\text{min}}$  bei Entnahme von  $\Delta V_{\text{erf}}$

*3. Hauptprüfung*

Der während der Druckabfallprüfung gemessene Druckabfall  $\Delta p$  ist in der Hauptprüfung der zul. Druckabfall  $\Delta p_{\text{zul}}$ . Die Leitung gilt als dicht, wenn der Druckabfall in der Hauptprüfung in gleichen Zeitabständen ständig geringer wird und während der einstündigen Prüfzeit den zul. Druckabfall  $\Delta p_{\text{zul}}$  nicht übersteigt.

- Prüfdruck = Systemprüfdruck (STP)
- Prüfzeit = 1 Stunde
- $\Delta p$  = abnehmend
- $\Delta p \leq p_{\text{zul}}$

Normalverfahren

**a) Prüfung nach der Wasserverlustmethode**

*1. Vorprüfung /Sättigungsphase*

Der Prüfdruck wird während einer Dauer von 24 Std. durch wiederholtes Nachpumpen spätestens nach einem Druckabfall von 1–2 bar gehalten. Maßgebend für die

Sättigung der Zementmörtel-Auskleidung ist die Höhe des Prüfdruckes. Ein zu niedriger Druck kann nicht durch eine verlängerte Sättigungsphase ausgeglichen werden.

- Prüfdruck (STP) = MDP + 5 bar
- Prüfzeit = 24 Stunden

### 2. Druckabfallprüfung

30 Minuten nach Beginn der Vorprüfung erfolgt die Druckabfallprüfung. Der Leitung ist eine Wassermenge  $\Delta V$  zu entnehmen, dass sich ein Druckabfall  $\Delta p$  von mindestens 0,5 bar, bei kleinen Rohrleitungen vorzugsweise von 1 bar, einstellt. Wegen der höheren Messgenauigkeit gegenüber dem Druckverlustverfahren ist ein höherer Luftanteil ( $f = 3$ ) zulässig, der aber zu keiner Verfälschung des Ergebnisses führt. Die zulässige Volumenänderung  $\Delta V_{zul}$  kann nach folgender Gleichung berechnet werden.

$$\Delta V_{zul} = 0,1 \cdot f \cdot \frac{\pi \cdot ID^2}{4} \cdot L \cdot \Delta p \cdot \left[ \frac{1}{E_W} + \frac{ID}{s \cdot E_R} \right] \quad (20.6)$$

Die Prüfstrecke ist ausreichend entlüftet, wenn die entnommene Wassermenge  $\Delta V$  kleiner oder gleich der maximal zulässigen Wasserzugabe  $\Delta V_{zul}$  ist. Im Anschluss an die Druckabfallprüfung wird die Vorprüfung fortgesetzt.

### 3. Hauptprüfung

Nach bestandener Vor- und Druckabfallprüfung wird der Prüfdruck wieder hergestellt und mit der Hauptprüfung begonnen. Die Prüfparameter sind der nachfolgenden **Tabelle 20.3** zu entnehmen.

**Tabelle 20.3:**

Prüfparameter der Hauptprüfung nach der Wasserverlustmethode im Normalverfahren

DN	Prüfdauer	Höchster Systembetriebsdruck	Höchster Systemprüfdruck	Zulässiger Druckabfall
	[h]	MDP [bar]	STP [bar]	$\Delta p_{zul}$ [bar]
Bis 400	3	10	15	0,1
500–700	12	16	21	0,15
> 700	24	> 16	MDP+5	0,2

Über die Dauer der Hauptprüfung ist der Prüfdruck durch ständiges Nachpumpen aufrecht zu erhalten (kontinuierliche Messung) oder alternativ am Ende der Prüfzeit durch Wasserzugabe (einmalige Messung) wieder herzustellen.

Die Messung kleiner Wasserzugaben ist schwierig, daher kann bei der einmaligen Messung der durch die Wasserzugabe ausgeglichene Druckabfall noch einmal durch das Ablassen einer nun einfach zu messenden Wassermenge hergestellt werden. Die Wassermenge entspricht der vorher zugegebenen.

Das max. zulässige nachzupumpende Wasservolumen wird mit der nachfolgenden Gleichung ermittelt.

$$\Delta V_{zul} = 0,1 \cdot \frac{\pi \cdot ID^2}{4} \cdot L \cdot \Delta p_{zul} \cdot \left[ \frac{1}{E_W} + \frac{ID}{s \cdot E_R} \right] \quad (20.7)$$

## b) Prüfung nach der Druckverlustmethode

### 1. Vorprüfung/ Sättigungsphase

Der Prüfdruck wird während einer Dauer von 24 Std. durch wiederholtes Nachpumpen spätestens nach einem Druckabfall von 1–2 bar gehalten. Maßgebend für die Sättigung der Zementmörtel-Auskleidung ist die Höhe des Prüfdruckes. Ein zu niedriger Druck kann nicht durch eine verlängerte Sättigungsphase ausgeglichen werden.

- Prüfdruck (STP) = MDP + 5 bar
- Prüfzeit = 24 Stunden

### 2. Druckabfallprüfung

Spätestens im Anschluss an die Vorprüfung, vorzugsweise eine Stunde nach Beginn der Vorprüfung, erfolgt die Druckabfallprüfung. Der Leitung ist eine Wassermenge  $\Delta V$  zu entnehmen, dass sich ein Druckabfall  $\Delta p$  von mindestens 0,5 bar, bei kleinen Rohrleitungen vorzugsweise von 1 bar, einstellt.

Die max. zul. Volumenänderung  $\Delta V_{zul}$  kann nach folgender Gleichung berechnet werden.

$$\Delta V_{zul} = 0,1 \cdot f \cdot \frac{\pi \cdot ID^2}{4} \cdot L \cdot \Delta p \cdot \left[ \frac{1}{E_W} + \frac{ID}{s \cdot E_R} \right] \quad (20.8)$$

Hierin bedeuten:

- $\Delta V_{zul}$  höchstzulässiges Wasservolumen in ml
- $f=1,5$  Ausgleichsfaktor für unvermeidliche Lufteinschlüsse
- ID Innendurchmesser des Rohres ohne Berücksichtigung der Zementmörtel-Auskleidung in mm
- L Länge der Prüfstrecke in m

- $\Delta p$  gemessene Druckabsenkung (0,5 oder 1 bar)
- s Wanddicke des Rohres in mm
- $E_W$  Kompressionsmodul des Wassers = 2027 N/mm<sup>2</sup>
- $E_R$  Elastizitätsmodul der Rohrwerkstoffes =  $1,7 \cdot 10^5$  N/mm<sup>2</sup> für GGG

Die Prüfstrecke ist ausreichend entlüftet, wenn die entnommene Wassermenge  $\Delta V$  kleiner oder gleich der zul. Wasserzugabe  $\Delta V_{zul}$  ist. Falls der Maximalwert überschritten wird, ist der zu prüfende Leitungsabschnitt nochmals zu entlüften. Im Anschluss an die Druckabfallprüfung wird die Vorprüfung fortgesetzt.

### 3. Hauptprüfung

Nach bestandener Vor- und Druckabfallprüfung wird der Prüfdruck wieder hergestellt und mit der Hauptprüfung begonnen. Die Prüfparameter sind der nachfolgenden **Tabelle 20.4** zu entnehmen.

Die Druckprüfung ist bestanden, wenn der Druckabfall während der Dauer der Hauptprüfung kleiner oder gleich dem zulässigen Druckabfall gemäß **Tabelle 20.4** ist.

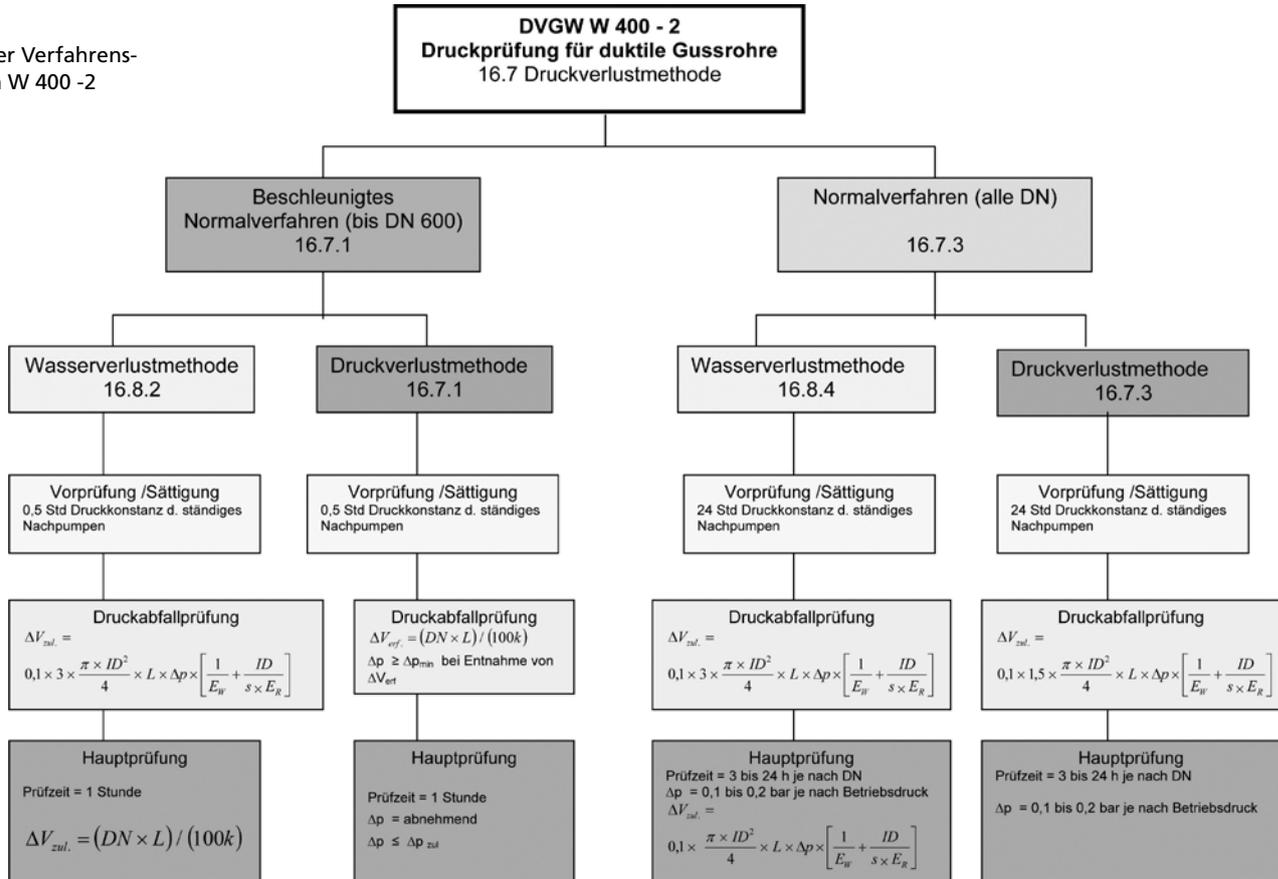
Das Organigramm in **Bild 20.3** gibt eine Übersicht der möglichen Verfahrensvarianten.

**Tabelle 20.4:**

Prüfparameter der Hauptprüfung nach der Druckverlustmethode im Normalverfahren

DN	Prüfdauer	Höchster Systembetriebsdruck	Höchster Systemprüfdruck	Zulässiger Druckabfall
	[h]	MDP [bar]	STP [bar]	$\Delta p_{zul}$ [bar]
Bis 400	3	10	15	0,1
500–700	12	16	21	0,15
> 700	24	> 16	MDP+5	0,2

**Bild 20.3:**  
Übersicht der Verfahrensvarianten in W 400 -2



### 20.3 Dichtheitsprüfung von Freispiegelkanälen und -leitungen für den Abwassertransport

Rohrleitungen und Schächte für Abwasser müssen wasserdicht sein. Die Prüfung auf Dichtheit kann entweder mit Wasser oder mit Luft nach EN 1610 in Verbindung mit dem Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 139 durchgeführt werden.

In Wassergewinnungsgebieten sind abweichend bzw. ergänzend folgende Prüfkriterien entsprechend dem Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 142 zu beachten:

- Die Prüfung darf nur von einem qualifizierten, unabhängigen Fachbetrieb und nicht von der Baufirma selbst durchgeführt werden.
- An der Prüfung sind die zuständige Wasserbehörde und das betroffene Wasserversorgungsunternehmen zu beteiligen.
- Schächte sind durch Wasserauffüllung bis zur Schachtoberkante nach EN 1610 und ATV DVWK-A 139 zu prüfen (**Bild 20.4**).
- Über die Dichtheitsprüfung ist in Anlehnung an das Merkblatt ATV-M

143-6 an Ort und Stelle ein aussagefähiges Prüfprotokoll zu erstellen, das die Prüfung für den Auftraggeber nachvollziehbar macht.

- Voraussetzung für die Durchführung einer Infiltrationsprüfung ist ein Grundwasserstand, der über dem Rohrscheitel liegt und mindestens der maximal möglichen Wasserspiegellage im Kanalnetz entspricht. Reicht der vorhandene Grundwasserstand für diese Prüfung nicht aus, kann der durch das Grundwasser auf das Prüfobjekt wirkende Druck evtl. durch das Anlegen eines Unterdruckes im Prüfraum erhöht werden. Die Höhe des erforderlichen Unterdruckes ergibt sich aus der Differenz der maximal möglichen Wasserspiegellage und dem Grundwasserstand. Nachdem der Unterdruck 45 min angelegt wurde, wird mittels Sichtprüfung auf infiltriertes bzw. infiltrierendes Grundwasser untersucht. Ein sichtbarer Wassereintritt ist unzulässig.
  - Druckleitungen einschließlich des Mantelrohres sind nach EN 805, Unterdruckleitungen nach EN 1091 zu prüfen. Die Prüfzeiten sind gegenüber den Prüfungen an Anlagen außerhalb
- der Schutzzone II um 50 % zu verlängern. Bei Druckleitungen sind Vorprüfungen und Druckabfallprüfungen durchzuführen.
- Freispiegelleitungen mit einer Tiefe über 5 m dürfen nicht mit Luft, sondern nur mit Wasser unter Berücksichtigung der o. a. Prüfzeitverlängerung geprüft werden. Es ist dann mit einem Prüfdruck entsprechend einer Wasserauffüllung bis zur Schachtoberkante bzw. bis zur maximal möglichen Wasserspiegellage zu prüfen. Prüfdrücke über 50 kPa (= 0,5 bar) sind somit zulässig.
  - Dichtheitsprüfungen nur der Rohrverbindungen sind grundsätzlich unzulässig.
  - Dichtheitsprüfungen in Wasserschutz-zonen dürfen sich nur über maximal eine Haltung und maximal 100 m Länge erstrecken. Dies gilt sowohl für Dichtheitsprüfungen mit Luft als auch für Dichtheitsprüfungen mit Wasser. Besteht die Erfordernis, Prüfstrecken über 100 m zu prüfen, sind die Prüfzeiten mit dem Faktor aus der Länge der Prüfstrecke in Meter dividiert durch 100 zu multiplizieren.

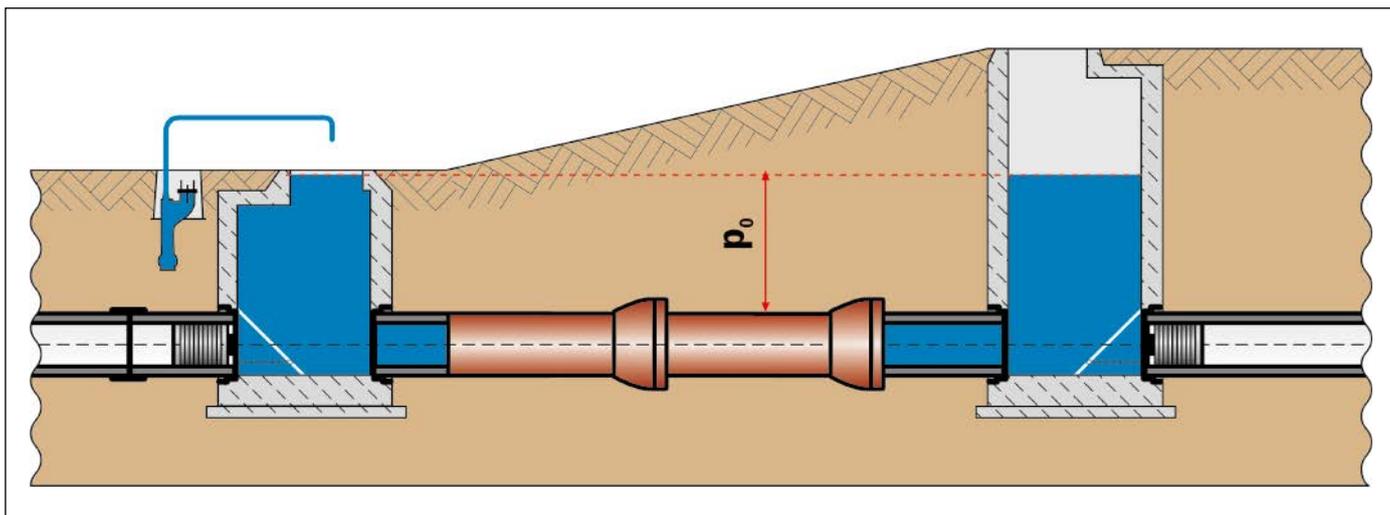
Eine getrennte Prüfung von Rohren, Schächten und Kontrollschächten nach verschiedenen Verfahren, z. B. Rohre mit Luft und Schächte mit Wasser, kann erforderlich sein.

Im Falle wiederholten Nichtbestehens der Prüfung mit Luft ist die Genehmigung zur Prüfung mit Wasser einzuholen.

Das Ergebnis der Prüfung mit Wasser ist dann allein entscheidend.

Falls nicht anders vorgegeben, ist die Prüfung von einzelnen Verbindungen anstelle einer Prüfung der gesamten Rohrleitung außerhalb von Wassergewinnungsgebieten zulässig.

Steht während der Dichtheitsprüfung der Grundwasserstand oberhalb des Rohrscheitels an, kann eine Infiltrationsprüfung mit fallbezogenen Vorgaben nötig sein. Ist eine Vorprüfung vorgesehen, so kann diese vor dem Einbringen der Seitenverfüllung stattfinden. Die Abnahmeprüfung der Rohrleitung ist nach dem Verfüllen durchzuführen.



**Bild 20.4:**  
Dichtheitsprüfung eines Abwasserkanals

### 20.3.1 Dichtheitsprüfung mit Wasser

In die Dichtheitsprüfung mit Wasser sind neben der Rohrleitung der bzw. die angrenzenden Schächte einzubeziehen. Sämtliche Öffnungen der Prüfstrecke einschließlich aller Abzweige und Einmündungen sind wasserdicht und drucksicher zu verschließen.

Die Prüfstrecke ist so mit Wasser zu füllen, dass sie keine Luft enthält. Sie wird deshalb zweckmäßigerweise vom Leitungstiefpunkt aus so langsam gefüllt, dass die in der Prüfstrecke enthaltene Luft an den Entlüftungsstellen entweichen kann.

#### Prüfdruck

Der Prüfdruck ergibt sich aus der Füllung des Prüfabschnittes bis zum Geländeniveau des, je nach Vorgabe, stromaufwärts oder stromabwärts gelegenen Schachtes. Er darf 10 kPa nicht unter- bzw. 50 kPa nicht überschreiten.

Eine Ausnahme ist die Prüfung in der Wasserschutzzone II, in der eine Überschreitung des Prüfdruckes von 50 kPa zulässig ist.

- $10 \text{ kPa} \leq \text{Prüfdruck} \leq 50 \text{ kPa}$
- $10 \text{ kPa} \leq \text{Prüfdruck} > 50 \text{ kPa}$   
(für Wasserschutzzone II)

#### Zementmörtelsättigungsphase

Nachdem der Prüfabschnitt gefüllt und der erforderliche Prüfdruck erreicht ist, kann eine Vorbereitungszeit für die Rohrleitung (Zementmörtelsättigungsphase) erforderlich sein. Üblicherweise reicht eine Stunde aus.

#### Prüfzeit

Die Prüfdauer beträgt 30 Minuten. In der Wasserschutzzone II ist die Prüfzeit um 50 % länger.

- Prüfzeit = 30 min.  
für normale Kanäle
- Prüfzeit = 45 min.  
in Wasserschutzzone II

#### Wasserzugabemenge

Der Prüfdruck ist während der Prüfzeit mit einer Genauigkeit von 1 kPa, gegebenenfalls durch Nachpumpen von Wasser, aufrecht zu halten. Die maximal zulässige Wasserzugabemenge während der Prüfzeit beträgt.

- $V_{\max} = 0,15 \text{ l/m}^2$   
für Rohrleitungen
- $V_{\max} = 0,2 \text{ l/m}^2$   
für Rohrleitungen  
einschließlich Schächten bzw.
- $V_{\max} = 0,4 \text{ l/m}^2$   
für Schächte und Inspektionskammern bei Einzelprüfung

Das Prüfergebnis ist zu dokumentieren.

### 20.3.2 Dichtheitsprüfung mit Luft

Dichtheitsprüfungen mit Luft können wahlweise mit Luftüberdruck oder Luftunterdruck durchgeführt werden. Dabei müssen geeignete, luftdichte Verschlüsse verwendet werden, um durch die Prüfapparatur bedingte Fehler auszuschließen.

Bei der Verwendung von Rohrdichtkissen sollte das Prüfvolumen  $\geq 1 \text{ m}^3$  sein.

#### Unterdruckprüfung

Die Unterdruckprüfung ist ein Prüfverfahren, das im Hinblick auf die Wiederholungsprüfung in Wassergewinnungsgebieten entwickelt wurde.

Im Gegensatz zur Wasserdichtheitsprüfung, bei der, bedingt durch die Füllzeit, ein hoher Zeitbedarf erforderlich ist, kann eine Haltung, die mit Unterdruck geprüft wird, nach ca. drei Stunden wieder in Betrieb genommen werden.

Verglichen mit der Luftüberdruckprüfung besteht bei der Unterdruckprüfung keine Explosionsgefahr, was insbesondere bei der Prüfung von großvolumigen Prüf Strecken, wie sie in Wasserschutzzonen üblich sind, von Bedeutung ist.

Nach einer Beruhigungszeit von ca. fünf Minuten wird mit einem Differenzdruckmessgerät die Druckdifferenz zwischen dem atmosphärischen Druck und dem Unterdruck im Kanal ermittelt. Gleichzeitig werden mit einem Feinmessbarometer Druckveränderungen der Atmosphäre, die am Ende der Prüfzeit ins Prüfergebnis eingehen, bestimmt.

Die Prüfbedingungen für die Luftunterdruckprüfung außerhalb von Wasserschutzzonen enthält die **Tabelle 20.5**, innerhalb von Wasserschutzzonen **Tabelle 20.6**.

**Tabelle 20.5:**

Prüfbedingungen für die Luftunterdruckprüfung

**außerhalb von Wasserschutzzonen** entsprechend dem Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 139

$p_0$	$\Delta p$	Prüfzeit t in min																
		in kPa (in mbar)	DN 100	DN 150	DN 200	DN 250	DN 300	DN 400	DN 500	DN 600	DN 700	DN 800	DN 900	DN 1000	DN 1200	DN 1400	DN 1600	DN 1800
-20 (-200)	1,1 (11)	1	1	1	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6	7	8	9	10
-10 (-100)	1,1 (11)	2,5	2,5	2,5	2,5	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20

**Tabelle 20.6:**

Prüfbedingungen für die Luftunterdruckprüfung

**in Wasserschutzzonen** entsprechend dem Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 142

$p_0$	$\Delta p$	Prüfzeit t in min																
		in kPa (in mbar)	DN 100	DN 150	DN 200	DN 250	DN 300	DN 400	DN 500	DN 600	DN 700	DN 800	DN 900	DN 1000	DN 1200	DN 1400	DN 1600	DN 1800
-20 (-200)	1,1 (11)	2,5	3,5	5	6	7	10	12	14	17	19	22	24	29	34	38	43	48
-10 (-100)	1,1 (11)	3,5	5	7	9	10	14	17	21	24	28	31	35	41	48	55	62	69

## Überdruckprüfung

Im Gegensatz zur Unterdruckprüfung wird bei der Luftüberdruckprüfung die zu prüfende Kanalstrecke mit Überdruck beaufschlagt. Während einer Beruhigungszeit von ca. fünf Minuten ist in der Rohrleitung ein leicht überhöhter Prüfdruck, gegebenenfalls durch Nachpumpen, aufrechtzuerhalten.

Mit einem Differenzdruckmessgerät wird die Druckdifferenz zwischen der Atmosphäre und dem Prüfdruck im Kanal ermittelt.

Atmosphärische Druckänderungen während der Prüfzeit sind gesondert zu messen und ins Prüfergebn einzubeziehen.

Die Prüfbedingungen für die Luftüberdruckprüfung außerhalb von Wasserschutzzonen enthält die **Tabelle 20.7**, innerhalb von Wasserschutzzonen **Tabelle 20.8**.

### 20.3.3 Prüfung einzelner Verbindungen

Falls nicht anders vorgegeben, kann die Prüfung einzelner Verbindungen anstelle der gesamten Rohrleitung, üblicherweise für DN > 1000, statthaft sein. In Wasserschutzzonen ist die Prüfung einzelner Verbindungen nicht zulässig.

Die Prüfanforderungen entsprechend EN 1610 bzw. ATV-DVWK-A 139 für die Prüfung der Verbindungen mit dem Prüfmedium Wasser sind:

- als Oberfläche für die Rohrverbindung ist die eines 1 m langen Rohrabchnittes zu wählen,
- Prüfdruck = 50 kPa,
- Prüfzeit = 30 Minuten,
- max. zul. Wasserzugabe während der Prüfzeit = 0,15 l/m<sup>2</sup> benetzte Oberfläche.

Nach Absprache zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer kann die Prüfzeit auf zehn Minuten reduziert werden. Die zulässige Wasserzugabe beträgt in diesem Fall 0,05 l/m<sup>2</sup>.

Wird die Prüfung der Verbindungen mit dem Prüfmedium Luft durchgeführt, gelten folgende Prüfanforderungen.

- Prüfdruck = 10 kPa
- zul. Differenzdruck = 1,5 kPa
- Beruhigungszeit ≥ 15 s

Die Prüfzeit  $t$  errechnet sich zu

$$t = 1800 \cdot \sqrt{d_i + 0,5} \cdot \frac{V_{\text{Prüfvolumen}}}{A_{\text{Rohrwandung}}} [\text{s}] \quad (20.9)$$

Zur Ermittlung der erforderlichen Prüfzeit muss das Prüfvolumen des eingesetzten Muffenprüfgerätes einschließlich des Volumens der zuführenden Schläuche, falls diese eine Verbindung zum Prüfraum aufweisen, sowie das Volumen der Rohrverbindung ermittelt werden. Weiterhin muss die Oberfläche  $A$  der Rohrwand zwischen den Absperrerelementen bekannt sein.

**Tabelle 20.7:**

Prüfbedingungen für die Luftüberdruckprüfung

**außerhalb von Wasserschutzzonen** entsprechend dem Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 139

Prüfverfahren	$p_0$	$\Delta p$	Prüfzeit t in min								
	in kPa (in mbar)		DN 100	DN 150	DN 200	DN 250	DN 300	DN 400	DN 500	DN 600	DN 700
LA	10 (10)	0,25 (2,5)	5	5	5	6	7	10	12	14	17
LB	5 (50)	1 (10)	4	4	4	4,5	6	7	9	11	13
LC	10 (100)	1,5 (15)	3	3	3	3,5	4,0	5	7	8	9
LD	20 (200)	1,5 (15)	1,5	1,5	1,5	2,0	2,5	3,5	4,0	4,5	
			DN 800	DN 900	DN 1000	DN 1200	DN 1400	DN 1600	DN 1800	DN 2000	
LA	10 (10)	0,25 (2,5)	19	22	24	29	34	38	43	48	
LB	5 (50)	1 (10)	15	17	19	22	26	30	33	37	
LC	10 (100)	1,5 (15)	11	12	14	16	19	22	24	27	
LD	20 (200)	1,5 (15)	5	6	7	8	9	10	12	13	

**Tabelle 20.8:**

Prüfbedingungen für die Luftüberdruckprüfung

in **Wasserschutzzonen** entsprechend dem Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 142

p <sub>0</sub>	Δp	Prüfzeit t in min																
		DN 100	DN 150	DN 200	DN 250	DN 300	DN 400	DN 500	DN 600	DN 700	DN 800	DN 900	DN 1000	DN 1200	DN 1400	DN 1600	DN 1800	DN 2000
20 (200)	1,5 (15)	2,5	3,5	5	6	7	10	12	14	17	19	22	24	29	34	38	43	48
10 (100)	1,5 (15)	3,5	5	7	9	10	14	17	21	24	28	31	35	41	48	55	62	69

## 20.4 Prüfung von Abwasserdruckleitungen

Die Prüfung von Abwasserdruckleitungen erfolgt nach EN 805. Soweit keine Nenn-druckstufe für die Prüfung in der Projekt-planung genannt ist, gilt als Prüfdruck der 1,5-fache Betriebsdruck der Leitung.



