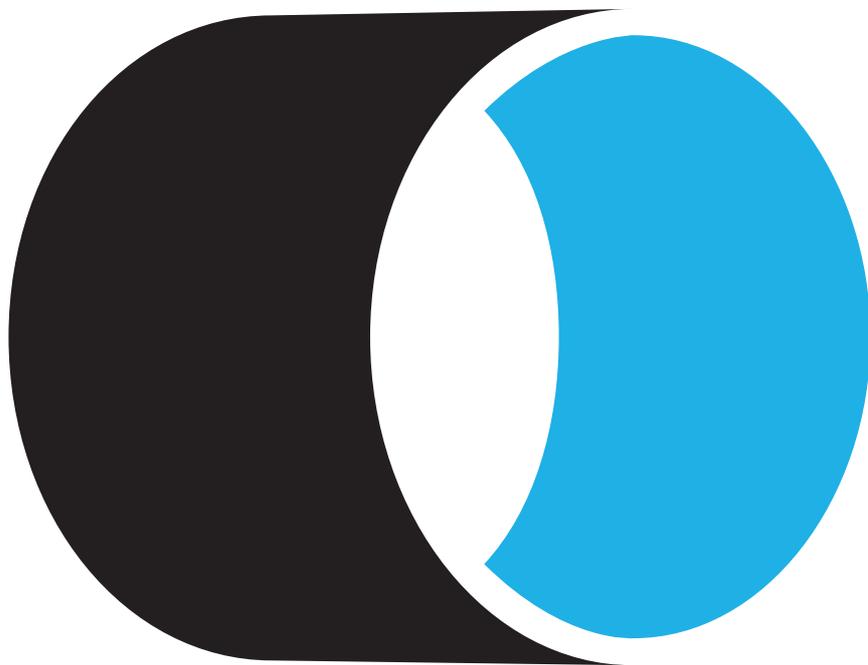


Anwenderhandbuch



PRO AQUA STAHLROHRE

Jedem Druck gewachsen

Inhalt

Vorwort

Autorenverzeichnis

Verzeichnis der Unternehmen in der Fachgemeinschaft

1 Entwicklung der Stahlleitungsrohre für die Wasserwirtschaft

2 Stahl und Stahlleitungsrohre

3 Korrosionsschutz von Stahlleitungsrohren und Ummantelungen

4 Rohrverbindungen und Ausbildung der Rohrenden

5 Fertigung und Qualitätssicherung

6 Lieferprogramm

7 Planung von Wasserleitungen

8 Bau von Wasserleitungen

9 Normen, Richtlinien und Vorschriften

10 Literaturverzeichnis

Bildquellennachweis

Stichwortverzeichnis

Vorwort

In allen Bereichen der Versorgungswirtschaft ist die Bedeutung metallischer Rohre als erdverlegte Leitungsrohre hinreichend bekannt. Zahlreiche Veröffentlichungen über den Einsatz metallischer Rohre sowohl bei vorhandenen als auch bei geplanten Rohrleitungen zeigen den breiten Anwendungsbereich dieser Rohre, die einen hohen Anteil am gesamten Marktaufkommen für Rohre haben.

Über die Anwendung von Stahlrohren sind neben zahlreichen Firmenschriften (z. B. Anwendungs- und Verlegerichtlinien) eine Vielzahl von Artikeln in Fachzeitschriften erschienen – das „Stahlrohr-Handbuch“ (12. Auflage 1995) bildet als komplexes Werk über alle Einsatzgebiete von Stahlrohren eine wichtige Grundlage.

Unabhängig davon entstand bei den Anwendern von Stahlleitungsrohren in der Wasserwirtschaft (Planungsbüros, Baubetrieben und Wasserversorgungsunternehmen) der Wunsch nach einem **Anwenderhandbuch** als Ergänzung zum „Stahlrohr-Handbuch“, in dem viele Details für Planung, Fertigung und Bau von Stahlrohrleitungen komplex dargestellt sein sollten.

Durch die Gründung der Fachgemeinschaft PRO AQUA STAHLROHRE e. V. in der Wirtschaftsvereinigung Stahlrohre ist die Realisierung dieses Ziels möglich geworden. In dem gemeinsamen Bestreben, der Wasserwirtschaft qualitativ hochwertige Stahlleitungsrohre zu liefern, haben sich sechs führende Stahlrohrwerke in Deutschland zur Fachgemeinschaft PRO AQUA STAHLROHRE e. V. zusammengeschlossen. Alle Unternehmen, die PRO AQUA STAHLROHRE anbieten, verfügen über die Zertifizierung ihres jeweiligen Qualitätsmanagementsystems nach ISO 9001/9002. Ein solches Zertifikat bedeutet für die Abnehmer von Erzeugnissen, daß die Herstellerfirma ein – nach internationalen Maßstäben gemessenes – qualitätsfähiges Unternehmen ist. Somit ist eine hohe Sicherheit vorhanden, daß die ausgelieferten Erzeugnisse eine nahezu gleichbleibende und überwachte Qualität besitzen, die bei Bedarf auch dokumentiert wird.

Die Nutzungsdauer von erdverlegten Stahlrohren (Stahlleitungsrohren) ist aber nicht nur von der Qualität der von den Stahlrohrwerken ausgelieferten Rohre abhängig, sondern auch von einer sorgfältigen Planung des Projektes und einem qualitätsgerechten Bau der Wasserleitungen.

Aus diesen Gründen wurde das vorliegende Anwenderhandbuch „Stahlrohre für Wasserleitungen“ als komplexes Handbuch gestaltet, wobei besonders die Zusammenhänge zwischen Planung und Bau von Wasserleitungen detailliert dargestellt wurden.

Die allgemein anerkannten Regeln der Technik (DVGW-Regelwerk, ISO-, EN- und DIN-Normen) wurden nicht nur aufgeführt, sondern bei besonderer Bedeutung auch auszugsweise zitiert.

Den Fachleuten, die bei der Bearbeitung dieses Anwenderhandbuches mitgearbeitet haben, möchten wir hiermit für ihre wertvolle Unterstützung unseren verbindlichen Dank aussprechen. Desweiteren danken wir allen, die durch Ratschläge und Hinweise zum Gelingen des Anwenderhandbuches beitrugen.

Die Fachgemeinschaft PRO AQUA STAHLROHRE e. V. hofft, daß mit dem Anwenderhandbuch ein nutzbares Nachschlagewerk für alle interessierten Fachleute geschaffen wurde.

Fachgemeinschaft PRO AQUA STAHLROHRE e. V.
Düsseldorf, im April 1997

Autorenverzeichnis

Gesamtbearbeitung

Dr.-Ing. Rainer Uferer
IGG Ingenieurgesellschaft Grimma mbH
NL Rohrnetze Leipzig
04209 Leipzig

Teilbearbeitung

- Dipl.-Ing. Gerhard Bruckhaus
Dipl.-Ing. Wolf-Rüdiger Brunn
Dipl.-Ing. Jürgen Duisberg
Dr. Hans-Georg Hillenbrand
Fachgemeinschaft PRO AQUA STAHLROHRE e. V.

- Dipl.-Ing. Wolfgang Hähnig
Stellv. Techn. Geschäftsführer i. R.
der Bodensee-Wasserversorgung
72074 Tübingen

- Dr. Hanns-Georg Schöneich
Ruhrgas AG
45326 Essen

1. Überarbeitung 2001

- Dipl.-Ing. Hauke Jöns
Dipl.-Ing. Michael Bick
Dipl.-Ing. Günther Westphal
Fachgemeinschaft PRO AQUA STAHLROHRE e. V.

Verzeichnis der Unternehmen in der Fachgemeinschaft PRO AQUA STAHLROHRE e. V.

- **BENDER-FERNDORF**
Eisen- und Metallwerke Ferndorf GmbH
Mühlenweg 2-6
57223 Kreuztal-Ferndorf
Telefon: (0 27 32) 29 46
Telefax: (0 27 32) 29 40
E-Mail: info@bender-ferndorf.de
<http://www.bender-ferndorf.de>

- **BERGROHR GMBH SIEGEN**
Siegstraße 70
57076 Siegen
Telefon: (02 71) 7 07-0
Telefax: (02 71) 7 07-2 13
Telex: 2 71 310 berg
E-Mail: info@bergrohr.de
<http://www.bergrohr.de>

- **Europipe GmbH**
Formerstraße 49
40878 Ratingen
Telefon: (0 21 02) 8 57-0
Telefax: (0 21 02) 8 57-2 85
Telex: 8 585 062 ehr d
E-Mail: europipe@europipe.com
<http://www.europipe.com>

- **Mannesmann Line Pipe GmbH**
Kissinger Weg
59067 Hamm
Tel. (0 23 81) 420-801
Fax (0 23 81) 420-804
E-Mail: marketing@mhp.mannesmann.de
<http://www.mrw.de/mhp.htm>

- **Röhrenwerk Gebr. Fuchs GmbH**
In der Steinwiese 31
57022 Siegen-Kaan
Telefon: (02 71) 6 91-0
Telefax: (02 71) 6 91-2 99
Telex: 2 71 345
E-Mail: info@fuchsrohr.de
<http://www.fuchsrohr.de>

- **Anlagen- und Sonderformstückbau Dommitzsch GmbH**
Dübener Str. 5
04880 Dommitzsch
Tel. (03 42 24) 4 19 02
Fax (03 42 24) 4 19 06

Inhaltsverzeichnis	Seite	
1	Entwicklung der Stahlleitungsrohre für die Wasserwirtschaft	1.1
2	Stahl und Stahlleitungsrohre	2.1
2.1	Forderungen an Stahlleitungsrohre	2.1
2.2	Wahl der Ausgangswerkstoffe für Stahlleitungsrohre	2.1
2.3	Stahlsorten für Stahlleitungsrohre	2.2
2.4	Kennwerte der Stahlsorten	2.3
2.4.1	Allgemeine Kennwerte für Stahl	2.3
2.4.2	Mechanische Kennwerte der Stahlsorten	2.3
2.5	Mechanische Eigenschaften von Stahlrohren	2.6
2.6	Anwendungsbereich von Stahlleitungsrohren	2.7
3	Umhüllungen, Ummantelungen und Auskleidungen von Stahlleitungsrohren	3.1
3.1	Werkseitiger Korrosionsschutz von Stahlleitungsrohren durch Umhüllungen	3.1
3.1.1	Anforderungen an Umhüllungen	3.1
3.1.2	Polyethylen-Umhüllungen	3.2
3.1.3	Spezielle Polyethylen-Umhüllungen	3.5
3.1.4	Umhüllungen nach Kundenspezifikation	3.6
3.2	Werkseitiger mechanischer Schutz von umhüllten Stahlleitungsrohren durch Ummantelung	3.6
3.2.1	Zweck von Ummantelungen	3.6
3.2.2	Ausführungen von Ummantelungen	3.6
3.3	Werkseitiger Korrosionsschutz von Stahlleitungsrohren durch Auskleidungen	3.8
3.3.1	Anforderungen an Auskleidungen	3.8
3.3.2	Zementmörtelauskleidungen	3.9
3.3.3	Anwendungsbereiche für Zementmörtelauskleidungen	3.12
3.3.3.1	Allgemeine Anwendungsbereiche	3.12
3.3.3.2	Verhalten der Zementmörtelarten gegenüber verschiedenen Medien	3.13
3.3.3.3	Temperaturverhalten von Zementmörtelauskleidungen	3.14
3.3.4	Hinweise auf spezielle Auskleidungen	3.14
4	Rohrverbindungen und Ausbildung der Rohrenden	4.1
4.1	Allgemeines	4.1
4.2	Steckmuffenverbindung	4.2
4.3	Stumpfschweißverbindung	4.3
4.4	Einsteckschweißmuffen-Verbindung	4.5
4.5	Überschiebschweißmuffen-Verbindung	4.7
4.6	Flanschverbindung	4.8
4.7	Rohrverbindungen für Sonderfälle	4.9
4.8	Anwendung der Rohrverbindungen	4.9
5	Fertigung und Qualitätssicherung	5.1
5.1	Stahlrohrherstellung	5.1
5.2	Herstellung der PE-Umhüllung	5.7
5.3	Herstellung der FZM-Ummantelung	5.8
5.4	Herstellung der ZM-Auskleidung	5.10
5.5	Materialprüfungen und Bescheinigungen	5.12
5.6	Bestätigungen und Zertifizierungen	5.14

5.6.1	Bestätigungen	5.14
5.6.2	Zertifizierungen	5.15
5.6.3	Vorhandene Bestätigungen, Nachweise, Zertifikate und Gütezeichen	5.16
6	Liefersortiment	6.1
6.1	Allgemeines	6.1
6.2	Liefersortiment Stahlleitungsrohre	6.3
6.2.1	Bestellangaben	6.3
6.2.2	Längenbezogene Massen	6.6
6.3.	Liefersortiment Formstücke	6.6
6.3.1	Formstücke aus duktilem Gusseisen	6.6
6.3.2	Formstücke aus Stahl nach DIN	6.7
6.3.3	Formstücke aus Stahl nach Herstellernorm	6.7
7	Planung von Wasserleitungen	7.1
7.1	Allgemeines	7.1
7.2	Festlegung der Leitungsführung	7.2
7.2.1	Leitungsführung im Grundriß	7.2
7.2.2	Leitungsführung im Längenschnitt	7.3
7.3	Kreuzungen von Verkehrswegen und Gewässern	7.4
7.4	Sicherheitsstreifen, Mindest-(Schutz-)Abstände und Überdeckungshöhen	7.9
7.5	Leistungsrechte und Verträge	7.14
7.6	Besondere Sicherungsmaßnahmen für Rohrleitungen bei ungünstigen Gelände- und Bodenverhältnissen	7.14
7.7	Offene und grabenlose Rohrverlegung	7.17
7.7.1	Allgemeines	7.17
7.7.2	Rohrgrabengestaltung bei offener Rohrverlegung	7.18
7.7.3	Gabenlose Rohrverlegung	7.21
7.8	Hinweise für einzelne Anlagenteile	7.26
7.9	Berechnung von Wasserleitungen	7.26
7.9.1	Berechnung des Rohrdurchmessers	7.26
7.9.2	Berechnung der Wanddicke	7.30
7.9.3	Berechnung von zu sichernden Rohrlängen	7.31
7.9.4	Berechnung von Betonwiderlagern	7.34
7.10	Kriterien für den Einsatz von Stahlleitungsrohren	7.36
7.10.1	Technisch-wirtschaftliche Gesichtspunkte	7.36
7.10.2	Vorteile des Rohrwerkstoffes Stahl und von Stahlleitungsrohren	7.38
7.10.3	Technische Besonderheiten	7.38
7.11	Schweißen von Stahlleitungsrohren	7.47
7.11.1	Schweißen von nicht befahrbaren Stahlleitungsrohren	7.47
7.11.2	Schweißen von befahrbaren Stahlleitungsrohren	7.47
7.12	Nachumhüllung und Nachauskleidung der Rohrverbindungen	7.48
7.12.1	Grundsätzliches	7.48
7.12.2	Nachumhüllung von Stumpfschweißnähten	7.49
7.12.3	Nachumhüllung von Einsteck-, Überschiebschweißmuffen-, Steckmuffen- und Flanschverbindungen sowie Segmentkrümmern	7.50
7.12.4	Ausheileffekt der inneren Flächen von Schweißnähten bei Rohrleitungen	7.51
7.12.5	Nachauskleidung von Schweißverbindungen	7.52
7.13	Kathodischer Korrosionsschutz von Stahlleitungsrohren	7.53
7.13.1	Allgemeines	7.53