# 21

## Inbetriebnahme von Gussrohrleitungen für Trinkwasser

- 21.1 Vorbemerkung
- 21.2 Vorbeugende Maßnahmen
- 21.3 Reinigungsmaßnahmen
- 21.4 Spülen mit Wasser
- 21.5 Spülen mit Wasser und Luft
- 21.6 Impulsspülverfahren
- 21.7 Sonstige Reinigungsverfahren
- 21.8 Desinfektionsverfahren
- 21.9 Desinfektionsmittel
- 21.10 Handhabung und Entsorgung
- 21.11 Kontrolle der Maßnahmen und Freigabe der Rohrleitung
- 21.12 Maßnahmen bei bestehenden Gussrohrleitungen
- 21.13 Zusammenfassung
- 21.14 Schlussbemerkungen, zusätzliche Informationen und Ausblick
- 21.15 Literatur

## 21 Inbetriebnahme von Gussrohrleitungen für Trinkwasser

**Die Trinkwasserverordnung legt Anforderungen an unser wichtigstes Lebensmittel, das Trinkwasser, fest. Die Wasserversorgungsunternehmen sind zur Lieferung hygienisch einwandfreien Wassers verpflichtet, wobei ihnen für die Anlagen zur Gewinnung und Speicherung sowie für die Verteilungsnetze ein umfangreiches Regelwerk mit Anforderungen, Prüfungen und Maßnahmen zur Verfügung steht.**

### 21.1 Vorbemerkung

Gussrohrleitungen bestehen neben Formstücken und Armaturen vorwiegend aus Rohren mit Zementmörtel-Auskleidung. Das DVGW-Arbeitsblatt W 346 [21.1] beschreibt die Handhabung von Rohren und Formstücken mit dieser bewährten Auskleidung und gibt in seinen beiden Anhängen Hinweise zu Inbetriebnahme und Einfahren der Rohrleitungen, Anhang 1: Veränderung des pH-Wertes, Anhang 2: Spülung und Desinfektion.

Früher war Desinfektion der allgemein übliche Begriff für Maßnahmen, um Anlagen in einen hygienisch einwandfreien Zustand zu bringen. So hieß der Titel

des im Jahr 1986 erschienenen DVGW-Arbeitsblattes W 291 „Desinfektion von Wasserversorgungsanlagen“. Die Erfahrung lehrte aber, dass eine Desinfektion allein selten zum Ziel führt. Vorbeugende Maßnahmen und Reinigung spielen eine bedeutende Rolle. Die überarbeitete Ausgabe des DVGW-Arbeitsblattes W 291 [21.2] trägt den Titel „Reinigung und Desinfektion von Wasserverteilungsanlagen“, um auf die Wichtigkeit der vorausgehenden sorgfältigen Reinigung hinzuweisen. Im Arbeitsblatt erhält die Reinigung Priorität, während die Desinfektion als zusätzliche Sicherheitsmaßnahme anzusehen ist. In der Schweiz wird dieser Sachverhalt in den „Empfehlungen für die Reinigung und Desinfektion von

Trinkwasserleitungen“, SVGW-Richtlinie W1000 [21.3], behandelt; in Österreich in der ÖVGW-Richtlinie W 55 „Behälter- und Rohrnetzhygiene“ [21.4].

Wichtig ist, dass sich in der Rohrleitung keine Stoffe befinden, welche Mikroorganismen als Nährsubstrat dienen können. Grundsätzlich können diese Substrate aus ungeeigneten Rohrwerkstoffen und Hilfsmitteln stammen oder durch Verunreinigungen eingetragen werden.

Die erste Möglichkeit des Eintrags lässt sich vermeiden, wenn bereits in der Planungsphase z. B. Bauteile mit DVGW-Zertifikat vorgesehen werden. Diese Anforderung enthält z. B. DIN 2000 [21.5] (Abschnitt 6.6: Werkstoffe, Abschnitt 6.6.1: Mikrobiologische und hygienische Anforderung, Abschnitt 6.6.3: Prüfung und Zertifizierung). Grundsätzlich dürfen nur Werkstoffe mit gültigen Hygienezeugnissen zum Einsatz kommen. Bauteile mit z. B. DVGW-Zertifikat stellen sicher, dass die entsprechenden Zeugnisse vorliegen. Auch die deutsche Trinkwasserverordnung in

der Neufassung vom 2. August 2013 [21.6] legt in Abschnitt 17 Anforderungen an Anlagen für die Gewinnung, Aufbereitung und Verteilung von Trinkwasser fest. Sie sind mindestens nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik zu planen, zu bauen und zu betreiben. Der Unternehmer und der sonstige Inhaber (UsI) von solchen Anlagen haben sicherzustellen, dass bei der Neuerrichtung oder Instandhaltung nur entsprechend geeignete Werkstoffe und Materialien verwendet werden. Das deutsche Umweltbundesamt (UBA) legt zur Konkretisierung der Anforderungen Bewertungsgrundlagen fest [21.7]. Für den Trinkwasserbereich akkreditierte Zertifizierer bestätigen durch Zertifikate, dass diese Anforderungen erfüllt werden. In ähnlicher Weise gelten in der Schweiz laut SVGW-Richtlinie W4-1 [21.8] (Planung, Projektierung, Bau, Prüfung sowie Betrieb und Instandhaltung der Trinkwasserverteilung außerhalb von Gebäuden) Produkte mit SVGW-Zertifizierung zum Bau von Trinkwasserversorgungsanlagen als geeignet. In Öster-

reich ist dieser Sachverhalt in der OENORM B 5014-1 [21.9] und OENORM B 5014-2 [21.10] geregelt.

Die zweite Möglichkeit des Eintrags von Verunreinigungen besteht bei der Herstellung, der Handhabung einschließlich Lagerung und Transport sowie beim Einbau der Rohrleitungsbauteile. Durch geeignete Verpackungen, beispielsweise Schutzkappen für Rohre, Formstücke und Armaturen, lassen sich Verunreinigungen der wasserberührten Flächen vermeiden. Hinweise enthalten die EN 805 [21.11] und ergänzend das DVGW-Arbeitsblatt W 400-2 [21.12] (Abschnitt 5: Eingangskontrolle, Transport und Lagerung der Rohrleitungsteile, Abschnitt 7.2: Säubern der Rohrleitungsteile) für alle Rohrleitungsteile während Transport und Lagerung, das DVGW-Arbeitsblatt W 346 [21.1] für Gussrohre und -formstücke sowie EN 1074-1 [21.13] (Abschnitt 8: Verpackung) für Armaturen. Für Formstücke und Armaturen ist weiterhin die EADIPS®/FGR®-Norm 74 [21.14] zu beachten.

Beim Bau der neuen Rohrleitung ist weiterhin darauf zu achten, dass z. B. nur nach der DVGW-Prüfgrundlage VP 641 [21.15] zertifizierte Montagehilfsmittel verwendet werden. Diese dienen lediglich der sachgerechten Montage und müssen ausspülbar sein. Zur Prüfung der Aus-/Abspülbarkeit von Montagehilfsmitteln aus Armaturen dient in Deutschland die DVGW-Prüfgrundlage W 363 [21.16], normativer Anhang A „Prüfung zur Aus-/Abspülbarkeit von Montagehilfsmitteln“ und [21.17]. Gewinbeschneidstoffe müssen in Deutschland die Anforderungen des DVGW-Arbeitsblattes W 521 [21.18] erfüllen.

Sachgerechtes Reinigen mobilisiert und entfernt die unvermeidbaren Stoffe, welche die Beschaffenheit des Trinkwassers beeinträchtigen könnten. Die Desinfektion schließlich hat das Ziel, Mikroorganismen, die trotz sorgfältigen Reinigens noch in der Anlage verblieben sind, abzutöten oder zu schädigen.

Für die erfolgreiche Inbetriebnahme einer Trinkwasserleitung stehen im DVGW-Arbeitsblatt W 291 [21.2] und ähnlich in den SVGW-Richtlinie W 1000 [21.3], in der SVGW-Richtlinie W 4-3 [21.19] sowie in der ÖVGW-Richtlinie W 55 [21.4] drei Begriffe:

- vorbeugende Maßnahmen,
- Reinigung,
- Desinfektion.

Diese Begriffe dienen als Leitfaden und werden im Folgenden erläutert.

## 21.2 Vorbeugende Maßnahmen

Voraussetzung für eine problemlose Inbetriebnahme neu gebauter Trinkwasserleitungen ist das Beachten der hygienischen Anforderungen bereits bei der Planung und beim Bau. Die vorbeugenden Maßnahmen beginnen folglich bei der sachgerechten Auswahl der Rohrleitungsteile sowie deren Lagerung, Transport und Einbau. Rohre und Formstücke aus duktilem Gusseisen zum Bau von Trinkwasserleitungen erhalten

grundsätzlich am Ende der Fertigungslinien Rohrverschlüsse. Ähnliches gilt für Armaturen, wobei hier Folien häufig die Verpackungseinheiten schützen. Die Verschlüsse sorgen während der Lagerung und des Transports dafür, dass weder Fremdstoffe noch Kleintiere in das Innere der Bauteile eindringen können. Selbstverständlich müssen diese Verschlüsse bis zur Montage der Verbindungen auf den Bauteilen verbleiben.

Verunreinigungen durch Personal, Arbeitsgeräte wie z. B. schmutzige Lappen zum Auswischen der Muffen, Rohrbürsten sowie Schadstoffeintrag durch die Luft (ölbaltiger Abgasnebel von 2-Takt-Rohrschneidern!) sind auszuschließen. Bei Arbeitspausen und über Nacht sind die Leitungsenden wasserdicht zu verschließen. Es besteht häufig Gefahr, dass Starkregen oder Grundwasser den Rohrgraben überfluten. In die Rohrleitung eingespülter Boden ist die Hauptursache hartnäckiger Wiederverkeimungen. Die Enden von Rohrleitungen müssen so dicht verschlossen sein, dass weder Grundwasser, Schmutzwasser noch Tiere eindringen können.

## 21.3 Reinigungsmaßnahmen

Die Reinigung von Rohrleitungen hat das Ziel, Verunreinigungen, Ablagerungen und andere unerwünschte Substanzen auszutragen. Diese Stoffe können dauerhaft zur Vermehrung von Mikroorganismen auf wasserberührten Oberflächen und damit zur Koloniezahlerhöhung im Wasser oder zur Kontamination des Wassers führen. Im ersten Schritt sind diese Stoffe zu mobilisieren und im Weiteren vollständig aus dem System auszutragen. Sie dürfen sich auf keinen Fall an anderer Stelle wieder ablagern und dadurch erneut zu Beeinträchtigungen des Wassers führen. Bei der Reinigung ist grundsätzlich zwischen neu gebauten und bestehenden Rohrleitungen zu unterscheiden.

Neu gebaute Rohrleitungen enthalten Montagehilfsstoffe und unbeabsichtigte Verunreinigungen. Diese sind auf jeden Fall zu mobilisieren und auszutragen. Im Falle von „Unfällen“ wie z. B. bei unvorhergesehenen und ungeplanten Ereignissen wie Eindringen von Schlamm bei Unwetter während der Bauphase ist

**Tabelle 21.1:**  
Spülverfahren für Rohrleitungen

Spülverfahren	Beschreibung
Spülen mit Wasser	Einfaches konventionelles Verfahren
Spülen mit Wasser und Luft	Spülen mit Luft/Wasser-Gemisch
	Impulsspülverfahren
Spülen mit Wasser und Molchen	Spülen mit Wasser und Schwammgummibällen
	Spülen mit Wasser und Kunststoffmolchen
Spezielle Reinigungsverfahren	Hochdruckreinigung
	Reinigung mit Kratzern

eine intensive Spülung angezeigt. Ziel ist es, Mikroorganismen und vor allem Nährsubstrate für Mikroorganismen aus der Rohrleitung zu entfernen. Je gründlicher die Reinigung, desto wirksamer und erfolgversprechender ist die nachfolgende Desinfektionsmaßnahme.

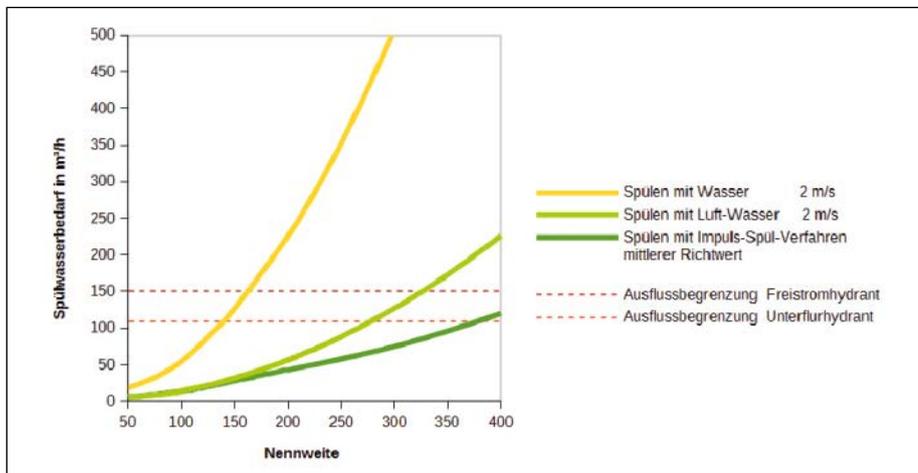
Die Reinigung von Wasserverteilungsanlagen (Rohrleitungen und Behälter) ist im DVGW-Arbeitsblatt W 291 [21.2] beschrieben. In Österreich gilt die ÖVGW-Richtlinie W 55

[21.4]. Das Themenblatt Nr. 7, Rohrnetzspülung, der Schweizer SVGW-Richtlinie W4-5 [21.20], beschreibt ebenfalls die hierfür erforderlichen Maßnahmen. Welches Reinigungsverfahren anwendbar ist, richtet sich nach der Nennweite und der Verschmutzung der Rohrleitung. Dabei ist die mechanische Reinigung grundsätzlich der Reinigung mit Chemikalien vorzuziehen. Bei Rohrleitungen kommen praktisch nur mechanische Verfahren zum Einsatz. Sie unterscheiden sich bei begeh-

baren Leitungen mit Nennweiten über DN 600 von denen nicht begehbarer Leitungen. Die zu reinigenden Rohrleitungsabschnitte sind auf jeden Fall vor der Reinigung vom übrigen Netz abzutrennen, um Eindringen von Spülwasser in das Trinkwasser zu verhindern. In Rohrleitungen finden vorwiegend die in **Tabelle 21.1** beschriebenen Spülverfahren Verwendung.

## 21.4 Spülen mit Wasser

Das einfachste Reinigungsverfahren ist das Spülen mit Trinkwasser. Für den Erfolg des Spülens ist wesentlich, dass das Wasser in der Rohrleitung eine ausreichende Fließgeschwindigkeit zwischen 2 m/s bis 3 m/s erreicht, was in Rohrleitungen bis DN 150 normalerweise möglich ist. Bei größeren Nennweiten erhöht sich nicht nur der Wasserbedarf sondern auch der Anfall an Spülwasser. **Bild 21.1** informiert über den Wasserbedarf zum Spülen von Rohrleitungen in Abhängigkeit von der Nennweite.

**Bild 21.1:**

Wasserbedarf für das Spülen von Rohrleitungen bei Ausflussbegrenzung durch Unterflurhydranten (Quelle: Hammann GmbH)

Als Wassermenge ist je nach Rohrleitungsquerschnitt mindestens der drei- bis fünffache Rohrleitungsinhalt vorzusehen. Gefälleleitungen sollten grundsätzlich von oben nach unten gespült werden. Auswirkungen auf das benachbarte Leitungsnetz sind zu berücksichtigen. So darf während des Spülens die Versorgung in benach-

barten Rohrleitungen durch Druckabfall nicht beeinträchtigt werden. Dort darf sich das Trinkwasser nicht trüben, wenn sich infolge erhöhter Fließgeschwindigkeit in vorgeschalteten Rohrleitungen Ablagerungen mobilisieren. Beim Ableiten des Spülwassers sind die örtlichen und gesetzlichen Vorschriften zu beachten. Beim Spü-

len über Hydranten ist die Leistungsfähigkeit dieser Armaturen zu berücksichtigen. Sie beträgt im Falle von konventionellen Hydranten etwa 110 m³/h und bei Freistromhydranten etwa 150 m³/h. Ihre Leistungsfähigkeit reicht bei Nennweiten über DN 150 nicht mehr aus. Deshalb bieten sich hierzu vor allem bei DN > 150 moderne Verfahren an. **Bild 21.1** informiert über die benötigte Wassermenge für das Spülen mit Wasser, mit Luft-Wasser und mit dem Impulsspülverfahren sowie die Ausflussbegrenzung durch Spülhydranten.

## 21.5 Spülen mit Wasser und Luft

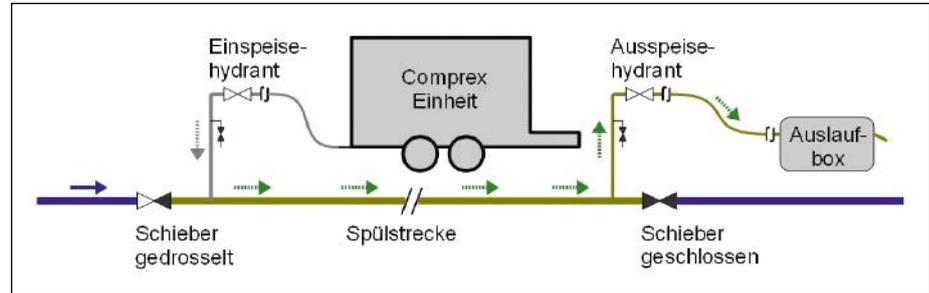
Im Gegensatz zum Spülen mit Wasser stellen die Arbeiten nach diesem Verfahren hohe verfahrens- und sicherheitstechnische Anforderungen und lassen sich nur von erfahrenen Fachkräften ausführen. Zum Einsatz darf nur gereinigte Luft kommen. Sie muss ölfrei sowie partikel- und keimarm sein. Das Verhältnis Spülwasser/Spülluft liegt zwischen 1 : 1 bis 1 : 3.

Die Zugabe von Luft verbessert die Reinigungsleistung. Dieser Effekt kann aber, wenn sich Luftblasen am Rohrscheitel sammeln, nur auf die Rohrsohle beschränkt sein. Unkontrollierte Druckstöße können Rohrbrüche verursachen.

## 21.6 Impulsspülverfahren

Eine Variante des Spülens mit Wasser und Luft ist das Impulsspülverfahren. Innerhalb eines definierten Spülabschnittes wird aufbereitete komprimierte Luft impulsartig zugegeben, ohne den Netzruhedruck zu überschreiten (**Bild 21.2**). Dabei bilden sich im Spülabschnitt Luft- und Wasserblöcke mit hoher Geschwindigkeit. Die raumdeckende turbulente Strömung bewirkt örtlich hohe Kräfte zum Mobilisieren von Ablagerungen.

Gegenüber dem Spülen mit Wasser reduziert sich der Wasserbedarf drastisch (**Tabelle 21.2**). Dadurch lassen sich die Beeinträchtigungen



**Bild 21.2:**

Reinigen eines definierten Rohrleitungsabschnittes mittels Impulsspülverfahren (Quelle: Hammann GmbH)

in benachbarten Netzen und vorgeschalteten Rohrleitungen weitgehend vermeiden.

Forschungsprojekte ermöglichten, die Wirksamkeit der Reinigung bei verringertem Wasserbedarf zu steigern. Die in teilgefüllten Rohrleitungen erzeugten Wasserblöcke erreichen Fließgeschwindigkeiten von über 15 m/s. Geringer Wasserbedarf bedeutet auch geringen Spülwasseranfall, was vor allem bei Rohrleitungen größerer Nennweiten von Bedeutung ist.

Die Vorteile des Impulsspülverfahrens im Vergleich zu konventionellen Verfahren lassen sich zusammenfassen:

- intensivere Reinigung,
- bis zu 90 % geringerer Wasserbedarf,
- keine Eintrübung und Druckabfälle im vorgeschalteten Netz,
- aufrechterhalten der Wasserversorgung außerhalb des Spülabschnittes,
- verbessern der Funktion von Armaturen.

**Tabelle 21.2:**  
Wasserbedarf beim Spülen mit Wasser und mittels Impulsspülverfahren

Nennweite	Wasserbedarf in m <sup>3</sup> /h			
	Spülen mit Wasser bei Fließgeschwindigkeit		Impulsspülverfahren bei Richtwert	
	2 m/s	3 m/s	Niedrig	Hoch
80	36	54	5	15
100	57	85	8	25
125	88	133	10	30
150	127	191	20	38
175	173	260	23	50
200	226	339	35	70
225	286	429	40	80
250	353	530	42	85
300	509	763	50	100
350	693	1.039	70	110
400	905	1.357	90	150
450	1.145	1.718	110	190
500	1.414	2.121	140	230
550	1.711	2.566	180	280
600	2.036	3.054	220	330

Das Impulsspülverfahren diente zunächst der Reinigung von Netzen der Trinkwasserverteilung. Neue Verfahrenstechniken der letzten Jahre ermöglichen, nun auch große Transportleitungen mit Nennweiten bis DN 1200 zu reinigen. In diesen Rohrleitungen ist wegen des Wasserbedarfs die Reinigung häufig nur mit dem Impulsspülverfahren möglich [21.21].

Das Verringern des Wasserbedarfs gewann in den letzten Jahren an Bedeutung. Im Gegensatz zu Trinkwasserleitungen ließen sich Brunnengalerien und Rohwasserleitungen in verbrauchsschwachen Zeiten ohne Betriebsunterbrechung reinigen und die Spülwässer im Wasserwerk aufbereiten [21.22].

Hartnäckige Verunreinigungen können sich nicht nur in alten Rohrleitungen bilden; sie können auch nach „Unfällen“ beispielsweise bei unvorhergesehenen und ungeplanten Ereignissen während der Bauphase in neuen Rohrleitungsabschnitten entstehen. Hier lässt sich die Reinigungsleistung durch Zugabe von Feststoffen z. B. Eisstücken erhöhen.

## 21.7 Sonstige Reinigungsverfahren

Bei besonders hartnäckigen Verunreinigungen lassen sich das Spülen mit Molchen oder spezielle Reinigungsverfahren anwenden. Beim Molchen kommen Schwammgummibälle oder Kunststoffmolche zur Anwendung. In beiden Fällen sind Einrichtungen zum Ein- und Ausschleusen der Molche zu schaffen. Für Schwammgummibälle eignen sich Hydranten, vorzugsweise Freistromhydranten. Bei häufig zu reinigenden Rohrleitungen, wie z. B. für Roh- oder Betriebswasser, sind Schleusenformstücke empfehlenswert.

Schwammgummibälle dienen normalerweise zur Reinigung von Rohrleitungen bis DN 150. Während sich beim Spülen mit Schwammgummibällen locker anhaftende Ablagerungen und Sedimente mobilisieren und austragen lassen, können mit speziellen Molchen auch fest anhaftende Ablagerungen entfernt werden. Bei der Handhabung und Lagerung von Molchen für Trinkwasserleitungen ist auf Sauberkeit zu achten. Während des Reinigens sind

Vorkehrungen zu treffen, dass die Molche nicht im Reinigungsabschnitt stecken bleiben. So kann z. B. bei zu kleinen Durchmessern der Molche Wasser zum Abtransport der mobilisierten Ablagerungen in den zu reinigenden Rohrleitungsabschnitt gelangen.

In speziellen Fällen kommen die Hochdruckreinigung und die Reinigung mit Kratzern zum Einsatz. Die Hochdruckreinigung ist unabhängig von der Oberflächenbeschaffenheit anwendbar. Allerdings sind die Reinigungsdüse, der Druck und der Abstand zur Wand auf die Art der Oberfläche abzustimmen, um Beschädigungen zu vermeiden. Warmes Wasser kann die Reinigung verbessern. Weiterhin lässt sich Desinfektionsmittel gezielt und sparsam einsetzen. Besonders hierbei sind Maßnahmen zu ergreifen, die Spülwasser sachgerecht zu entsorgen oder aufzubereiten.

Bei nicht begehbaren Rohrleitungen kommen Spüllanzens mit rückwärts gerichtetem Strahl und freiem Ausfluss des Spülwassers zum Einsatz. In begehbaren Rohrleitungen lassen sich kurze Abschnitte manuell reinigen. Dabei ist es

möglich, besonders stark verschmutzte Stellen gezielt zu reinigen. Auf jeden Fall sind die Sicherheitsvorschriften zu beachten.

Die Reinigung mit Kratzern kommt vorwiegend vor der Sanierung alter Gussrohrleitungen mit Zementmörtel zum Einsatz.

## 21.8 Desinfektionsverfahren

Das einfachste und heute noch weitgehend übliche Desinfektionsverfahren bei Rohrleitungen ist das Standverfahren. Die Desinfektionsmittellösung verbleibt mindestens 12 Stunden im vollständig gefüllten Rohrleitungsabschnitt.

Beim Standverfahren gelangt die Desinfektionslösung in die Rohrleitung, indem beim Füllen die Dosierlösung mittels Dosierpumpen oder Injektoren in konstantem Verhältnis über einen Stutzen, ein Entlüftungsventil oder einen Hydranten dem Wasser zugegeben wird. Während der Standzeit sind im

behandelten Rohrleitungsabschnitt vorhandene Armaturen wie Schieber oder Hydranten zu betätigen, um auch die schlecht durchflossenen Räume zu desinfizieren. Nach der Standzeit soll im Wasser noch eine Restkonzentration des Desinfektionsmittels nachweisbar sein.

Das Standverfahren ist ein statisches Desinfektionsverfahren. Die Desinfektionslösung steht in der Rohrleitung. Nur ein Teil wirkt an der Rohrleitungsoberfläche. Dadurch nimmt die Konzentration des Wirkstoffs dort ab, während sie im Innern der Rohrleitung ungenutzt bleibt und anschließend zu entsorgen ist. Diesen Nachteil gleichen die dynamischen Desinfektionsverfahren aus. Hier wird die Desinfektionslösung durch die Rohrleitung bewegt. Somit entstehen keine Konzentrationsunterschiede des Wirkstoffs. Bei den dynamischen Desinfektionsverfahren sind allerdings besondere Voraussetzungen notwendig, worüber **Tabelle 21.3** informiert. Beim Pfropfenverfahren ist es empfehlenswert, die Desinfektionslösung zwischen zwei Molchen langsam durch die Rohrleitung zu bewegen.

**Tabelle 21.3:**  
Dynamische Desinfektionsverfahren

Verfahren	Anwendung	Ausnutzung des Wirkstoffs
Durchlaufverfahren	Kleine Nennweiten, kurze Rohrabschnitte, Spülen mit Desinfektionslösung	schlecht
Kreislaufverfahren	Doppelleitung oder Ringleitung, Umpumpen der Desinfektionslösung	gut
Pfropfenverfahren	Große Nennweiten, lange Rohrabschnitte, Pfropfen mit Desinfektionslösung	gut

Ein Eindringen der Desinfektionslösung in das in Betrieb befindliche Rohrnetz ist durch Leitungstrennung oder durch dichte Absperrorgane zu verhindern. Die Absperrorgane sind auf Dichtheit zu prüfen und zu kennzeichnen, um eine irrtümliche Betätigung zu vermeiden. Der Betriebsüberdruck in dem zu desinfizierenden Leitungsabschnitt muss deutlich niedriger als in dem benachbarten Trinkwasserrohrnetz sein.

## 21.9 Desinfektionsmittel

Bei den Desinfektionsmitteln ist zu unterscheiden:

- Handelsform,
- Anwendungsform oder Dosierlösung (Stammlösung),
- Desinfektionslösung.

Chlor und Wasserstoffperoxid sind als gebrauchsfertige Dosierlösungen erhältlich. Handelsübliche Chlorbleichlauge hat einen Chlorgehalt von 130 g/L bis 150 g/L. Lösungen von Wasserstoffperoxid haben häufig Gehalte von 30 % oder 50 %. Chlorbleichlauge und Wasserstoffperoxid-Lösungen sind dunkel, kühl und gut verschlossen aufzubewahren. Licht, Wärme und Verunreinigungen beschleunigen den Zerfall. Wasserstoffperoxid-Lösungen enthalten häufig Stabilisatoren.

Die Chlordioxid-Lösung lässt sich vor Ort einfach aus zwei lagerstabilen Komponenten herstellen. Die gebrauchsfertige Dosierlösung hat üblicherweise einen Chlordioxidgehalt von 3 g/L. Sie ist bei sachgerechter Lagerung über Wochen stabil. Mittlerweile sind auch einkomponentige Produkte zum Herstellen von Chlordioxid-Lösungen verfügbar. Calciumhypochlorit und Kaliumpermanganat sind Feststoffe, aus denen sich vor Gebrauch die Dosierlösung herstellen lässt.

In den letzten Jahren nimmt die Anwendung von Desinfektionsmitteln auf Basis Chlor bzw. Hypochlorit ab. Gründe dafür sind u. a. der eingeschränkte Anwendungsbereich, die Bildung von unerwünschten Nebenprodukten und der Aufwand bei der Entsorgung. Moderne Desinfektionsmittel basieren auf Wasserstoffperoxid oder Chlordioxid. Calciumhypochlorit und Kaliumpermanganat spielen bei der Rohrleitungsdesinfektion keine bedeutende Rolle.

Das DVGW-Arbeitsblatt W 291 [21.2] widmet den Desinfektionsmitteln einen speziellen Abschnitt. Dort finden sich auch Hinweise zur Auswahl der Desinfektionsmittel und zur Arbeitssicherheit. Die zugehörige Tabelle informiert über die Chemikalien zur Anlagen-desinfektion und gibt einen Überblick über die Handelsform, Lagerung und Anwendungskonzentrationen. Spezielle Abschnitte zu den einzelnen Desinfektionsmitteln behandeln u. a. ihre chemischen Eigenschaften und die Anwendungsgebiete. Die im DVGW-Arbeitsblatt W 291 [21.2] empfohlenen Anwendungskonzentrationen der wich-

tigsten Desinfektionsmittel für Rohrleitungen sind:

■ Chlor/Hypochlorit	50 mg/L
■ Wasserstoffperoxid	150 mg/L
■ Chlordioxid	6 mg/L

Die Wirksamkeit der Desinfektionsmittel hängt im Wesentlichen vom pH-Wert ab. Bei pH-Werten < 8 wirken die Desinfektionslösungen mit den im DVGW-Arbeitsblatt W 291 [21.2] empfohlenen Konzentrationen gut. Bei höheren pH-Werten lässt allerdings die Wirksamkeit von Chlor/Hypochlorit und Wasserstoffperoxid schnell nach. Solche Bedingungen können bei Bauteilen aus zementgebundenen Werkstoffen und/oder weichem Wasser vorkommen. Das DVGW-Arbeitsblatt W 346 [21.1] informiert im Anhang 2 über die Wirksamkeit der Desinfektionsmittel bei mit Zementmörtel ausgekleideten Rohrleitungen in Abhängigkeit vom Wassertyp. In Rohrleitungen mit unbehandelter Zementmörtel-Auskleidung (ZM-Auskleidung) kann bei weichen Wässern, den Wassertypen  $W_{KS I}$  und  $W_{KS II}$ , der pH-Wert beträchtlich ansteigen und dadurch die Wirk-

samkeit von Chlor/Hypochlorit und Wasserstoffperoxid abnehmen. **Tabelle 21.4** informiert über die wesentlichen Inhalte in vereinfachter Form.

Zum Abschätzen der Wirksamkeit dient oft die Redoxspannung oder das Redoxpotenzial. Das Redoxpotenzial ist das Mischpotenzial aller im Wasser ablaufenden Oxidations- und Reduktionsreaktionen (Redox-Reaktionen), wobei die im Wasser und im Werkstoff enthaltenen Stoffe sowie ihre möglichen chemischen Reaktionen nicht bekannt sind. Daher lässt sich das Redoxpotenzial nicht aus der Desinfektionsmittel-Konzentration allein berechnen. Hinzu kommt, dass viele Redox-Reaktionen vom pH-Wert abhängig sind. **Bild 21.3** zeigt den Zusammenhang zwischen Redoxpotenzial und pH-Wert für die wichtigsten Desinfektionsmittel.

Um eine keimtötende Wirkung zu erreichen, sollte das Redoxpotenzial  $E_H > 800$  mV sein. Diese Bedingungen gelten nicht nur für das Wasser, sondern müssen auch an der Phasengrenze Wasser/Werkstoff sichergestellt sein. Werden zum Füllen einer Rohrleitung

**Tabelle 21.4:**

Wirksamkeit verschiedener Desinfektionsmittel bei mit Zementmörtel ausgekleideten Rohrleitungen in Anlehnung an DVGW-Arbeitsblatt W 346 [21.1], Anhang 2

Zementmörtel	ohne Vorbehandlung			mit Vorbehandlung <sup>1)</sup>		
Wassertyp	$W_{KS I}$	$W_{KS II}$	$W_{KS III}$	$W_{KS I}$	$W_{KS II}$	$W_{KS III}$
$K_{S 4,3}$ in mmol/L	< 0,5	0,5 bis 2	> 2	< 0,5	0,5 bis 2	> 2
Chlor/Hypochlorit	–	0 <sup>2)</sup>	+	0 <sup>2)</sup>	0	+
Wasserstoffperoxid	– <sup>2), 3)</sup>	0 <sup>2)</sup>	+	0 <sup>2), 3)</sup>	0	+
Chlordioxid	+	+	+	+	+	+
+ gut	<sup>1)</sup> Ggf. Wasserbehandlung bei $W_{KS I}$ und bei $W_{KS II}$					
0 ausreichend	<sup>2)</sup> Hohe Desinfektionsmittelkonzentration und lange Einwirkzeit					
– schlecht	<sup>3)</sup> Verbessern d. Wirksamkeit durch Zugabe v. 1 % Phosphorsäure					

mit einer frischen unbehandelten ZM-Auskleidung weiche, wenig gepufferte Wasser verwendet, so kann als Folge des pH-Wert-Anstiegs das für eine Desinfektion erforderliche Redoxpotenzial von  $E_H > 800$  mV bei vielen Desinfektionsmitteln nicht oder nur durch Anwendung hoher Konzentrationen und langer Einwirkzeiten erreicht werden. Zu diesen Desinfektionsmitteln gehört beispielsweise das häufig verwendete Chlor/Hypochlorit, das bei pH-Werten

über 8 zunehmend Schwierigkeiten bei der Desinfektion bereitet. Zu empfehlen sind in diesen Fällen Desinfektionsmittel, deren Redoxpotenziale keine oder nur eine geringe pH-Wert-Abhängigkeit haben, beispielsweise Chlordioxid.

Wird eine ZM-ausgekleidete Rohrleitung mit ausreichend hartem Wasser in Betrieb genommen, so bilden sich auf der Mörteloberfläche Deckschich-

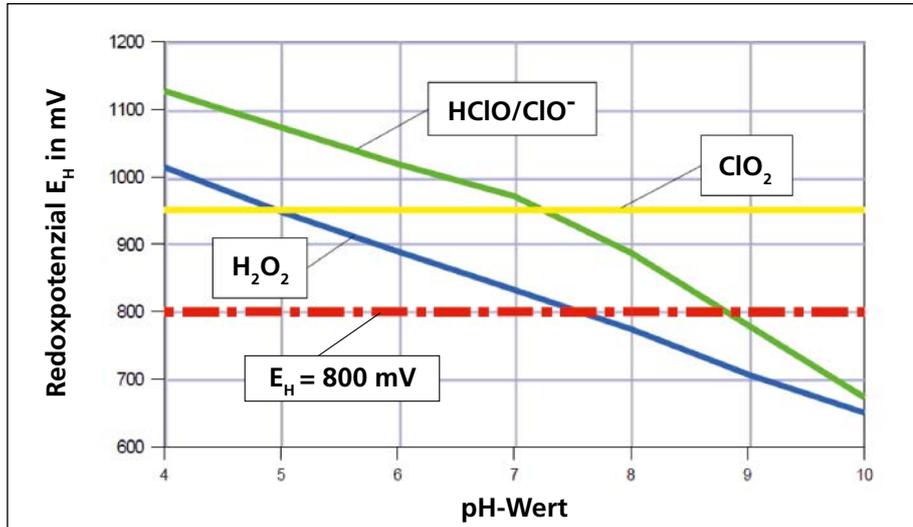


Bild 21.3:

Redoxpotenzial der Desinfektionsmittel Chlor (unterchlorige Säure)/Hypochlorit (HClO/CIO<sup>-</sup>), Wasserstoffperoxid (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) und Chlordioxid (ClO<sub>2</sub>) in Abhängigkeit vom pH-Wert [21.23]

ten. Die gute Pufferung der härteren Wasser verringert den pH-Wert-Anstieg. Deckschichten und gute Pufferung des Wassers begünstigen demnach die Einstellung des erforderlichen Redoxpotenzials.

### 21.10 Handhabung und Entsorgung

Angaben zur Lagerung, Handhabung und Entsorgung der Desinfektionsmittel enthalten die technischen Datenblätter

und Sicherheitsdatenblätter der Hersteller. Hinweise gibt das DVGW-Arbeitsblatt W 346 [21.1], Anhang 2.

Alle Desinfektionsmittel neigen zum Zerfall. Wärme, Licht und Staub sowie Schwermetallverbindungen und organische Stoffe wirken beschleunigend. Deshalb sind Desinfektionsmittel und vor allem die Dosierlösungen in jedem Fall kühl und dunkel zu lagern. Zur Handhabung sind nur die vom Hersteller empfohlenen Geräte zu verwenden. Zu viel entnommene Mengen an Dosierlösung dürfen nie mehr in den Vorratsbehälter zurückgeben werden.

Dosierlösungen dürfen nicht überlagert sein. Die Herstellerangaben sind zu beachten. So nimmt in handelsüblichen Chlorbleichlaugen der Gehalt an freiem Chlor in Abhängigkeit von der Temperatur ständig ab. Das DVGW-Arbeitsblatt W 229 [21.24] informiert über diesen Zusammenhang. Bei diesem Zerfall entstehen auch unerwünschte Nebenprodukte. Deshalb ist nach längerer Lagerzeit unbedingt der Gehalt an freiem Chlor zu überprüfen.

Im Gegensatz zu Wasserstoffperoxid- und Chlordioxid-Lösungen ist Natriumhypochlorit-Lösung alkalisch (Chlorbleichlauge) mit pH-Werten zwischen 11,5 und 12,5. Nach der Zugabe erhöht sich zwangsläufig der pH-Wert des behandelten Wassers. Dies beeinträchtigt bei weichen Wässern die Wirksamkeit der Desinfektionslösung und kann bei sehr harten Wässern zum Ausfällen von Calciumcarbonat führen. Von einer Senkung des pH-Wertes durch Vermischen der Lösung mit Säuren ist abzuraten, weil Chlorgas entweichen und dadurch ein Unfall ausgelöst werden kann.

Chlorhaltige Desinfektionslösungen sind grundsätzlich vor der Einleitung in die Kanalisation oder in ein Gewässer zu behandeln. Möglichkeiten sind Verdünnen, chemische Neutralisation z. B. mit Natriumthiosulfat oder Filtration über Aktivkohlefilter.

Auf Wasserstoffperoxid basierende Desinfektionsmittel sind unter verschiedenen Handelsnamen erhältlich. Als Dosierlösung haben sie Wasserstoffperoxid-Konzentrationen von etwa 35 % oder 50 %. Zur Sprühanwendung

kommen z. B. Pump-Sprays mit Wasserstoffperoxid-Konzentrationen um 3 %. Damit lassen sich Teile oder Verbindungen vor Ort desinfizieren.

Über die Beseitigung desinfektionsmittelhaltiger Wässer informieren die DVGW-Arbeitsblätter W 291 [21.2] und W 346 [21.1], Anhang 2, die ÖVGW-Richtlinie W 55 [21.4] sowie die SVGW-Richtlinie W1000 [21.3].

### 21.11 Kontrolle der Maßnahmen und Freigabe der Rohrleitung

Nach der Desinfektion wird die Rohrleitung von der Desinfektionslösung freigespült und mit dem später zu transportierenden Wasser gefüllt. Im letzten Füllwasser sollte kein Desinfektionsmittel mehr nachweisbar sein. Zum Spülen ist etwa der zwei- bis dreifache Rohrleitungsinhalt erforderlich. Nach Beenden der Spülung sind der Rohrleitung Wasserproben für mikrobiologische Untersuchungen zu entnehmen. Das geschieht am Leitungsende oder, bei längeren Rohrleitungen, auch

an Teilstücken. Bei der Probenahme sind z. B. die im Regelwerk ISO 5667-5 [21.25] – auch enthalten in den Deutschen Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Allgemeine Angaben (Gruppe A); (A 14) – angegebenen Maßnahmen unbedingt zu berücksichtigen. Dazu gehören das Abflauen lassen, das Reinigen und das Abflammen der Entnahmeventile.

Der Erfolg von Reinigungs- und Desinfektionsmaßnahmen ist durch mikrobiologische Untersuchungen zu überprüfen. Rohrleitungen dürfen grundsätzlich erst dann in Betrieb gehen, wenn aufgrund entsprechender Untersuchungsergebnisse der Nachweis der mikrobiologischen Unbedenklichkeit geführt und vorgegebene Grenzwerte für chemische Stoffe eingehalten sind. Die Untersuchungen mit Grenzwerten und Prüfungen richten sich nach der Trinkwasserverordnung. Ist das Ergebnis nicht zufriedenstellend, sind die Maßnahmen zu wiederholen.

Zu erwähnen ist, dass aufgrund mikrobiologischer Untersuchungen nach der gründlichen Reinigung, z. B. mittels

Impulsspülverfahren, auf die Desinfektion verzichtet werden kann [21.21]. Dies ist vor allem dann interessant, wenn nicht genügend Wasser zur Verfügung steht oder große Spülwassermengen zu entsorgen sind. Das Impulsspülverfahren erniedrigt den Wasserbedarf bei der Reinigung und kann die anschließende Desinfektion und das Freispülen der Rohrleitung erübrigen.

### 21.12 Maßnahmen bei bestehenden Gussrohrleitungen

Nach Reparaturen und sonstigen Arbeiten an der Rohrleitung muss der Rohrleitungsabschnitt möglichst schnell wieder in Betrieb gehen. Für eine standardmäßige Desinfektion und Probenahme mit Freigabe bleibt daher keine Zeit. In diesem Fall ist durch andere Maßnahmen sicherzustellen, dass sich die Trinkwasserleitung nach Abschluss der Arbeiten in hygienisch einwandfreiem Zustand befindet. Hier ist besonders auf Sauberkeit während der Arbeiten zu achten. Es empfiehlt sich, die Bauteile vor dem Einbau auf Rein-

heit zu überprüfen und mit Sprühlösung zu desinfizieren. Nach Beendigung der Arbeiten ist der Rohrleitungsabschnitt gründlich mit Wasser zu spülen, wenn möglich mit hoher Fließgeschwindigkeit. Durch Zugabe von Desinfektionsmitteln lässt sich ggf. eine Desinfektion mittels Durchlaufverfahren durchführen. Auf jeden Fall sind die Hinweise des DVGW-Arbeitsblattes W 291 [21.2] zu beachten.

Es kommt immer wieder vor, dass die Wasserbeschaffenheit durch Störfälle, außergewöhnliche Vorkommnisse oder Notfälle beeinträchtigt wird. Beispiele sind Störungen bei der Wasseraufbereitung, das Eindringen von Fremdstoffen in die Trinkwasserleitung durch Lecks oder die unbeabsichtigte Verbindung mit Rohrleitungen, die kein Trinkwasser befördern. Über das Vorhalten einer hinreichenden Desinfektionskapazität in solchen Fällen gibt das Umweltbundesamt Empfehlungen [21.26]. Nach der örtlich begrenzten Desinfektion des Trinkwassers aus mobilen Anlagen muss vor allem die Ursache für die Beeinträchtigung erfasst werden. Im Anschluss an eine Sanierung ist die betroffene Trink-

wasserversorgung gründlich zu reinigen. Da es sich hierbei normalerweise um hartnäckige Verunreinigungen handelt, sind gut wirkende Reinigungsmaßnahmen angebracht. Hier hat sich das Impulsspülverfahren bewährt. Durch Feststoffinjektion lässt sich seine Wirksamkeit steigern.

Rohwasserleitungen neigen besonders bei hohen Eisen- und Mangangehalten des Wassers zum Zuwachsen. Je nach Betriebsweise und Art des Rohwassers kann es vorkommen, dass durch Spuren von gelöstem Sauerstoff die Oxidation und Ausfällung schon vor der Wasseraufbereitung stattfindet. Zurzeit wird untersucht, ob und in welchem Umfang die mikrobielle Verockerung Ursache für die Beeinträchtigungen ist [21.27].

Um die Leistungsfähigkeit dieser Rohrleitungen sicherzustellen, ist eine regelmäßige Wartung, etwa durch Spülen mit Gummibällen oder Molchen, notwendig. Im Gegensatz dazu passen sich Luftmolche jedem Leitungsquerschnitt an und tragen die mobilisierten Ablagerungen zuverlässig aus. Die Ursachen der Ablagerungen in Rohwasserlei-

tungen sowie Maßnahmen zum Vermeiden und Entfernen vor allem mit dem Impulsspülverfahren sind in [21.28] beschrieben.

## 21.13 Zusammenfassung

Bei Planung, Bau und Inbetriebnahme von neuen Rohrleitungen sind hygienische Aspekte zu beachten. **Tabelle 21.5** informiert über Arbeiten vor, während und nach Reinigung und Desinfektion. Vorbeugende Maßnahmen berücksichtigen die hygienischen Aspekte bei Planung und Bau von Rohrleitungen. Nach der Desinfektion ist für eine ordnungsgemäße Beseitigung der desinfektionsmittelhaltigen Wässer zu sorgen und durch Spülen mit Trinkwasser der Betriebszustand der Rohrleitung herzustellen. Die mikrobiologische Kontrolle gibt Auskunft, ob die Maßnahme erfolgreich verlief. Erst nach der Freigabe darf die Rohrleitung in Betrieb gehen.

## 21.14 Schlussbemerkungen, zusätzliche Informationen und Ausblick

### 21.14.1 Europäisches Regelwerk

Im Gegensatz zum DVGW-Regelwerk enthält das europäische Regelwerk bisher keine besondere Norm zur Inbetriebnahme oder zur Reinigung und Desinfektion von Rohrleitungen. Die EN 805 [21.11] gibt lediglich im Abschnitt 12 Information zur Desinfektion. Dabei gilt das Spülen mit Trinkwasser ohne Desinfektionsmittel mit oder ohne Zugabe von Luft als Teil der Desinfektion. Anhang A.28 gibt zusammen mit Tabelle A.3 Hinweise zur Auswahl der Desinfektionsmittel.

### 21.14.2 Forschungsprojekte

In den letzten Jahren halfen etliche Forschungsprojekte, die Zusammenhänge bei Reinigung und Desinfektion besser zu verstehen. Die Ergebnisse sind in Form von Thesenpapieren veröffentlicht [21.35], [21.36]. Wichtige neue Erkenntnisse lie-

gen nun über Biofilme in trinkwasserführenden Systemen vor, insbesondere über den VBNC-Zustand von Bakterien. VBNC (viable but not culturable) bedeutet lebend, aber nicht kultivierbar. Die Desinfektion beeinflusst die Übergänge zwischen kultivierbaren und VBNC-Stadien von bestimmten Bakterien. Sie kann die Populationen verändern und schnellwüchsige Bakterien begünstigen. Reinigen ist nicht gleichbedeutend mit Desinfektion. Eine wirksame Reinigung ist die Voraussetzung für den Erfolg von Desinfektionsmaßnahmen.

In den Ausführungen ist klar beschrieben, was Reinigen bedeutet, nämlich Verunreinigungen, Ablagerungen und andere unerwünschte Substanzen aus den Rohrleitungen zu entfernen. Dabei sind alle lockeren Ablagerungen zu mobilisieren und auszutragen. Sie dürfen sich auf keinen Fall an anderer Stelle wieder ablagern und dadurch erneut zu Beeinträchtigungen des Trinkwassers führen. Das Entfernen von Ablagerungen reduziert die Einnistungsmöglichkeit von Mikroorganismen und optimiert den Betriebszustand der Trinkwasseranlagen.

**Tabelle 21.5:**

Hygienische Aspekte bei Planung, Bau und Inbetriebnahme von Rohrleitungen

Maßnahme	Arbeiten	Regelwerk/Verzeichnis
Vorbeugende Maßnahmen	Auswahl der Werkstoffe nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik	Richtlinie 98/83/EG [21.29], Deutsche TrinkwV § 17 [21.6], DIN 2000 [21.5], Abschnitt 6.6
	Verwenden geprüfter Werkstoffe	Leitlinien des Umweltbundesamtes [21.7], DVGW-Arbeitsblätter W 270 [21.30], W 347 [21.31] und W 348 [21.32] SVGW-Richtlinie W4-1 [21.8] OENORM B 5014-1 [21.9] und OENORM B 5014-2 [21.10]
	Verwenden geprüfter Hilfsstoffe; Ausspülbarkeit	DVGW-Prüfgrundlagen VP 641 [21.15] und W 363 [21.16], Anlage A, sowie [21.17], DVGW-Arbeitsblatt W 521 [21.18]
	Verwenden zertifizierter Produkte bei Verfügbarkeit	DVGW-Verzeichnis wasserfachlicher Produkte [21.33]
	Vermeiden von Verunreinigungen während Fertigung, Lagerung und Transport; Verschließen mit Kappen, Verpackung	EN 805 [21.11], Abschnitt 10.1.3, DVGW-Arbeitsblätter W 400-2 [21.12], Abschnitt 5, und W 346 [21.1], EN 1074-1 [21.13], Abschnitt 8 SVGW-Richtlinie W4-3 [21.19], ÖVGW-Richtlinie W 55 [21.4]
	Sauberkeit beim Einbau; Vermeiden von Verunreinigungen z. B. Schlamm, schmutzige Lappen	DVGW-Arbeitsblätter W 346 [21.1] und W 400-2 [21.12], Abschnitt 7.2 SVGW-Richtlinie W4-3 [21.19] ÖVGW-Richtlinie W 55 [21.4]
Fortsetzung auf Seite 21/18		

Maßnahme	Arbeiten	Regelwerk/Verzeichnis
Reinigung	Entfernen unbeabsichtigter Fremdstoffe; Entfernen von Hilfsstoffen	DVGW-Arbeitsblätter W 291 [21.2] und W 346 [21.1], Anhang 2 SVGW-Richtlinie W4-3 [21.19] ÖVGW-Richtlinie W 55 [21.4]
Desinfektion	Abtöten/Schädigen von Mikroorganismen; Anwendungsbereiche beachten	DVGW-Arbeitsblätter W 291 [21.2] und W 346 [21.1], Anhang 2 SVGW-Richtlinie W4-3 [21.19] ÖVGW-Richtlinie W 55 [21.4]
Maßnahmen nach der Desinfektion	Spülen, Entnahme von Wasserproben; Beseitigung desinfektionsmittelhaltiger Wässer	DVGW-Arbeitsblätter W 291 [21.2] und W 346 [21.1], Anhang 2 SVGW-Richtlinie W4-3 [21.19] ÖVGW-Richtlinie W 55 [21.4]
Kontrolle der Maßnahmen	Mikrobiologische Untersuchung; Messen des pH-Wertes	EN 16412 [21.34] Deutsche TrinkwV [21.6] SVGW-Richtlinie W4-3 [21.19] ÖVGW-Richtlinie W 55 [21.4]

Simulationsrechnungen zeigen unzureichend durchströmte Bereiche auf. Solche Bereiche in Verbindungen und Bauteilen können im Betrieb zu erhöhter Biofilmbildung führen und sind konstruktiv zu minimieren. So sollte auch die Länge von wenig genutzten Abgängen auf maximal das Dreifache des Innendurchmessers beschränkt werden. Im Falle einer Kontamination sind wenig durchströmte Bereiche nur mit intensiven Reinigungsverfahren wie mit dem Impulsspülverfahren zu erreichen. Simulationsrechnungen halfen bereits beim Optimieren von Bauteilen mit dem Ziel, Probleme im Betrieb durch erhöhte Biofilmbildung zu verringern sowie Reinigung und Desinfektion zu verbessern.

### 21.14.3 DVGW-Arbeitsblatt W 557 [21.37]

Während sich DVGW-Arbeitsblatt W 291 [21.2] auf die Wasserverteilungsanlagen bezieht, war infolge unterschiedlicher Betriebsbedingungen, Nennweiten, Werkstoffe, Bauteile und Apparate eine Regelung für die Trinkwasser-Installation innerhalb von Gebäuden notwendig. Aufbauend auf

das DVGW-Arbeitsblatt W 291 [21.2] und ergänzend zu EN 806-4 [21.38] wurde das DVGW-Arbeitsblatt W 557 [21.37] erarbeitet. Zwar kommen Rohre und Formstücke aus duktilem Gusseisen nach EN 545 [21.39] normalerweise nur außerhalb von Gebäuden zur Anwendung, aber dennoch sind die in diesem Arbeitsblatt enthaltenen Informationen zum Betrieb der Verteilungsnetze von derart überragender Bedeutung, dass sie hier erwähnenswert sind.

Das DVGW-Arbeitsblatt W 557 [21.37] erschien im Oktober 2012 mit dem damaligen Kenntnisstand, berücksichtigt aber noch nicht die Ergebnisse aus dem letzten Forschungsprojekt [21.36]. Im Aufbau spiegeln sich die drei Themen des DVGW-Arbeitsblattes W 291 [21.2] wieder:

- vorbeugende Maßnahmen,
- Reinigung,
- Desinfektion.

Das DVGW-Arbeitsblatt W 557 [21.37] unterstreicht die Bedeutung der Reinigung vor der Desinfektion. Diese Hinweise gelten gleichwohl auch für die Wasserverteilung, insbesondere bei

Verunreinigungen und Kontaminationen. Der erste Schritt zur Beseitigung einer Verunreinigung ist in jedem Fall die Reinigung. Dies gilt auch bei mikrobiellen Kontaminationen. In Partikel oder Korrosionsprodukten eingebettete Mikroorganismen lassen sich mit Hilfe von Desinfektionsmitteln so gut wie nicht abtöten, weil diese die Mikroorganismen nicht erreichen. Daher müssen die Partikel oder Korrosionsprodukte durch Spülen oder andere Reinigungsmaßnahmen entfernt werden. Die Anlagendesinfektion kann als zusätzliche Sicherheitsmaßnahme erforderlich werden. Ablagerungen begünstigen die Vermehrung von Mikroorganismen, wodurch es zu mikrobiellen Beeinträchtigungen kommen kann. Um dies zu verhindern, ist beim Vorhandensein von Ablagerungen eine Reinigung erforderlich. Bei einer vorhandenen mikrobiellen Beeinträchtigung der Beschaffenheit des Trinkwassers ist als erste Maßnahme eine Reinigung durchzuführen. In diesen Fällen kann nach der Reinigung eine zusätzliche Anlagendesinfektion erforderlich sein.

Das Arbeitsblatt weist auf die Belastung der Werkstoffe durch die Desinfektion hin. Jede Anlagendesinfektion belastet die Werkstoffe und Bauteile der Trinkwasser-Installation, sodass es zu einer Schädigung der Trinkwasser-Installation kommen kann. Eine regelmäßige Wiederholung der Anlagendesinfektion zur Verhinderung von Kontaminationen ist aus diesem Grunde nicht zu empfehlen.

#### 21.14.4 Überarbeitung des DVGW-Arbeitsblattes W 291 [21.2]

Nach über 15 Jahren steht die Überarbeitung des DVGW-Arbeitsblattes W 291 [21.2] an. Die Arbeiten beginnen im Jahr 2015.

#### 21.14.5 Reinigung und Instandhaltung

Die Reinigung ist nicht nur bei der Inbetriebnahme notwendig, um unbeabsichtigte Verunreinigungen und Montagehilfsmittel auszutragen, sondern spielt bei der Instandhaltung der Rohrleitungen eine große Rolle. Sie sorgt für einen hygienisch einwandfreien Zustand und Versorgungssicherheit. Vor allem

bei Rohwasserleitungen ist eine regelmäßige Reinigung erforderlich, wenn beispielsweise Verockerung die Leistung beeinträchtigt [21.23]. Bei Abwasserdruckleitungen berücksichtigt das neue DWA-Regelwerk die Instandhaltung. Hier sind Reinigungen durch Molchung, Druckluftspülung oder Impulsspülverfahren möglich. Entsprechende Einspeiseeinrichtungen oder Molchschleusen sind bei der Planung und beim Bau vorzusehen. Die stationäre Druckluftspülung soll Ablagerungen verhindern, während das Impulsspülverfahren je nach Bedarf gezielt Rohrleitungsabschnitte reinigen kann. Beide Verfahren arbeiten normalerweise online und verwenden angestautes Abwasser zum Reinigen.