7.13.2	Korrosion von metallischen Werkstoffen	7.53
7.13.2.1	Grundsätzliches	7.53
7.13.2.2	Korrosionsvorgänge	7.54
7.13.2.3	Außenkorrosion von Rohren aus metallischen Werkstoffen	7.54
7.13.3	Elektrochemie der Korrosion	7.55
7.13.4	Kathodischer Korrosionsschutz	7.56
7.13.4.1	Grundlagen	7.56
7.13.4.2	Schutzstromdichte	7.57
7.13.4.3	Schutzbereich	7.58
7.13.4.4	Kathodischer Korrosionsschutz mit galvanischen Anoden	7.59
7.13.4.5	Kathodischer Korrosionsschutz mit Fremdstrom	7.60
7.13.4.6	Kathodischer Korrosionsschutz bei Streustrombeeinflussung	7.62
7.13.5	Konstruktive Voraussetzungen für die Einrichtung des kathodischen Korrosionsschutzes	7.65
7.13.5.1	Längsleitfähigkeit	7.65
7.13.5.2	Elektrische Trennung	7.65
7.13.5.3	Umhüllung	7.67
7.13.6	Meßstellen	7.67
7.13.7	Beeinflussung	7.69
7.13.7.1	Grundlagen	7.69
7.13.7.2	Kriterien	7.70
7.13.7.3	Schutzmaßnahmen	7.70
7.13.8	Planung des kathodischen Korrosionsschutzes einer Rohrleitung	7.70
7.13.9	Inbetriebnahme und Überwachung des kathodischen Korrosionsschutzes	7.71
7.13.9.1	Inbetriebnahme	7.71
7.13.9.2	Nachmessung	7.71
7.13.9.3	Überwachung des kathodischen Korrosionsschutzes	7.72
7.13.10	Wirtschaftlichkeit	7.72
8	Bau von Wasserleitungen	8.1
8.1	Allgemeines	8.1
8.2	Qualitätssicherung beim Bau erdverlegter Rohrleitungen	8.1
8.3	Transport und Lagerung	8.2
8.3.1	Be- und Entladen	8.2
8.3.2	Transport zur Baustelle	8.3
8.3.3	Befördern auf der Baustelle	8.4
8.3.4	Lagerung	8.4
8.3.5	Auslegen der Rohre auf der Baustelle	8.5
8.4	Herstellung des Rohrgrabens vor der Rohrverlegung	8.6
8.4.1	Trassengestaltung	8.6
8.4.2	Aushub des Rohrgrabens	8.10
8.4.3	Gestaltung des Auflagers	8.13
8.5	Herstellung der Rohrverbindungen	8.14
8.5.1	Allgemeines	8.14
8.5.2	Schweißverbindungen	8.14
8.5.2.1	Stumpfschweißverbindungen	8.14
8.5.2.2	Einsteckschweißmuffen-Verbindungen	8.19
8.5.2.3	Überschiebschweißmuffen-Verbindung	8.21
8.5.3	Steckmuffen-Verbindung	8.22
8.5.4	Flanschverbindung	8.27

8.5.5	Montage der Formstücke	8.28
8.5.5.1	Montage von Formstücken aus duktilem Gußeisen	8.28
8.5.5.2	Montage von Formstücken aus Stahl	8.28
8.6	Trennen von Stahlleitungsrohren auf der Baustelle	8.30
8.6.1	Trennen von Rohren mit PE-Umhüllung	8.30
8.6.2	Trennen von Rohren mit PE-Umhüllung und FZM-Ummantelung	8.33
8.7	Baustellenseitige Vervollständigung des Korrosionsschutzes	8.34
8.7.1	Nachumhüllung der Rohrverbindungen	8.34
8.7.2	Prüfung der PE-Umhüllung auf Porenfreiheit	8.41
8.7.3	Ausbesserung von Fehlstellen in der PE-Umhüllung	8.42
8.7.4	Nachauskleidung der Rohrverbindungen	8.43
8.8	Baustellenseitige Vervollständigung des mechanischen Schutzes von PE-Umhüllungen	8.45
8.9	Anbohrungen	8.50
8.10	Druckprüfung von Wasserleitungen	8.51
8.10.1	Allgemeines	8.51
8.10.2	Druckprüfung von verlegten Stahlleitungsrohren	8.51
8.11	Wiederherstellung der Oberflächen	8.54
8.11.1	Allgemeines	8.54
8.11.2	Einbettung und Verfüllung des Rohrgrabens	8.54
8.11.3	Verkehrsflächenbefestigung	8.55
8.12	Inbetriebnahme von Wasserleitungen (Desinfektion und Spülung)	8.56
8.13	Einmessen und Bestandspläne	8.58
8.14	Kennzeichnung der Rohrleitungsteile	8.59
8.15	Beispiele für besondere Baumaßnahmen	8.59
9	Normen, Richtlinien und Vorschriften	9.1
9.1	DIN ISO-, DIN EN ISO- und DIN EN-Normen, Erscheinungsjahr/Monat	9.1
9.2	DIN-Normen, Ausgabe/Bezeichnung	9.2
9.3	DVGW-Regelwerk	9.7
9.3.1	Wasser	9.7
9.3.2	Gas und Wasser	9.8
9.4	ATV-Arbeitsblätter	9.9
9.5	Sonstige Vorschriften/Verordnungen	9.10
10	Literaturverzeichnis	10.1
	Bildquellenverzeichnis	10.3
	Stichwortverzeichnis	10.4

1 Entwicklung der Stahlleitungsrohre für die Wasserwirtschaft

Während die ältesten Rohrleitungen mindestens 6000 Jahre alt sind, begann die Entwicklung der Stahlrohre im 19. Jahrhundert. Diese waren zunächst aus gebogenem Stahlblech vernietete und verstemmte Rohre; später wurde im Zuge der steigenden Anforderungen eine Vielzahl neuer Herstellungsverfahren entwickelt.

Schon 1825 wurde in England ein Patent zur Herstellung geschweißter Stahlrohre erteilt. Ein zum Schlitzrohr gebogener Blechstreifen wurde erwärmt, und durch einen mechanischen Preßvorgang in einer Ziehbank wurden die Längskanten verschweißt.

1886 gelang durch die Gebrüder Mannesmann durch Schrägwalzen von Blöcken erstmalig die Herstellung nahtloser Rohre.

Im Laufe der Zeit wurden die Verfahren zur Herstellung von geschweißten und nahtlosen Stahlrohren vervollkommenet, wodurch sich neue Einsatzgebiete ergaben.

Ca. 1920 wurden erstmals nahtlose Stahlrohre mit einem Korrosionsschutz auf Bitumenbasis als Leitungsrohre eingesetzt.

Unter einem **Leitungsrohr** wird generell ein Rohr mit einem äußeren und/oder inneren Korrosionsschutz für den speziellen Einsatz im erdverlegten Leitungsbau verstanden.

Eine **Rohrleitung** ist ein System von Rohrleitungsteilen, wobei Rohrleitungsteile sowohl Rohre, Formstücke, Armaturen und Rohrverbindungen als auch sonstige Zubehörteile umfassen. Wird durch diese Systeme von Rohrleitungsteilen ein Medium transportiert, so werden diese Systeme nach dem Medium, z. B. als **Wasserleitungen** (teilweise als **Wasserrohrleitungen**) bezeichnet.

Insbesondere der technische Fortschritt bei den Schweißverfahren und die Entwicklung hochwertiger Korrosionsschutzsysteme haben dazu beigetragen, daß sich das geschweißte Stahlrohr technisch und wirtschaftlich allgemein durchsetzen konnte.

Die Einführung der Widerstandsschweißung, der Schutzgas- und Unterpulver-Schweißverfahren und die Verwendung hochwertiger Stahlsorten mit geringen Wanddicken hat den wirtschaftlichen Einsatz von geschweißten Stahlrohren (Längs- oder Schraubenliniennaht) mit hohen Qualitätsparametern in der Versorgungswirtschaft gefördert.

Durch die Einführung der Polyethylenummhüllung, der Zementmörtelauskleidung und verschiedener Rohrverbindungsarten konnte der problemlose Einsatz von Stahlleitungsrohren in der Wasserversorgung gewährleistet werden.

Von besonderer Marktbedeutung für das Stahlleitungsrohr in der Wasserwirtschaft war schließlich die Einführung der Steckmuffe mit Gummidichtung im Abmessungsbereich bis DN 300.

Durch die Entwicklung spezieller zusätzlicher Ummantelungen wurde auch der Einsatz bei der grabenlosen Rohrverlegung und die Verlegung in steinigten Böden ohne Sandbettung möglich.

Die Verwendung spezieller Zementmörtel als Auskleidung erlaubt auch eine problemlose Anwendung im Abwasserbereich.

Die Entwicklung längskraftschlüssiger Verbindungen ermöglicht bei Steckmuffenrohren den Wegfall von Beton-Widerlagern und infolge der Toleranzen der Außendurchmesser auch die Verwendung aller Formstücke aus duktilem Gußeisen bis DN 300.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß Stahlleitungsrohre für alle Rohrleitungen in der Wasserversorgung und Abwasserentsorgung hervorragend geeignet sind.

Durch die Recyclingfähigkeit ist der Werkstoff Stahl ein besonders umweltfreundlicher Werkstoff, der auch in Zukunft im Rohrleitungsbau seine hohe Bedeutung behalten wird.

2 Stahl und Stahlleitungsrohre

2.1 Forderungen an Stahlleitungsrohre

Die Bedeutung von metallischen Rohren als Leitungsrohre in der Versorgungswirtschaft sind den Anwendern seit langer Zeit bekannt.

Analog wie an andere metallische Werkstoffe sind die Anforderungen an Stahlleitungsrohre ständig gestiegen:

- Einsatz für alle auftretenden Betriebsdrücke (Innendrucke)
- Schadloسة Aufnahme der Beanspruchung aus der Erdüberdeckung und der Verkehrsbelastung
- Möglicher Abfall des Innendruckes bis auf den absoluten Druck $p_{\text{abs}} = 0,2 \text{ bar}$
- Aufnahme von zusätzlichen Beanspruchungen (z. B. bei teilweise oberirdischer Verlegung)
- Erhöhung der Länge einzelner Rohre von 6 m bis auf 18 m zwecks Verringerung des Montageaufwandes beim Bau von Rohrleitungen
- Einsatzbereich in den Nennweiten DN 50 bis DN 2000
- Möglichkeit des Einsatzes hochfester Werkstoffe zur Reduzierung des Rohrgewichtes
- Anwendung mehrerer Rohrverbindungsarten zur Erzielung bestimmter Eigenschaften (z. B. elektrische Längsleitfähigkeit, Längskraftschlüssigkeit)
- Optimaler innerer und äußerer Korrosionsschutz für die Erreichung einer planerischen Nutzungsdauer von mindestens 50 Jahren
- Möglichkeit des Aufbringens von Ummantelungen auf den äußeren Korrosionsschutz bei besonderen Einsatzfällen (steinige Böden, Seeverlegung und Einsatz als Vortriebsrohre bei der grabenlosen Rohrverlegung)
- Verbindungsmöglichkeit mit anderen Rohrleitungsteilen (Formstücken, Armaturen, Rohrverbindungen und sonstigen Zubehörteilen) zwecks Herstellung einer kompletten Rohrleitung in jeder topographischen Region
- Anbohrmöglichkeit zwecks Anschluß von kleineren Rohrleitungen (z. B. Hausanschlußleitungen)
- Problemlose Einbindung in bestehende Rohrleitungen
- Hygienische Unbedenklichkeit der Stahlleitungsrohre einschließlich der Verbindungen und Dichtelemente

2.2 Wahl der Ausgangswerkstoffe für Stahlleitungsrohre

Die Ausgangswerkstoffe für die Herstellung des Vormaterials (Bleche und Bänder) werden in den Stahlwerken schon so gewählt, daß die wichtigsten Eigenschaften der verschiedenen Stahlsorten für die Stahlleitungsrohre – wie z. B. Festigkeit, Zähigkeit und Schweißbeignung – garantiert sind. Die chemische Zusammensetzung (Schmelzenanalyse) und die Desoxidationsart charakterisieren u. a. diese Stahlsorten. Je nach den geforderten Festigkeiten werden unlegierte oder mikrolegierte Stähle mit niedrigem Kohlenstoffgehalt und hohem Reinheitsgrad bezüglich Schwefel und Phosphor verwendet. Diese Stähle werden meist nach dem Sauerstoffblasverfahren erschmolzen und nach dem Stranggießverfahren vergossen. Die Herstellung des benötigten Flachmaterials (Warmbreitband oder Blech) erfolgt entweder durch

- normalisierendes Umformen bei unlegierten Stählen
oder durch
- thermomechanisches Umformen bei mikrolegierten Stählen.

Das Blech oder Band aus den nicht thermomechanisch behandelten Stählen muß normalgeglüht sein.

Das Blech oder Band aus thermomechanisch behandelten Stählen wird in diesem Zustand verwendet. Eine spätere Wärmebehandlung dieser Stähle darf nur nach Abstimmung mit dem Hersteller erfolgen.

Das so hergestellte Vormaterial wird entweder als Coils (aufgehaspelte Bänder) oder als Einzelbleche den Rohrwerken mit den entsprechenden Zertifikaten angeliefert.

2.3 Stahlsorten für Stahlleitungsrohre

Für den Einsatz von Stahlleitungsrohren ist die Kenntnis der Stahlsorte (gekennzeichnet durch Kurznamen und Werkstoffnummer) notwendig, weil dadurch die mechanischen Kennwerte definiert werden, die für die Anwendung und die Einsatzgrenzen von entscheidender Bedeutung sind. Bei der Bezeichnung der Kurznamen der Stahlsorten sind grundsätzlich 4 verschiedene Bezeichnungen zu unterscheiden:

- **Herkömmliche Kurznamen nach DIN***

Hierbei bedeutet die Zahl nach der Bezeichnung St die **Mindestzugfestigkeit** in kp/mm^2 .

- **Neue Kurznamen nach ISO**

Hierbei wird auf die internationalen Normentwürfe DIS 3181 und DIS 3845 Bezug genommen – die Zahl nach der Bezeichnung StE bedeutet die **Streckgrenze** in N/mm^2 .

- **Neue Kurznamen nach EN**

Nach dem Entwurf der europäischen Norm prEN 10224 : 1995 wird die Streckgrenze in N/mm^2 ebenfalls zur Bezeichnung einer Stahlsorte nach dem Buchstaben L verwendet.

- **Kurznamen nach API (American Petroleum Institute)**

Hierbei wird auf die Spezifikationen des in den USA für die Normung von Gasrohren führenden Institutes Bezug genommen – ein Vergleich mit anderen Bezeichnungen ist notwendig.

Für Wasserleitungsrohre nach DIN 2460 (Nennweiten DN 80 bis DN 2000) gelten die Technischen Lieferbedingungen nach DIN 1626, wobei als Stahlsorten für die geschweißten Stahlrohre St 37.0 und St 52.0 eingesetzt werden.

Die Rohre können auch nach anderen Normen und aus anderen Stahlsorten geliefert werden (z. B. entsprechend den Technischen Lieferbedingungen nach DIN 1628 mit den Stahlsorten St 37.4, St 44.4 und St 52.4).

Zwecks Erleichterung von Kundenspezifikationen werden Vergleiche der Kurznamen von Stahlsorten in den Tabellen 2.1 und 2.2 dargestellt.

* Zur Anwendung von DIN-Normen siehe Bildquellennachweis

Tabelle 2.1

Vergleich der Kurznamen von Stahlsorten nach DIN 1626 und prEN 10224 : 1995

Derzeitige Kurznamen: Stahlsorte nach DIN 1626	Zukünftige Kurznamen: Stahlsorte nach prEN 10224 : 1995 ¹⁾
USt 37.0 ²⁾	-
St 37.0	L 235
St 44.0	L 275
St 52.0	L 355

¹⁾ noch nicht verbindlich

²⁾ nicht mehr gebräuchlich

Tabelle 2.2

Vergleich der Kurznamen von Stahlsorten nach DIN 17172/DIN EN 10208-2¹⁾ und der API Spezifikation 5 L

Kurznamen von Stahlsorten nach DIN 17172/DIN EN 10208-2				Kurznamen von Stahlsorten nach API 5 L
normalgeglühte Stähle		thermomechanisch behandelte Stähle		
DIN 17172	DIN EN 10208-2	DIN 17172	DIN EN 10208-2	
StE 210.7				A
StE 240.7	L 245 NB		L 245 MB	B
StE 290.7	L 290 NB	StE 290.7 TM	L 290 MB	X 42
StE 320.7		StE 320.7 TM		X 46
StE 360.7	L 360 NB	StE 360.7 TM	L 360 MB	X 52
StE 385.7		StE 385.7 TM		X 56
StE 415.7	L 415 NB	StE 415.7 TM	L 415 MB	X 60
		StE 445.7 TM	L 450 MB	X 65
		StE 480.7 TM	L 485 MB	X 70
			L 595 MB	X 80

¹⁾ Gültigkeit der neuen DIN EN 10208 -2, Ausgabe 8.96, beachten.

2.4 Kennwerte der Stahlsorten

2.4.1 Allgemeine Kennwerte für Stahl

- Elastizitätsmodul $E = 2,1 \cdot 10^6 \text{ N/mm}^2$
- Gleitmodul $G = 0,81 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$
- Streckgrenze, Zugfestigkeit, Bruchdehnung, Kerbschlagarbeit nach Stahlsorte (siehe Abschnitt 2.4.2)
- Dichte $\rho = 7,85 \text{ kg/dm}^3$
- Längenausdehnungskoeffizient $\alpha = 11,1 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
- Wärmeleitfähigkeit $\lambda = 52 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$
- Spezifische Wärmekapazität $c = 0,46 \text{ kJ/(kg} \cdot \text{K)}$
- Spezifischer Widerstand $\rho_{20} = 0,12 \text{ } \Omega\text{mm}^2/\text{m}$
- Temperaturkoeffizient des elektrischen Widerstandes $\alpha_{20} = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$
- Elektrische Leitfähigkeit $\kappa = 8,3 \cdot \text{S} \cdot \text{m/mm}^2$
- Schallgeschwindigkeit $c_{20} = 5180 \text{ m/s}$

2.4.2 Mechanische Kennwerte der Stahlsorten

Die mechanischen Kennwerte für die üblichen Stahlsorten für Wasserleitungsrohre St 37.0 und St 52.0 sind aus Tabelle 2.3 ersichtlich.

Die mechanischen Kennwerte für die seltener eingesetzten Stahlsorten St 37.4, St 44.4 und St 52.4 nach DIN 1628 sind in Tabelle 2.4 dargestellt. Streckgrenze, Zugfestigkeit und Bruchdehnung gehören zu den Grundkennwerten einer Stahlsorte. Das **Verhalten bei Zug- und Druckbeanspruchung** ist nahezu gleich.

Die Schweißbarkeit der Stähle hängt nach DIN 8528 T1 nicht nur von der Stahlsorte, sondern auch von den Bedingungen beim Schweißen (z. B. Schweißzusätze), von der Konstruktion und den Betriebsbedingungen ab.

Tabelle 2.3

Mechanische Kennwerte der Rohre nach DIN 1626 im Lieferzustand bei Raumtemperatur.

- Für Wanddicken über 40 mm sind die Werte bei der Bestellung zu vereinbaren.

Stahlsorte		Obere Streckgrenze Wanddicken in mm		Zugfestigkeit R_m N/mm ²	Bruchdehnung A_5		Biegedurchmesser für den technologischen Biegeversuch bei schmelzgeschweißten Rohren ¹⁾
Kurzname	Werkstoffnummer	≤ 16	$> 16 \leq 40$		längs	quer	
USt 37.0*	1.0253	235	–	350 bis 480	25	23	2 s
St 37.0	1.0254	235	225	350 ³⁾ bis 480	25	23	2 s
St 44.0	1.0256	275 ²⁾	265 ²⁾	420 ³⁾ bis 550	21	19	3 s
St 52.0	1.0421	355	345	500 ³⁾ bis 650	21	19	4 s

¹⁾ s Wanddicke des Rohres, Biegewinkel 180°

²⁾ Für kaltgefertigte Rohre im Lieferzustand NBK (oberhalb des oberen Umwandlungspunktes unter Schutzgas oder im Vakuum geglüht) sind um 20 N/mm² niedrigere Mindestwerte der Streckgrenze zulässig.

³⁾ Für kaltgefertigte Rohre im Lieferzustand NBK sind um 10 N/mm² niedrigere Mindestwerte der Zugfestigkeit zulässig.

* Nicht mehr gebräuchlich.

Tabelle 2.4

Mechanische Kennwerte der Rohre nach DIN 1628 im Lieferzustand bei Raumtemperatur.

- Für Wanddicken über 40 mm sind die Werte bei der Bestellung zu vereinbaren.

Stahlsorte		Obere Streckgrenze R_{eH} für Wanddicken in mm		Zugfestigkeit R_m N/mm ²	Bruchdehnung A_5		Biegedorn-durchmesser für den technologischen Biegeversuch bei schmelzgeschweißten Rohren ¹⁾	Kerbschlagarbeit ²⁾ für den Grundwerkstoff (ISO-Spitzkerbproben bei + 20 °C)	
Kurzname	Werkstoffnummer	≤ 16	$> 16 \leq 40$		längs	quer		längs	quer ³⁾
St 37.4	1.0255	235	225	350 ⁵⁾ bis 480	25	23	2 s	43	27
St 44.4	1.0257	275 ⁴⁾	265 ⁴⁾	420 ⁵⁾ bis 550	21	19	3 s	43	27
St 52.4	1.0581	355	345	500 ⁵⁾ bis 650	21	19	4 s	43	27

¹⁾ s Wanddicke des Rohres, Biegewinkel 180°

²⁾ Mittelwert aus 3 Proben, wobei nur ein Einzelwert den angegebenen Mindestwert um höchstens 30% unterschreiten darf.

³⁾ Diese Werte gelten auch bei der Prüfung der Kerbschlagarbeit in Schweißnahtmitte bei Rohren > 500 mm Außendurchmesser und ≥ 10 mm Wanddicke.

⁴⁾ Für kaltgefertigte Rohre im Lieferzustand NBK (oberhalb des oberen Umwandlungspunktes unter Schutzgas oder im Vakuum geglüht) sind um 20 N/mm² niedrigere Mindestwerte der Streckgrenze zulässig.

⁵⁾ Für kaltgefertigte Rohre im Lieferzustand NBK sind um 10 N/mm² niedrigere Mindestwerte der Zugfestigkeit zulässig.

2.5 Mechanische Eigenschaften von Stahlrohren

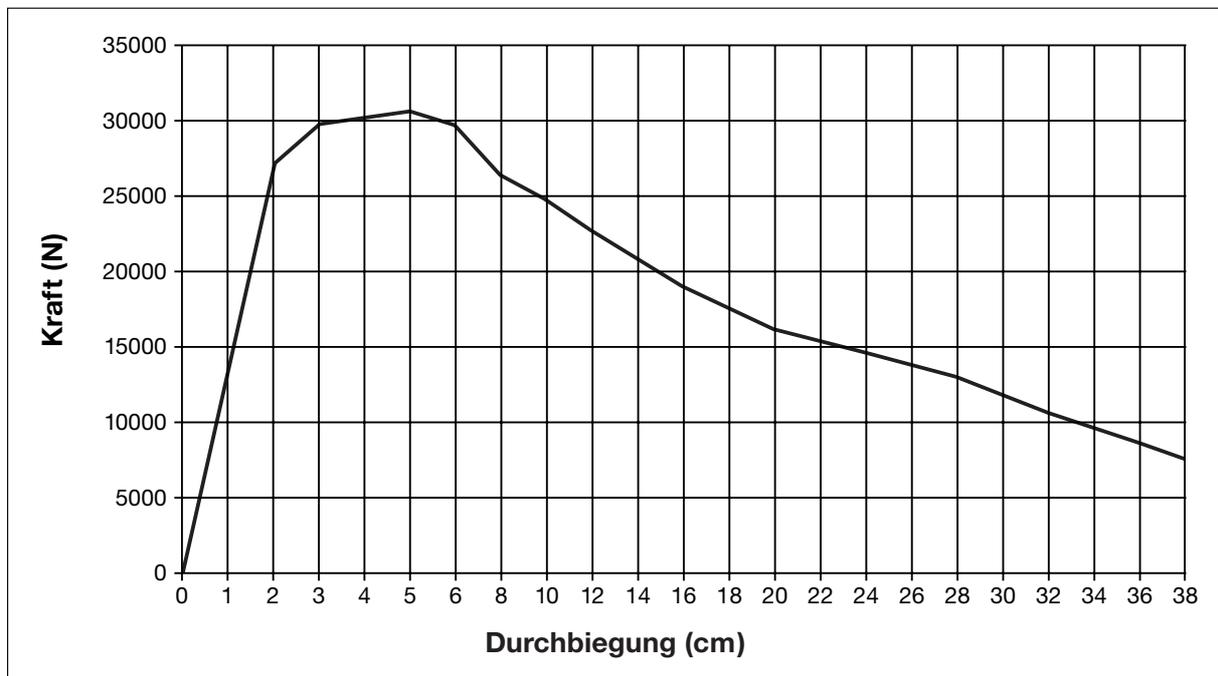
Aus den mechanischen Eigenschaften der Stähle können nicht direkt Schlußfolgerungen auf die Eignung von Stahlleitungsrohren im Wasserrohrnetz gezogen werden, da hierfür eine Vielzahl von Faktoren (z. B. Kurz- oder Langzeitbeanspruchung, Festigkeit, Bruchdehnung und Verhalten bei Spannungsspitzen) betrachtet werden müssen. Da die Maß- und Werkstoffanforderungen bei der Fertigung von Stahlrohren problemlos realisiert werden können, stellen die mechanischen Eigenschaften nur ein Kriterium bei der Auswahl von Rohren dar.

Ein weiteres Kriterium bei der Auswahl von Rohren bildet das Arbeitsvermögen. Während das Arbeitsvermögen einer Werkstoffprobe als Fläche unter der Kraft-Verformungslinie (z. B. beim Zugversuch) definiert ist, kann das Arbeitsvermögen von Rohren durch Kraft-Durchbiegungslinien dargestellt werden. Bei den hierzu durchgeführten Versuchen (z. B. Kottmann /1/) wurden die Durchbiegungen in Abhängigkeit von der mittig aufgebrachten Kraft u. a. an Stahlrohren DN 100 auf 2 Stützen bei 2 m Stützweite ermittelt. Aus Bild 2.1 ist der charakteristische Verlauf ersichtlich.

Da in der verwendeten Prüfeinrichtung nur Durchbiegungen bis 40 cm gemessen werden konnten, mußten die Versuche bei Stahlrohren abgebrochen werden, d. h. das mögliche Arbeitsvermögen des Stahlrohres konnte nicht ausgenutzt werden, obwohl das Rohr noch dicht und nur teilweise plastisch verformt war.

Bild 2.1

Kraft-Durchbiegungslinie eines Stahlrohres DN 100 aus St 37.0.



Für erdverlegte Stahlrohre (Stahlleitungsrohre) folgt daraus, daß diese Rohre ein großes Formänderungsvermögen haben und größten Belastungen ohne Bruchgefahr widerstehen können. Bei Belastung wird ein Teil der Kräfte an das umgebende Erdreich abgegeben. Desweiteren werden Spannungsspitzen durch Spannungsumlagerung und durch teilweise Entlastung infolge des Ausweichens abgebaut.

Vergleiche mit Rohren aus anderen Rohrwerkstoffen sind zwar möglich, besitzen aber nur geringen Aussagewert, da durch große Wanddicken und hohe Festigkeitswerte zwar ein großes Arbeitsvermögen ermittelt wird, aber die Bruchdehnung unberücksichtigt bleibt!

2.6 Anwendungsbereich von Stahlleitungsrohren

Da nach DIN 1626 der zulässige Betriebsdruck für Stahlrohre aus den Werkstoffen St 37.0 und St 52.0 begrenzt ist, folgen hieraus bei Lieferungen mit einem Werkszeugnis 2.2 nach DIN EN 10204 auch Druckbegrenzungen bei den Stahlleitungsrohren mit Schweißverbindungen für Wasserleitungen.

Da bei den Nenndrücken PN einer Rohrleitung die Verkehrsbelastung, die Erdüberdeckung und der mögliche Abfall des Innendruckes auf den absoluten Druck $p_{abs} = 0,2$ bar zu berücksichtigen sind, ergeben sich die in Tabelle 2.6 angegebenen Nenndrücke in Abhängigkeit von der Nennweite, der Stahlsorte und der Art der Prüfbescheinigung entsprechend DIN 2460.

Tabelle 2.6

Nenndrücke der Wasserleitungen in Abhängigkeit der Nennweite, der Stahlsorte und der Art der Prüfbescheinigung nach DIN 2460.

Nennweite DN	Rohr außen- durch- messer d_a mm	Nennwand- dicke ¹⁾ mm	Längen- bezogene Masse ²⁾ kg/m ≈	Nenndruck PN der Rohrleitung ¹⁾				
				Stahlsorte: St 37.0 ⁴⁾	Stahlsorte: St 37.0 ⁴⁾	Stahlsorte: St 52.0 ⁴⁾	Stahlsorte: 37.0 ⁴⁾	Stahlsorte: St 52.0 ⁴⁾
				$v_N = 0,9$ ³⁾ Werks- zeugnis 2.2	$v_N = 0,9$ ³⁾ Abnahme- prüfzeugnis 3.1 B	$v_N = 0,9$ ³⁾ Abnahme- prüfzeugnis 3.1 B	$v_N = 1,0$ ³⁾ Abnahme- prüfzeugnis 3.1 B	$v_N = 1,0$ ³⁾ Abnahme- prüfzeugnis 3.1 B
80	88,9	3,2	6,76	63	80	125	100	125
100	114,3	3,2	8,77	50	63	100	63	100
125	139,7	3,6	12,1	50	63	80	63	100
150	168,3	3,6	14,6	40	50	63	50	80
200	219,1	3,6	19,1	32	40	50	40	63
250	273	4,0	26,5	25	32	50	40	50
300	323,9	4,5	35,4	25	32	50	32	50
350	355,6	4,5	39,0	25	32	40	32	50
400	406,4	5,0	49,5	25	32	40	32	50
500	508	5,6	69,4	25	25	40	25	40
600	610	6,3	93,8	20	25	32	25	40
700	711	6,3	109	16	20	32	20	32
800	813	7,1	141	16	20	32	20	32
900	914	8,0	179	16	20	32	20	32
1000	1016	8,8	219	16	20	32	20	32
1200	1219	11,0	328	16	20	32	20	32
1400	1422	12,5	435	16	20	32	20	32
1600	1626	14,2	564	16	20	32	20	32
1800	1829	16	715	16	20	32	20	32
2000	2032	17,5	869	16	20	32	20	32

¹⁾ Berechnung nach DIN 2413, Ausgabe Juni 1972, Geltungsbereich I (vorwiegend ruhend beansprucht, bis 120 °C), mit folgenden Sicherheitsbeiwerten: $S = 1,70$ für St 37.0 mit Werkszeugnis 2.2, $S = 1,50$ für St 37.0 mit Abnahmeprüfzeugnis 3.1 B, $S = 1,58$ für St 52.0 mit Abnahmeprüfzeugnis 3.1 B, ohne Zuschlag für Korrosion bzw. Abnutzung. Bei Rohren mit Auskleidung und Umhüllung ist in der Regel kein Korrosionszuschlag erforderlich. Der errechnete zulässige Betriebsüberdruck wurde auf die nächstniedrigere Druckstufe nach DIN 2401 Teil 1 gerundet. Der angegebene Nenndruck gilt für Rohrleitungen mit Schweißverbindung, und zwar:
– bis DN 500 für eine Verkehrsbelastung bis zu SLW 60, einer Erdüberdeckung von 0,6 bis 6 m und zusätzlich einem möglichen Abfall des Innendrucks auf den absoluten Druck $p_{abs} = 0,2$ bar,
– über DN 500 für eine Verkehrsbelastung bis zu SLW 60, einer Erdüberdeckung von 0,6 bis 4 m und zusätzlich einem möglichen Abfall des Innendrucks auf den absoluten Druck $p_{abs} = 0,2$ bar.