## 21.15 Literatur

- [21.1] DVGW-Arbeitsblatt W 346  
Guss- und Stahlrohrleitungsteile mit ZM-Auskleidung – Handhabung  
[DVGW worksheet W 346  
Cast iron and steel pipes and components with cement mortar lining – Handling]  
2000-08
  
- [21.2] DVGW-Arbeitsblatt W 291  
Reinigung und Desinfektion von Wasserverteilungsanlagen  
[DVGW worksheet W 291  
Cleaning and disinfection of water distribution systems]  
2000-03
  
- [21.3] SVGW-Richtlinie W1000  
Empfehlungen für die Reinigung und Desinfektion von Trinkwasserleitungen  
[SVGW guideline W1000  
Recommendations for cleaning and disinfection of drinking water pipelines]  
2000-03

- [21.4] ÖVGW-Richtlinie W 55  
Behälter- und Rohrnetzhygiene  
[ÖVGW guideline W 55  
Hygiene in reservoirs and  
pipeline networks]  
2012-05-01
- [21.5] DIN 2000  
Zentrale Trinkwasserversorgung –  
Leitsätze für Anforderungen an  
Trinkwasser, Planung, Bau, Betrieb  
und Instandhaltung der  
Versorgungsanlagen  
[Central drinking water supply –  
Guide lines regarding requirements  
for drinking water, planning,  
construction, operation and  
maintenance of plants]  
2000-10
- [21.6] Deutsche Trinkwasserver-  
ordnung in der Fassung der  
Bekanntmachung vom  
2. August 2013  
[http://www.gesetze-im-internet.de/  
trinkvw\\_2001/BJNR095910001.html](http://www.gesetze-im-internet.de/trinkvw_2001/BJNR095910001.html)
- [21.7] Leitlinien des Umweltbundes-  
amtes (Übersicht)  
[http://www.umweltbundesamt.de/  
themen/wasser/trinkwasser/trink-  
wasser-verteilen/bewertungs-  
grundlagen-leitlinien](http://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/trinkwasser/trinkwasser-verteilen/bewertungsgrundlagen-leitlinien)
- [21.8] SVGW-Richtlinie W4-1  
Richtlinie für Wasserverteilung –  
Teil 1: Allgemeines  
[SVGW guideline W4-1  
Guideline for water distribution –  
Part 1: General]  
2013-03
- [21.9] OENORM B 5014-1  
Sensorische und chemische Anforde-  
rungen und Prüfung von Werk-  
stoffen im Trinkwasserbereich –  
Teil 1: Organische Werkstoffe  
[Organoleptic and chemical require-  
ments and testing of materials in  
contact with drinking water –  
Part 1: Organic materials]  
2000-11-01
- [21.10] OENORM B 5014-2  
Sensorische und chemische Anforde-  
rungen und Prüfung von Werk-  
stoffen im Trinkwasserbereich –  
Teil 2: Zementgebundene  
Werkstoffe  
[Organoleptic and chemical require-  
ments and testing of materials in  
contact with drinking water –  
Part 2: Cementitious materials]  
2011-12-15
- [21.11] EN 805  
Water supply –  
Requirements for systems and  
components outside buildings  
[Wasserversorgung –  
Anforderungen an Wasserversor-  
gungssysteme und deren Bau-  
teile außerhalb von Gebäuden]  
2000

- [21.12] DVGW-Arbeitsblatt W 400-2  
Technische Regeln Wasserverteilungsanlagen (TRWV) –  
Teil 2: Bau und Prüfung  
[DVGW worksheet W 400-2  
Technical rules for water distribution systems –  
Part 2: Construction and testing]  
2004-09
- [21.13] EN 1074-1  
Valves for water supply –  
Fitness for purpose requirements and appropriate verification tests –  
Part 1: General requirements  
[Armaturen für die Wasserversorgung –  
Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit und deren Prüfung –  
Teil 1: Allgemeine Anforderungen]  
2000
- [21.14] EADIPS®/FGR®-Norm 74  
Formstücke und Armaturen aus duktilem Gusseisen –  
Verpackung von Formstücken und Armaturen  
[Ductile iron fittings and valves –  
Packaging of ductile iron fittings and valves]  
2013-06
- [21.15] DVGW-Prüfgrundlage VP 641  
Gleitmittel für Steckmuffen-Verbindungen in der Wasserversorgung –  
Anforderungen und Prüfungen  
[DVGW test specification VP 641  
Lubricants for push-in joints in water supply –  
Requirements and testing]  
2009-06
- [21.16] DVGW-Prüfgrundlage W 363  
Absperrarmaturen, Rückflussverhinderer, Be-/Entlüftungsventile und Regelarmaturen aus metallenen Werkstoffen für Trinkwasserversorgungsanlagen –  
Anforderungen und Prüfungen
- [DVGW test specification W 363  
Isolation valves, check valves, air valves and control valves made of metallic materials for drinking water distribution systems –  
Requirements and testing]  
2010-06
- [21.17] DVGW-Prüfgrundlage W 363-B1:  
1. Beiblatt zu DVGW-Prüfgrundlage W 363 –  
Absperrarmaturen, Rückflussverhinderer, Be-/Entlüftungsventile und Regelarmaturen aus metallenen Werkstoffen für Trinkwasserversorgungsanlagen –  
Anforderungen und Prüfungen  
[DVGW test specification W 363-B1:  
Supplement 1 to DVGW test specification W 363 –  
Isolation valves, check valves, air valves and control valves made of metallic materials for drinking water distribution systems –  
Requirements and testing]  
2014-09

- [21.18] DVGW-Arbeitsblatt W 521  
Gewindeschneidstoffe für die  
Trinkwasser-Installation –  
Anforderungen und Prüfung  
[DVGW worksheet W 521  
Thread cutting agents for  
drinking water installation –  
Requirements and testing]  
1995-12
- [21.19] SVGW-Richtlinie W4-3  
Richtlinie für Wasserverteilung –  
Planung, Projektierung,  
Bau, Prüfung sowie  
Betrieb und Instandhaltung  
der Trinkwasserverteilung  
außerhalb von Gebäuden –  
Teil 3: Bau und Prüfung  
[SVGW guideline W4-3  
Guideline for water distribution –  
Planning, project development,  
construction, testing as well as  
operation and maintenance  
of drinking water distribution  
systems outside buildings –  
Part 3: Construction and testing]  
2013-3
- [21.20] SVGW-Richtlinie W4-5  
Richtlinie für Wasserverteilung –  
Planung, Projektierung,  
Bau, Prüfung sowie  
Betrieb und Instandhaltung  
der Trinkwasserverteilung  
außerhalb von Gebäuden –  
Teil 5: Praxisunterlagen, Themen-  
blatt Nr. 7: Rohrnetzspülung  
[SVGW guideline W4-5  
Guideline for water distribution –  
Planning, project development,  
construction, testing as well as  
operation and maintenance  
of drinking water distribution  
systems outside buildings –  
Part 5: Practical data sheet, data  
sheet No. 7: Network flushing]  
2013-3
- [21.21] Bernemann, M. und Farke, O.:  
Bau einer Trinkwassertransport-  
leitung DN 700 in Paderborn  
[Construction of a drinking water-  
main DN 700 in Paderborn]  
bbr – Fachmagazin für Leitungs-  
bau, Brunnenbau und Geothermie  
2007-02, S. 16 ff.
- [21.22] Immel, S., Schimmelpfennig, S.,  
Klein, N., Utke, C., und Gnirss, R.:  
Brunnengalerien und Rohwas-  
serleitungen online reinigen  
[Inline cleaning of well galleries  
and raw water pipelines]  
wwt – Wasserwirtschaft  
Wassertechnik,  
Heft 1–2,  
2014, S. 15 ff.
- [21.23] Klein, N. und Rammelsberg, J.:  
Inbetriebnahme von Rohrleitungen  
mit Zementmörtel-Auskleidung  
[Commissioning of cement  
mortar lined pipelines]  
3R international (48),  
Heft 3-4,  
2009, S. 144 ff.
- [21.24] DVGW-Arbeitsblatt W 229  
Verfahren zur Desinfektion  
von Trinkwasser mit Chlor  
und Hypochloriten  
[DVGW worksheet W 229  
Disinfection procedures  
of drinking water with  
chlorine and hypochlorite's]  
2008-05

- [21.25] ISO 5667-5  
Water quality –  
Sampling –  
Part 5: Guidance on sampling  
of drinking water from treat-  
ment works and piped  
distribution systems  
[Wasserbeschaffenheit –  
Probenahme –  
Teil 5: Anleitung zur Probenahme  
von Trinkwasser aus Aufbereitungs-  
anlagen und Rohrnetzsystemen]  
2006
- [21.26] Bundesgesundheitsblatt –  
Gesundheitsforschung –  
Gesundheitsschutz  
Empfehlung des Umwelt-  
bundesamtes  
Vorhalten einer hinreichenden  
Desinfektionskapazität nach  
§ 5 Abs. 4 TrinkwV 2001 für  
außergewöhnliche Vorkomm-  
nisse oder Notfälle  
2004-11  
[https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/374/dokumente/desinfektionskapazitaet\\_2004\\_11.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/374/dokumente/desinfektionskapazitaet_2004_11.pdf)
- [21.27] Mikrobielle Verockerung in  
technischen Systemen  
<http://www.anti-ocker.de/>
- [21.28] Klein, N. und Hammann, H.-G.:  
Reinigen der Rohwasserleitungen  
sichert die Trinkwasserversorgung  
[Cleaning of raw water pipelines  
secures drinking water supply]  
Energie | wasser-praxis,  
Ausgabe 06  
2008, S. 24 ff.
- [21.29] Richtlinie 98/83/EG  
Richtlinie 98/83/EG des Rates  
vom 03.11.1998 über die  
Qualität von Wasser für  
den menschlichen Gebrauch  
[Directive 98/83/EC  
Council Directive 98/83/EC  
of 3 November 1998 on the  
quality of water intended  
for human consumption]  
1998-11-03
- [21.30] DVGW-Arbeitsblatt W 270  
Vermehrung von Mikroorga-  
nismen auf Werkstoffen für  
den Trinkwasserbereich –  
Prüfung und Bewertung
- [DVGW worksheet W 270  
Microbial enhancement on  
materials to come into contact  
with drinking water –  
Testing and assessment]  
2007-11
- [21.31] DVGW-Arbeitsblatt W 347  
Hygienische Anforderungen  
an zementgebundene Werk-  
stoffe im Trinkwasserbereich –  
Prüfung und Bewertung  
[DVGW worksheet W 347  
Hygiene requirements for cemen-  
tious materials intended for use  
in drinking water supply systems –  
Testing and evaluation]  
2006-05
- [21.32] DVGW-Arbeitsblatt W 348  
Anforderungen an Bitumen-  
beschichtungen von Formstücken  
aus duktilem Gusseisen und im  
Verbindungsbereich von Rohren  
aus duktilem Gusseisen, unlegier-  
tem und niedrig legiertem Stahl

- [DVGW worksheet W 348 Requirements of bituminous coatings of ductile iron fittings and in the jointing area of ductile iron pipes and unalloyed and low-alloyed steel pipes] 2004-09
- [21.33] DVGW-Verzeichnis wasserfachlicher Produkte  
<http://www.dvgw-cert.com/?id=34>  
<http://mycert.dvgw-cert.com/verzeichnisse/index/>
- [21.34] EN 16421  
Influence of materials on water for human consumption – Enhancement of microbial growth (EMG)  
[Einfluss von Materialien auf Wasser für den menschlichen Gebrauch – Vermehrung von Mikroorganismen] 2014
- [21.35] Erkenntnisse aus dem BMBF (Deutsches Bundesministerium für Bildung und Forschung) – Verbundprojekt  
„Biofilme in der Trinkwasser-Installation“  
[http://www.biofilm-hausinstallation.de/dokumente/Thesepapier\\_2\\_0.PDF](http://www.biofilm-hausinstallation.de/dokumente/Thesepapier_2_0.PDF)
- [21.36] Erkenntnisse aus dem Projekt „Biofilm-Management“  
Erkennung und Bekämpfung von vorübergehend unkultivierbaren Pathogenen in der Trinkwasser-Installation  
[http://www.biofilm-management.de/sites/default/files/Projektmeetings/Bonn\\_2014/Thesepapier/Thesepapier%201.1.pdf](http://www.biofilm-management.de/sites/default/files/Projektmeetings/Bonn_2014/Thesepapier/Thesepapier%201.1.pdf)
- [21.37] DVGW-Arbeitsblatt W 557  
Reinigung und Desinfektion von Trinkwasser-Installationen [DVGW worksheet W 557 Cleaning and disinfection of drinking water installations] 2012-10
- [21.38] EN 806-4  
Specifications for installations inside buildings conveying water for human consumption – Part 4: Installation  
[Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen – Teil 4: Installation] 2010
- [21.39] EN 545  
Ductile iron pipes, fittings, accessories and their joints for water pipelines – Requirements and test methods  
[Rohre, Formstücke, Zubehörteile aus duktilem Gusseisen und ihre Verbindungen für Wasserleitungen – Anforderungen und Prüfverfahren] 2010





# 22

## Einsatz von duktilen Gussrohren im grabenlosen Rohrleitungsbau

- 22.1 Allgemeines
- 22.2 Umhüllungen duktiler Gussrohre für den grabenlosen Rohreinbau
- 22.3 Verbindungstechnik
- 22.4 Grabenlose Einbauverfahren
- 22.5 Literatur

## 22 Einsatz von duktilen Gussrohren im grabenlosen Rohrleitungsbau

### 22.1 Allgemeines

#### 22.1.1 Geschichtliche Entwicklung

Die Wurzeln der als grabenlose Einbauverfahren bekannten Bauweisen liegen in der Erdraketentechnik. Aus dieser entwickelte sich Anfang der 1980er-Jahre das Berstlining. Die British Gas verwendete bereits Anfang der 80er Jahre in großem Stil modifizierte Erdraketen zur grabenlosen Erneuerung von Rohrleitungen. Das Berstlining wurde über die Jahre weiterentwickelt. So stellten die Berliner Wasserbetriebe in Zusammenarbeit mit der Fa. Karl Weiss im Jahre 1990 das Press-/Zieh- oder Hydros-Verfahren vor. Hieraus wiederum entwickelte sich später das Hilfsrohr-Verfahren. Beide Verfahren werden seitdem von den Berliner Wasserbetrieben mit duktilen Gussrohren praktiziert. Jährlich werden allein in Berlin auf diese Weise in den Nennweiten DN 80 bis DN 500 rund 10.000 m Rohrleitungen

ausgewechselt. Parallel zu diesem trassen-gleichen Rohrauswechslungsverfahren entwickelten sich weitere Verfahren zum grabenlosen Einbau von duktilen Gussrohren. An erster Stelle sei hier das Horizontalspülbohrverfahren (HDD – Horizontal Directional Drilling) genannt. Als erste erfolgreiche Spülbohrung gilt die etwa 180 m lange Unterquerung des Pajaro in der Nähe von Watsonville (Kalifornien) im Jahr 1972. Wesentliche Details dieser Technik wurden aus der Tiefbohrtechnik für z. B. Erdöl übernommen und weiterentwickelt. In den Folgejahren bis 1980 erlebte die gesteuerte Horizontalbohrtechnik eine rasante Weiterentwicklung. Zu diesem Zeitpunkt wurden auch die ersten Projekte im HDD-Verfahren in Europa realisiert.

Neben diesen klassischen grabenlosen Verfahren hat sich eine weitere Möglichkeit zur grabenlosen Erneuerung alter Leitungen etabliert – das so genannte Langrohr-Relining. Diese Methode basiert

auf dem Einziehen einer kleineren, neuen Leitung in eine alte sanierungsbedürftige oder überdimensionierte Leitung.

Im Laufe der Zeit wurden weitere Verfahren entwickelt, die mehr oder weniger verbreitet angewendet werden. Einige dieser Verfahren sind das Einfräsen, Einpflügen oder Einziehen (Relining) von duktilen Gussrohrleitungen.

Duktiles Gusseisen ist ein zäher Eisen-Kohlenstoff-Werkstoff, dessen Kohlenstoffanteil überwiegend als Grafit in freier Form vorliegt. Rohre und Formstücke aus duktilem Gusseisen werden statisch als biegeeweiche oder flexible Rohre behandelt. Die mechanischen Zug- und Biegebelastungen beim grabenlosen Einbau könnten von Rohren aus biegesteifen Werkstoffen kaum sicher beherrscht werden.

So ist die Entwicklung der grabenlosen Rohreinbautechniken untrennbar mit duktilen Gussrohren, ihren Steckmuffen-Verbindungen und Außenschutzarten verbunden. Bald wurde das Potenzial der als Ersatz für Widerlager entwickelten längskraftschlüssigen Steckmuffen-Ver-

bindungen für die ersten grabenlosen Einbautechniken erkannt. Seither stellen duktile Guss-Rohrsysteme das Maß der Dinge in punkto Zuverlässigkeit und Wirtschaftlichkeit bei grabenlosen Einbauverfahren dar.

Im Jahre 2012 wurde eine Zusammenstellung der gängigen Einbauverfahren in der ISO 13470 [22.1] veröffentlicht.

### 22.1.2 Wirtschaftliche Aspekte grabenloser Einbauverfahren

Im landläufigen Sinn wird heutzutage ein Verfahren zum Einbau von Rohren meist dann als wirtschaftlich bezeichnet, wenn die damit gebaute Rohrleitung zum niedrigsten Preis angeboten und gebaut werden kann. In dieser Betrachtungsweise kommen selten die Betriebs- und Instandhaltungskosten der Rohrleitung vor, geschweige denn die Kosten für die Wiederbeschaffung nach Ablauf der regulären Nutzungsdauer.

Nicht betrachtet werden bis heute im Allgemeinen die Kosten, die durch den Leitungsbau in seiner Umgebung verursacht werden und von der Allgemeinheit

in Form von Verkehrsbehinderungen, Lärmbelästigungen und Umweltverschmutzung stillschweigend ohne Aussicht auf Erstattung getragen werden. Insofern ist es kaum möglich, die grabenlosen und offenen Verfahren finanziell fair miteinander zu vergleichen, weil die von der Allgemeinheit getragenen „sozialen“ Kosten zwar durchaus bezifferbar sind, jedoch bei der Auftragsvergabe nicht berücksichtigt werden.

Trotzdem setzt sich allmählich die Erfahrung durch, dass grabenlose Einbau- und Erneuerungsverfahren generell wirtschaftlicher sein können als die konventionellen offenen Verfahren. So wird z. B. von einem regionalen Gas- und Wasserversorgungsunternehmen ein Vergleich zwischen offener und geschlossener Bauweise entsprechend **Tabelle 22.1** veröffentlicht.

**Tabelle 22.1:**

Globaler Vergleich der offenen mit der geschlossenen Bauweise [22.2]

	Konventionelle Bauweise	Geschlossene Bauweise
Leitungslänge	100 %	100 %
Oberfläche Tiefbau	100 %	15 %
Bauzeit	100 %	30 %
Kosten	100 %	50–70 %
Nutzungsdauer	100 %	70–100 %
Ressourcenschonung	20 %	80 %
Lärm, Umwelt, Beeinträchtigung	100 %	Ideeller Gewinn

**Tabelle 22.2:**

Grober Kostenvergleich der Bauverfahren [22.2]

Offene Bauweise	Geschlossene Bauweise					
	Bersten	Raketenvortrieb	Press-/Ziehverfahren	Relining		
Mit Ringraum				Ohne Ringraum	Schlauch	
100 %	70 %	70 %	80 %	60 %	70 %	60 %

Ein überschlüssiger Vergleich der Kosten von geschlossenen Erneuerungsverfahren mit denen der offenen Bauweise zeigt ebenfalls deutliche Einsparpotenziale der geschlossenen Verfahren auf (**Tabelle 22.2**).

Zur Sicherung der Ausführungsqualität grabenlos eingebauter oder erneuerter Trinkwasserleitungen hat zum Beispiel in Deutschland der DVGW in den letzten Jahren mit der Reihe GW 320-1 ff. [22.3 bis 22.8] ein umfangreiches Technisches Regelwerk erarbeitet, das genau diesem Bedürfnis Rechnung trägt. Für die gängigen grabenlosen Einbau- und Erneuerungsverfahren sind hier die qualitätsrelevanten Parameter beschrieben und mit Grenz-

werten und Messvorschriften festgelegt worden. Der DVGW-Arbeitsblatt W 400-1 [22.9] unterstreicht den überragenden Einfluss, den die Wahl des Rohrsystems im Zusammenhang mit der Wahl des Bauverfahrens ausübt.

Die Schwerpunkte für die Wahl des Rohrsystems werden wie folgt genannt [22.9]:

1. Bettungs- und Nutzungsbedingungen (z. B. Diffusionsverhalten, Leistungsreserven),
2. Funktionalität der Korrosionsschutzsysteme und Verbindungstechnik,
3. vorliegende positive Erfahrungen mit bestimmten Systemen,
4. angemessene Verfügbarkeit (Lieferfristen, Lagerhaltung, Systemkontinuität).

### 22.1.3 Ökologische Aspekte grabenloser Einbauverfahren

Bei der Entwicklung der grabenlosen Einbauverfahren standen zunächst wirtschaftliche Gesichtspunkte im Vordergrund, um überhaupt Vorteile gegenüber den konventionellen Bauweisen mit offenem Graben herauszustellen, die den Einsatz meist öffentlicher Rohrleitungsprojekte ermöglichten. Nachdem sich die grabenlosen Verfahren etabliert hatten und in großem Umfang eingesetzt wurden, wurde ihr positiver Einfluss auf die ökologischen Randbedingungen deutlich. Es ist der Verdienst der GSTT (German Society of Trenchless Technologies), die günstigen Auswirkungen der graben-

losen Techniken auf die Minderung der Emissionen von CO<sub>2</sub> und Feinstaub bei Bau, Sanierung und Erneuerung von Rohrleitungen untersucht und veröffentlicht zu haben (www.gstt.de).

### 22.1.4 Nachhaltigkeit durch duktile Guss-Rohrsysteme mit grabenlosen Einbauverfahren

Die Nachhaltigkeitskriterien duktiler Guss-Rohrsysteme in Verbindung mit grabenlosen Einbauverfahren sind nachfolgend stichpunktartig wiedergegeben.

#### Ökonomische Nachhaltigkeitskriterien:

- |   |  |
|---|--|
| - hohe Einbauproduktivität durch Steckmuffen-Verbindungen               | ▶ reduziert Arbeitskosten                                  |
| - kein Schweißen erforderlich   | ▶ reduziert Arbeitskosten                                  |
| - witterungsunabhängiger Einbau   | ▶ reduziert Arbeitskosten                                  |
| - häufig keine Sandbettung erforderlich                                 | ▶ senkt Material- und Logistikkosten                       |
| - keine Betonwiderlager erforderlich bei schubgesicherten Verbindungen  | ▶ senkt Material- und Logistikkosten                       |
| - Abwinkelbarkeit der Verbindungen                                      | ▶ spart Formstücke   |
| - großes Formstück- und Armaturenprogramm vermeidet Sonderanfertigungen | ▶ reduziert Material- und Arbeitskosten                    |
| - niedrigste Schadensraten  | ▶ senkt Betriebs-, Energie-, Reparatur- und Wartungskosten |
| - Nutzungsdauer ≥ 100 Jahre   | ▶ minimiert Sanierungsbudgets                              |

#### Ökologische Nachhaltigkeitskriterien:

- |   |  |
|---|--|
| - Diffusionsdichtigkeit   | ▶ sichert das Lebensmittel Trinkwasser in allen Boden- und Einbaubedingungen gegen umweltschädigende Kohlenwasserstoffe sowie das Grundwasser beim Abwassertransport |
| - lebensmittelgerechte Auskleidungen                                      | ▶ sichern hygienisch-ökologisch den Trinkwassertransport   |
| - Schrott als Grundstoff  | ▶ minimiert den Verbrauch originärer und fossiler Rohstoffe und reduziert CO <sub>2</sub> -Emissionen  |
| - duktiles Gusseisen ist recyclebar                                       | ▶ schont die Ressourcen heutiger und künftiger Generationen  |
| - geringe Wartungs- und Instandhaltungsaufwendungen bei hoher Lebensdauer | ▶ vermeiden Verschwendung, minimieren den Ressourcenverbrauch und reduzieren CO <sub>2</sub> -Emissionen   |

### Technische Nachhaltigkeitskriterien:

- |   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Werkstofffestigkeit</li> <li>- wirksamer Außenschutz</li> <li>- statische Tragfähigkeit</li> </ul>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ erlaubt Betriebsdrücke bis 100 bar</li> <li>▶ weist mechanische und chemische Angriffe ab</li> <li>▶ erlaubt höchste Belastungen in Quer- und Längsrichtung</li> </ul>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Verbindung</li> <li>- duktilen Gusseisen</li> <li>- Einbau</li> <li>- längskraftschlüssige Verbindungen</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ erlaubt Betriebsdrücke bis 100 bar; ist wurzelfest</li> <li>▶ ist nicht brennbar</li> <li>▶ ist ohne Spezialgeräte möglich</li> <li>▶ erlauben höchste Zugkräfte und sind damit ideal für den grabenlosen Einbau</li> </ul> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- überlegene Werkstoffeigenschaften</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ erlauben Spezialanwendungen in alpinen Regionen, für Feuerlöschleitungen, Beschneigungssysteme und Wasserkraftanlagen</li> </ul>  |

## 22.2 Umhüllungen duktiler Gussrohre für den grabenlosen Rohreinbau

Duktile Gussrohre werden grundsätzlich mit Werksumhüllungen geliefert. Die Umhüllungen sind so zu wählen, dass die Dauerhaftigkeit der Rohrleitung sichergestellt ist. Dabei sind Kenntnisse über die Bodenarten erforderlich, in welchen die Rohrleitungen eingebaut werden sollen. In den Produktnormen EN 545 [22.10] und EN 598 [22.11]

werden die Einsatzgrenzen verschiedener Umhüllungssysteme von Rohren, Formstücken und Zubehörteilen in Bezug auf wichtige Bodenparameter im Anhang D (EN 545 [22.10]) und im Anhang B (EN 598 [22.11]) angegeben.

Beim grabenlosen Rohreinbau werden die Umhüllungen duktiler Gussrohre vielfältigen äußeren mechanischen Belastungen ausgesetzt. Um Beschädigungen an den werksseitigen Umhüllungen beim grabenlosen Rohreinbau zu vermeiden, empfiehlt sich der Einsatz von mecha-

nisch hochbelastbaren Beschichtungen. Zwei wichtige Vertreter mechanisch hochbelastbarer Gussrohr-Umhüllungen sind die Zementmörtel-Umhüllung (ZM-U) nach EN 15 542 [22.12] (**Bild 22.1**) und die Polyurethan-Umhüllung (PUR) nach EN 15189 [22.13] (**Bild 22.2**). Sie haben sich bei den grabenlosen Einbauverfahren durchgehend bewährt.

## 22.3 Verbindungstechnik

Bei den Steckmuffen-Verbindungen duktiler Gussrohre unterscheidet man grundsätzlich zwischen nicht längskraftschlüssigen und längskraftschlüssigen Konstruktionen.

### 22.3.1 Nicht längskraftschlüssige Steckmuffen-Verbindungen

Zu den nicht längskraftschlüssigen Steckmuffen-Verbindungen zählt zum Beispiel die TYTON® - Steckmuffen-Verbindung (**Kapitel 8**) nach DIN 28 603 [22.14]. Solche Verbindungen sind nur bedingt für grabenlose Einbautechniken geeignet. Als einziges Verfahren kommt



**Bild 22.1:**  
Zementmörtel-Umhüllung  
nach EN 15542 [22.12]



**Bild 22.3:**  
Langrohrrelining –  
Einschieben duktiler Gussrohre

das Einschieben im Langrohrrelining in Betracht. Durch das Einschieben wird die Schubkraft vom Einsteckende über den Muffengrund auf das nächste Rohr übertragen (**Bild 22.3**). Zulässige Einschubkräfte sind im weiteren Verlauf dieses Kapitels angegeben.

Nähere Angaben und Einsatzbedingungen zu diesem Verfahren sind bei den Herstellern zu erfragen.

### 22.3.2 Längskraftschlüssige Steckmuffen-Verbindungen

Längskraftschlüssige Steckmuffen-Verbindungen sind in reibschlüssige und formschlüssige Steckmuffen-Verbindungen unterteilt (**Kapitel 9**).

#### 22.3.2.1 Reibschlüssige längskraftschlüssige Steckmuffen-Verbindungen

Bei reibschlüssigen Konstruktionen werden die Zugkräfte durch Reibschluss, z. B. gezahnte Elemente, die sich auf der Oberfläche des Einsteckendes festkrallen, übertragen (**Bild 22.4**).



**Bild 22.2:**  
Polyurethan-Umhüllung  
nach EN 15189 [22.13]



**Bild 22.4:**  
Reibschlüssige Steckmuffen-  
Verbindung Fig. 2807A

### 22.3.2.2 Formschlüssige längskraftschlüssige Steckmuffen-Verbindungen

Bei formschlüssigen Steckmuffen-Verbindungen werden die Kräfte über angeformte Elemente (z. B. Schweißraupen) auf den Einsteckenden in Kombination mit Kraftübertragungselementen (z. B. Riegel oder Segmente) und angegossene oder vorgesetzte Schubsicherungsvorkehrungen übertragen (**Bilder 22.5 und 22.6**).



**Bild 22.5:**  
Formschlüssige Steckmuffen-  
Verbindung HYDROTIGHT

### 22.3.3 Einsatzbereiche längskraftschlüssiger Steckmuffen-Verbindungen

In den einzelnen europäischen Ländern bestehen unterschiedliche Auffassungen darüber, welche Art der längskraftschlüssigen Steckmuffen-Verbindung für welches Einbauverfahren eingesetzt werden sollte oder am sinnvollsten zu empfehlen ist. So werden beispielsweise in Deutschland, gemäß der für den grabenlosen Rohreinbau duktiler Guss-



**Bild 22.6:**  
Formschlüssige Steckmuffen-  
Verbindung BLS®/VRS®-T

rohre vorhandenen DVGW-Arbeitsblätter, GW 320-1 [22.3], GW 321 [22.4], GW 322-1 [22.5], GW 322-2 [22.6] und GW 324 [22.7], vorrangig formschlüssige längskraftschlüssige Steckmuffen-Verbindungen empfohlen. Beim Berstlining nach DVGW-Merkblatt GW 323 [22.7] sind nur formschlüssige Verbindungen zulässig.

In anderen europäischen Ländern werden auch reibschlüssige längskraftschlüssige Steckmuffen-Verbindungen zugelassen. Sie sollten in Absprache mit dem Rohrhersteller eingesetzt werden.

Die technischen Daten der formschlüssigen längskraftschlüssigen Steckmuffen-Verbindungen (Zugkräfte, Kurvenradien usw.) nach dem DVGW-Arbeitsblatt GW 320-1 [22.3] sind in der **Tabelle 22.3** angegeben.

**Tabelle 22.3:**

Technische Daten von formschlüssigen längskraftschlüssigen Steckmuffen-Verbindungen nach Tabelle A.6 – Zulässige Zugkräfte, Abwinkelbarkeiten und Kurvenradien von Rohren aus duktilem Gusseisen mit Muffen BLS® <sup>1)</sup> (inkl. VRS®-T für DN 80 – DN 500 und TKF für DN 600 – DN 1000) bzw. TIS-K (Typ-Prüfdruck  $P_{\text{Typ}} = PFA \times 1,5 + 5$  bar, abgemindert mit Sicherheitsbeiwert  $S = 1,1$  für Bauzustand) [22.2]

Nennweite DN	Wanddickenklasse	Bauteilbetriebsdruck <sup>2)</sup> PFA [bar]	zulässiger Zugkraft <sup>2),3)</sup> $F_{\text{zul}}$ [kN]	Abwinkelung/ minimaler Kurvenradius [°/m]
80	10	64	70	3/115
100	10	64	100	3/115
125	9	60	140	3/115
150	9	50	165	3/115
200	9	40	230	3/115
250	9	35	308	3/115
300	9	30	380	3/115
400	9	25	558	3/115
500	9	25	860	2/172
600	9	25	1200	2/172
700	9	25	1400	1,5/230
800	9	16	1350	1,5/230
900	9	16	1700	1,5/230
1000	9	10	1440	1,5/230

<sup>1)</sup> Von DN 80 bis DN 250 müssen BLS® - Muffen mit Hochdruckriegel verwendet werden.

<sup>2)</sup> Höhere Drücke und Zugkräfte sind bei Bedarf mit dem Rohrhersteller abzustimmen.

<sup>3)</sup> Bei geradlinigem Trassenverlauf (max. 0,5° Abwinkelung pro Rohrverbindung) können die zulässigen Zugkräfte um 50 kN angehoben werden

Einzelne Hersteller und Versorgungsunternehmen lassen in ihren eigenen Werknormen höhere zulässige Zugkräfte und kleinere Kurvenradien zu.

## 22.4 Grabenlose Einbauverfahren

Bei den grabenlosen Einbauverfahren werden im weiteren Verlauf grundsätzlich unterschieden nach:

- Verfahren zur trassengleichen Auswechslung bestehender Leitungen: Hierzu zählen das Berstlining-Verfahren, das Press-/Zieh-Verfahren und das Hilfsrohr-Verfahren. Bei diesen Verfahren wird die vorhandene Rohrtrasse zum Einbringen eines neuen Rohres in gleicher oder abweichender Dimension genutzt.
- Grabenlose Neulegung von Rohrleitungen: Die üblichen Verfahren für duktile Gussrohre sind das Horizontalspülbohr-Verfahren (HDD = Horizontal Directional Drilling), das Einfräsen, das Einpflügen und der gesteuerte Pilotvortrieb.

- Relining-Verfahren: Unter Relining versteht man das Einziehen oder Einschleiben eines Neurohres in ein altes, größeres Medienrohr. Hieraus folgt eine Querschnittsverkleinerung des neuen Medienrohres.

### 22.4.1 Berstlining-Verfahren

#### 22.4.1.1 Allgemeines

Das Berstlining wird zur grabenlosen und trassengleichen Erneuerung von Rohrleitungen eingesetzt. Hierfür wird die vorhandene Altrohrleitung mittels eines Berstkopfes zerstört, gleichzeitig durch eine Aufweitstufe (**Bild 22.7**) in das umgebende Erdreich verdrängt und der neue Rohrstrang eingezogen (**Video 22.01**). Das Altrohr-Material verbleibt im Erdreich. Dies birgt je nach Material sowohl Vorteile in Bezug auf die Entsorgung, aber auch Nachteile in Bezug auf die Punktbelastung der neuen Rohre. Unter Verwendung von duktilen Gussrohren mit mechanisch belastbaren Umhüllungen kann jedoch von einer Unempfindlichkeit des Rohrkörpers und der Umhüllung gegenüber den ent-



**Bild 22.7:**  
Berstkopf mit Rippen,  
Aufweitstufe und Zugkopf

stehenden Belastungen (z. B. durch Scherben biegesteifer Altröhre) ausgegangen werden.

**Video 22.01:**  
Berstlining, DN 200, Wien

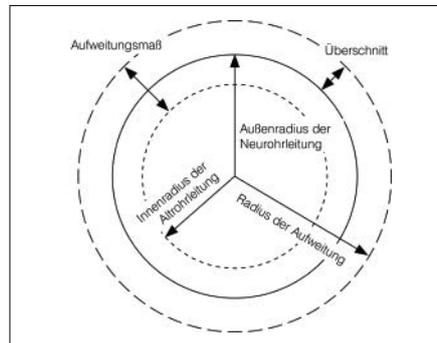
Berstlining eignet sich besonders gut für Altröhre aus sprödem Material wie Asbestzement, Steinzeug oder Grauguss. Aber auch Rohre aus Stahl oder duktilem Gusseisen können mit dem statischen Verfahren mit Hilfe spezieller Schneidköpfe „geborsten“ werden. Das neu eingezogene Rohr kann in gleicher Nennweite wie das Altrohr oder, je nach Größe des verwendeten Aufweitkopfes, in größeren Dimensionen eingezogen werden [22.15].

Eine Nennweitenvergrößerung bis zu drei Stufen ist möglich. Kann die Neurohrleitung kleiner sein als die Altrohrleitung, bietet sich das Langrohr-Relining als Alternative an.

Bei duktilen Gussrohren ist ein Aufweitmaß zu wählen (**Bild 22.8**), das größer ist als der Muffenaußendurchmesser. Über das Aufweitmaß (AM) ist, in Anlehnung an das DVGW-Merkblatt GW 323 [22.7], der benötigte Abstand zu benachbarten Versorgungsträgern und die Überdeckungshöhe zu bestimmen. Folgende Mindestabstände sind einzuhalten:

- Parallele Leitung:  $> 3 \times \text{AM}$ , min. 40 cm,
- parallele bruchgefährdete Leitungen  $< \text{DN } 200$ :  $> 5 \times \text{AM}$ , min. 40 cm,
- parallele bruchgefährdete Leitungen ab  $\text{DN } 200$ :  $> 5 \times \text{AM}$ , min. 100 cm,
- kreuzende Leitungen im kritischen Abstand möglichst freilegen,
- Rohrdeckung:  $> 10 \text{ AM}$ .

Ein weiterer Vorteil des Berstlinings von Altrohren aus Asbestzement kann darin gesehen werden, dass die problematische und arbeitsschutztechnisch schwierige Bearbeitung und Entsorgung der Altrohre



**Bild 22.8:**  
Definition des Aufweitmaßes AM

bei einem Auswechseln im offenen Graben entfällt.

Im Bereich von Verteilungsnetzen ist der Einsatz des Berstlinings (bzw. jedes grabenlosen Auswechselns) in erster Linie von der Anzahl der erforderlichen Zwischenbaugruben abhängig. Zwischenbaugruben müssen für Hausanschlüsse, Armaturen, Richtungs- und Querschnittsänderungen und Abzweige angelegt werden. Bögen bis  $11^\circ$  können gewöhnlich durchfahren werden. Bei einer engeren Abfolge von Hausanschlussleitungen

kann die Auswechslung im offenen Graben wirtschaftlicher sein [22.16].

Genauso wichtig ist die Genauigkeit der Dokumentation der bestehenden Altrohrleitung. Unter anderem sind folgende Punkte zu dokumentieren:

- Rohrdurchmesser und Werkstoff des Altrohres,
- Nennweiten- und Werkstoffwechsel,
- Überdeckungshöhe,
- Richtungsänderungen,
- horizontale und vertikale Rohretagen,
- Abzweige oder Anschlüsse,
- Wassertöpfe,
- Armaturen,
- Betonwiderlager,
- Formstücke, Schellen usw.,
- parallele und querende Leitungsanlagen.

### 22.4.1.2 Verfahrensbeschreibung

Man unterscheidet beim Berstlining das dynamische und das statische Verfahren. Bei beiden Verfahren werden unter Verwendung eines Berstkopfes Kräfte in die Altrrohrleitung eingeleitet, die dadurch zerstört wird. Spröde Werkstoffe werden in Scherben (**Bild 22.9**) aufgeborsten, alle anderen aufgeschnitten (**Bild 22.10**). Die Scherben bzw. das aufgeschnittene Rohr wird in das umgebende Erdreich verdrängt.



**Bild 22.9:**  
Graugusscherben

### Dynamisches Berstlining

Die zum Bersten notwendige Kraft wird in Rohrlängsrichtung durch eine Art Erdrakete eingeleitet. Diese wird mit Druckluft aus einem Kompressor angetrieben. Zur Führung des Berstkopfes wird dieser mit einem durch das Altrrohr gezogenen Zugseil durch eine Winde von der Zielgrube aus gezogen. Das dynamische Verfahren eignet sich vor allem für stark verdichtete und steinige Böden und spröde Altrrohre. Für die Neulegung duktiler Gussrohre ist es nicht geeignet.



**Bild 22.10:**  
Aufgeschnittenes Stahlrohr

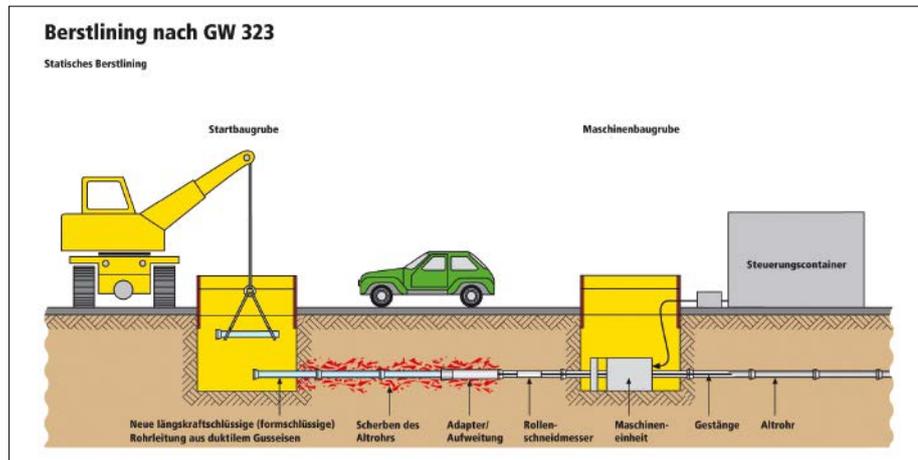
### Statisches Berstlining

Bei diesem Verfahren wird die Kraft durch ein Zuggestänge in den Berstkopf eingeleitet, das von der Zielgrube aus durch die Altrrohrleitung von der Zugmaschine bis zum Berstkopf geführt wird (**Bilder 22.11 und 22.12**).

Die Zugmaschine stützt sich während des Zugvorganges gegen die Grabenwand der Zielgrube ab. Das Zuggestänge wird sukzessive zurückgebaut. Das statische Verfahren eignet sich für gut verdrängbare, homogene Böden und ist für die Neulegung von duktilen Gussrohren geeignet.

### 22.4.1.3 Anwenderhinweise

Die bisher größte im Berstlining eingezogene Nennweite duktiler Gussrohre ist DN 600. Prinzipiell ist jedoch jede Nennweite, also auch DN 1000, möglich. Je nach zu berstender Nennweite und zu erwartender Aufweitung sind die Zugleistungen der eingesetzten Maschinen auszuliegen.



**Bild 22.11:**  
Schema des statischen Berstlining-Verfahrens

Als grobe Einteilung können folgende Zugleistungen, in Abhängigkeit vom Altrohrdurchmesser, angenommen werden, siehe hierzu [22.17]:

■ ≤ DN 250	→ 400 kN,
■ > DN 250 ≤ DN 400	→ 770 kN,
■ > DN 400 ≤ DN 600	→ 1250 kN,
■ > DN 600 ≤ DN 1000	→ 2500 kN.

Die zu erwartenden Zugkräfte sind darüber hinaus aber auch noch abhängig von einigen anderen Faktoren, wie z. B. dem Aufweitmaß, dem anstehenden Boden und der Haltungslänge. Der größte Anteil an den Zugkräften wird durch das Aufbrechen des Altrohrs und das Aufweiten hervorgerufen. Hinzu kommt ein relativ kleiner Anteil aus Mantelreibung des Neurohres.



**Bild 22.12:**  
Zuggestänge mit Berstkopf

Die üblichen Haltungslängen liegen zwischen 50 m und 200 m. Größere Längen sind theoretisch auch möglich, da ja nur ein kleiner Teil der Zugkraft auf das Rohrmaterial und dessen Länge und folglich Mantelreibung zurückzuführen ist. Begrenzt werden die Haltungslängen aber meist durch örtliche Gegebenheiten, wie Richtungsänderungen oder sonstige Einbauten.

Welche Längen tatsächlich möglich und sinnvoll sind, ist für jedes Objekt separat festzulegen.

Inzwischen liegen auch Praxiserfahrungen mit der Auswechslung duktiler Rohrwerkstoffe (GGG und Stahl) durch Rohre aus duktilem Gusseisen vor. Hier werden die Altröhre mit speziellen Perforier- und Schneidrädern (**Bild 22.13**) aufgeschnitten und mit dem nachfolgenden Aufweitkopf so weit aufgebogen, dass die Neurohrleitung nachgezogen werden kann. Der Einsatz bis zur Nennweite DN 400 ist erprobt [22.18] (**Video 22.02**).



**Bild 22.13:**  
Rollenschneider für Altröhre aus Stahl

**Video 22.02:**  
Berstlining, Demo-Baustelle, Lennestadt

## 22.4.2 Press-/Zieh-Verfahren

### 22.4.2.1 Allgemeines

Der größte Innovationsschub auf dem Sektor der grabenlosen Auswechslung ging von Berlin aus. Hier ist, mit einem Alter von  $\leq 120$  Jahren, das älteste Grauguss-Wasserrohrnetz Deutschlands in Betrieb und muss dringend erneuert werden. Die äußeren Randbedingungen in Berlin erschweren die Auswechslung vor allem wegen folgender zwei Forderungen:

1. Die Rohrleitungen liegen im Wurzelbereich der Straßenbäume am Rand der Bürgersteige. Die Bäume stehen unter strengem Schutz, die Wurzeln dürfen keinesfalls geschädigt werden. Das Anlegen von Rohrgräben mit konventionellem Einbau verbietet sich.
2. Auswechslungsverfahren, bei welchen die Altröhre entweder ganz oder in Bruchstücken in der Trasse verbleiben, können wegen der Berliner

Straßensatzung nicht angewendet werden. Alle nicht genutzten Bauteile müssen restlos entfernt werden.

Damit war die Entwicklung zweier spezieller Rohrauswechslungsverfahren – dem Press-/Zieh-Verfahren und dem Hilfsrohr-Verfahren – vorprogrammiert. Mit beiden Verfahren können Rohrleitungen grabenlos und trassengleich gegen neue Leitungen gleicher oder größerer Nennweite, z. B. neu DN 125/150 gegen alt DN 100 (**Tabelle 22.4**) ausgewechselt werden, wobei die Rohre der Altleitung entweder in Bruchstücken oder in ganzer Länge geborgen werden. Damit werden folgende Vorteile wahrgenommen:

- Wertvolle Rohstoffe werden wieder dem Materialkreislauf zugeführt,
- Oberflächen und Natur werden nur minimal beeinträchtigt,
- der unterirdische Bauraum wird nicht zusätzlich mit neuen Trassen verbaut.

**Tabelle 22.4:**  
Maximale Nennweitenvergrößerung  
bei grabenloser Auswechslung

Nennweite Altrohr	Maximale Nennweite Neurohr
DN 80	DN 150
DN 100	DN 200
DN 150	DN 200
DN 200	DN 300
DN 300	DN 400
DN 400	DN 400

Zusätzliche Pluspunkte der beiden Verfahren sind:

- Die Haltestellen des öffentlichen Busverkehrs brauchen nicht umgelegt zu werden.
- Der Anlieferverkehr in Geschäftsstraßen wird kaum beeinträchtigt.
- Andere leitungsgebundene Medien werden durch Aufgrabungen nicht gefährdet.

- Je nach verwendeter Maschinentchnik mit einer max. Schallemission von < 54,5 dB(A), ist ein besonders „leises“ und staubfreies Bauen möglich. Es besteht sogar die Möglichkeit, in Wohngebieten ohne nächtliche Unterbrechungen zu arbeiten.

Vor allem im innerstädtischen Baugebiet mit extrem dicht belegten Leitungstrassen sind parallel verlaufende oder kreuzende Leitungen beim Einsatz großer Tiefbaumaschinen in offenen Gräben stark gefährdet. Diese Gefahr wird mit dem Einsatz grabenloser Auswechslungsverfahren minimiert.

Beide Verfahren (Press-/Zieh- und Hilfsrohr-Verfahren) werden bei Versorgungsleitungen im Nennweitenbereich DN 80 bis DN 400 eingesetzt.

Erforderlich sind:

- Eine Maschinenbaugrube zur Aufnahme der Maschinentchnik,
- eine Montagegrube für die neuen Rohre (etwa 7 m lang),
- Zwischenbaugruben für die Hausanschlüsse bzw. Abzweige.

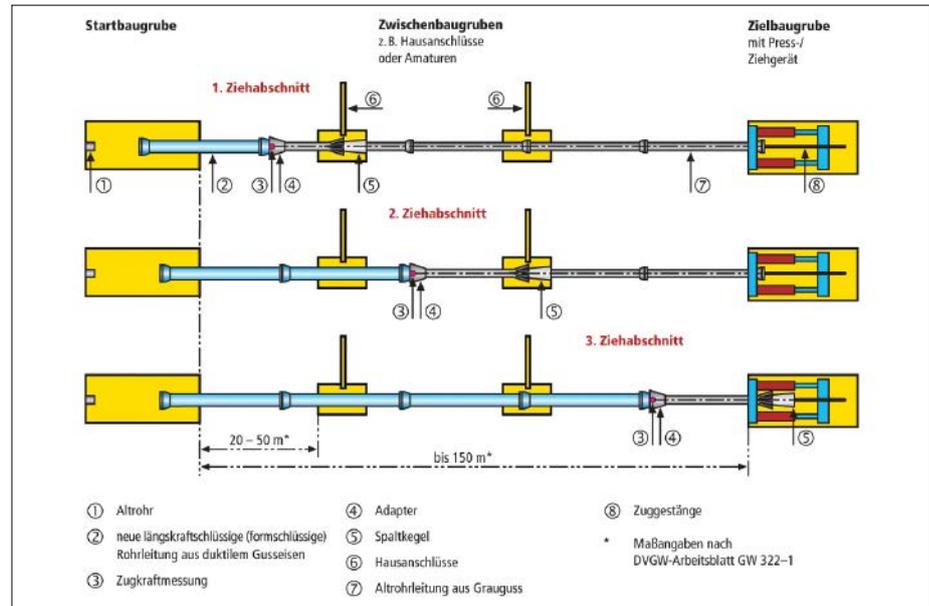
Der Abstand der Zwischenbaugruben hängt von der Nennweite des Altrohres und dessen Zustand, der Nennweite des neuen Rohres, der Maschinentchnik, der Bodenart, dem Baum bzw. Wurzelbestand und natürlich von verkehrs- und medientechnischen Bedingungen ab. Der Abstand der Zwischengruben sollte je nach Verfahren und Örtlichkeit 25 m bis 50 m nicht überschreiten. Start- und Zielgrube haben bei einem geradlinigen Trassenverlauf bzw. einem minimalen Krümmungsradius von 170 m im Normalfall einen Abstand von 100 m bis 180 m. Vor dem Auswechslvorgang wird die Altleitung außer Betrieb genommen. Die Anlieger werden über Notwasserleitungen weiter versorgt, deren Wasser in den Hausanschlussgruben in die abgeklemmten Hausanschlussleitungen eingepreist wird.

#### 22.4.2.2 Verfahrensbeschreibung

Beim Press-/Zieh-Verfahren ( **Video 22.03**) wird das Altrohr auf einen Spaltkegel geschoben, zerbrochen und in Scherben aus der Maschinen- oder Zwischenbaugrube entnommen (**Bild 22.14**). Die Neurohre mit längs-

kraftschlüssigen Verbindungen werden mittels Zug-/Schubkopf am Ende des Zuggestänges angehängt und in den freierwährenden Hohlraum nachgezogen. Beide Teilschritte finden gleichzeitig statt. Dabei kann, wie bereits beschrieben, noch eine Aufweitstufe hinter den Zugkopf geschaltet werden, durch die bis zu drei Nennweiten erweitert werden kann (Tabelle 22.4).

Nach dem Herstellen und Verbauen der erforderlichen Start-, Ziel- und Zwischenbaugruben werden die darin enthaltenen alten Leitungsabschnitte herausgetrennt und ausgebaut. Hierdurch muss das Altrrohr nicht auf einmal über die gesamte Länge vom Erdreich gelöst werden, sondern nur zwischen den einzelnen Gruben. Folge ist eine geringere Zugkraft. Speziell vorbereitete Montage-/Startgruben erleichtern die Rohrmontage und vermeiden den Eintrag von Verunreinigungen (Bilder 22.15 und 22.16). Auf Grund der Baulänge von Gussrohren sollte deren Länge 7 m bis 8 m nicht unterschreiten.



**Bild 22.14:**

Schema Press-/Zieh-Verfahren zur grabenlosen Erneuerung von Graugussleitungen

**Video 22.03:**

Vorstellung des Press-/Zieh-Verfahrens – Beispiel in der Schweiz



**Bild 22.15:**  
Start- und Montagegrube



**Bild 22.16:**  
Montagezubehör

Zunächst wird ein kuppelbares Zuggestänge in die Altleitung eingeschoben und am Ende der Altleitung an einem Übergangsadapter (**Bild 22.14**) verankert, sodass die alten Rohre beim Auswechsellvorgang aus dem Erdreich geschoben werden. Es verbleiben keine Scherben in der Bettungszone der neuen Rohrleitung. Das neue Rohr wird ebenfalls am Übergangsadapter befestigt und simultan mit dem Rohrausbau hinterher gezogen.

Die Zugkräfte werden über das Zuggestänge am Übergangsadapter als axiale Druckkräfte in das Ende der Altleitung eingeleitet. Unter Umständen kann es vorkommen, dass das Altrrohr bereits so schwach ist, dass es die auftretenden Schubkräfte nicht aufnehmen und somit nicht aus dem Erdreich herausgepresst werden kann. In solchen Fällen muss das Altrrohr vorher verstärkt werden. Dies kann zum Beispiel durch Einziehen eines Leerrohres mit anschließendem Verfüllen des Hohlraumes zwischen Alt- und Leerrohr mit Beton geschehen.

Auf den neu einzuziehenden Rohrstrang wirken nur die Zugkräfte aus dem Eigengewicht und der Mantelreibung. Da die

Muffe ähnlich wie ein Aufweitkörper wirkt, entstehen im Allgemeinen nur dort die Kräfte aus Mantelreibung, während der im Durchmesser kleinere, 6 m lange Rohrschaft keinen Beitrag für die Entstehung von Mantelreibungskräften liefert.

An der Rückwand der Zielbaugrube stützt sich das hydraulische Press-/Ziehgerät (Zugmaschine) z. B. über eine Stahlkonstruktion als Widerlager ab (**Bild 22.17**).

Das Widerlager ist auf die Reaktionskräfte und die Nennweite bemessen und lässt nur einen geringen Überschnitt am Rohr zu, damit möglichst kein Erdreich in die Grube gefördert wird. Die hydraulischen Vorschubzylinder des Press-/Ziehgeräts gestatten ein erschütterungs- und ruckfreies Herausschieben der alten Rohre. In den Zwischenbaugruben wird das Altrrohr über einen Spaltkegel geschoben oder mit einem automatischen Rohrknacker zertrümmert (**Bild 22.18**).



**Bild 22.17:**  
Zugschere und Widerlager



**Bild 22.18:**  
Hydraulischer Rohrknacker

Auf diese Weise wird immer nur der Alrohrabschnitt vor dem Spaltkegel herausgepresst, was zu einer nicht unwesentlichen Verringerung der benötigten Zugkräfte führt. Die Lage und Größe der Zwischenbaugruben wird örtlich auf Grund von z. B. Hausanschlüssen, Abzweigen, Einbauten festgelegt. Gewöhnlich beträgt der Abstand zwischen ihnen 20 m bis 50 m. Die in den Zwischen- und Zielgruben entstehenden Scherben werden mit Hilfe von Gefäßen zur Oberfläche gefördert. Beim letzten Ziehabschnitt wird das in die Zielgrube gezogene Alrohr in der Regel beim Rückwärtshub der Vorschubzylinder zerkleinert.

Genau wie beim Berstlining (**Kapitel 22.4.1**) ist auch hier ein Aufweitmaß zu wählen, welches größer ist als der Muffenaußendurchmesser. Über das Aufweitmaß AM (**Bild 22.8**) sind der benötigte Abstand zu benachbarten Versorgungsträgern und die Überdeckungshöhe zu bestimmen.

Folgende Mindestabstände sind nach [22.7] einzuhalten:

- Parallele Leitung: > 3 x AM, min. 40 cm,
- parallele bruchgefährdete Leitungen < DN 200: > 5 x AM, min 40 cm,
- parallele bruchgefährdete Leitungen ab DN 200: > 5 x AM, min 100 cm,
- kreuzende Leitungen im kritischen Abstand möglichst Freilegen,
- Rohrdeckung: > 10 AM.

#### 22.4.2.3 Neueste Entwicklungen

Im Zuge des Baustellentages der Wasser Berlin 2011 wurde als Weltpremiere eine Weiterentwicklung des Press-/Zieh-Verfahrens vorgestellt. Gemeinsam mit der Firma Tracto Technik aus Lennestadt entwickelte die Firma Josef Pfaffinger, Nie-

derlassung Berlin, eine auf dem Press-/Zieh-Verfahren basierende Möglichkeit, auch größere Nennweitenunterschiede, selbst bei geringen Überdeckungshöhen, auszuwechseln (**Video 22.04**).

Dies wurde durch eine zwischen Press-/Ziehkopf und Neurohr platzierte Bodenentnahme ermöglicht. Der entnommene Boden wird mittels Förderschnecke (**Bild 22.19**) durch ein im Medienrohr verlaufendes Stahlrohr (**Bild 22.20**) in die Startgrube abtransportiert. Gleichzeitig wird das Altrohr in die Zielgrube gepresst und dort aufgeborsten. Auf diese Weise konnte bei einer Rohrüberdeckung von nur 1,5 m ein altes Graugussrohr DN 300 durch ein neues duktiles Kanalrohr der Nennweite DN 500 ersetzt werden. Die hierbei erprobten Haltungen betragen etwa 50 m. Zum Einsatz kamen duktile Kanalrohre nach EN 598 [22.11] mit formschlüssiger längskraftschlüssiger BLS®/VRS®-T - Steckmuffen-Verbindung und ZM-U-Plus-Umhüllung. Durch die ZM-U-Plus-Umhüllung und den sehr geringen Überschnitt von ungefähr 15 mm konnten spätere Setzungen auf ein Minimum reduziert werden [22.19].



**Bild 22.19:**  
Zugkopf mit innenliegender Förderschnecke



**Bild 22.20:**  
ZM-U-Plus-Kanalrohr mit eingebautem Förderrohr und Schneckengestänge

**Video 22.04:**  
Press-/Zieh-Verfahren mit Bodenentnahme

### 22.4.3 Hilfsrohr-Verfahren

#### 22.4.3.1 Allgemeines

Das Hilfsrohr-Verfahren wurde aus dem Berstling bzw. dem Press-/Zieh-Verfahren heraus entwickelt. Im Prinzip gelten die gleichen Grundsätze wie bereits in **Kapitel 22.4.1** und **Kapitel 22.4.2** beschrieben.

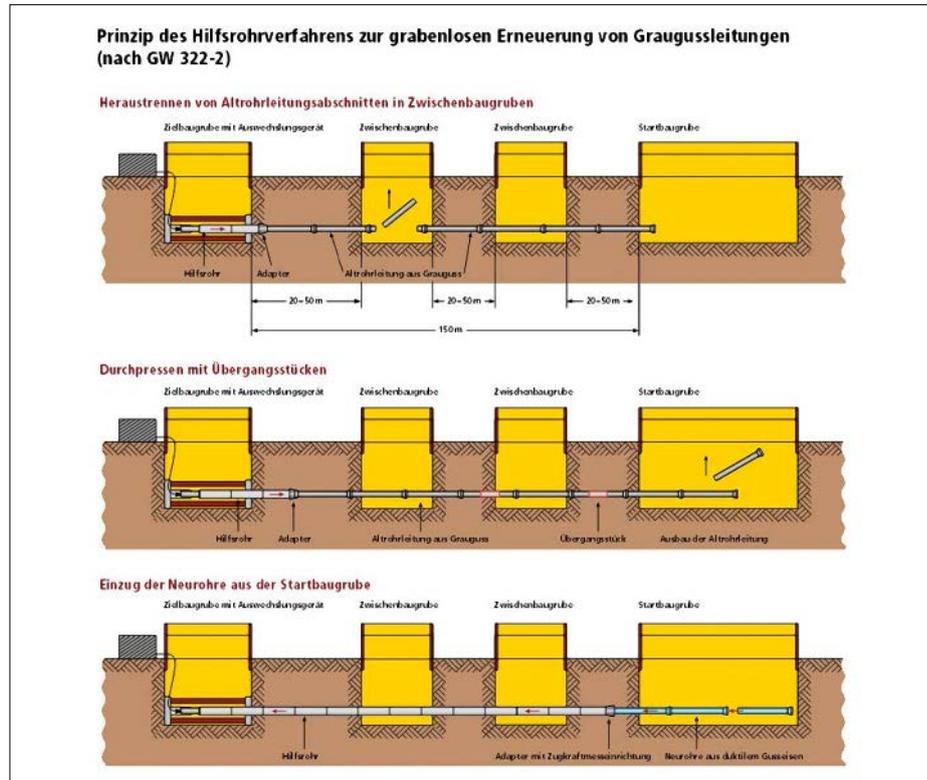
Im Gegensatz zum Press-/Zieh-Verfahren wird das Hilfsrohr-Verfahren zur trassengleichen Auswechslung von Rohren aus duktilen Werkstoffen, also solchen, die sich nicht in Ziel- oder Zwischenbaugrube aufbersten lassen (z. B. Stahlrohre), verwendet. Sollen solche Werkstoffe graben- und restlos aus dem Erdreich entfernt und trassengleich durch ein neues Rohr ersetzt werden, kann das Hilfsrohr-Verfahren zum Einsatz kommen. Auch bei diesem Verfahren sind Querschnittsvergrößerungen bis zu drei Nennweitenstufen möglich (**Tabelle 22.4**).

Hinsichtlich des Aufweitmaßes und der eng damit in Zusammenhang stehenden Mindestabstände zu benachbarten Versorgungsträgern und zur Oberfläche gelten sinngemäß die Aussagen aus **Kapitel 22.4.1.1**.