²⁾ Längenbezogene Massen ohne Berücksichtigung der Umhüllung, der Auskleidung und der Muffenverbindung.

³⁾ Ausnutzung der zulässigen Berechnungsspannung in der Schweißnaht v_N nach DIN 1626.

⁴⁾ Stahlsorte St 37.0 und St 52.0 nach DIN 1626.

Werden höhere Nenndrücke gefordert, können bei St 37.0 und St 52.0 die Wanddicken erhöht werden – der zulässige Betriebsdruck nach DIN 1626 (mit Abnahmeprüfzeugnis 3.1. A, 3.1. B oder 3.1. C nach DIN EN 10204 max. 160 bar!) darf nicht überschritten werden.

Beim Einsatz von Rohren nach DIN 1628 ist keine Druckbegrenzung zu beachten, d.h. Stahlleitungsrohre nach dieser Norm können für jeden Druck ausgelegt werden.

3 Umhüllungen, Ummantelung und Auskleidung von Stahlleitungsrohren

3.1 Werkseitiger Korrosionsschutz von Stahlleitungsrohren durch Umhüllungen

Da Stahlleitungsrohre in der Versorgungswirtschaft zumeist erdverlegt werden, ist ein äußerer Korrosionsschutz gegen die Einwirkung des Erdbodens erforderlich. Für Wasserleitungsrohre wird darüber hinaus ein innerer Korrosionsschutz gegen die Einwirkung des Fördermediums benötigt.

3.1.1 Anforderungen an Umhüllungen

Die **Umhüllung** ist nach DIN 30675 eine elektrisch isolierende Beschichtung auf einer Metalloberfläche zum passiven Schutz gegen Außenkorrosion (Trennung der Rohrleitung von der angreifenden Elektrolytlösung, Grundwasser oder Boden). Die Umhüllung wird grundsätzlich werkseitig aufgebracht.

Auf der Rohraußenseite wird die passive Schutzwirkung durch die Anwendung moderner aktiver elektrochemischer Schutzverfahren (Kathodischer Schutz) ergänzt. Umhüllungen müssen bestimmte Anforderungen erfüllen, die sich durch die Einflüsse auf das erdverlegte Rohr ergeben.

Folgende mögliche Einflüsse sind für Umhüllungen zu beachten:

- a) die bei Transport, Lagerung und Verlegung, beim Verfüllen des Rohrgrabens und bei Setzungen des Bodens sowie während des Betriebes zu erwartenden mechanischen Einwirkungen, die zu Fehlstellen führen können,
- b) die nach DIN 18300 zu erwartenden Bodenklassen, wie sie zur Zeit der Verlegung oder nach späteren Aufgrabungen vorliegen können,
- c) elektrochemische Einwirkung durch
 - Elementbildung mit Fremdkathoden,
 - Streuströme aus Gleichstromanlagen,
- d) die beim Betrieb der Rohrleitung zu erwartenden Dauerbetriebstemperaturen.

Für das Bettungs- und Verfüllmaterial von erdverlegten Rohrleitungen sind Anforderungen aus DIN EN 805 zu beachten. Rückstände aus Müllverbrennungs- und Kraftwerksanlagen sowie Böden mit kohlehaltigen Bestandteilen sind als Bettungs- und Verfüllmaterial im Bereich des Rohrgrabens nicht zulässig. Recyclingmaterial und Granulat können eingesetzt werden, dazu ist jedoch vorher mit dem Rohrhersteller Rücksprache zu nehmen. Für Stahlleitungsrohre sind die möglichen Umhüllungen und die Einsatzbereiche in DIN 30675 T1 festgelegt.

Beim Einsatz von Stahlleitungsrohren für den Transport von Trink-, Brauch- und Abwasser in allen Bodenklassen nach DIN 30675 T1 können grundsätzlich die in Tabelle 3.2 angegebenen Umhüllungen angewandt werden.

Tabelle 3.2

Anwendungsbereich für übliche Umhüllungen von Stahlleitungsrohren für den Einsatz in allen Bodenklassen nach DIN 30675 T1.

Umhüllungen ^{1) 2)}	Dauerbetriebstemperatur °C
Polyethylen (PE) nach DIN 30670 Ausführung N Ausführung S	bis 50 bis 70
Pulver-Epoxidharz (EP) nach DIN 30671 Ausführung N*	bis 30
Polyurethan (PUR) nach DIN 30671 Ausführung S	bis 30
Polyurethan-Teer (PUR-T) nach DIN 30671 Ausführung S	bis 30
Polypropylen (PP) nach DIN 30678	Dauerbetriebstemperatur beeinflusst die zu erwartende Lebensdauer
¹⁾ Weitere Umhüllungen für Bodenklasse I und II sind in DIN 30675 T1 dargestellt. Beim Einsatz für Bodenklasse III sind bei diesen Umhüllungen zusätzliche Schutzmaßnahmen zur Erhöhung der mechanischen Belastbarkeit (z. B. Faserzementmörtel-Ummantelung) vorzusehen. ²⁾ Bei allen Umhüllungen ist zusätzlich kathodischer Korrosionsschutz nach DIN 30676 einzurichten, wenn dies einschlägige Vorschriften fordern. Wird die Rohrleitung kathodisch geschützt, können alle Umhüllungen nach DIN 30675 T1 in allen Bodenklassen eingesetzt werden, sofern keine erhöhte mechanische Belastung gegeben ist.	

* Bei Einsatz von FBE (Fusion bonded epoxy) erhöht sich die Dauerbetriebstemperatur bis auf 70 °C.

3.1.2 Polyethylen-Umhüllungen

Unter Berücksichtigung aller Anforderungen hat sich nach Auswertung umfangreicher Praxis- und Laborversuche die **Dreischichten-Umhüllung auf Polyethylenbasis** (PE-Umhüllung) als optimale Umhüllung durchgesetzt. Da der Einsatz dieser PE-Umhüllung generell für alle Bodenklassen vorgesehen ist, entfällt für die Anwender eine aufwendige Bodenuntersuchung.

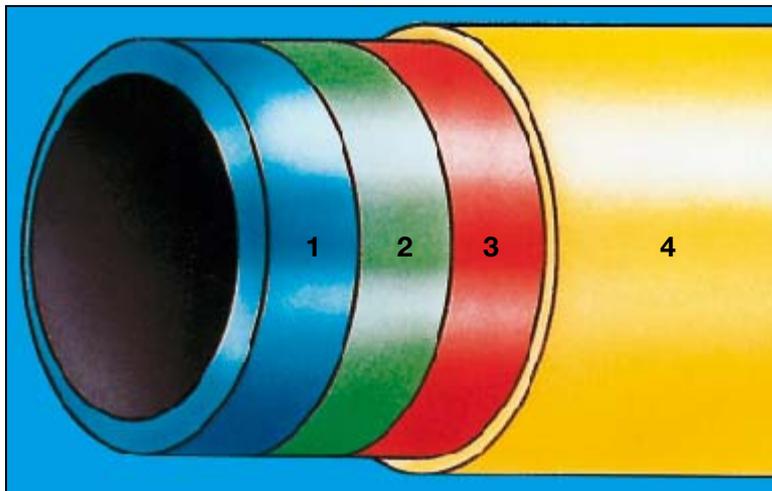
Die Dreischichten-Umhüllung besteht aus:

- Duroplast-Grundsicht (Epoxidharz)
- Kleberschicht (PE-Copolymerisat)
- vollstabilisierter Polyethylenschicht.

Die Grundsicht aus Epoxidharz hat eine sehr hohe Haftfestigkeit auf dem Stahlrohr und besitzt eine hervorragende Unterwanderungsbeständigkeit. Sie verbindet Stahl und Kleber, wobei dieser eine sichere Haftung zur Polyethylenschicht sicherstellt. Die PE-Deckschicht ist die eigentliche Korrosionsschutzschicht.

Bild 3.1.

Prinzipieller Aufbau der PE-Umhüllung.



- 1 Stahlrohr
- 2 Grundsicht aus Epoxidharz
- 3 Kleberschicht (Haftvermittler)
- 4 Deckschicht aus Polyethylen

Die wichtigsten Merkmale dieser PE-Umhüllung (Bild 3.1) sind:

- hochwirksamer Schutz gegen mechanische Beschädigung
- hohe chemische Beständigkeit
- besonders gute Beständigkeit hinsichtlich Permeation
- hoher Dauerschutz hinsichtlich der kathodischen Unterwanderung
- sehr gutes Haftvermögen auf dem Stahlrohr innerhalb eines großen Temperaturbereiches
- hoher spezifischer Umhüllungswiderstand
- hohe Licht- und Wärmebeständigkeit durch optimale UV- und Wärmestabilisierung

Je nach Hersteller erfolgt die Applikation unterschiedlich – die eigentliche PE-Umhüllung erfolgt durch Extrusion mittels Ringdüse (Schlauchextrusion für kleinere und mittlere Rohrdurchmesser) oder Schlitzdüse (Wickelextrusion für größere Rohrdurchmesser). Für die extrudierten (oder aufgeschmolzenen) Polyethylen-Umhüllungen gilt DIN 30670. Die Ausführung erfolgt als Normalausführung „N“ (für Dauerbetriebstemperaturen bis 50 °C – Einsatz von PE-LD), in normaler Schichtdicke „n“ oder verstärkter Schichtdicke „v“ für besonders hohe mechanische Belastungen. Auf Kundenwunsch können auch höhere Schichtdicken vereinbart werden. Die PE-Umhüllung ist auch in Sonderausführung "S" für Dauerbetriebstemperaturen bis 70 °C lieferbar unter Verwendung von Polyethylen PE-MD bzw. PE-HD.

Die Mindestschichtdicken sind aus Tabelle 3.3 ersichtlich.

Tabelle 3.3

Mindestschichtdicken für PE-Umhüllungen nach DIN 30670.

Nennweite DN	Mindestschichtdicke in mm	
	normal (n)	verstärkt (v)
bis DN 100	1,8	2,5
über DN 100 bis DN 250	2,0	2,7
über DN 250 bis unter DN 500	2,2	2,9
ab DN 500 bis unter DN 800	2,5	3,2
ab DN 800	3,0	3,7

Eine örtliche Unterschreitung der Mindestschichtdicke ist zulässig, sofern diese auf einem Meter Rohrlänge keine größere Gesamtausdehnung als 5 cm² erreicht und dabei die Mindestschichtdicke um nicht mehr als 10% unterschritten wird.

Die Polyethylen-Umhüllung muß frei von durchgehenden Poren sein. Die Anforderung ist erfüllt, wenn bei der Hochspannungsprüfung mit 25 kV kein Durchschlag erfolgt. Je nach der geforderten Verbindungsart erfolgt die Ausführung der PE-Umhüllung am Rohrende. Bei Schweißverbindungen darf das umhüllungsfreie Rohrende 150 mm nicht überschreiten.

Die PE-Umhüllungen bei Stahlleitungsrohren für Wasserleitungen haben üblicherweise die Farben schwarz oder blau. Auf Kundenwunsch sind auch PE-Umhüllungen in anderen Farben oder mit farbigen Längsstreifenmarkierungen lieferbar.

Zwecks Einschätzung der Qualität von PE-Umhüllungen bei den durch die Unternehmen der Fachgemeinschaft PRO AQUA STAHLROHRE e.V. lieferbaren Stahlleitungsrohren kann ein Vergleich der ermittelten Kennwerte mit den Anforderungen nach DIN 30670 vorgenommen werden.

Aus Tabelle 3.4 sind für die PE-Umhüllung in Normalausführung (N) und Sonderausführung (S) die geforderten Kennwerte nach DIN 30670 und die bei den lieferbaren Stahlleitungsrohren ermittelten Kennwerte gegenübergestellt. Alle Anforderungen nach DIN 30670 werden erfüllt und teilweise erheblich übertroffen. Die reine Korrosionsschutzfunktion ist bereits ab 1 mm Schichtdicke erfüllt, der Rest dient der Verbesserung der mechanischen Belastbarkeit.

Tabelle 3.4

Vergleich der geforderten und der bei den durch die Unternehmen der Fachgemeinschaft PRO AQUA STAHLROHRE e.V. lieferbaren Stahlleitungsrohren ermittelten Kennwerte von PE-Umhüllungen.

	Schichtdicke	Betriebs-temperatur	Schlagfestigkeit	Schälwiderstand	Eindrucks-widerstand	spezifischer Umhüllungs-widerstand
geforderte Kennwerte für PE-Umhüllungen nach DIN 30670	1,8 ... 3,0 mm für „n“ bzw. 2,5 ... 3,7 mm für „v“ (je nach DN)	bei N 50 °C bei S 70 °C	≥ 10 J bei 2 mm	≥ 35 Ncm	bei N ≤ 0,2 mm (23 °C) bzw. ≤ 0,3 mm (50 °C) bei S ≤ 0,3 mm (70 °C)	> 10 ⁸ Ωm ² (bei 23 °C)
ermittelte Kennwerte bei PE-Umhüllungen der lieferbaren Stahlleitungsrohre ¹⁾	analog DIN 30670 ²⁾	bei N bis 65 °C bei S bis 80 °C	bei N ≥ 11 J bei S ≥ 14 J (2 mm – 23 °C)	im Bereich 60 ... 70 Ncm	analog DIN 30670	> 10 ¹² Ωm ² (bei 23 °C)

¹⁾ Weitere Kennwerte und Anforderungen auf Anfrage.

²⁾ Andere Schichtdicken nach Kundenspezifikation lieferbar.

3.1.3 Spezielle PE-Umhüllungen

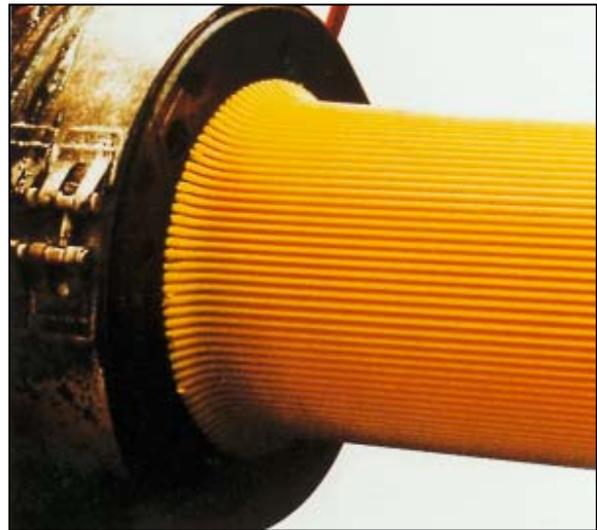
Eine spezielle Variante des Schlauchextrusionsverfahrens für Rohre bis NW 500 ist die PE-Umhüllung mit integriertem Steinschutzrippenprofil. Die Profilierung der äußeren PE-Schicht mit über den Umfang verteilten Längsrippen erfolgt durch besondere Gestaltung der Ringdüse bei der Extrusion. Bild 3.2 zeigt den Unterschied dieser Umhüllung zur üblichen PE-Umhüllung.

Bild 3.2

Unterschied zwischen der üblichen PE-Umhüllung (a) und der PE-Umhüllung mit integriertem Steinschutzrippenprofil (b).



a)



b)

Das Steinschutzrippenprofil gibt der PE-Umhüllung einen erheblich höheren mechanischen Schutz, so daß bei bestimmten Boden- und Felsklassen entsprechend DIN 18300 die Rohre auch ohne Sandbettung verlegt werden können (Alternative hierzu bildet die FZM-Ummantelung).