### 22.4.3.2 Verfahrensbeschreibung

Beim Hilfsrohr-Verfahren ist der Auswechslungsvorgang in mehrere Arbeitsschritte aufgeteilt. Ebenso wie bei dem in **Kapitel 22.4.2** beschriebenen Press-/Zieh-Verfahren sind auch hier eine Maschinenbaugrube und eine Montagebaugrube sowie die Zwischenbaugruben bei Hausanschlüssen bzw. Abzweigen erforderlich. Die Abstände der einzelnen Gruben sind ebenfalls ähnlich. Im ersten Arbeitsschritt werden die Bau- und Zwischengruben errichtet, die Hausanschlüsse leitungen abgeklemmt und an die Notversorgungsleitungen angeschlossen (**Bild 22.21**).

Fehlende Stücke des Altrohres, die durch Heraustrennen von Hausanschlüssen oder sonstigen Formstücken entstanden sind, werden durch Übergangsstücke ersetzt. Danach drückt die Maschinen-



**Bild 22.21:**

Prinzip des Hilfsrohr-Verfahrens zur grabenlosen Erneuerung von Graugussleitungen nach dem DVGW-Arbeitsblatt GW 322-2 [22.6]



**Bild 22.22:**  
Herausgepresste Stahlrohre

presse die Altrohre mittels längskraftschlüssiger Hilfsrohre aus Stahl in die Montagegrube, bis sie komplett entfernt sind (**Bild 22.22**).

Falls das Altrohr die hohen zu erwartenden Presskräfte nicht aufnehmen kann, wird es in den Zwischengruben getrennt und in kürzeren Rohrstücken entnommen.

Nach der vollständigen Entfernung des letzten Altrohres ist die Trasse mit den wieder verwendbaren Hilfsrohren belegt (**Bild 22.21**). Sie übernehmen jetzt die Lasten aus der Überdeckung und der Verkehrslast und sichern so den Rohrkanal.

Im letzten Arbeitsschritt wird an die im Rohrkanal befindlichen Hilfsrohre das neue Rohr mittels Zugkopf mit integrierter Zugkraftmeseinrichtung angekoppelt. Die Hilfsrohre werden in die Maschinengrube zurückgezogen und damit die neue Leitung in den vorhandenen Rohrkanal eingezogen (**Bild 22.21**). Parallel zu Demontage und Ausbau der Hilfsrohre in der Maschinengrube verläuft die Montage der Neurohre in der Rohrbaugrube. Mit einem aufweitenden Zugkopf können auch größer dimensionierte neue Rohre eingezogen werden. Üblicherweise wird mit einem geringen Überschnitt von 10 % bis 15 % über Muffenaußendurchmesser gearbeitet.

## 22.4.4 Horizontalspülbohrverfahren

### 22.4.4.1 Allgemeines

Im Gegensatz zu den in den **Kapiteln 22.4.1, 22.4.2** und **22.4.3** beschriebenen Verfahren zur trassengleichen Auswechslung bestehender Leitungen, werden nachfolgend Verfahren zur grabenlosen Neulegung duktiler Gussrohre beschrieben. Hierzu gehören das Horizontalspülbohrverfahren (HDD), das Einfräsen, das Einpflügen und der gesteuerte Pilotvortrieb. Während die letztgenannten Verfahren eine eher untergeordnete Rolle spielen, stellt das HDD-Verfahren eine praktisch fast alltägliche Form des grabenlosen Einbaus von duktilen Gussrohren dar.

Die Entwicklung dieses Verfahrens ist seit Beginn der 90er Jahre eng mit Rohren aus duktilem Gusseisen verbunden. Bereits 1993 hatte Nöh [22.20] in orientierenden Versuchen 60 m lange Leitungen DN 150 mit formschlüssigen Steckmuffen-Verbindungen eingebaut und zur Beurteilung der Oberflächenbeanspruchung wieder aus dem Bohrkanal herausgezogen. Die hervorragenden Ergebnisse bildeten

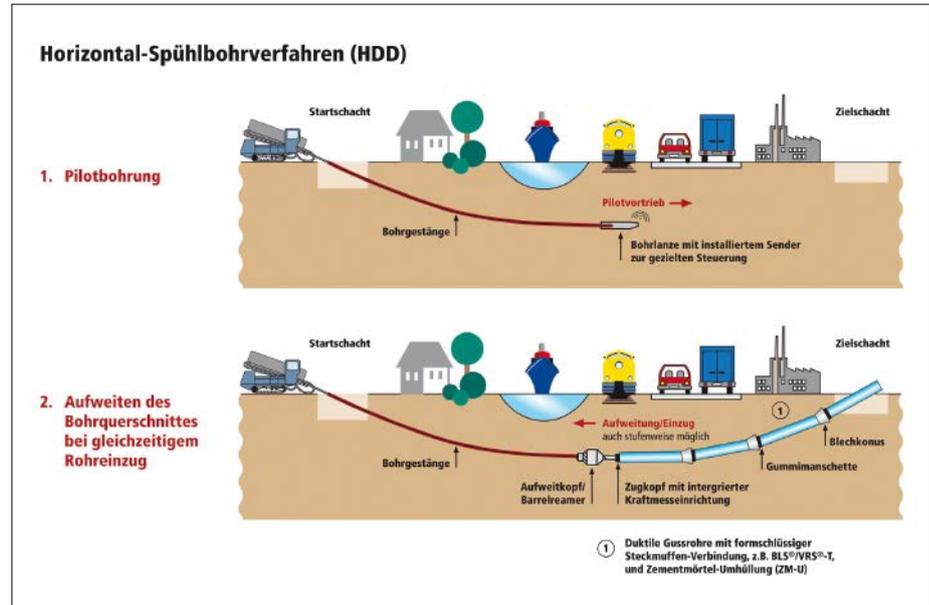
die Grundlage für einen Doppeldüker 2 x DN 150 von rund 200 m Länge, der 1994 bei Kinheim unter der Mosel, teilweise durch felsigen Untergrund, eingezogen wurde.

#### 22.4.4.2 Verfahrensbeschreibung

Das steuerbare horizontale Spülbohrverfahren HDD (Horizontal Directional Drilling) ist das am weitesten verbreitete grabenlose Verfahren für den Neueinbau von Druckrohrleitungen für die Wasserversorgung [22.21]. Ausführungsbeispiele zeigen die  Videos 22.05 und  22.06.

Der Arbeitsablauf des Horizontalspülbohr-Verfahrens unterteilt sich in die drei aufeinander folgenden Arbeitsschritte (Bild 22.23):

- Pilotbohrung,
- Aufweitbohrung(en),
- Einzug.



**Bild 22.23:**  
Schema des Horizontalspülbohr-Verfahrens

 **Video 22.05:**  
HDD – Spülbohrdüker DN 500 im belgischen Geel

 **Video 22.06:**  
HDD – Spülbohrdüker DN 900 im spanischen Alzira

### 1. Pilotbohrung

Sie ist der erste Schritt zur Herstellung eines Bohrkanals von der Startstelle zur Zielgrube, in den der Rohrstrang eingezogen werden kann. Die Pilotbohrung wird mittels eines Bohrkopfes an der Spitze eines Bohrgestänges gesteuert vorgerieben. Hierbei tritt am Bohrkopf unter hohem Druck eine wässrige Bentonitsuspension, die so genannte Bohrspülung aus, die von der Bohrmaschine durch das Bohrgestänge bis an den Bohrkopf gepumpt wird. Die Bohrspülung dient gleichzeitig dem Abtransport des gelösten Materials und der Stützung des Bohrkanals. Der Bohrkopf ist für alle Bodenarten unterschiedlich ausgebildet. Bei Sandböden reichen im Allgemeinen die Austrittsdüsen für Lösen und Abtransport des Bohrkleins aus. In felsigen Böden können mit Rollenmeißeln ausgerüstete Bohrköpfe eingesetzt werden.

Gesteuert wird die Pilotbohrung durch kontrolliertes Drehen der abgeschrägten Steuerfläche des Bohrkopfes, deren Ausweichbewegung durch Rotation in die gewünschte Richtung gedrängt werden kann (**Bild 22.24**). Die Ist-Position des



**Bild 22.24:**  
Bohrkopf für Pilotbohrung

Bohrkopfes wird mittels Funksignalen eines im Bohrkopf untergebrachten Senders oberhalb der Trasse angepeilt. Abweichungen von der Soll-Linie werden durch Steuerbewegungen korrigiert. Die Steuerungsgenauigkeit ist heute so hoch, dass es gelingt, Pilotbohrungen nach über 1.000 m Länge in einem nur 1 m<sup>2</sup> großen Zielfeld ankommen zu lassen.

### 2. Aufweitbohrung(en)

Mit der Aufweitbohrung wird die Pilotbohrung, falls erforderlich, in mehreren Schritten mittels geeigneter Werkzeuge auf einen Durchmesser gebracht, der für den Einzug des Medienrohres ausreicht. Hierzu wird an das Pilotgestänge ein Aufweitkopf montiert, dessen Größe und Gestalt sich nach den jeweiligen Bodenverhältnissen und der Dimension des später einzuziehenden Rohres richtet (**Bilder 22.25 und 22.26**).

Der Aufweitkopf wird unter ständiger Rotation durch das Bohrloch gezogen und weitet so die Pilotbohrung auf. Der abgebaute Boden wird mit der Bohrspülung ausgetragen, gleichzeitig stützt diese den Bohrkanal.

Der Aufweitvorgang wird solange mit immer größeren Köpfen wiederholt, bis der gewünschte Innendurchmesser des Bohrkanals erreicht ist. Der Durchmesser des Bohrkanals richtet sich bei duktilen Gussrohren nach dem Muffenaußendurchmesser. Gewöhnlich ist ein Überschnitt von 20 % bis 30 % über die Muffe notwendig.



**Bild 22.25:**  
Beispiele von Aufweitköpfen



**Bild 22.26:**  
Räumwerkzeug mit Drehgelenk  
und Zugkopf

### 3. Einzug

Nachdem der Bohrkanal seinen endgültigen Durchmesser erreicht hat, kann der Rohrstrang eingezogen werden. An das immer noch im Bohrkanal befindliche Bohrgestänge wird ein Räumwerkzeug (**Bilder 22.26 und 22.27**), anschließend ein Drehgelenk, welches das Mitdrehen des Rohrstranges verhindert, und ein auf das einzuziehende Rohrleitungsmaterial abgestimmter Zugkopf montiert (**Bild 22.28**). Der Zugkopf wird kraft- und formschlüssig mit dem Rohrstrang verbunden. Die

maximal mögliche Länge des einzuziehenden Rohrstranges hängt von den örtlichen Gegebenheiten ab.

Das Horizontalspülbohrverfahren kann mit duktilen Gussrohren, je nach vorhandenen Platzverhältnissen als komplett vormontiertem Rohrstrang (**Bilder 22.29, 22.30 und 22.31**) oder in Einzelrohrmontage (**Bild 22.32**), ausgeführt werden.



**Bild 22.27:**  
Positionierung des Drehgelenks  
zwischen Räumwerkzeug und Zugkopf



**Bild 22.28:**  
Zugkopf mit Stahlblechkonus



**Bild 22.30:**  
HDD – vormontierter Leitungsstrang  
aufgeständert



**Bild 22.32:**  
HDD – in Einzelrohrmontage mit  
Hilfe einer Montagerampe



**Bild 22.29:**  
HDD – im Graben vormontierter Rohrstrang



**Bild 22.31:**  
HDD – vormontierter Rohrstrang in der  
Bentonitsuspension schwimmend

### 22.4.5 Einfräsen

#### 22.4.5.1 Allgemeines

Nach GW 324 [22.8] wird der Boden durch ein Fräswerkzeug (Kette, Rad) gelöst, zerkleinert und gefördert. Er wird seitlich des Grabens abgelagert oder abgefahren (**Bild 22.33**). Es wird unterschieden nach dem Fräsverfahren ohne Einbaukasten und dem Fräsverfahren mit Einbaukasten. Beim Einbau von duktilen Gussrohren wird das Fräsverfahren mit Einbaukasten (z. B. Gleitschalung) angewendet (**Bild 22.33**).



**Bild 22.33:**

Einfräsen – Einzelrohrmontage in Gleitschalung

#### 22.4.5.2 Verfahrensbeschreibung

Die Fräs- und Einbaueinheit fräst den Graben. Der Einbaukasten wird gesetzt und die duktilen Gussrohre innerhalb des Einbaukastens auf der Grabensohle montiert. Die Verfüll- und Verdichtungseinheit bringt das seitlich gelagerte Einbaumaterial lagenweise in die Leitungszone ein und verdichtet es.

### 22.4.6 Einpflügen

#### 22.4.6.1 Allgemeines

Seit längerem werden im ländlichen Raum, in Trassen ohne bisher vorhandene Infrastruktur oder sonstige Hindernisse, Kabel und Kunststoffrohrleitungen von der Trommel aus eingepflügt. Dies geschieht vorzugsweise entlang von Wirtschaftswegen, am Rande landwirtschaftlich genutzter Flächen. Im Jahre 2000 wurde das Verfahren mit Rohren aus duktilem Gusseisen erstmalig im Rahmen eines Forschungsprojektes erfolgreich erprobt und in der Zwischenzeit zum Standardverfahren weiterentwickelt. Für die Planung und den Bau von unterirdischen Druckrohrleitungen der

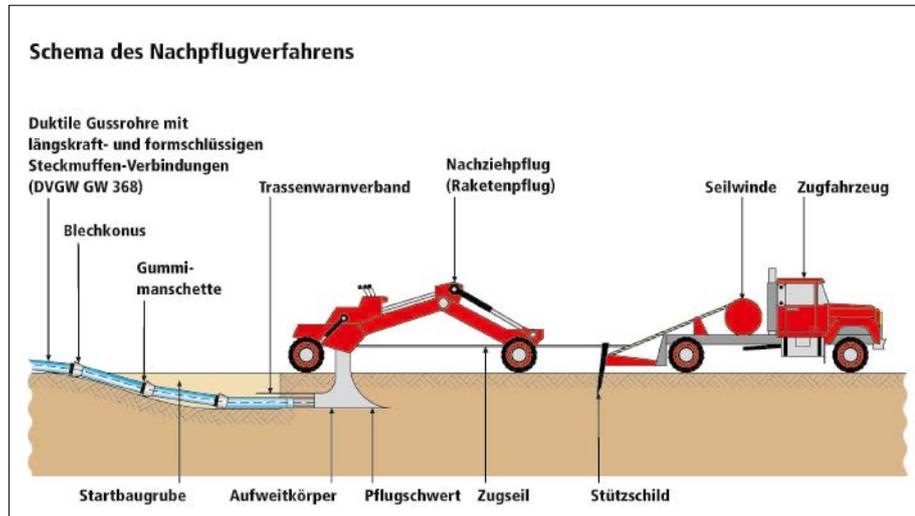
öffentlichen Wasserversorgung ist in Deutschland das DVGW-Arbeitsblatt GW 324 [22.8] zu beachten.

#### 22.4.6.2 Verfahrensbeschreibung

Durch einen raketenkopfförmigen Aufweitkörper am unteren Ende eines Pflugschwertes wird ein Hohlraum erzeugt. In diesen Hohlraum wird im gleichen Arbeitsschritt der an dem Aufweitkörper über einen Zugkopf angehängte Rohrstrang eingezogen (**Video 22.07**). **Bild 22.34** zeigt das Prinzip des Verfahrens.

Das Verfahren ist bisher mit den Nennweiten DN 80 bis DN 300 eingesetzt worden.

Die erforderliche Maschinenteknik besteht aus einem Zugfahrzeug (**Bild 22.35**) und einem Pflug (**Bild 22.36**) mit Pflugschwert. Zur vertikalen Konstanz der Rohrtrasse bei wechselndem Geländeprofil kann die Eintauchtiefe des Schwertes hydraulisch gesteuert werden.



**Bild 22.34:**  
Schema Pflugverfahren

 **Video 22.07:**  
Einpflügen von duktilen Gussrohre DN 150



**Bild 22.35:**  
Zugfahrzeug



**Bild 22.36:**  
Pflug

Der Pflug wird über ein Stahlseil (Bild 22.37) mit dem Zugfahrzeug verbunden, welches sich zur Abtragung der Zugkräfte in den Baugrund mittels Schild auf dem Boden abstützen kann.

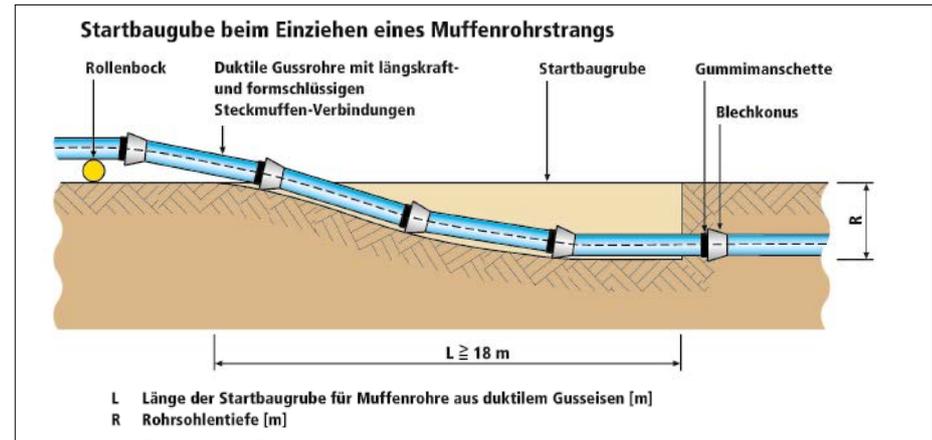
Die form- und längskraftschlüssig verbundene Leitung aus duktilen Gussrohren wird entlang der Trasse ausgelegt. Anschließend wird der Rohrstrang an den Aufweitkörper (Bild 22.38) angehängt und über eine Startgrube mit geneigter Rampe (Bilder 22.39 und 22.40) in den Boden eingepflügt (Bild 22.41). Die Länge der Startgrube ist abhängig von der Abwinkelbarkeit der längskraftschlüssigen Steckmuffen-Verbindung.



**Bild 22.37:**  
Stahlseil zum Zugfahrzeug



**Bild 22.38:**  
Pflug mit Aufweitkörper



**Bild 22.39:**  
Startgrube mit geneigter Rampe



**Bild 22.40:**  
Startgrube



**Bild 22.41:**  
Eingepflügte Rohrleitung

Mit dem Einzug der Rohrleitung können gleichzeitig zusätzliche Schutzrohre, Kabel und Warnbänder eingebaut werden. Zur Verfüllung des Ringraums oder zur Verringerung der Reibungskräfte kann eine Bentonitsuspension eingebracht werden. Einzelne Rohrleitungsstränge werden untereinander mittels U-Stücken verbunden. Die nach dem Einzug der Rohrleitung vorhandenen Oberflächenverwerfungen werden anschließend durch Überfahren mit dem Bagger wieder geglättet.

## 22.4.7 Gesteuerter Pilotvortrieb

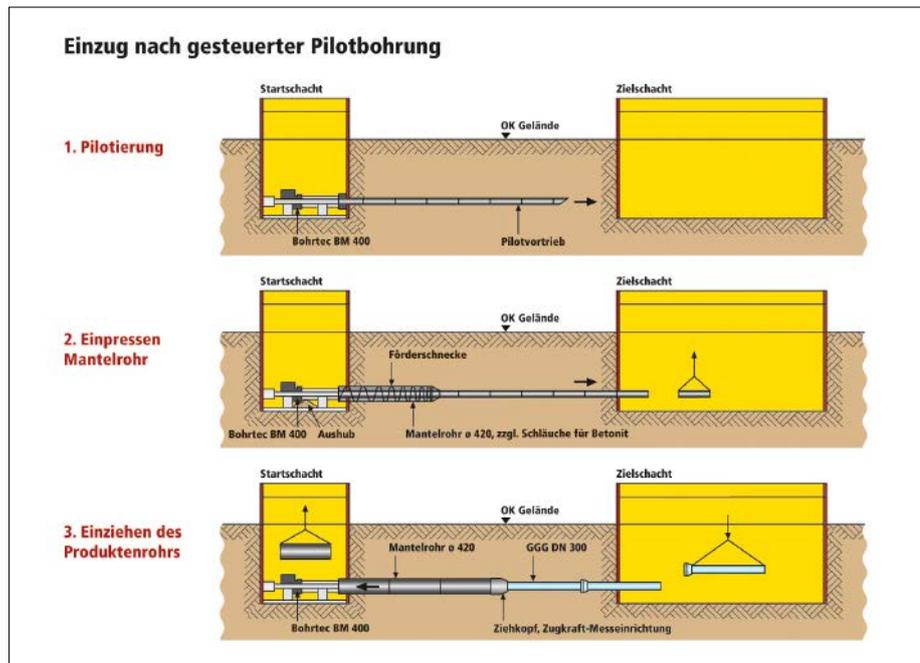
### 22.4.7.1 Allgemeines

Eine interessante Variante des grabenlosen Einbaus neuer Rohrleitungen aus duktilem Gusseisen ist der so genannte gesteuerte Pilotvortrieb. Mittels einer Vortriebsmaschine für das Microtunneling wird eine gesteuerte Pilotbohrung über etwa 70 m zur Zielgrube aufgeföhren. In einem zweiten Schritt wird diese Bohrung unter Bodenentnahme durch Hilfsrohre mit Schneckenförderung aufgeweitet. Der dritte Schritt besteht im Zurückziehen dieser Hilfsrohre unter gleich-

zeitigem Einzeleinzug duktiler Gussrohre (**Bild 22.42**). Die erzielbare Genauigkeit dieser Verfahrensvariante ist so hoch, dass sogar die hohen Anforderungen für Freigefällekanäle erreicht werden.

Grundvoraussetzungen für einen gesteuerten Pilotvortrieb sind ein verdrängbarer Boden, Haltungslängen < 120 m, keine Steine > 80 mm in der Trasse und ein Grundwasserstand über dem Rohr von weniger als 3 m. Die verfügbare Maschinenteknik lässt zurzeit den Einbau von Rohren mit einem maximalen Außendurchmesser von 1.000 mm zu. Das entspricht in etwa einem duktilen Gussrohr mit formschlüssiger längskraftschlüssiger Steckmuffen-Verbindung der Nennweite DN 800.

Der wesentliche Vorteil dieses Verfahrens besteht darin, dass auch Rohrmaterialien, die normalerweise nicht als Vortriebsrohr verfügbar sind, sehr genau grabenlos neu eingebaut werden können.



**Bild 22.42:**  
Einzug nach gesteuerter Pilotbohrung

### 22.4.7.2 Verfahrensbeschreibung

Der erste Schritt ist die Pilotbohrung. Das Pilotrohr wird vom Startschacht aus in die Zielbaugrube durch den verdrängungsfähigen Boden gepresst. Mit Hilfe einer optischen Gasse, einem Steuerkopf, einem Theodolit mit CCD-Kamera und Monitor gelingt eine zielgenaue Ansteuerung unter ständiger Kontrolle von Richtung und Neigung (**Bild 22.42**).

Im zweiten Schritt wird die Pilotbohrung durch das Vorpressen einer zugfesten Stahlschutzverrohrung erweitert (**Bild 22.42**). Gegebenenfalls kann die Bohrung jetzt schon auf das endgültig notwendige Maß aufgeweitet werden. Mit den Stahlschutzrohren werden die Rohrstücke der Pilotbohrung zum Zielschacht geschoben, dort demontiert und geborgen. Das bei der Bohrerweiterung entstehende Aushubmaterial wird mit einer Förderschnecke, bestehend aus 1 m langen Teilstücken, zum Startschacht zurückgefördert. Hier wird der Boden in einem Behälter aufgenommen, mit dem Baustellenhebezeug gehoben und in Containern zur Abfuhr gesammelt.

Im dritten Arbeitsschritt wird das duktile Gussrohr mit formschlüssiger längskraftschlüssiger Steckmuffen-Verbindung in den Zielschacht abgelassen und an den Zugkopf des vordersten Mantelrohrs gekoppelt. Die längskraftschlüssig verbundenen Mantelrohre werden nun zum Startschacht zurückgezogen. Hier werden sie mit der Förderschnecke zusammen geborgen (**Bild 22.42**).

Alle weiteren Produktrohre werden innerhalb kürzester Zeit an das vorher eingezogene Rohr gekoppelt. Der Zugkopf trägt eine Zugkraftmesseinrichtung, mit der die am Rohrstrang wirkenden Einziehkräfte gemessen und dokumentiert werden.

Alternativ zum Ziehkopf kann auch ein so genannter Hole Opener (**Bild 22.43**) mit Anschluss für duktile Gussrohre (**Bild 22.44**) eingesetzt werden [22.22]. Dieser hat den Vorteil, dass das einzubauende Medienrohr millimetergenau eingebaut werden kann, was gerade beim Einbau von Freispiegelleitungen von Bedeutung ist. Die entstehenden Mantelreibungskräfte können dabei mit einer Bentonitschmierung verringert werden.



**Bild 22.43:**  
Hole Opener



**Bild 22.44:**  
Anschluss für duktile Gussrohre

Die Bentonitmischung kann bei Bedarf durch eine Zuleitung, welche durch das Neurohr verläuft, im Bereich des Hole Openers zwischen Rohr und Boden gepresst werden.

### 22.4.7.3 Umhüllungen

Grundsätzlich werden für dieses Verfahren Rohre mit Zementmörtel-Umhüllung (ZM-U) nach EN 15542 [22.12] oder mit Polyurethan-Umhüllung nach EN 15189 [22.13] eingesetzt. Der Verbindungsbereich wird mit einer Gummischutzmanschette und/oder einem Stahlblechkonus geschützt.

Vielen Innovationen liegen bewährte Produkte zugrunde, deren geschickte Anpassung und Neuausrichtung für neue Einsatzbedingungen bzw. Grundanforderungen weiterentwickelt wurden. Dies trifft auch für das seit mehreren Jahren in Berlin gebräuchliche ZM-U-Plus-Rohr zu.

Wurde es zunächst auf Wunsch der Berliner Wasserbetriebe (BWB) für die grabenlosen Rohrauswechslungsverfahren im Trinkwasserbereich in grobkörnigen und rolligen Böden zur Einhaltung der

Trasse entwickelt und erfolgreich eingesetzt, ergaben sich durch die Verfahren der grabenlosen Neulegung völlig neue Einsatzgebiete.

Beim ZM-U-Plus-Rohr (**Bild 22.45**) werden duktile Gussrohre bis zur Muffenaußenkontur so dick mit Zementmörtel umhüllt, dass sie außen eine zylindrische Kontur ohne erkennbare Muffe erhalten. Die ZM-Umhüllung ist mechanisch extrem robust. Sie widersteht über den kompletten Umfang des Rohrschafts enormen Reibungskräften. Nach der Verbindungsmontage wird die Lücke zwischen Muffenstirn und Spitzende mit flexiblem Material verschlossen und anschließend mit Spezialband verklebt.

#### 22.4.7.4 Steckmuffen-Verbindung

Da das Medienrohr beim gesteuerten Pilotvortrieb eingezogen wird, ist auch hier der Einsatz formschlüssiger längskraftschlüssiger Steckmuffen-Verbindungen notwendig. Zulässige Zugkräfte und Betriebsdrücke der formschlüssigen längskraftschlüssigen Steckmuffen-Verbindungen sind in **Tabelle 22.3** aufgeführt.



**Bild 22.45:**  
ZM-U-Plus-Rohre

#### 22.4.7.5 Sonstiges

Die einzelnen Leitungsabschnitte können im Anschluss konventionell in den Montagegruben (ehemalige Start- und Einziehbaugruben) mit Hilfe von Standardformstücken verbunden werden. Für vollständig längskraftschlüssig ausgeführte Leitungen sind längskraftschlüssige Formstücke einzusetzen. Mit Hilfe dieser Formstücke können bei Druckleitungen im Vorfeld des Zusammenschlusses auch die Leitungsenden für die Druckprüfung ver-

schlossen werden. Ein Verbau der Leitungsenden ist in diesem Falle nicht notwendig.

Ein Vorteil des gesteuerten Pilotvortriebs ist der geringe Überschnitt. Somit kommt es in der Folge zu keinen oder nur geringen Setzungen. Das Verfahren ist technisch ausgereift. Es kombiniert das bekannte und im Bereich des Baus von Abwasserkanälen bewährte Verfahren des gesteuerten Rohrvortriebs mit dem Einzugsverfahren längskraftschlüssiger duktiler Gussrohre. Verkehr und Umwelt werden nur geringfügig beeinträchtigt.

#### 22.4.8 Relining-Verfahren

##### 22.4.8.1 Allgemeines

Bei der Leitungserneuerung mittels Relining-Verfahren wird eine neue Leitung in eine vorhandene Leitung eingezogen oder eingeschoben. Dies führt immer zu einer Verkleinerung des lichten Innendurchmessers. Beim Relining mit Rohren aus duktilem Gusseisen hängt die Verkleinerung des Leitungsquerschnittes vom Muffenaußendurchmesser der neuen Leitung ab. In der Regel beträgt sie zwei Nenn-

weitenstufen. Die hydraulische Leistungsfähigkeit der Leitung wird reduziert. Dies wird jedoch zum Teil durch die glattere Innenoberfläche (geringe Wandrauheit) der neuen Leitung kompensiert. Alte Leitungen sind innen oft inkrustiert und besitzen daher eine hohe Wandrauheit. Das Relining-Verfahren kann für Trinkwasserleitungen, Brauchwasserleitungen, Abwasserdruckleitungen und Abwasserfreigefälleleitungen eingesetzt werden. Das Langrohr-Relining richtet sich nach dem DVGW-Arbeitsblatt GW 320-1 [22.3].

In Deutschland ist der Trinkwasserverbrauch der Bevölkerung und der Industrie seit Jahren rückläufig. Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes der Bundesrepublik Deutschland lag der pro Kopf-Verbrauch 1990 noch bei etwa 145 L/(d\*E), so sank er bis 2007 auf rund 120 L/(E\*d). Dabei schwankt er regional sehr stark zwischen 90 und 135 L/(E\*d).

Daher bringt eine Verkleinerung des hydraulischen Querschnittes einer Leitung oft Vorteile für die Betreiber mit sich, weil die Fließgeschwindigkeit des Wassers wieder angehoben und die Verweilzeit des Trinkwassers in der

Leitung verkürzt wird, wodurch oft hygienische Probleme vermieden werden können.

Auch bei Abwasserleitungen erhöht sich mit dem Relining die Fließgeschwindigkeit, wodurch in vielen Fällen ein Absetzen der im Abwasser mitgeführten Feststoffe vermieden wird. Wegen abgesetzter Feststoffe müssen Abwasserleitungen oft in relativ kurzen Intervallen mittels Hochdruckspülung oder Molchen gereinigt werden. Dies kann sich durch den Einsatz eines kleineren Durchmessers unter Umständen erübrigen. Bei allen Leitungen, mit nicht zu kurzen Abständen von Richtungsänderungen oder seitlichen Anschlüssen, ist eine Erneuerung mit dem Relining-Verfahren immer wirtschaftlicher als die Erneuerung durch eine Neulegung im offenen Rohrgraben. Dies gilt vor allem für Leitungstrassen unter befestigten Oberflächen (z. B. Verkehrsflächen) oder in bebauten Gebieten.

Im Relining-Verfahren mit duktilen Gussrohren können, je nach Randbedingung, Abschnittslängen bis weit über 1.000 m in einem Zug saniert werden. Hierfür sind lediglich eine Start- und eine Ziel-

grube notwendig. Hinsichtlich der Nennweite des Neurohres sind keine Grenzen gesetzt.

#### 22.4.8.2 Verfahrensbeschreibung

Rohre aus duktilem Gusseisen nach EN 545 [22.10] oder EN 598 [20.11] werden beim Relining-Verfahren in die alte, vorhandene Leitung auf den Muffen schleifend und mit einem Stahlblechkonus (**Bild 22.46**) geschützt, eingezogen oder eingeschoben. Auf Grund der hohen Längsbiegesteifigkeit von duktilen Gussrohren ist lediglich ein Auflager je Rohr (in diesem Fall die Muffe) notwendig. Weitere Unterstützungen/Gleitkufen sind normalerweise nicht erforderlich. **Bild 22.47** zeigt eine spezielle Relining-Maßnahme, bei der die Neurohre mit Gleitkufen versehen wurden. Der sehr geringe Ringraum wurde nicht verfüllt.



**Bild 22.46:**  
Stahlblechkonus zum Schutz der Muffe



**Bild 22.47:**  
Relining DN 200 (neues Gussrohr)  
in ein altes Gussrohr DN 300

Im ersten Schritt werden entlang der zu sanierenden Leitung Start- (**Bild 22.48**) und Zielgruben (**Bild 22.49**) errichtet. Deren Lage richtet sich vor allem nach Zwangspunkten, wie Richtungsänderungen und natürlich dem Anfang und dem Ende der Leitung. Die Größe der Gruben ist abhängig von der eingesetzten Maschinenteknik und dem Neurohrmaterial. Für duktile Gussrohre ist deren Länge von ungefähr 6 m ausschlaggebend, was eine Baugrubengröße von rund 8 m nach sich zieht. Die Breite der Montagegrube richtet sich nach der einzubauenden Nennweite.

Anschließend wird die Altrohrleitung in den Baugruben aufgetrennt. Wichtig ist im Nachgang eine gute Vorbereitung der Altleitung. Bei den in der Vergangenheit durchgeführten Maßnahmen hat es sich gezeigt, dass sich bei einer guten Vorbereitung der Altleitung, Entfernen von Inkrustierungen (**Bild 22.50**), Verschließen von Muffenspalten in der Rohrsohle, Auftragen von Gleitmittel in der Rohrsohle usw. immer ein Reibbeiwert von  $\mu \leq 1,0$  erzielen lässt. Das bedeutet, es muss nur ein Teil des tatsächlichen Rohrgewichtes gezogen werden.

In besonderen Fällen, wie z. B. dem gleichzeitigen Einbringen von zusätzlichen Leerrohren oder Versorgungsträgern, werden auch Rollenschellen (**Bilder 22.51 und 22.52**) eingesetzt. Diese haben zusätzlich den Vorteil, dass sich die Zugkräfte, im Vergleich zur herkömmlichen Methode, wesentlich verringern. Auf Grund der hohen Längsbiegesteifigkeit von duktilen Gussrohren ist meist nur eine Schelle je Rohr, kurz hinter jeder Muffe, notwendig.

Beim gleichzeitigen Einziehen/Einschieben mehrerer Leitungen sollte mindestens eine Führungsschiene vorgesehen werden, um das Verdrehen des Leitungsstranges zu vermeiden.

Die Rohrleitungen werden in fast allen Fällen in Einzelrohrmontage zusammengefügt. Die geringen Montagezeiten (**Tabelle 22.5**) ermöglichen auch hierbei einen schnellen Baufortschritt.



**Bild 22.48:**  
Startgrube



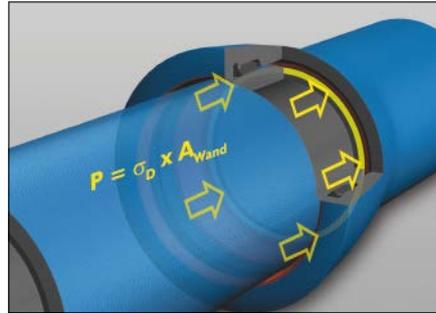
**Bild 22.49:**  
Zielgrube



**Bild 22.50:**  
Werkzeug zum Entfernen  
von Inkrustationen



**Bild 22.51:**  
Abwasserleitung –  
geführte Rollenschellen



**Bild 22.53:**  
Kraftübertragung beim Einschieben

Nach der Verbindungsmontage wird der Rohrstrang um eine Rohrlänge vorgeschoben oder weitergezogen. Dies geschieht solange, bis die gesamte Haltungsänge mit Neurohren belegt ist.

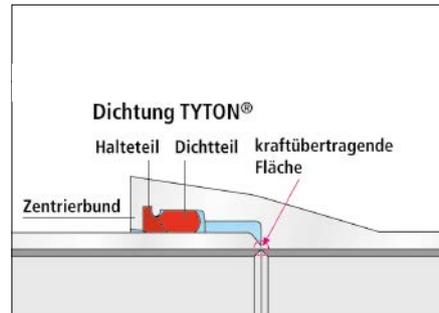
Im Regelfall wird im Anschluss der zwischen Altrrohr und Neurohr verbleibende Ringraum mit einem alkalischen Dämmverfüllungsmittel verfüllt. Dies ist jedoch abhängig von den Randbedingungen, wie Betriebsart, Außenbeschichtung, Größe des Ringraumes und statische Tragkraft des Altrrohres. Die letzten Schritte bestehen in der Dichtheitsprüfung, dem Verbinden der einzelnen Sanierungsabschnitte und dem anschließenden Verfüllen der Baugruben.

#### 22.4.8.3 Einschieben

Beim Einschieben werden Rohre aus duktilem Gusseisen mit der nicht längskraftschlüssigen TYTON® - Steckmuffen-Verbindung in die alte Leitung eingeschoben. Dabei wird die axiale Schubkraft über die Stirnfläche des Einsteckendes in den Muffengrund der TYTON®-Muffe übertragen (**Bild 22.53**). Da die Einsteckenden der



**Bild 22.52:**  
Abwasserleitung –  
Montage der Rollschellen



**Bild 22.54:**  
Druckkraftübertragung beim Rohreinschub

**Tabelle 22.5:**

Einzelrohrmontage – Montagezeiten beim Einschieben/Einziehen

Nennweite DN	Anzahl Monteure	Montagezeit ohne Verbindungsschutz [min]	Montagezeit bei Verwendung einer Schutzmanschette [min]	Montagezeit bei Verwendung von Schrumpfmanschetten [min]
80	1	5	6	15
100	1	5	6	15
125	1	5	6	15
150	1	5	6	15
200	1	6	7	17
250	1	7	8	19
300	2	8	9	21
400	2	10	12	25
500	2	12	14	28
600	2	15	18	30
700	2	16	–	31
800	2	17	–	32
900	2	18	–	33
1000	2	20	–	35

**Tabelle 22.6:**

Zulässige Einschubkräfte nach DVGW-Arbeitsblatt GW 320-1, Tabelle A.7 [22.3], von Rohren aus duktilem Gusseisen (muffenunabhängig, ohne Sicherheitsbeiwert – der Sicherheitsbeiwert muss den örtlichen Gegebenheiten, d. h. vor allem den Kurvenradien und Abwinkelungen, angepasst und mit der Anwendungstechnik der Rohrhersteller abgestimmt werden)

Nennweite DN	Außendurchmesser (DN/OD) $d_a$ [mm]	Wanddickenklasse	Wanddicke $s_{min}$ [mm]	zulässige Druckspannung $\sigma_{zul}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	zulässige Einschubkraft $F_{zul}$ [kN]
80	98	10	4,7	550	138
100	118	10	4,7	550	168
125	144	9	4,7	550	206
150	170	9	4,7	550	244
200	222	9	4,8	550	339
250	274	9	5,2	550	513
300	326	9	5,6	550	723
350	378	9	6,0	550	968
400	429	9	6,4	550	1246
500	532	9	7,2	550	1912
600	635	9	8,0	550	1085
700	738	9	8,8	550	1767
800	842	9	9,6	550	2595
900	945	9	10,4	550	3561
1000	1048	9	11,2	550	4669

Rohre angeschrägt (angefast) sind, steht nicht der gesamte Rohrwandquerschnitt zur Übertragung der axialen Schubkraft zur Verfügung (**Bild 22.54**). Des Weiteren muss der nach EN 545 [22.10] bzw. EN 598 [22.11] kleinstmögliche Außendurchmesser der Rohre und die kleinste zulässige Wanddicke berücksichtigt werden.

Die Druckfestigkeit von duktilem Guss-eisen beträgt  $\sigma_D = 550 \text{ N/mm}^2$ . Ohne Berücksichtigung eines Sicherheitsbeiwertes ist damit eine Presskraft von  $P = \sigma_D \times A_{\text{Wand}}$  möglich, wobei  $A_{\text{Wand}}$  die Querschnittsfläche der kraftübertragenden Gusswand darstellt.

Die zulässigen Einschubkräfte sind im DVGW-Arbeitsblatt GW 320-1, Tabelle A.7 [22.3] hinterlegt (**Tabelle 22.6**). Die dort angegebenen Werte enthalten keine Sicherheitsbeiwerte. Vor Planung bzw. Baubeginn wird empfohlen, sich mit der Anwendungstechnik der Hersteller zur Abstimmung der jeweiligen Werte in Verbindung zu setzen. Je nach Trassenverlauf (Steigung, Radien) und Zustand der Altleitungen sind unterschiedliche Sicherheitsbeiwerte zu wählen.

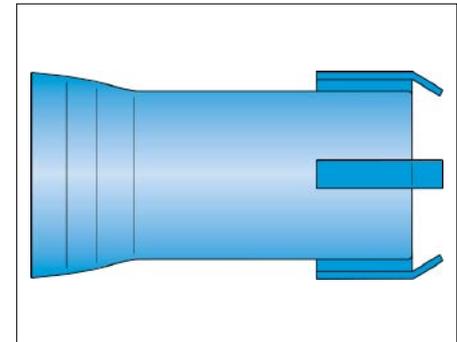
In [22.23] und [22.24] wird über Reliningmaßnahmen nach diesem Verfahren berichtet.

Beim Einschieben (**Bild 22.55**) wird stets das Einsteckende voran in die Muffe des zuletzt eingebauten Rohres geschoben. Das Einsteckende des ersten eingebauten Rohres ist mit einem Zentrierkopf (**Bild 22.56**) zu versehen. Dieser kann von Herstellern leihweise zur Verfügung gestellt werden.

Wie beim Einziehen sind mindestens zwei Baugruben erforderlich. Die Größe der Press- und Montagegrube ist abhängig von der Rohrlänge (üblicherweise 6 m), der eingesetzten Presseeinrichtung und der Nennweite der einzubauenden Rohre. Die Größe der Zielgrube hängt von der Nennweite und eventuellen sonstigen Einbauten ab.



**Bild 22.55:**  
Einschieben eines Rohres



**Bild 22.56:**  
Zentrierkopf

#### 22.4.8.4 Einziehen

Beim Einziehen findet zumeist eine form-schlüssige längskraftschlüssige Steckmuffen-Verbindung Verwendung. Die zulässigen Zugkräfte, die maximale mögliche Abwinkelbarkeit sowie der mögliche Mindestradius können der **Tabelle 22.3** entnommen werden.

Bewährt hat sich das Einziehen des neuen Rohrstranges mit Zugstangen (**Bild 22.57**). In [22.25] wird darüber berichtet. Das Einziehen mit Seilwinde und Stahlseil wird ebenso wie der Einsatz von reib-schlüssigen längskraftschlüssigen Steckmuffen-Verbindungen nicht empfohlen.

Zum Einziehen des neuen Rohrstranges wird immer ein Zugkopf benötigt. Dieser wird aus einer formschlüssigen längskraftschlüssigen Steckmuffe gefertigt (**Bild 22.58**). Zugköpfe können vom Rohrhersteller den ausführenden Unternehmen zur Verfügung gestellt werden.



**Bild 22.57:**  
Zugmaschine mit Gestänge

#### 22.4.8.5 Umhüllung

Wird der zwischen Altrohr und Neu-rohr verbleibende Ringraum mit einem alkalischen Dämmstoff verfüllt, benötigen die Rohre lediglich eine Umhüllung aus einem Zink- oder Zink-Aluminium-Überzug mit Deckbeschichtung. Die Muffe wird beim Einziehen oder Einschleiben mittels Stahlblechkonus geschützt.

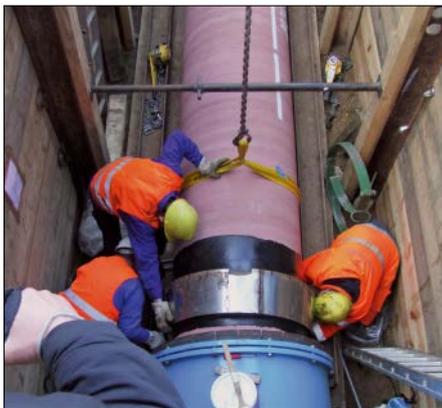
Wird der verbleibende Ringraum nicht verfüllt, werden duktile Gussrohre mit Zementmörtel-Umhüllung (ZM-U) nach



**Bild 22.58:**  
Rohr mit Zugkopf und Stahlblechkonus

EN 15 542 [22.12] oder mit Polyurethan-Umhüllung nach EN 15189 [22.13] eingesetzt. Die Steckmuffen-Verbindungen der ZM-U-Rohre werden mit Schutzmanschetten aus Gummi oder PE-Schrumpfmateriale nach DIN 30 672 [22.26] geschützt.

Der Muffenverbindungschutz wird beim Einziehen und Einschleiben zusätzlich mit einem Stahlblechkonus mechanisch geschützt (**Bild 22.59**).



**Bild 22.59:**  
Montage des Stahlblechschutzkonus

## 22.5 Literatur

- [22.1] ISO 13470:  
Trenchless applications of ductile iron pipes systems – Product design and installation [Gabenlose Anwendungen von gusseisernen Rohrssystemen – Produktauslegung und -installation] 2012-07
- [22.2] Steinhauser, P.:  
Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen, Betrachtungen bei der grabenlosen Erneuerung – Vortragskript des Seminars NO DIG – Grabenlose Erneuerung bei alter, schadhafter Kanalisation – Technische Akademie Hannover [Economic considerations for trenchless replacement – Presentation script for the “NO DIG – Trenchless replacement of old and damaged pipelines” Seminar at the Hannover Technical Academy] 2007-01-18
- [22.3] DVGW-Arbeitsblatt GW 320-1  
Erneuerung von Gas- und Wasserrohrleitungen durch Rohreinzug oder Rohreinschub mit Ringraum [DVGW worksheet GW 320-1 Replacement of gas and water pipelines by pipe pulling or pipe pushing with annular gap] 2009-02
- [22.4] DVGW-Arbeitsblatt GW 321  
Steuerbare horizontale Spülbohrverfahren für Gas- und Wasserrohrleitungen – Anforderungen, Gütesicherung und Prüfung [DVGW worksheet GW 321 Horizontal directional drilling technique for gas and water pipelines – Requirements, quality assurance and testing] 2003-10

- [22.5] DVGW-Arbeitsblatt GW 322-1  
Grabenlose Auswechslung von  
Gas- und Wasserrohrleitungen –  
Teil 1: Press-/Ziehverfahren –  
Anforderungen, Gütesicherung  
und Prüfung  
[DVGW worksheet GW 322-1  
Trenchless replacement of  
gas and water pipelines –  
Part 1: Press/pull technique –  
Requirements, quality  
assurance and testing]  
2003-10
- [22.6] DVGW-Arbeitsblatt GW 322-2  
Grabenlose Auswechslung von  
Gas- und Wasserrohrleitungen –  
Teil 2: Hilfsrohrverfahren –  
Anforderungen, Gütesicherung  
und Prüfung  
[DVGW worksheet GW 322-2  
Trenchless replacement of  
gas and water pipelines –  
Part 2: Auxiliary pipe technique –  
Requirements, quality  
assurance and testing]  
2007-03
- [22.7] DVGW-Merkblatt GW 323  
Grabenlose Erneuerung von  
Gas- und Wasserversorgungs-  
leitungen durch Berstlining –  
Anforderungen, Gütesicherung  
und Prüfung  
[DVGW technical information  
sheet GW 323  
Trenchless replacement of  
gas and water pipelines by  
burst lining technique –  
Requirements, quality  
assurance and testing]  
2004-07
- [22.8] DVGW-Arbeitsblatt GW 324  
Fräs- und Pflugverfahren für  
Gas- und Wasserrohrleitungen –  
Anforderungen, Gütesicherung  
und Prüfung  
[DVGW worksheet GW 324  
Trenching and ploughing in  
techniques for gas and  
water pipelines –  
Requirements, quality  
assurance and testing]  
2007-08
- [22.9] DVGW-Arbeitsblatt W 400-1  
Technische Regeln Wasser-  
verteilungsanlagen (TRWV) –  
Teil 1: Planung  
[DVGW worksheet W 400-1  
Technical rules for water  
supply systems –  
Part 1: Design]  
2015-02
- [22.10] EN 545  
Ductile iron pipes, fittings,  
accessories and their joints  
for water pipelines –  
Requirements and test methods  
[Rohre, Formteile, Zube-  
hörteile aus duktilem Gussei-  
sen und ihre Verbindungen  
für Wasserleitungen –  
Anforderungen und Prüfverfahren]  
2010

- [22.11] EN 598  
Ductile iron pipes, fittings, accessories and their joints for sewerage applications – Requirements and test methods [Rohre, Formstücke, Zubehörteile aus duktilem Gusseisen und ihre Verbindungen für die Abwasserentsorgung – Anforderungen und Prüfverfahren] 2007+A1:2009
- [22.12] EN 15542  
Ductile iron pipes, fittings and accessories – External cement mortar coating for pipes – Requirements and test methods [Rohre, Formstücke und Zubehör aus duktilem Gusseisen – Zementmörtelumhüllung von Rohren – Anforderungen und Prüfverfahren] 2008
- [22.13] EN 15189  
Ductile iron pipes, fittings and accessories – External polyurethane coating for pipes – Requirements and test methods [Rohre, Formstücke und Zubehör aus duktilem Gusseisen – Polyurethanumhüllung von Rohren – Anforderungen und Prüfverfahren] 2006
- [22.14] DIN 28603  
Rohre und Formstücke aus duktilem Gusseisen – Steckmuffen-Verbindungen – Zusammenstellung, Muffen und Dichtungen [Ductile iron pipes and fittings – Push-in joints – Survey, sockets and gaskets] 2002-05
- [22.15] Hobohm, S. und Bauer, A.:  
Grabenlose Erneuerung einer Feuerlöschleitung mittels Berstlining GUSS-ROHRSYSTEME, Heft 48 (2014), S. 69 ff [Trenchless replacement of a fire main using the burst lining technique DUCTILE IRON PIPE SYSTEMS, Issue 48, (2014), p. 66 ff]
- [22.16] Emmerich, P. und Schmidt, R.:  
Erneuerung einer Ortsnetzleitung im Berstlining-Verfahren [Replacement of a local distribution pipeline using the burst lining technique] GUSSROHR-TECHNIK, Heft 39 (2005), S. 16 ff

- [22.17] Rameil, M.:  
Rohrleitungserneuerung mit  
Berstverfahren –  
Praxisleitfaden für Planer, Auftrag-  
geber und ausführende  
Bauunternehmer –  
2. Auflage  
[Pipeline replacement with the  
bursting technique –  
Practical guide for planners,  
clients and building contractors –  
2. edition]  
2010
- [22.18] Levacher, R.:  
Erneuerung einer Verbindungs-  
leitung DN 400 zwischen zwei  
Wasserwerken im Berstlining-  
und Spülbohrverfahren  
[Replacement of a DN 400  
connecting pipeline between  
two waterworks using the burst  
lining and directional drilling  
technique]  
GUSSROHR-TECHNIK,  
Heft 40 (2006), S. 17 ff
- [22.19] Hobohm, S. und Schaffarczyk, F.:  
Weltneuheit auf der  
WASSER BERLIN  
INTERNATIONAL 2011 –  
Press-/Zieh-Verfahren mit  
Bodenentnahme  
GUSS-ROHRSYSTEME,  
Heft 46 (2012), S. 53 ff  
[World premiere at  
WASSER BERLIN  
INTERNATIONAL 2011 –  
The press-pull technique  
with soil removal  
DUCTILE IRON PIPE SYSTEMS,  
Issue 46 (2012), p. 51 ff]
- [22.20] Nöh, H.:  
Moseldüker Kinheim –  
Gabenloser Einbau von  
Gussrohrleitungen mit der  
FlowTex-Großbohrtechnik  
[Culvert at the river Mosel near  
Kinheim –  
Trenchless installation of  
cast iron pipelines with the  
FlowTex large-scale  
drill technique]  
GUSSROHR-TECHNIK,  
Heft 30 (1995), S. 25 ff
- [22.21] Hobohm, S.:  
Spülbohren mit  
duktilen Gussrohren –  
Verfahrensbeschreibung, Vorteile,  
Einsatzgrenzen, Beispiele  
GUSSROHR-TECHNIK,  
Heft 47 (2013), S. 50 ff  
[Horizontal directional  
drilling with ductile iron pipes –  
process description, advantages,  
fields of application, examples  
DUCTILE IRON PIPE SYSTEMS,  
Issue 47 (2013), p. 48 ff]
- [22.22] Brucki, O. und Rau, L.:  
Mit Spezialrohren aus  
duktilen Gusseisen durch die  
Berliner Müggelberge  
GUSS-ROHRSYSTEME,  
Heft 45 (2011), S. 46 ff  
[With special ductile  
iron pipes through  
Berlin's Müggel Hills  
DUCTILE IRON PIPE SYSTEMS,  
Issue 45 (2011), p. 42 ff]

- [22.23] Schnitzer, G., Simon, H. und Rink, W.:  
Langrohrrelining DN 900  
in Leipzig Mölkau  
[Pipe relining DN 900  
in Leipzig Mölkau]  
GUSSROHR-TECHNIK,  
Heft 39 (2005), S. 20 ff
- [22.24] Bauer, A., Simon, H. und Rink, W.:  
Sanierung der Thallwitzer  
Fernleitung DN 1100 mit  
Langrohrrelining DN 900  
[Renovation of Thallwitz trunk line  
DN 1100 with DN 900 pipe relining]  
GUSSROHR-TECHNIK,  
Heft 40 (2006), S. 28 ff
- [22.25] Rink, W.:  
Langrohrrelining mit  
duktilen Gussrohren DN 800  
[Pipe relining with DN 800  
ductile iron pipes]  
GUSSROHR-TECHNIK,  
Heft 38 (2004), S. 17 ff
- [22.26] DIN 30672  
Organische Umhüllungen für den  
Korrosionsschutz von in Böden  
und Wässern verlegten Rohr-  
leitungen für Dauerbetriebs-  
temperaturen bis 50 °C ohne  
kathodischen Korrosionsschutz –  
Bänder und schrumpfende  
Materialien  
[External organic coatings for the  
corrosion protection of buried and  
immersed pipelines for continuous  
operating temperatures up to 50 °C  
without cathodic protection –  
Tapes and shrinkable materials]  
2000-12





# 23

## Neue Anwendungsschwerpunkte für Rohre aus duktilem Gusseisen

- 23.1 Löschwasserleitungen
- 23.2 Hochdruckleitungen
- 23.3 Kühlwasserleitungen
- 23.4 Literatur

## 23 Neue Anwendungsschwerpunkte für Rohre aus duktilem Gusseisen

**Klassischer Anwendungsbereich duktiler Gussrohre ist die Wasserversorgung und der Abwassertransport. Mit der hohen Festigkeit des Werkstoffes, der einfach zu montierenden gelenkigen Verbindung und der Robustheit der Rohre mit beliebig einstellbarer Wanddicke haben sich neue Anwendungsbereiche entwickelt.**

Rohre aus duktilem Gusseisen für Trinkwasserleitungen sind in EN 545 für Innendruckbelastungen genormt, die weit über den gebräuchlichen Systemdrücken der Wasserverteilung liegen. Infolge der gezielt einstellbaren Wanddicke in Verbindung mit der hohen mechanischen Festigkeit sind sie für viele zusätzliche Anwendungsfälle geeignet, wo es auf eine Kombination von

- Robustheit,
- hohe Anwendungsdrücke,
- mechanische Eigenschaften,
- einfache Montage,
- hohe Sicherheitsreserven ankommt.

In den letzten Jahren hat sich daraus eine Vielzahl von Anwendungsmöglichkeiten erschlossen, die außerhalb der klassischen Trinkwasserversorgung liegen.

### 23.1 Löschwasserleitungen

Einen jüngeren Überblick zu diesem Anwendungsbereich enthält [23.1], wo eine kleine Auswahl von Löschwassersystemen beschrieben wird, die in den letzten Jahren in Deutschland verwirklicht worden sind. Die dort zusammengestellte **Tabelle 23.1** weist ca. 70 km Löschwasserleitungen, vor allem in Verkehrstunneln, aber auch auf Flughafengeländen und auf Arealen der chemischen Industrie,

aus. Das notwendige Sicherheitspotenzial ergibt sich bei Gussrohren einmal aus ihrer hohen Widerstandsfähigkeit gegen innere und äußere Belastungen, der Feuerbeständigkeit und der Robustheit des Materials, und zum anderen aus der zuverlässigen Verbindungstechnik (zugfeste Verbindungen). Letztere spielt eben bei Druckleitungen eine bedeutende Rolle.

Löschwasserleitungen in Straßen- und Autobahntunneln sind hauptsächlich als „Nassleitungen“ konzipiert, d.h. sie sind mit Wasser gefüllt und stehen ständig unter Druck.

In Autobahntunneln liegen die immer gefüllten Rohrleitungen mit extrem geringer Überdeckung unter den Fahrbahnrändern; sie müssen dann gegen Einfrieren geschützt werden. Dies geschieht mit wärmeisoliertem Mantelrohr, die bei Bedarf auch mit einer elektrischen Begleitheizung versehen sein können (**Bild 23.1**).

**Tabelle 23.1:**  
Beispielliste Löschwasserleitungen

Baujahr	Objekt	Ort	Name	Länge [m]
1998/1999	BAB 4	Dresden-Görlitz	Königshainer Berge	6.800
2000	Straßentunnel	Dresden	Wiener Platz	1.020
2002/2003	BAB 71	Erfurt-Würzburg	Rennsteigtunnel	7.916
2000			Hochwaldtunnel	2.100
2001			Alte Burg	1.720
2001/2002			Berg Bock	5.400
2003	BAB 17	Dresden-Prag	Tunnel Döltzschen	8.400
2002	Straßentunnel	Rostock	Warnow-Tunnel	1.600
2001	Eisenbahntunnel	Frankfurt-Köln	Tunnel Cochem	2.250
2002			Tunnel Mainz	650
1995–2000	Industriegelände	Bunawerk Schkopau	Löschwasser-system	10.000
1998	Industriegelände	Ölterminal Rostock	Löschwasser-system	2.600
2000	Flughafen-erweiterung Nord	Leipzig/Halle	Löschwasser-system	13.700



**Bild 23.1:**  
Wärmegeädämmtes Mantelrohr mit elektrischer Begleitheizung

## 23.2 Hochdruckleitungen

Bereits zehn Jahre nach der Einführung der duktilen Gussrohre wird ihre Anwendung beim Bau von Turbinenriebwasserleitungen beschrieben [23.2]. Geht es 1974 noch um Nennweiten zwischen 200 und 500 bei kleineren Anlagen, wird 1983 der Anwendungsbereich auf DN 1000 und Drücke von 30 bis 40 bar erweitert.

1988 berichten Blind, Kockelmann und Reeh über bruchmechanische Untersuchungen, deren Ergebnis die hohe Sicherheit der Rohre gegenüber Druckstößen und gegen rasches Risswachstum belegt [23.3]. Damit lässt sich das bei Turbinenleitungen wichtige Kriterium Leck vor Bruch verwirklichen, was 1997 mit einer außergewöhnlichen Maßnahme in Vorarlberg unter Beweis gestellt wurde [23.4].