Bei dynamischer Belastung wirken die Rippen wie Stoßdämpfer (z. B. beim Verfüllen des Rohrgrabens mit steinigem Boden).

Bei statischer Belastung legen sich die Rippen um und verstärken die PE-Grundsicht (z. B. bei punktförmiger Belastung durch Steine beim Verdichten der Grabenfüllung).

Die ermittelte Schlagbeständigkeit von PE-LD und PE-MD mit Steinschutzrippenprofil ist ca. 10fach höher gegenüber den Umhüllungen aus PE-LD und PE-MD ohne Steinschutzrippenprofil (siehe Bild 3.4).

3.1.4 Umhüllungen nach Kundenspezifikation

Grundsätzlich können alle Umhüllungen nach Tabelle 3.2 (Seite 3.2) auf Kundenwunsch hergestellt werden.

Die geforderten Kennwerte für die Umhüllung sind den jeweiligen DIN-Normen für die Werkstoffe der Umhüllungen zu entnehmen. Durch entsprechende Prüfungen ist die Einhaltung dieser Werte nachzuweisen.

PE-Umhüllungen können auch nach dem Sinterverfahren hergestellt werden, wobei die gleichen Kennwerte wie bei der Herstellung durch Extrusion erreicht werden.

3.2 Werkseitiger mechanischer Schutz von umhüllten Stahlleitungsrohren durch Ummantelungen

3.2.1 Zweck von Ummantelungen

Da sich die PE-Umhüllung von Stahlleitungsrohren im Rohrleitungsbau als passiver Korrosionsschutz sehr gut bewährt hat, wurden neue Anforderungen zwecks Erweiterung des Anwendungsbereiches gestellt.

Forderungen des Umweltschutzes (Wiederverwendung des Erdaushubes zwecks Erhaltung der Bodenstruktur) und Forderungen nach Senkung der Tiefbaukosten bei der Rohrverlegung führten zu der Überlegung, Stahlleitungsrohre ohne Sandeinbettung zu verlegen. Dies hätte nicht nur die Einsparung der Kosten für die Sandeinbettung zur Folge, sondern die Drainagewirkung und die Gefahr des Wegspülens der Sandeinbettung an Hanglagen würden entfallen. Außerdem wäre ein Einsatz in steinigem Gelände und bei der grabenlosen Rohrverlegung möglich. Da fallende Steine, das Aufliegen auf spitzen Steinen und das Durchdrücken von Rohren bei steinigem Erdboden zu einer Beschädigung der PE-Umhüllung führen können, mußte die Umhüllung **zusätzlich einen mechanischen Schutz** erhalten. Da dieser zusätzliche Schutz nicht auf der Metalloberfläche, sondern auf der PE-Umhüllung erfolgt, wird dieser mechanische Schutz als **Ummantelung** bezeichnet, wobei ein mechanischer Schutz auch durch andere Maßnahmen (z. B. Einsatz von Rohrschutzmatten auf der Baustelle) erfolgen kann.

3.2.2 Ausführungen von Ummantelungen

Als Ummantelung auf die PE-Umhüllung wird grundsätzlich Faserzementmörtel (FZM) verwendet. Diese FZM-Ummantelung besteht aus Quarzsand, Zement, Kunststoff- oder Glasfasern und einer oder mehreren Kunststoff-Gewebebandagen. Die Mindestschichtdicke beträgt 7 mm*, die Maximalschichtdicke ist zu vereinbaren.

Bei den FZM-Ummantelungen werden 2 Ausführungen unterschieden:

1. FZM-Ummantelung in Normalausführung (FZM-N) ohne Haftvermittler zu den Umhüllungen.
2. FZM-Ummantelung in Sonderausführung (FZM-S)
 - mit Haftvermittler zu den Umhüllungen
 - mit Verklammerungsprofil
 - mit speziellen Zusätzen in der FZM-Ummantelung

Stahlleitungsrohre mit Ummantelung in Sonderausführung (FZM-S) werden speziell bei der grabenlosen Rohrverlegung (Einsatz ohne Schutzrohr) angewendet.

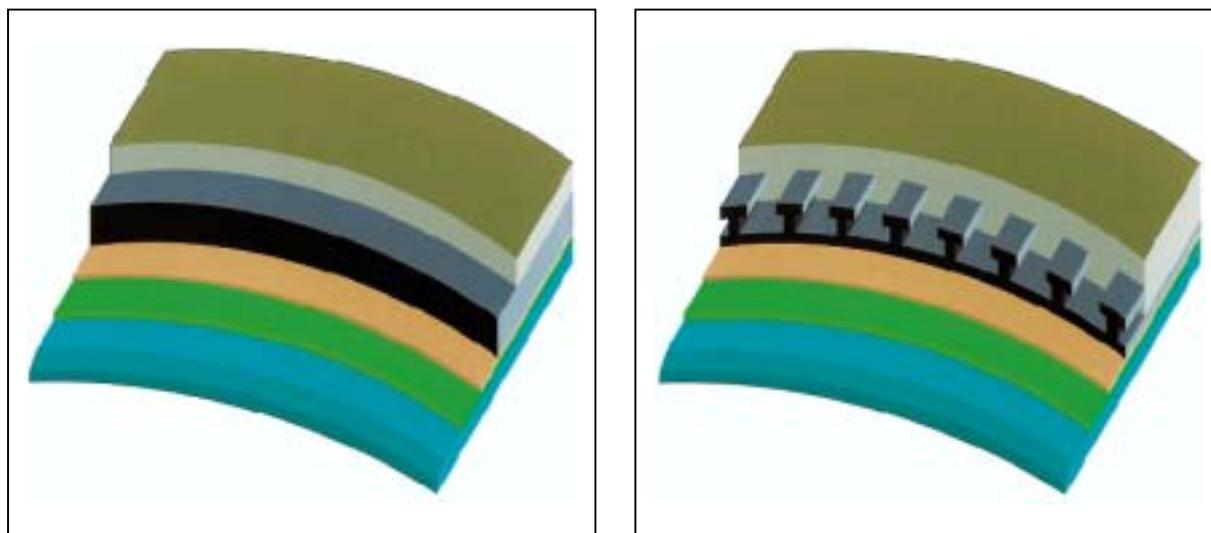
Bild 3.3 zeigt den Unterschied zwischen den Ausführungen FZM-N und FZM-S (Ausführung mit Verklammerungsprofil oder Haftvermittler, hier beispielsweise das Verklammerungsprofil).

Bild 3.3

Unterschiede bei FZM-Ummantelungen

a) FZM-Ummantelung in Normalausführung (FZM-N)

b) FZM-Ummantelung in Sonderausführung (FZM-S) – Ausführung z. B. mit Verklammerungsprofil



a)

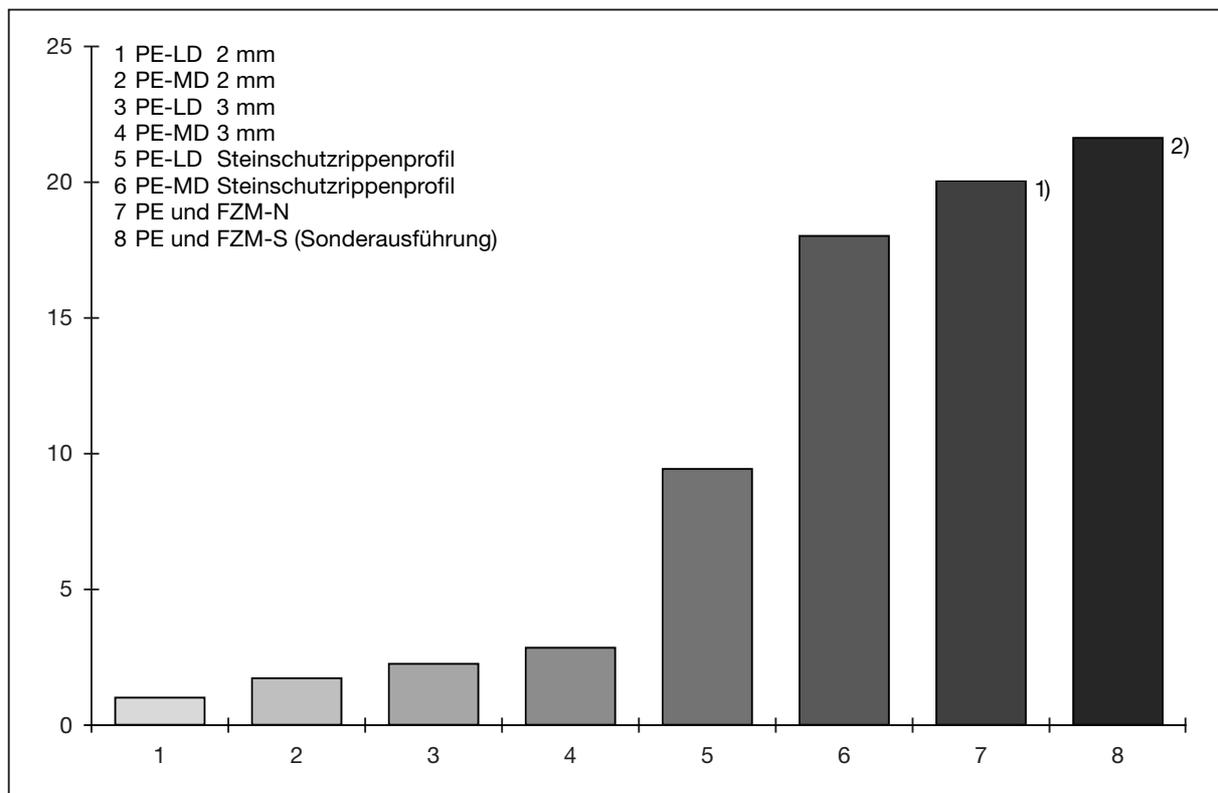
b)

Kennwerte für die FZM-Ummantelung sind nach DVGW-Arbeitsblatt GW 340 genormt.

Durch Einsatz der FZM-Ummantelungen wird es möglich, Stahlleitungsrohre **ohne Sandeinbettung** zu verlegen, d. h. daß der Erdaushub ohne Bodenaustausch wiederverwendet werden kann. Die Schlagbeständigkeit – ausgedrückt als Schlagarbeit – ist ein Maß für die Belastbarkeit der Umhüllung (mit oder ohne Ummantelung). Untersuchungen der Schlagbeständigkeit in Anlehnung an DIN 30670 (Kugelkopf Ø 25 mm) ergaben die in Bild 3.4 dargestellten Verhältniszahlen verschiedener Umhüllungen bezogen auf eine PE-Umhüllung mit 2 mm Schichtdicke aus PE-LD. Die unterschiedliche Schutzwirkung der verschiedenen Varianten ist deutlich erkennbar.

Bild 3.4

Verhältnis der ermittelten Schlagbeständigkeit verschiedener Umhüllungs-/Ummantelungsvarianten bezogen auf PE-Umhüllung mit 2 mm Schichtdicke aus PE-LD.



1) Verhältniswerte bis 30 wurden schon ermittelt.

2) Gemessen bei der Ausführung mit Verklammerungsprofil.

Für die grabenlose Rohrverlegung sind die Scherkräfte zwischen PE-Umhüllung und FZM-Ummantelung von Bedeutung. Die durch die Ummantelungsart FZM-S (Verklammerungsprofil oder Einsatz von Haftvermittlern) erzielbaren Scherspannungen liegen so hoch, daß sich Stahlleitungrohre mit PE-Umhüllung und dieser Ummantelung hervorragend für die grabenlose Rohrverlegung (z. B. Durchpressungen) eignen.

3.3 Werkseitiger Korrosionsschutz von Stahlleitungsrohren durch Auskleidungen

3.3.1 Anforderungen an Auskleidungen

Rohrleitungen zum Transport von Trink-, Roh- und Brauchwasser sowie von Abwässern, Salzwasser und Solen benötigen einen inneren Korrosionsschutz. Dieser wird grundsätzlich werkseitig als **Auskleidung** aufgebracht.

Aufgrund der notwendigen Rohrverbindungen ist es nur teilweise möglich, die Auskleidung bis zum Rohrende auszuführen.

Die Auskleidung hat den Zweck,

- die hydraulischen Eigenschaften gegenüber dem nicht ausgekleideten Rohr zu verbessern und
- Korrosionsschäden zu vermeiden.

Hierzu zählen:

- Schäden am Rohrwerkstoff durch Korrosion mit Wasser und mit im Wasser gelösten korrosiven Stoffen.
- Beeinträchtigung der Leistungsfähigkeit der Rohrleitung durch Korrosionsprodukte an der Rohrwand (z. B. Inkrustationen).
- Beeinträchtigung der Qualität des Trinkwassers durch Korrosionsprodukte (z. B. Verunreinigungen, Verfärbungen und Trübungen).

Desweiteren müssen beachtet werden:

- Abriebfestigkeit gegenüber dem strömenden Medium und den Inhaltsstoffen.
- Temperaturbeständigkeit gegenüber warmen und heißen Wässern.
- Variation der Auskleidung nach der Art des Wassers.

3.3.2 Zementmörtelauskleidungen

Stahlleitungsrohre für Wasserleitungen nach DIN 2460 und Formstücke für diese Rohrleitungen müssen eine Auskleidung erhalten.

Als Auskleidung wird grundsätzlich die seit Jahrzehnten bewährte Zementmörtelauskleidung (ZM-Auskleidung) eingesetzt, die nach DIN 2614 genormt ist. Untersuchungen an Betriebsleitungen haben gezeigt, daß die Zementmörtelauskleidung sowohl Ablagerungen als auch Inkrustationen über Jahrzehnte wirksam verhindert und der innere Verbund der Auskleidung nicht beeinträchtigt wird. Zementmörtelauskleidungen haben speziell im Trinkwasserbereich passive und aktive Schutzwirkung. Durch chemische Prozesse erfolgt hier bei Fehlstellen in der Zementmörtelschicht (z. B. bei Rissen oder im Bereich der Schweißspalte) durch die Bildung von Reaktionsprodukten aus Zementinhaltsstoffen und Bestandteilen des Wasser eine Selbstheilung des Mörtels. Reaktionspartner sind hier das CaO des Mörtels, die Kohlensäure des Wassers und ggf. der freiliegende Teil der Stahloberfläche.

Die Zementmörtelauskleidung von Rohren wird nach dem **Rotationsschleuderverfahren** (Verfahren I) oder **Anschleuderverfahren** (Verfahren II) durchgeführt. Für die Vervollständigung der Auskleidung bei der Montage, für Reparaturen und teilweise auch für die Auskleidung von Formstücken wird das **manuelle Auskleiden** (Verfahren III) angewendet.

Beim Rotationsschleuderverfahren wird nach dem Einbringen des Frischmörtels das Rohr auf eine hohe Rotationsgeschwindigkeit gebracht, so daß die Zentrifugalbeschleunigung mindestens das Zwanzigfache der Erdbeschleunigung beträgt. Durch diese Beschleunigung und durch zusätzliche Rüttelkräfte wird der Frischmörtel verdichtet und geglättet.

Beim Rotationsschleuderverfahren wird ein Teil des Zugabewassers ausgetrieben, wobei dieses geringe Anteile des Zements enthält. Dabei können Ablauferscheinungen auftreten. Zur Oberfläche der Zementmörtelauskleidung hin entsteht eine Anreicherung von Feinkorn und Feinbestandteilen, wodurch sehr glatte Oberflächen erzeugt werden.

Beim Anschleuderverfahren wird die Auskleidung an einem nicht rotierenden, liegenden Rohr bzw. Formstück durchgeführt. Der Frischmörtel wird mit Hilfe eines Schleuderkopfes gegen die Innenoberflächen geworfen. Die Grünstandsfestigkeit der angeschleuderten Auskleidung richtet sich nach der Beschaffenheit des Frischmörtels und nach der Drehzahl des Schleuderkopfes.

Beim Anschleuderverfahren wird Zugabewasser nicht ausgetrieben, so daß der Wasserzementwert sich beim Auskleiden nicht ändert. Im allgemeinen entsteht ein homogenes Korngefüge, welches keine Anreicherung von Feinkorn an der Oberfläche ausweist.

Bei Rohren wird die Oberfläche des angeschleuderten Mörtels üblicherweise durch Rotation des Rohres nach dem Auskleiden mit einer Zentrifugalbeschleunigung, die weniger als das Zehnfache der Erdbeschleunigung beträgt, geglättet.

Bei der manuellen Auskleidung wird die Oberfläche mit Wasser, Zementschlempe oder Zementmörtelschlempe angefeuchtet. Das Auftragen des Mörtels kann je nach der zu erreichenden Schichtdicke bzw. Nennweite und abhängig von der Größe der auszukleidenden Oberfläche in mehreren Lagen durchgeführt werden.

Die Schichtdicken der Auskleidungen von Stahlleitungsrohren nach Verfahren I und Verfahren II sowie von Formstücken aus Stahl nach Verfahren II oder III sind in Tabelle 3.5 dargestellt. Je nach Auskleidungsverfahren, Zementart und Anwendung von Zusatzmitteln können verschiedene Zementmörtelarten unterschieden werden, die durch Kennzeichen charakterisiert werden. Tabelle 3.6 stellt eine Zusammenfassung dieser Kennzeichen nach DIN 2614 dar.

Tabelle 3.5

Schichtdicken der Auskleidungen für Stahlleitungsrohre und Formstücke aus Stahl nach DIN 2614.

Verfahren	Schichtdicken s (mm)						
	Nennweite über	bis	Nennwert	Mindest- einzelwert	Höchst- einzelwert ¹⁾	Mindestquer- schnittswert ²⁾	Höchstquer- schnittswert ³⁾
Rotationsschleuderverfahren für Rohre (Verfahren I)	≥ 100	150	5	3		4	8
	150	300	6	4		5	9
	300	600	7	5		6	10
	600	900	9	6		8	13
	900	1200	13	10		12	15
	1200		15	12		14	19
Anschleuderverfahren für Rohre (Verfahren II)		150		3	8 (6)		
	150	300		4	9 (7)		
	300	600		5	10 (8)		
	600	900		6	13 (9)		
	900	1200		8	15 (11)		
	1200		12	19 (15)			
Auskleidung von Formstücken nach Anschleuderverfahren (Verfahren II) oder manuelles Auskleiden (Verfahren III)		300	5	3	10		
	300	600	7	5	10		
	600	900	10	8	12		
	900	1200	12	10	15		
	1200		15	12	19		

¹⁾ Bei Glättung durch Rotation – die Klammerwerte gelten bei Glättung durch Glätteinrichtungen.

²⁾ Die Mittelwerte einer Querschnittsebene werden als Querschnittswerte bezeichnet.

³⁾ Auch Höchsteinzelwert am Rohrende.

Tabelle 3.6

Zementmörtelarten und deren Kennzeichen nach DIN 2614

Zemente	Zusätze	Zementmörtelarten		
		Rotationsschleuder- verfahren (Verfahren I)	Anschleuder- verfahren (Verfahren II)	manuelle Verfahren (Verfahren III)
Zement nach DIN 1164 Teil 1	keine	I – N	II – N	III – N
HS-Zement nach DIN 1164 Teil 1	keine	I – S	II – S	III – S
Tonerdezement	keine	I – T	II – T	III – T
Zement nach DIN 1164 Teil 1 Tonerdezement	Betonverflüssiger	I – V	II – V	III – V
Zement nach DIN 1164 Teil 1 Tonerdezement	Kunststoffdispersion	I – K	II – K	III – K

Da die bisherige DIN 1164 T1 durch die neue deutsche Zementnorm DIN 1164-1 : 1994-10 ersetzt wurde, erfolgt eine kurze Gegenüberstellung beider Normen. Bei der Herausgabe der neuen Zementnorm DIN 1164-1 wurden die Bezeichnungen und Zementsorten der zum damaligen Zeitpunkt aktuellen Version des europäischen Normentwurfes berücksichtigt. DIN 1164-1 enthält grundsätzlich 3 Zementarten:

CEM I Portlandzement
 CEM II Portlandkompositzement
 CEM III Hochofenzement

Die Buchstaben A und B geben Aufschluß über den prozentualen Anteil an den Hauptbestandteilen. Die besonderen Eigenschaften werden weiterhin charakterisiert durch:

NW Zement mit niedriger Hydrationswärme
 HS Zement mit hohem Sulfatwiderstand
 NA Zement mit niedrigem wirksamen Alkaligehalt

Bei Zementen mit langsamer Festigkeitsentwicklung entfällt der Buchstabe L, während Zemente mit schneller Festigkeitsentwicklung mit dem Buchstaben R (bisher F) gekennzeichnet werden. In Abhängigkeit von der Normfestigkeit (28-Tage-Druckfestigkeit in N/mm²) ergeben sich 6 Festigkeitsklassen. Die mechanischen und physikalischen Anforderungen der Zemente sind der DIN 1164-1 zu entnehmen.

Die Zementmörtelart N wird üblicherweise aus Portlandzement CEM I (bisher PZ) hergestellt. Die Zementmörtelart S wird aus Portlandzementen mit niedrigem C₃A-Gehalt oder aus Hochofenzementen C III/B hergestellt (Einsatz sulfatbeständiger Zemente).

Eine Gegenüberstellung der für Zementmörtelauskleidungen üblichen Zemente (alte und neue Bezeichnungen) ist in Tabelle 3.7 dargestellt.

Tabelle 3.7

Vergleich der Zementbezeichnungen nach DIN 1164 T1 (alt) und DIN 1164-1 : 1994-10 (neu) (nur Zemente für Zementmörtelauskleidungen).

Alt:

Portlandzement	PZ	35 F
Portlandzement	PZ	35 F-HS
Portlandzement	PZ	35 L-NW/HS
Portlandzement	PZ	35 L-HS
Portlandzement	PZ	45 F
Portlandzement	PZ	45 F-HS
Portlandzement	PZ	55
Eisenportlandzement	EPZ	35 F
Eisenportlandzement	EPZ	45 F
Hochofenzement	HOZ	35 L
Hochofenzement	HOZ	35 L-NW
Hochofenzement	HOZ	35 L-NW/HS

Neu:

Portlandzement	CEM I	32,5 R
Portlandzement	CEM I	32,5 R-HS
Portlandzement	CEM I	32,5-NW/HS
Portlandzement	CEM I	32,5-HS
Portlandzement	CEM I	42,5 R
Portlandzement	CEM I	42,5 R-HS
Portlandzement	CEM I	52,5 R
Portlandhüttenzement	CEM II/A-S	32,5 R
Portlandhüttenzement	CEM III/A-S	42,5 R
Hochofenzement	CEM III/A	32,5
Hochofenzement	CEM III/A	32,5-NW
Hochofenzement	CEM III/B	32,5-NW/HS

3.3.3 Anwendungsbereiche für Zementmörtelauskleidungen

3.3.3.1 Allgemeine Anwendungsbereiche

Die Anwendung der Zementmörtelauskleidung ist (ergänzend zu den Festlegungen in DIN 2614) neu in DIN 2880 behandelt.

Bei Stahlleitungsrohren, die zur Förderung von Trinkwasser vorgesehen sind, werden üblicherweise die Zementmörtelarten N und S verwendet.

Für die Auskleidung von Formstücken für Trinkwasserleitungen wird häufig kunststoffmodifizierter Zementmörtel (Zementmörtelart K) eingesetzt.

Weitere Details zu den Zementmörtelarten (z. B. Mischungsverhältnis und Wassorzementwert) sind DIN 2614 zu entnehmen.

Eine allgemeine Übersicht der Anwendungsbereiche ist aus Tabelle 3.8 ersichtlich.

Tabelle 3.8

Übersicht der Anwendungsbereiche.

Zementmörtelarten	N	S	T	V	K
Trinkwasser	+	+	+	(-)	(-)
Stark kalklösende Wässer (sauer)	-	-	+	(-)	+
Sulfatreiche Wässer	-	+	+	+	+
Abwasser (ATV-Arbeitsblatt A 115)	+	+	+	+	+
Alkalichloridsolen ¹⁾	(-)	+	+	+	+
Mg ²⁺ - und SO ₄ ²⁻ -reiche Solen ¹⁾	-	-	+	(+)	+
Kalklösende Solen, sauer ¹⁾	-	-	+	-	+

+ Geeignet

- Nicht geeignet

1) Nur für Druckleitungen

() Rücksprache mit Rohrhersteller empfehlenswert

Für den Einsatz bei nach DIN 50930 T3 korrosiven und nach DIN 4030 betonangreifenden Wässern ist Rücksprache mit dem Rohrhersteller zwecks Zementmörtelauswahl und Auskleidungsverfahren vorzunehmen.

3.3.3.2 Verhalten der Zementmörtelarten gegenüber verschiedenen Medien

- Verhalten gegenüber Trinkwasser.

Für Auskleidungen, die mit Trinkwasser in Berührung kommen, dürfen keine Stoffe verwendet werden, die auf das Trinkwasser übergehen können. Hiervon sind solche Teile ausgenommen, die gesundheitlich, geruchlich und geschmacklich unbedenklich und technisch unvermeidbar sind. Die Empfehlungen für Kunststoffe (KTW-Empfehlungen) können nicht gleichlautend übernommen werden, sondern für den Betrieb einer Trinkwasserleitung sind noch die zusätzlichen Maßnahmen bei der Inbetriebnahme und beim Einfahren der Rohrleitung entsprechend W 346 zu beachten*. Für die Sauberkeit der Zuschläge (Sand) ist nach DIN 2614 eine entsprechende Prüfung durchzuführen und die Auskleidungen müssen den Anforderungen nach dem DVGW-Arbeitsblatt W 347 bezüglich des hygienischen Verhaltens entsprechen. Auskleidungen mit Kunststoffzusatz müssen zusätzlich nach DVGW-Arbeitsblatt W 270 geprüft werden.

Bei Trinkwässern ist zumeist ein „Ausheileffekt“ bei Rissen und Spalten in der ZM-Auskleidung festzustellen.

- Verhalten gegenüber Abwässern.

Zementmörtelauskleidungen auf der Basis von Tonerdezement und kunststofflegiertem Zementmörtel werden zur Auskleidung von Abwasserleitungen empfohlen. Insbesondere in Freispigelleitungen ist die Möglichkeit der mikrobiellen Schwefelsäurekorrosion zu beachten. Die genannten Zementmörtelarten haben sich gegen diese Art der Korrosion gut bewährt. In Abwasserdruckleitungen kann auch die Zementmörtelart S eingesetzt werden. Diese Zementarten sind beständig in Abwässern, die den Anforderungen und Grenzwerten des ATV-Arbeitsblattes A 115 entsprechen. Das Arbeitsblatt fordert beispielsweise für Einleitungen unterhalb eines pH-Wertes von 6 eine entsprechende Abwasseraufbereitung. Dieser Grenzwert betrifft jedoch nur industrielle Einleiter, da Haushaltsabwässer in der Regel alkalisch reagieren.

Schadstoffkonzentrationen, die außerhalb der im ATV-Arbeitsblatt genannten Grenzwerte liegen, sollten – insbesondere im Fall der betonaggressiven Komponenten des Abwassers – vom Betreiber eines Abwassernetzes gemieden werden, da ein großer Teil seines Netzes aus zementgebundenen Werkstoffen wie Asbestzement, Stahlbeton und Beton besteht. Im ATV-Arbeitsblatt A 115 sind für die betonangreifenden Komponenten der Abwässer folgende Grenzwerte festgelegt:

pH-Wert mind. 6.5 – max. 10.0

Ammonium max. 200 mg/l

Sulfat max. 600 mg/l

Bei Abwässern hat zwar der pH-Wert eine wesentliche Bedeutung, ist jedoch nicht allein das Kriterium für die Beständigkeit eines Rohrwerkstoffes. Hier haben auch andere Inhaltsstoffe wie Sulfate und Ammonium wesentliche Bedeutung, wobei die Wirkung einzelner Salze in Verbindung mit anderen aufgrund synergetischer Effekte verstärkt oder abgeschwächt werden kann. Der pH-Wert wird häufig in den Vordergrund gerückt, weil er im Gegensatz zu den anderen Abwasserinhaltsstoffen relativ leicht ermittelt werden kann. Dabei sind gerade die pH-Wert-Abweichungen im Abwasser mit geringem Aufwand für den Einleiter leicht zu korrigieren.

Je nach Zusammensetzung des Abwassers ist die Zementmörtelart nach Rücksprache mit dem Rohrhersteller zu wählen. Bei hohen Fließgeschwindigkeiten ($v > 10$ m/s) und bei Geschieben ist die Abriebfestigkeit nach DIN 2614 zu beachten. Weitere Hinweise sind /3/ zu entnehmen.

* Eine Richtlinie für zementgebundene Werkstoffe (ZTW-Empfehlung) ist in Vorbereitung.

- Verhalten gegenüber Salzwässern und Solen.
In erdalkali und sulfatfreien bzw. -armen Alkalichloridwässern oder Solen sind alle Zementmörtelarten nach DIN 2614 einsetzbar. Dabei ist zu beachten, daß die Leitungen unter Druck und dauernder Befüllung betrieben werden. Bei erhöhten Sulfat- oder Erdalkalikonzentrationen sollte nach Rücksprache mit dem Rohrhersteller die Wahl der geeigneten Zementmörtelart zur Auskleidung der Rohre getroffen werden.
- Verhalten gegenüber kalklösenden Wässern.
In den Erläuterungen zur DIN 2614 sind die wesentlichen Kriterien der Einsatzgrenzen von Zementmörtelauskleidungen in kalklösenden Wässern festgelegt. Der Calciumgehalt der geförderten Wasser sollte mindestens 1 mg/l und der Q_c -Wert ($Q_c = c(\text{CO}_2) + c(\text{HCO}_3^-) + c(\text{CO}_3^{2-})$) mindestens 0,25 mmol/l betragen. Zementmörtelauskleidungen der Zementarten N, S und V können bei Wässern mit einem Anteil kalkaggressiver Kohlensäure $< 7 \text{ mg/l}$ generell eingesetzt werden. Die Zementmörtelarten T und K sind in Gegenwart kalkaggressiver Kohlensäure beständig.
- Verhalten gegenüber Meerwasser.
Im Meerwasser können alle Zementmörtelarten der DIN 2614 eingesetzt werden. Im Betrieb sind jedoch die bei Salzwässern und Solen genannten Einschränkungen zu berücksichtigen.
- Verhalten gegenüber organischen Ammoniumverbindungen (z. B. Gülle).
Entgegen den Grenzwerten für anorganische Ammoniumsalze nach ATV-Arbeitsblatt A 115 können die Grenzwerte für organische Ammoniumverbindungen deutlich höher liegen, ohne die Einsatzfähigkeit des Mörtels zu gefährden.

3.3.3.3 Temperaturverhalten von Zementmörtelauskleidungen

Die in Tabelle 3.8 beschriebenen Anwendungsbereiche sind im wesentlichen für Rohrleitungen bei Umgebungstemperatur geprüft. Aufgrund von Untersuchungen und Erfahrungen mit Soleleitungen bestehen jedoch keine Bedenken für den Einsatz bei höheren Temperaturen. Schwierigkeiten bei niedrigen Temperaturen um den Gefrierpunkt sind nicht zu erwarten.

Unter Berücksichtigung aller möglichen Einflüsse sind die Zementmörtelarten nach Tabelle 3.8 für Abwassertemperaturen bis etwa 50 °C geeignet.