Wegen der akuten Gefährdung des Turbinengebäudes und einer direkt danebenliegenden Autobahnraststätte am Fußpunkt der Leitung bei einem stärkeren Regenereignis während der Bauphase wurden folgende Zusatzbedingungen gestellt: Bauzeit nur zwischen Mai und September, Grabenöffnung maximal nur für eine Rohrlänge erlaubt. Nach Einbau eines jeden Rohres muss der Rohrgraben sofort verfüllt, abgedeckt und mit Alpenflora besät werden, damit sich im Falle eines Regens keine Schlammlawine ausbilden kann (**Bild 23.2**).



**Bild 23.2:**  
Überschüttung einer Turbinenleitung  
in felsigem Steilhanggelände

Ein ähnlich schwierig darzustellende Turbinenleitung in alpinem Gelände wird in [23.5] geschildert.

Ein jüngerer Anwendungsgebiet nutzt ebenfalls die bewegliche längskraftschlüssige Muffenverbindung duktiler Gussrohre bei gleichzeitig höchster Druckbelastbarkeit. In den alpinen Beschneigungsanlagen werden die zu den Schneekanonen führenden Wasserlei-



**Bild 23.3:**  
Einbau mit  
Hubschrauberunterstützung

tungen teilweise oberirdisch verlegt und mit Drücken bis 100 bar betrieben [23.6, 23.7]. Dabei werden die Rohreinbauarbeiten häufig im Sommer vom Liftbetriebspersonal ausgeführt. Ab und zu werden die Rohre per Hubschrauber in die Hochregionen transportiert. Häufig werden die Leitungen wieder aufgenommen und an anderer Stelle wiederverwendet (**Bild 23.3**).

Für die Produktion künstlichen Schnees werden folgende Voraussetzungen benötigt:

- Temperaturen unter  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,
- Wasser in ausreichender Menge,
- Energie in Form von Druckluft oder elektrischem Strom,
- technische Einrichtung für die Wasserzerstäubung (Schneekanone).

Schneeanlagen werden meist im gebirgigen und somit technisch schwierigen Gelände eingesetzt. In Verbindung mit den ebenfalls benötigten hohen Drücken für die Wasserversorgung – meist erheblich über die in den einschlägigen Rohrnormen der kommunalen Trinkwasserversorgung hinausgehend – ergibt sich ein deutlich angehobenes Anforderungsprofil für diesen speziellen Anwendungsbereich.

Die wesentlichen Anforderungen an das Rohrmaterial können wie folgt zusammengefasst werden:

- einfacher Einbau des Rohrmaterials im steilen Gelände auch mit nicht qualifiziertem Personal (oft soll eigenes Personal der Liftbetreiber eingesetzt werden),
- Drücke bis 150 bar,
- kraftschlüssige Verbindungssysteme,
- Robustheit der Rohre (Transport und Einbau),
- Eignung des Rohrmaterials für tiefe Temperaturen.

Dieses Anforderungsprofil wird von duktilen Gussrohren in idealer Weise erfüllt. Es ist daher kein Zufall, dass der Anteil duktiler Gussrohre für Schneeanlagen sehr hoch ist (**Bild 23.4**).



**Bild 23.4:**  
Künstliche Beschneung der  
Schattenbergschanze in Oberstdorf

### 23.3 Kühlwasserleitungen

Bei Kraftwerksanlagen sind die Kühlwasserleitungen sicherheitsrelevante Teilsysteme, an die höchste Anforderungen hinsichtlich Betriebssicherheit gestellt werden.

Dies gilt in stärkstem Maße bei Kernkraftwerken. Schmax schildert 1984 die besonderen Anforderungen der Kernkraftwerksbetreiber an Rohre, Formstücke und Verbindungen beim Bau des Kernkraftwerkes Philippsburg, dessen Kühlwasserkreislauf mit Rohren und Formstücken aus duktilem Gusseisen bis DN 900 ausgeführt wurde [23.8]. Zu einer hohen Basissicherheit kam noch eine hohe Anforderung an die Funktionssicherheit, insbesondere die Erdbebensicherheit. Die Rohrverbindungen waren gleichzeitig zugfest und gelenkig auszubilden, um Bodenbewegungen flexibel aufnehmen zu können (**Bild 23.5**).

Die im letzten Kapitel aufgeführten Beispiele der Anwendung duktiler Gussrohre geben einen kleinen Eindruck von ihrer vielseitigen Verwendbarkeit. Der klassische Einsatzbereich der Wasserversorgung bleibt nach wie vor die Domäne des duktilen Gussrohres, und eine weitere vorrangige Verwendung liegt

in der Abwasserentsorgung, sowohl im Druckleitungsbau als auch bei den Freispiegelleitungen. Daneben kann sich das duktile Gussrohr immer wieder neue Anwendungsbereiche erschließen, wo seine spezifischen Eigenschaften in einer Kombination zum Tragen kommen, die andere Materialien nicht besitzen.



**Bild 23.5:**  
Kühlwasserleitung des Kernkraftwerks Philippsburg

## 23.4 Literatur

- [23.1] Starosta, E.: Bau von Löschwasserleitungen  
GUSSROHRTECHNIK 38 (2004), S. 40
- [23.2] Zimmermann, W.:  
Duktile Gussrohre im  
Kraftwerksbau,  
FGR-Information 10 (1974) S. 34
- [23.3] Blind, D., Kockelmann, H. und  
Reeh, K.: Mechanisch-  
technologische und  
bruchmechanische Untersuchungen  
an duktilem Gusseisen,  
GUSSROHRTECHNIK 23 (1988) S. 40
- [23.4] Fussenegger, F. et al.: Planung  
und Bau einer Turbinenleitung  
aus duktilen Gussrohren unter  
Berücksichtigung bruchmecha-  
nischer Bemessungsverfahren;  
GUSSROHRTECHNIK 32 (1997) S. 58
- [23.5] Solenthaler, B. u. Tannò, G. A.:  
Erneuerung und Ausbau des  
Klein-Wasserkraftwerkes  
Seealp-Wasserauen  
GUSSROHRTECHNIK 39 (2005) S. 5
- [23.6] Titze, E.: Duktile Gussrohre  
für Beschneigungsanlagen;  
GUSSROHRTECHNIK 37 (2003) S. 13
- [23.7] Starosta, E.: Schneekanonen  
werden besonders gern von  
duktilen Gussrohren gespeist  
GUSSROHRTECHNIK 39 (2005) S. 11
- [23.8] Schmax, F.: Verwendung von  
Rohren und Formstücken aus  
duktilen Gusseisen im Kern-  
kraftwerk Philippsburg 2  
GUSSROHRTECHNIK 19 (1984), S. 31





# 24

## Normen, Richtlinien und technische Regeln

- 24.1 Allgemeines
- 24.2 Normen-Datenbank

## 24 Normen, Richtlinien und technische Regeln

**Die mit diesem Kapitel verlinkte Normen-Datenbank wird ständig aktualisiert.**

**Nachfolgend sind die Normen, Richtlinien und technischen Regeln sowie sonstige Vorschriften in einer Normen-Datenbank zusammengestellt, die für Wasser- und Abwasserleitungen – Rohre, Formstücke und Armaturen – aus duktilem Guss-eisen von Bedeutung sind.**

### 24.1 Allgemeines

Die Normen, Richtlinien und technischen Regeln sowie sonstige Vorschriften, die für Rohrleitungen aus duktilem Gusseisen von Bedeutung sind und auf die zum Teil in diesem E-Book Bezug genommen wird, sind in einer Normen-Datenbank erfasst. Bei den Normen und Normentwürfen sind neben den nationalen Normen, wie z. B. DIN-Normen, OENORMEN und SV-Normen, vor allem die Europäischen Normen (EN) sowie auch die internationalen Normen (ISO) in die Normen-Datenbank gestellt.

Für den Bereich der duktilen Guss-Rohrsysteme sind ergänzend die Festlegungen nationaler Regelwerke aufgeführt.

Die Zusammenstellung der in der Normen-Datenbank eingestellten Regelwerke erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Maßgebend für die Anwendung der in der Normen-Datenbank aufgeführten Normen, Richtlinien und technischen Regeln ist deren Fassung mit dem neuesten Ausgabedatum.

### 24.2 Normen-Datenbank

Die Normen-Datenbank enthält die Nummern, die Titel und das Ausgabedatum der eingestellten Normen, Richtlinien und technischen Regeln.

In der Eingabemaske kann die Suche nach einer Norm, einer Richtlinie oder einer technischen Regel durch Suchkriterien, die teilweise voreingestellt sind, optimiert und das Suchergebnis schnell gefunden werden. Die vorgegebenen Suchkriterien umfassen auch die Möglichkeiten, das Gültigkeitsland und eine Sprache zu wählen.

Das Suchergebnis wird tabellarisch angezeigt und kann ausgedruckt werden. Unter dem Button „Details“ werden alle gespeicherten Informationen der gewählten Norm oder des gewählten Regelwerkes einschließlich der Bezugsquelle angezeigt.

Mit einem Klick auf den folgend aufgeführten Link gelangen Sie auf die Normen-Datenbank der EADIPS®/FGR®: [eadips.org/normen/](http://eadips.org/normen/)



25

# Sachregister

## 25 Sachregister

■ **Zum Auffinden Ihrer speziellen Fachtermini verwenden Sie bitte die Suchmaske (Bearbeiten/Suchen Strg+F) im Adobe Reader. Häufig verwendete Suchbegriffe sind im Anschluss alphabetisch geordnet.**

### A

Abdeckung  
 Abgassammelleitung  
 Abkühlungsgeschwindigkeit  
 Abreißen der Wassersäule  
 Abriebbeständigkeit  
 Abwasseranlagen  
 Abwasserdruckleitung  
 Abwinkelbarkeit  
 Acetatpufferlösung  
 Aktivkohlefilter  
 Alterungsbeständigkeit  
 Alterungsverhalten  
 Aluminat-Hydrate  
 Anlagefläche  
 anorganischer Beschichtungsstoff  
 Anschweißstutzen  
 Äquivalente Verlustlänge

Arbeitsvermögen  
 Auflager  
 Auftragsschweißung  
 Aufweitkonus  
 Ausgleichsfaktor für Lufteinschlüsse  
 Auskleidung  
 Ausschachtungs- und  
 Abtragungsarbeiten  
 äußere Belastungen  
 äußere Kräfte

### B

Baggerschaufel  
 Ballastierung  
 Baugrund  
 Baukompetenz  
 Baumusterprüfung  
 Bauteilprüfdruck  
 Begleitheizung  
 Bemessung und Ausführung  
 von Betonwiderlagern  
 Berstdruck  
 Berstfestigkeit  
 Berstlining  
 Berstliningverfahren

Berstwerkzeug  
 Beschichtung  
 Beschneigungsanlagen  
 Beständigkeit  
 Betonfestigkeit  
 Betonriegel  
 Betonwiderlager  
 betrieblichen Rauheiten  
 Betriebssicherheit  
 Betrieb und Instandhaltung  
 Bettungsreaktionsdruck  
 Bettungssteifigkeit  
 biegesteifes Rohr  
 biegeweiches Rohr  
 Bindefehler  
 Bitumendeckbeschichtung  
 Bodenart  
 Bodenaustausch  
 Bodensetzung  
 Bodenwiderstand  
 Brenngase  
 Brinellhärte  
 Bruchdehnung

### C

calcitlösende Wasser  
 Chemikalienbeständigkeit  
 Chlordioxid

**D**

Darmstädter Kipprinne  
Dauertauchversuch in künstlichem Meerwasser  
De-Lavaud-Verfahren  
Desinfektion  
Desinfektionsmittel  
Dichtheit  
Dichtheitsprüfung  
Dichtheitsprüfung mit Luft  
Dichtkammerbegrenzung  
Dichtkammerspalt  
Dichtung  
Dielektrikum  
Differenzdruckmessgerät  
Dokumentation der Prüfergebnisse  
Doppelmuffenformstück  
Dosierpumpe  
Druckabfall  
Druckabfallprüfung  
Druckfestigkeit  
Druckstoß  
Druckstöße in Rohrleitungen  
Druckstoßzuschlag  
Druckverformungsrest  
Druckverluste  
Druckverlusthöhe  
Druckverlustmethode  
Düker  
Dükerleitung

Dükerrinne  
duktiles Gusseisen  
Duktilitätsprüfungen  
DVGW-Zertifizierung

**E**

E-Modul  
Eigengewicht  
Einbauanweisungen  
Einbau auf Stützen  
Einbettung  
Einbindetiefe  
Einpfügen  
Einsatzbereiche  
duktiler Gussrohre  
Einschwimmen  
Einzelrohrmontage  
Eisengießerei  
Elastizität  
Elastizitätsmodul  
elektrochemische Maßnahmen  
Emaillierung  
Entlüftung  
Entlüftungsvorrichtungen  
Epoxidharzpulverbeschichtung  
Erdbewegungen  
Erdlasten  
erdüberdeckte Rohrleitungen  
Erdwiderstand

Erneuerungsverfahren  
Escherichia Coli  
European Acceptance Scheme

**F**

Fern- und Zubringerleitungen  
Ferrit  
Fertigungsschweißen  
Feuerlöschleitungen  
Flächenlasten  
Flanschrohre  
Flansch-Verbindungen  
Fließgeschwindigkeit  
Fließverfahren  
formschlüssige  
Steckmuffen-Verbindung  
Formstückherstellung  
Formstücktypen  
Füllgeschwindigkeit  
Funktionstüchtigkeit

**G**

Gefüge  
Geotextilkieskissen  
getrennt gegossene Proben  
Gießmaschine  
Gießtemperatur  
grabenlose Einbautechniken

Grabenprüfdruck  
Grabensohle  
Grabenwände  
Grundwasser  
Gummihärten nach IRHD

## H

Haftzugfestigkeit  
Haltenut  
Hang- und Steilstrecken  
Härte  
Hauptprüfung  
Hilfsrohrverfahren  
Hochdruckreinigungsdüsen  
Hochdruckspülung  
Hochofen  
hohe Betriebsdrücke  
Horizontal-Spülbohrverfahren  
Horizontal Directional Drilling  
hydraulische Berechnung

## I

industrielle Abwässer  
Infiltrationsprüfung  
Inkrustationen  
Innendruck  
Innendruckprüfung

innere Kräfte  
Instandsetzungsschweißen  
Investitionskosten

## K

Kaliumpermanganat  
Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht  
Kaltschweißen  
Keimzahl  
Kennzeichnung von  
Rohren und Formstücken  
Kernbohrmaschine  
Kesselformel  
kinematische Zähigkeit  
Klemmring  
Klemmschellen  
Kohlenwasserstoffe  
Kokille  
Kompressibilität  
Kompressionsmodul des Wassers  
Konstruktionsschweißen  
Kontakt mit Lebensmitteln  
Kontakt mit Trinkwasser  
Korrosionsbeständigkeit  
Korrosionsschutz  
korrosionsschutzgerechte Bettung  
Korrosionsschutzsystem  
Kraftausbreitung  
Kugeleindruckprüfung

Kugelgraphit  
Kühlwasserleitungen  
Kundenorientierung  
Kunstharzbeschichtung  
Kupolofen  
Kupplungen  
Kurvenradius

## L

Lageveränderung  
Lamellengraphit  
Langrohrrelining  
längskraftschlüssige  
Muffenverbindungen  
längskraftschlüssige Verbindungen  
Längskraftschlüssigkeit  
Last- und Spannungsverteilung  
am Rohrfumfang  
Leitungszone  
Lichtbogenhandschweißen  
Lufteinschlüsse  
Luftüberdruckprüfung

## M

Makroelement  
Marschboden  
Mauerflansch  
MDP

mechanische Spannung  
Metall-Inertgas-Schweißen  
Metallschutzgasschweißen  
mikrobielle Bewuchsneigung  
Montagekraft  
Muffen-Verbindungen

## N

Natriumhypochlorit  
Naturkautschuk  
Nickel-Eisen-Stabelektroden  
Normalverfahren  
Novo SIT®  
Nutzungsdauer

## O

OP  
Ovalisierung  
Ozonbeständigkeit

## P

Pflugverfahren  
Pilotbohrung  
Polyethylen-Folienumhüllung  
Polyethylen-Umhüllung  
Press-/Ziehverfahren  
Pressungen

Prüfabschnitt  
Prüfdruck  
Prüfschacht  
Pulveraufschmelzverfahren

## Q

Qualitätsmanagement

## R

Randfaser  
Rehabilitation  
reibschlüssige  
Schraubmuffen-Verbindungen  
reibschlüssige  
Steckmuffen-Verbindung  
Reibungskräfte  
Reynoldszahl  
Risswachstum  
Rohrdichtkissen  
Rohrherstellung  
Rohrreibungszahl  
Rohrsteifigkeit  
Rohrwanddicke  
Rohwässer  
Rotationsschleuderverfahren  
Rückstellkraft  
Rundungsvorrichtung

## S

Sättigungsphase  
Scheitelspannung  
Schichtdicke  
Schlackeeinschlüsse  
Schlagbeständigkeit  
Schnittkräfte  
Schüttgüter  
Schweißen von Gusseisen  
Schweißnahtvorbereitung  
Schweißraupe  
Schweißzusätze  
See-Auslass-Leitungen  
Sicherheitsbeiwert  
Sicherheitsreserven  
Solen  
Spannungsausbreitung im Boden  
Spannungsnachweis  
Spannungsrelaxation  
Spülen mit Trinkwasser  
STANDARD-Verbindung  
Standicherheit  
Standverfahren  
Startgrube  
Steckmuffen-Verbindung  
STP  
Systemprüfdruck  
Systemsteifigkeit

**T**

Technisches Email  
Teilfüllung  
Teilsicherheiten  
Teilverbau  
Temperaturbeständigkeit  
thermische Nachbehandlung  
Tiefbaukosten  
Tonerdezement  
Trinkwasser  
Trinkwasserverordnung  
Turbinenleitungen  
TYTON®-Verbindung  
Tyton SIT®  
TYTON SIT PLUS®

**U**

Überdeckungshöhe  
Übergangsstücke  
Überzug  
Umhüllung  
Unterdruckprüfung  
untere Bettungsschicht  
Unterwanderungssicherheit

**V**

Verbaufeld  
Verbindungselemente  
Verformung  
Verfüllung  
Verkehrslast  
Versagenswahrscheinlichkeit  
Versprödung  
Verunreinigung  
Vollfüllung  
Volumenstrom  
Vor-Kopf-Einbau  
Vorprüfung  
Vortriebsverfahren  
Vorwärmung  
Vulkanisation

**W**

Wanddickenberechnung  
Wanddickenklasse  
Wärmebehandlung  
Wärmedämmung  
Wärmeeinflusszone  
Wärmeleitfähigkeit  
wärmeschrumpfendes Material  
Wasserfüllung  
Wasserkraftturbinenanlage  
Wasserparameter  
Wasserqualität

Wasserstoffperoxid  
Wasserverlustmethode  
Wasserzugabemenge  
Werkstoffkennwerte  
Werksumhüllungen  
Wetspray-Verfahren  
Wickelextrusions-Verfahren  
Widerlager  
Widerstandsbeiwert  
Wiederholungsprüfung  
Wirbelsinterverfahren  
Wurzeleinwuchs

**Z**

Zementit  
Zementmörtel  
Zementmörtel-Umhüllung  
Zentrierbund  
Zentrifugalkraft  
Zerrungen  
Zink-Aluminium-Überzug  
Zink-Überzug mit Deckbeschichtung  
Zugfestigkeit  
zulässige Bodenpressung  
zulässige Flächenpressung  
zulässige Zugkräfte



26

# Impressum

Ordentliche Mitglieder  
Fördermitglieder

# Impressum

## Herausgeber:

European Association for Ductile  
Iron Pipe Systems · EADIPS®/  
Fachgemeinschaft  
Guss-Rohrsysteme (FGR®) e. V.  
Doncaster-Platz 5  
45699 Herten  
Deutschland  
Telefon: +49 (0)2366 9943905  
Telefax: +49 (0)2366 9943906  
E-Mail: [info@eadips.org](mailto:info@eadips.org)  
[www.eadips.org](http://www.eadips.org)

## Redaktionsleitung:

European Association for Ductile  
Iron Pipe Systems · EADIPS®/  
Fachgemeinschaft  
Guss-Rohrsysteme (FGR®) e. V.  
Christoph Bennerscheidt

## Redaktionsschluss:

Januar 2017

## Fotonachweis:

European Association for Ductile  
Iron Pipe Systems · EADIPS®/  
Fachgemeinschaft  
Guss-Rohrsysteme (FGR®) e. V.

## Haftungsausschluss:

Obwohl wir alle Informationen und Bestandteile dieses E-Books nach bestem Wissen und Gewissen zusammengestellt haben, haften wir nicht für die Vollständigkeit, Richtigkeit, Aktualität und technische Exaktheit der in diesem E-Book bereitgestellten Informationen. Ebenso wenig haften wir für etwaige Schäden, die beim Aufrufen oder Herunterladen von Daten aus diesem E-Book durch Computerviren verursacht werden. Wir behalten uns außerdem das Recht vor, jederzeit ohne vorherige Ankündigung, Änderungen oder Ergänzungen der Informationen und Bestandteile dieses E-Books vorzunehmen.

Durch Klicken auf bestimmte Verweise (Hyperlinks), die in unserem E-Book enthalten sind, können Sie dieses verlassen.

Der Inhalt und die Ausgestaltung sowie etwaige Änderungen der Websites, auf die in unserem E-Book verwiesen wird, unterliegen nicht unserer Kontrolle oder unserem Einfluss. Wir haften deshalb nicht für den Inhalt einer fremden Website, auf die in unserem E-Book lediglich pauschal verwiesen wird, und auch nicht für auf solchen fremden Websites enthaltene Verweise auf andere Websites.

## Vervielfältigung:

Textinhalte, Daten, Programme oder Grafiken dieses E-Books dürfen für nicht kommerzielle, private oder ausbildungsbezogene Zwecke nachgedruckt, vervielfältigt oder anderweitig verwendet werden. Dies gilt unter der Voraussetzung, dass die Informationen nicht modifiziert werden und der Hinweis auf unser Urheberrecht auf jeder Kopie erscheint. Für eine anderweitige Nutzung muss eine vorherige schriftliche Zustimmung von uns eingeholt werden.

## Gesamtherstellung:

Schneider Media GmbH,  
Erfurt

**European Association for Ductile Iron Pipe Systems · EADIPS®/  
Fachgemeinschaft Guss-Rohrsysteme (FGR®) e. V.**

**Ordentliche Mitglieder**



**Düker GmbH**

Hauptstraße 39-41 · 63846 Laufach/Deutschland  
Telefon: +49 (0)6093 / 87-0 · Telefax: +49 (0)6093 / 87-246  
E-Mail: [info@dueker.de](mailto:info@dueker.de)  
Internet: [www.dueker.de](http://www.dueker.de)



**Duktus Rohrsysteme Wetzlar GmbH**

Sophienstraße 52-54 · 35576 Wetzlar/Deutschland  
Telefon: +49 (0)6441 / 49-2401 · Telefax: +49 (0)6441 / 49-1455  
E-Mail: [info@duktus.com](mailto:info@duktus.com)  
Internet: [www.duktus.com](http://www.duktus.com)



**ERHARD GmbH & Co. KG**

Meeboldstraße 22 · 89522 Heidenheim/Deutschland  
Telefon: +49 (0)7321 / 320-0 · Telefax: +49 (0)7321 / 320-491  
E-Mail : [info@talis-group.com](mailto:info@talis-group.com)  
Internet: [www.talis-group.com](http://www.talis-group.com)

**Keulahütte GmbH**

Geschwister-Scholl-Straße 15 · 02957 Krauschwitz/Deutschland

Telefon: +49 (0)35771/54-0 · Telefax: +49 (0)35771/54-220

E-Mail: keulahuette@vem-group.de

Internet: [www.keulahuettekrauschwitz.de](http://www.keulahuettekrauschwitz.de)

**FRISCHHUT RANGE****Ludwig Frischhut GmbH & Co. KG**

Franz-Stelzenberger-Straße 9-17 · 84347 Pfarrkirchen/Deutschland

Telefon: +49 (0)8561/3008-0 · Telefax: +49 (0)8561/3008-105

E-Mail: [frischhut@talis-group.com](mailto:frischhut@talis-group.com)

Internet: [www.frischhut.de](http://www.frischhut.de)

**TIROLER ROHRE GmbH**

Innsbrucker Straße 51 · 6060 Hall in Tirol/Österreich

Telefon: +43 (0)5223/503-0 · Telefax: +43 (0)5223/43619

E-Mail: [office@trm.at](mailto:office@trm.at)

Internet: [www.trm.at](http://www.trm.at)



vonRoll hydro (deutschland) gmbh

**vonRoll hydro (deutschland) gmbh**

Ferdinand-Lassalle-Straße 16 · 72770 Reutlingen/Deutschland

Telefon: +49 (0)7121 / 4347-49 · Telefax: +49 (0)7121 / 4704-33

E-Mail: [info@vonroll-hydro.de](mailto:info@vonroll-hydro.de)

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



vonRoll hydro (suisse) ag

**vonRoll hydro (suisse) ag**

von Roll-Strasse 24 · 4702 Oensingen/Schweiz

Telefon: +41 (0)62 / 38811-11 · Telefax: +41 (0)62 / 38811-77

E-Mail: [info@vonroll-hydro.ch](mailto:info@vonroll-hydro.ch)

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

**European Association for Ductile Iron Pipe Systems · EADIPS®/  
Fachgemeinschaft Guss-Rohrsysteme (FGR®) e. V.**

**Fördermitglieder**



**Akzo Nobel Powder Coatings GmbH**

Markwiesenstraße 50 · 72770 Reutlingen/Deutschland

Telefon: +49 (0)7121/519-197 · Telefax: +49 (0)7121/519-199

E-Mail: [resicoat@akzonobel.com](mailto:resicoat@akzonobel.com)

Internet: [www.resicoat.com](http://www.resicoat.com)



**Friedrichshütte GmbH**

Friedrichshütte 11-13 · 35321 Laubach/Deutschland

Telefon: +49 (0)6405 / 826-0 · Telefax: +49 (0)6405 / 826-260

E-Mail: [info@friedrichshuette.com](mailto:info@friedrichshuette.com)

Internet: [www.friedrichshuette.com](http://www.friedrichshuette.com)



**Rhein-Ruhr Collin KG**

**Geschäftsbereich HTI**

Collinweg · 47059 Duisburg/Deutschland

Telefon: +49 (0)203 / 28900-105 · Telefax: +49 (0)203 / 28900-103

E-Mail: [gsl.rrc@gc-gruppe.de](mailto:gsl.rrc@gc-gruppe.de)

Internet: [www.hti-handel.de](http://www.hti-handel.de)

**Saint-Gobain Building Distribution Deutschland GmbH**

Hanauer Landstraße 150 · 60314 Frankfurt/Deutschland  
Telefon: +49 (0)69 / 40505655 · Telefax: +49 (0)69 / 40505565  
E-Mail: [mario.hinz@saint-gobain.com](mailto:mario.hinz@saint-gobain.com)  
Internet: [www.sgbd-deutschland.de](http://www.sgbd-deutschland.de)

**SATTEC DBS GOMMA SRL**

Via E. Mattei, 12 · 33080 Prata di Pordenone (PN)/Italien  
Telefon: +39 (0)434 / 620100 · Telefax: +39 (0)434 / 610055  
E-Mail: [commerciale@sattecgomma.it](mailto:commerciale@sattecgomma.it)  
Internet: [www.sattecgomma.it](http://www.sattecgomma.it)

**TMH Hagenbucher AG**

Friesstraße 19 · 8050 Zürich/Schweiz  
Telefon: +41 (0)44 / 3064748 · Telefax: +41 (0)44 / 3064757  
E-Mail: [info@hagenbucher.ch](mailto:info@hagenbucher.ch)  
Internet: [www.hagenbucher.ch](http://www.hagenbucher.ch)

**Tröger + Entenmann KG**

In der Gabel 22 · 69123 Heidelberg/Deutschland

Telefon: +49 (0)6221 / 825-0 · Telefax: +49 (0)6221 / 825-225

E-Mail: [info@tue-hd.de](mailto:info@tue-hd.de)

Internet: [www.tue-hd.de](http://www.tue-hd.de)

**Vertriebsgesellschaft für Tiefbau und Umwelttechnik mbH + Co. KG**

Wackerstraße 7 · 85084 Reichertshofen/Deutschland

Telefon: +49 (0)661 / 286-399 · Telefax: +49 (0)661/286-210

E-Mail: [martin.schulze@rf-tbu.de](mailto:martin.schulze@rf-tbu.de)

Internet: [www.richter-frenzel.de](http://www.richter-frenzel.de)



Member of the Woco Group

**Woco IPS GmbH****Business Unit Pipe System Components**

Hanauer Landstraße 16 · 63628 Bad Soden-Salmünster/Deutschland

Telefon: +49 (0)6056 / 78-7229 · Telefax: +49 (0)6056 / 78-57229

E-Mail: [ruwerner@de.wocogroup.com](mailto:ruwerner@de.wocogroup.com)

Internet: [www.woco-psc.de](http://www.woco-psc.de)



**EADIPS®**  
**FGR®**

**European Association for  
Ductile Iron Pipe Systems**

Fachgemeinschaft Guss-Rohrsysteme



 Nachhaltig überlegen –  
duktile Guss-Rohrsysteme

# Guss-Rohrsysteme

Rohre, Formstücke und Armaturen aus duktilem Gusseisen