Zementmörtelauskleidungen können in vielen Fällen auch bis in den Siedebereich angewandt werden. In heißen sauren Medien behält die Mörtelart K ihre Korrosionsbeständigkeit, die der Mörtelart T ist zu überprüfen.

Weitere Hinweise über spezielle Eigenschaften der Zementmörtelarten (z. B. pH-Wert-Erhöhung) sind aus den Veröffentlichungen in der Fachliteratur (z. B. /4/) ersichtlich.

3.3.4 Hinweise auf spezielle Auskleidungen

Für das Auskleiden bereits verlegter Rohrleitungen mit Zementmörtel ist W 343 zu beachten – DIN 2614 gilt hierfür nicht.

Unabhängig von den Zementmörtelauskleidungen sind auch andere Auskleidungen (z. B. mit Epoxidharz oder Polyurethan) möglich.

4 Rohrverbindungen und Ausbildung der Rohrenden

4.1 Allgemeines

Stahlleitungsrohre für Trink-, Roh-, Meer-, Brauch- und Abwasser bestehen aufgrund der dargelegten Zusammenhänge aus dem Stahlrohr mit Auskleidung und der Umhüllung. Für besondere Einsatzfälle erhalten diese Rohre noch eine Ummantelung.

Je nach der vorgesehenen Rohrverbindung (Schweiß-, Steck-, Flansch- oder Kupplungsverbindung) müssen die Rohrenden des Stahlrohres, der Auskleidung, der Umhüllung sowie der Ummantelung speziell gestaltet werden.

Grundlagen hierfür sind:

Endenausführung des Stahlrohres

- DIN 1626 für die Stumpfschweißverbindung der Stahlrohre (aufbauend auf DIN 2559 für die Schweißnahtvorbereitung – Fugenform 22 DIN 2559).

Endenausführung der ZM-Auskleidung (Bild 4.1)

- Ausführung A mit Hinterschnitt 3–5 mm unter 45° – Mindestschichtdicke 8 mm.
- Ausführung B mit Aussparung von 3–5 mm – Schichtdicken nach DIN 2614 (siehe Tabelle 3.5).
- Aussparung von ca. 25 mm bei ZM-Auskleidungen für befahrbare Rohre.

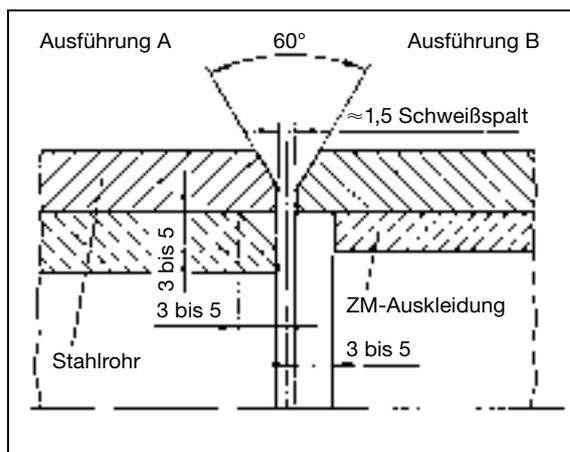
Endenausführung der PE-Umhüllung

- Aus schweißtechnischen Gründen werden die Umhüllungen nicht bis zu den Rohrenden ausgeführt.

Nach DIN 30670 sollen die Rohrenden bis unter DN 500 um mindestens 50 mm und ab DN 500 um mindestens 100 mm frei von Kleber sein. Das umhüllungsfreie Rohrende darf 150 mm nicht überschreiten, falls vom Besteller nichts anderes vereinbart wurde.

Bild 4.1

Ausführungen A und B für die Enden der ZM-Auskleidung nach DIN 2614/DIN 2880.



Bei Steckmuffenverbindungen werden die Maße für die umhüllungsfreien Rohrenden vom Hersteller festgelegt.

Bei Flanschverbindungen schließt die Auskleidung bündig mit dem Rohrende ab. Die umhüllungsfreien Rohrenden sind analog den Maßen bei Schweißverbindungen, da die Vorschweißflansche entweder werkseitig oder auf der Baustelle den Rohren vorgeschweißt werden.

Bei Kupplungsverbindungen sind die Rohre glattendig, d. h. die Stirnfläche ist ohne Absätze.

Bei Ummantelungen beträgt das Maß zwischen dem Absatz der Umhüllung und der Ummantelung ca. 70 bis 80 mm. Sonderformen erhalten Abmessungen nach entsprechender Werknorm.

4.2 Steckmuffenverbindung

Steckmuffenverbindungen werden nur im Bereich DN 100 bis DN 300 hergestellt.

Bild 4.2 zeigt die Steckmuffenverbindung mit den wichtigsten Anschlußmaßen. Am Einsteckende schließt die ZM-Auskleidung bündig mit dem Stahlrohr ab – im Muffenende reicht die ZM-Auskleidung bis in den Muffengrund. Der Muffenbereich und das Einsteckende sind mit einer Epoxy-Beschichtung gegen Korrosion geschützt.

Aus Tabelle 4.1 sind die charakteristischen Maße der Steckmuffenrohre und der Steckmuffenverbindung ersichtlich.

Bild 4.2

Steckmuffen-Verbindung – ohne Ummantelung entfallen die Werte b , d und W_U .

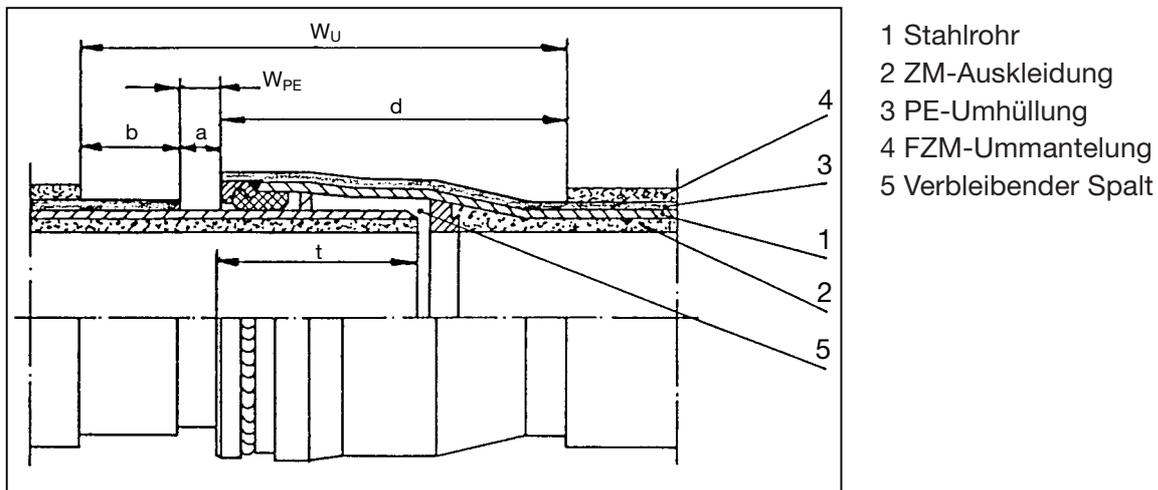


Tabelle 4.1

Maße für Rohrendenausführung bei Anwendung der Steckmuffenverbindung (Bild 4.2).

- Alle Maße in mm.
- Klammermaße gelten für Verlegung in Bergsenkungsgebieten.

DN	a	b	d	W _{PE}	W _U	t
100	30 (55)	130	160	30 (55)	320 (345)	110 (85)
125	30 (55)	130	160	30 (55)	320 (345)	120 (95)
150	30 (60)	84	220	30 (60)	334 (364)	131 (101)
200	30 (60)	82	220	30 (60)	332 (364)	133 (103)
250	30 (60)	82	220	30 (60)	332 (364)	143 (113)
300	30 (60)	80	220	30 (60)	330 (364)	150 (120)

4.3 Stumpfschweißverbindung

Die Stumpfschweißverbindung kann für alle Nennweiten der Stahlleitungsrohre angewendet werden, da die Ausführung der Rohrenden für das Stahlrohr nach DIN 1626 festgelegt ist:

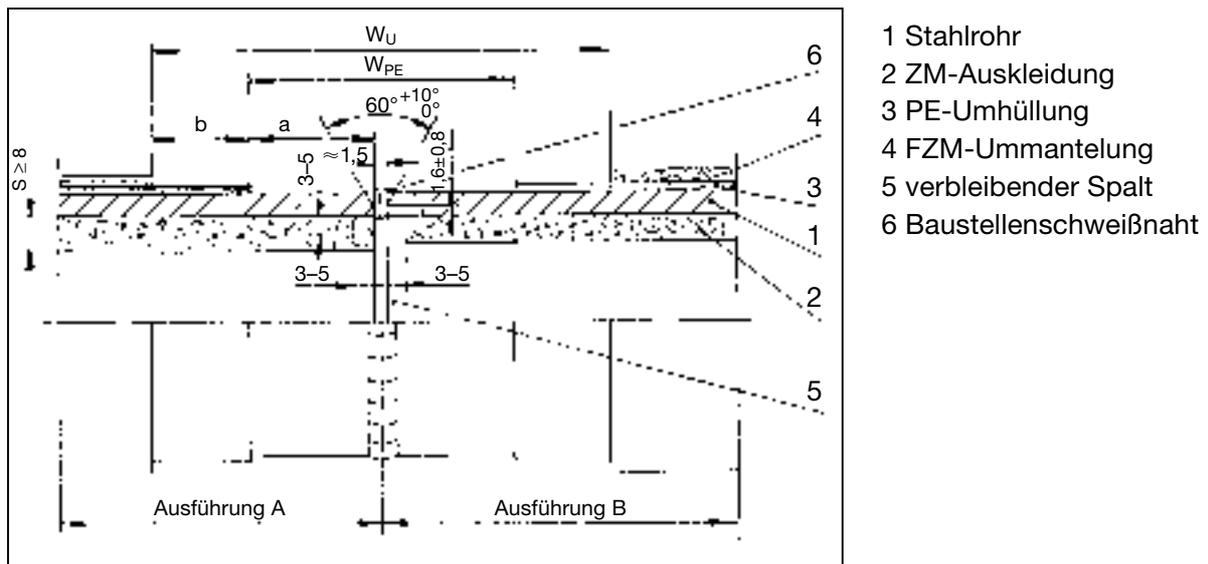
- Der Ansträgwinkel der Fugenflanke beträgt $30^{\circ} +5^{\circ}$
 0°
- Die Steghöhe soll $1,6 \pm 0,8$ mm betragen.

Andere Fugenflanken müssen besonders vereinbart werden. Die Ausführung der ZM-Auskleidung ist an den Enden unterschiedlich (Ausführung A und B – Bild 4.1).

Bild 4.3 zeigt beide Ausführungen mit den wichtigsten Anschlußmaßen.

Bild 4.3

Stumpfschweißverbindung in den Ausführungen A und B – ohne Ummantelung entfallen die Maße b und W_U.



Aus Tabelle 4.2 sind die Maße für die Rohrendenausführung bei Anwendung der Stumpfschweißverbindung für die 6 Unternehmen der Fachgemeinschaft PRO AQUA STAHLROHRE e.V. ersichtlich.

Nach DIN 30670 ist nur daß Maß a mit max. 150 mm vorgegeben. Durch unterschiedliche Fertigungsbedingungen bei den Rohrherstellern ergeben sich für das Maß a bei der Werkausführung unterschiedliche Maße, die für die Nachumhüllung bzw. Nachummantelung der Rohrenden zu beachten sind (Maße W_{PE} und W_U).

Bei der PE-Umhüllung mit integriertem Steinschutzrippenprofil entspricht die Rohrendenausführung prinzipiell auch dem Bild 4.3. Statt der Ummantelung beginnt nach ca. 150 mm (Maße a und b analog Tabelle 4.2) das PE-Rippenprofil für den Steinschutz.

Bei der PE-Umhüllung mit FZM-Ummantelung und Verklammerungsprofil entspricht die Rohrverbindung ebenfalls Bild 4.3. Die Maße a und b können der Tabelle 4.2 entnommen werden.

Für befahrbare Rohre ($DN \geq 600$) wird vorrangig eine breitere Aussparung der ZM-Auskleidung angewendet, da zumeist nach der Montage eine Nachauskleidung des Schweißnahtbereiches (Baustellenauskleidung) gefordert wird (Bild 4.4).

Die Aussparung der ZM-Auskleidung an den Rohrenden beträgt 20 ... 25 mm. Die Maße für die Fugenform der Schweißnaht und die Maße a und b entsprechen Bild 4.3.

Tabelle 4.2

Vergleich der geforderten Maße nach DIN 30670 und der vorhandenen Maße nach Standard-Werksausführung für die Rohrendenausführung bei Anwendung der Stumpfschweißverbindung entsprechend Bild 4.3 – andere Maße auf Anfrage lieferbar (alle Maße in mm – ohne Berücksichtigung des Schweißspaltes).

	a	b	W_{PE}	W_U
Forderung nach DIN 30670	max. 150	- ¹⁾	max. 300	- ¹⁾
BENDER-FERNDORF Eisen- und Metallwerke Ferndorf GmbH	150	* ²⁾	300	* ²⁾
BERGROHR GMBH SIEGEN	150	* ²⁾	300	* ²⁾
Europipe GmbH	150	70 ... 100	300	440 ... 500
Mannesmann Line Pipe GmbH	80	70	160	300
Röhrenwerk Gebr. Fuchs GmbH	110	80	220	380

¹⁾ Keine Angaben

²⁾ Maße nach Kundenspezifikation

Da Stahlleitungsrohre grundsätzlich in geschweißter Ausführung geliefert werden, ist die Ausnutzung der zulässigen Berechnungsspannung in der Schweißnaht zu beachten.

Die geschweißten Stahlrohre werden vollmechanisiert bzw. teilautomatisiert durch doppelseitiges Unterpulverschmelzschweißen (Längsnaht oder Schraubenliniennaht) oder durch elektrisches Preßschweißen (Längsnaht) aus entsprechend gebogenem Band oder Blech hergestellt. Bei schmelzgeschweißten Rohren werden die Schweißnähte von beiden Seiten geschweißt.

Durch Einsatz hochwertiger Schweißverfahren und durch die hohe Qualität der Überwachung des Schweißprozesses sind diese Rohre mit einer Ausnutzung der zulässigen Berechnungsspannung von 100% (Schweißnahtwertigkeit $v = 1,0$ – Kennbuchstabe B) oder 90% (Schweißnahtwertigkeit $v = 0,9$ – Kennbuchstabe A) lieferbar.

Die Fertigung erfolgt bei allen Rohren unter gleichen Bedingungen – nur bei ausdrücklicher Bestellung werden Stahlrohre wegen des geringeren Prüfumfanges mit dem Kennbuchstaben A ausgeliefert.

Somit erfolgt durch die Schweißnaht bei geschweißten Stahlleitungsrohren keine Einschränkung des Anwendungsbereiches.

Steckmuffenrohre nach DIN 2460 haben als Dichtelement eine Gummidichtung mit differenzierten Festigkeitseigenschaften (TYTON-Dichtring nach DIN 28617 für Wasserleitungen).

Der TYTON-Dichtring kann gegen einen TYTON-SIT-Schubsicherungsring ausgetauscht werden, wodurch die Rohrverbindung längskraftschlüssig wird.

Der Nenndruck der Rohrleitungen aus Steckmuffenrohren ist Tabelle 2.7 zu entnehmen.

Tabelle 2.7

Nenndrücke von Rohrleitungen aus Steckmuffenrohren bei Einsatz von TYTON-Dichtringen und TYTON-SIT-Schubsicherungsringen.

Nennweite DN	Nenndruck PN der Rohrleitung ¹⁾	
	Stahlsorte: St 37.0 ²⁾	
	$v_N = 0,9$ ³⁾ Abnahmeprüfzeugnis 3.1 B	
	Stahlsteckmuffenrohr mit TYTON-Dichtring	Stahlsteckmuffenrohr mit TYTON-SIT-Ring
100	40	16
125	40	16
150	40	16
200	40	16
250	40	10
300	40 ⁴⁾	10

¹⁾ Berechnung nach DIN 2413, Ausgabe Juni 1972, Geltungsbereich I (vorwiegend ruhend beansprucht, bis 120 °C), Sicherheitswert: $S = 1,50$ für St 37.0 mit Abnahmeprüfzeugnis 3.1 B, ohne Zuschlag für Korrosion bzw. Abnutzung. Bei Rohren mit Auskleidung und Umhüllung ist in der Regel kein Korrosionszuschlag erforderlich. Der errechnete zulässige Betriebsüberdruck wurde auf die nächst niedrigere Druckstufe nach DIN 2401 Teil 1 gerundet.

Der angegebene Nenndruck gilt für Rohrleitungen mit Steckmuffenverbindung, und zwar:

für eine Verkehrsbelastung bis SLW 60, einer Erdüberdeckung von 0,6 bis 6 m und zusätzlich einem möglichen Abfall des Innendrucks auf den absoluten Druck $p_{abs} = 0,2$ bar.

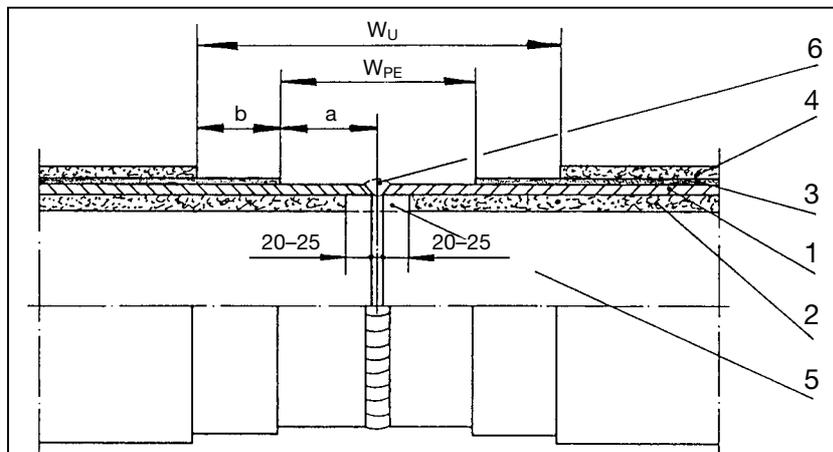
²⁾ Stahlsorte St 37.0 nach DIN 1626.

³⁾ Ausnutzung der zulässigen Berechnungsspannung in der Schweißnaht v_N nach DIN 1626.

⁴⁾ Ausnutzung der zulässigen Berechnungsspannung in der Schweißnaht $v_N = 1,0$.

Bild 4.4

Stumpfschweißverbindung für Stahlleitungsrohre \geq DN 600 – ohne Ummantelung entfallen die Maße b und W_U .

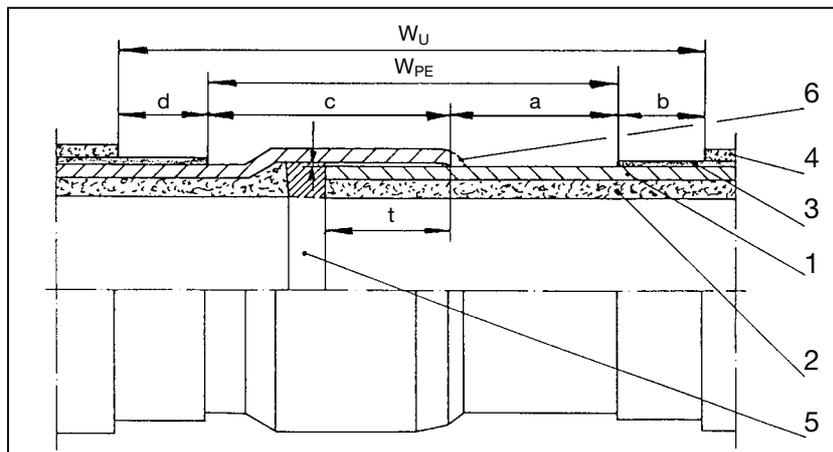


4.4 Einsteckschweißmuffen-Verbindung

Neben der Stumpfschweißverbindung können sowohl die nicht befahrbaren als auch die befahrbaren Rohre mit der Einsteckschweißmuffen-Verbindung geliefert werden (Bild 4.5).

Bild 4.5

Einsteckschweißmuffen-Verbindung für Stahlleitungsrohre – ohne Ummantelung entfallen die Maße b , d und W_U .



In Tabelle 4.3 sind die Maße für die Rohrendenausführung bei Anwendung der Einsteckschweißmuffen-Verbindung zusammengefaßt. Die Maße für Einstecktiefe und Muffenspiel nach DIN 2460 können aus Tabelle 4.4 entnommen werden.

Das Ende der Zementmörtelauskleidung in der Muffe wird durch einen Anschlagring aus Gummi gegen mechanische Beschädigungen geschützt (Einsatz für Trinkwasserleitungen). In Rohrleitungen für Rohwässer, Solen, Salz- und Abwässer wird entweder der Anschlagring und eine Nachauskleidung aus einer geeigneten Dichtungsmasse vorgesehen, oder der verbleibende Spalt ohne Anschlagring wird durch eine Nachauskleidung mit Zementmörtel voll ausgefüllt.

Tabelle 4.4

Einstecktiefe und Muffenspiel bei Einsteckschweißmuffen-Verbindungen nach DIN 2460.

DN	Einstecktiefe t (mm)	Muffenspiel f (mm)
80	50	1
100	55	1,5
125	60	1,5
150	65	1,5
200	80	2
250	90	2
300	105	2
350	115	2,5
400	120	2,5
450	– (120)	– (2,5)
500	130	3
600	130	3
700	130	3
800	130	3
900	130	3
1000	130	3
1100	nach Vereinbarung	nach Vereinbarung
1200		
1300		

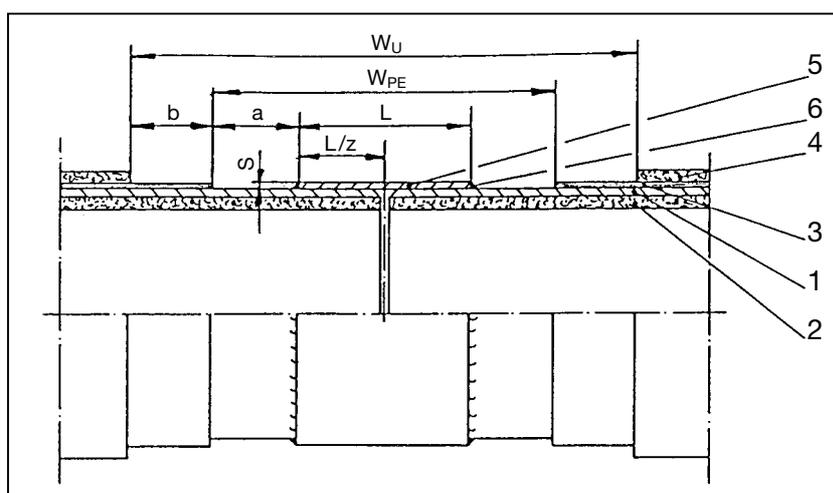
4.5 Überschiebschweißmuffen-Verbindung

Bei der Überschiebschweißmuffen-Verbindung (Bild 4.6), die durch das Aufschieben eines Überschiebringes auf die umhüllungsfreien Rohrenden entsteht, gibt es mehrere Auslieferungsmöglichkeiten für den Überschiebring:

- Auslieferung lose als offener Überschiebring.
- Auslieferung lose als längs- oder schraubenliniennahtgeschweißter Überschiebring.
- Auslieferung von Stahlleitungsrohren mit einseitig aufgeschweißtem Überschiebring.

Bild 4.6

Überschiebschweißmuffen-Verbindung für Stahlleitungsrohre – ohne Ummantelung entfallen die Maße b und W_U .



- 1 Stahlrohr
- 2 ZM-Auskleidung
- 3 PE-Umhüllung
- 4 FZM-Ummantelung
- 5 Überschiebring
- 6 Baustellenschweißnähte

Die Auslieferung der Überschiebschweißmuffen-Verbindung erfolgt deshalb nach Kundenspezifikation.

Generell gilt, daß alle Stahlleitungsrohre mit glatten Enden für die Überschiebschweißmuffen-Verbindung geeignet sind. Der Überschiebring mit einer Länge von 150 mm ist in der Werknorm AB 06.41* genormt, kann aber auch in anderen Längen geliefert werden.

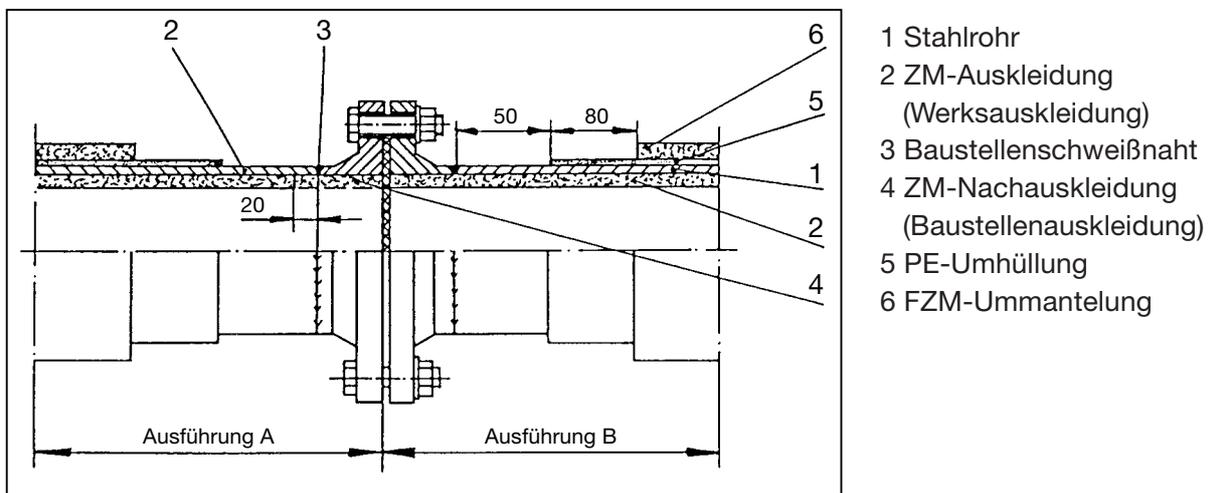
Das Maß W_{PE} beträgt einheitlich 300 mm. Dadurch ergibt sich auch das Maß W_U einheitlich zu 460 mm. Andere Maße können mit den Rohrerstellern vereinbart werden.

4.6 Flanschverbindung

Flanschverbindungen sind lösbare Verbindungen. Je nach dem Anwendungsfall erfolgt das Anschweißen der Vorschweißflansche entweder auf der Baustelle nach Ausrichten aller Bauteile, oder die Stahlleitungsrohre werden mit den werkseitig angeschweißten Vorschweißflanschen angeliefert (Bild 4.7).

Bild 4.7

Flanschverbindung mit Vorschweißflansch.



Ausführung A: Flansch auf Baustelle vorgeschweißt.

Ausführung B: Flansch werkseitig vorgeschweißt.

Der Einsatz der Vorschweißflansche erfolgt nach dem geplanten Nenndruck:

Nenndruck 10: Vorschweißflansche nach DIN 2632
(bis DN 150 Vorschweißflansche PN 16 verwenden)

Nenndruck 16: Vorschweißflansche nach DIN 2633

Nenndruck 25: Vorschweißflansche nach DIN 2634
(bis DN 150 Vorschweißflansche PN 40 verwenden)

Nenndruck 40: Vorschweißflansche nach DIN 2635

Da die Länge des Vorschweißflansches vom Nenndruck abhängt, erfolgt die Lieferung nach Kundenspezifikation. Die Maße 50 mm für das kleberfreie Rohrende für Rohre bis DN 500, 100 mm für die Dimensionen größer DN 500, 20 mm für den Rücksprung der ZM-Auskleidung gegenüber dem Stahlrohrende bei Ausführung A und ca. 80 mm für den Abstand zwischen PE-Umhüllung und Ummantelung sind Richtwerte.

Für die Anwendung im Bergbau sind Stahlrohre nach DIN 20002 T1 (Stahlrohre mit losen Flanschen und glatten Bunden – Nenndruck 10/bei Medium Wasser bis DN 250 für Nenndruck 25 zugelassen), DIN 20002 T2 (Stahlrohre mit losen Flanschen und Vor- und Rücksprungbund – Nenndruck 6/bei Medium Wasser bis DN 150 für Nenndruck 25 zugelassen) und DIN 20002 T3 (Stahlrohre mit losen Flanschen und glatten Bunden – Nenndruck 40) genormt.

Da hierfür als Korrosionsschutz grundsätzlich das Feuerverzinken nach DIN 50976 üblich ist, wird auf diese Rohre nur hingewiesen.

4.7 Rohrverbindungen für Sonderfälle

- Glatte Rohrenden für Kupplungen

In besonderen Fällen erfolgt die Verbindung von Stahlleitungsrohren mit handelsüblichen Rohrkupplungen. Zu diesem Zwecke werden Stahlleitungsrohre mit PE-Umhüllung und ZM-Auskleidung bis zum Rohrende eingesetzt. Eventuell benötigte Ummantelungen werden nach Kundenspezifikation geliefert.

- Gewindeverbindungen

Rohre für die Hausinstallation sind in DIN 2440, DIN 2441 und DIN 2442 genormt. Da die Hausanschlußleitungen ab DN 40 (1 1/2") mit ZM-Auskleidung und ab DN 50 (2") mit Einsteckschweißmuffe lieferbar sind, soll auch auf den Einsatz von Gewindeverbindungen hingewiesen werden. Die Rohre nach DIN 2440, DIN 2441 und DIN 2442 sind ausschließlich Gewinderohre. Deshalb kann die Anwendung sowohl ohne als auch mit Gewinde erfolgen. Bei Einsatz mit Gewinde kann zylindrisches Gewinde (nach DIN ISO 228-1) oder kegliges Gewinde (DIN 2999) auf die Rohrenden aufgebracht werden.

Zylindrisches Gewinde wird bei Flanschverbindungen mit Gewindeflanschen und bei Dichtung Rohr gegen Rohr (DIN 2517) eingesetzt, während kegliges Gewinde für Muffenverbindungen notwendig ist. Als technische Lieferbedingung gilt für die Stahlsorte St 37.0 die DIN 1626. Stahlleitungsrohre mit Gewinde werden nur nach Kundenspezifikation geliefert.

- Sonstige Verbindungen

Für besondere Fugenformen beim Stumpfschweißen oder für besondere Kupplungsverbindungen ist die Ausbildung der Rohrenden speziell zu vereinbaren.

4.8 Anwendung der Rohrverbindungen

- Stumpfschweißverbindung

Der Einsatz der Stumpfschweißverbindung in der Ausführung A oder B erfolgt bis auf Sonderfälle nur bei nicht befahrbaren Stahlleitungsrohren (Nennweite \leq DN 600). Beim Einsatz für Trinkwasser muß dieses so beschaffen sein, daß ein „Ausheileffekt“ des Ringspaltes gewährleistet ist.

Ohne weitere Zusatzmaßnahmen (z. B. Nachauskleidung mit Zementmörtel) ist diese Verbindung für Abwässer, Solen oder Salzwässer nicht geeignet.

Bei befahrbaren Stahlleitungsrohren (Nennweite \geq DN 600) wird grundsätzlich die Stumpfschweißverbindung mit einer Aussparung der ZM-Auskleidung von 20 ... 25 mm an den Rohrenden angewendet. Durch die bei Montage notwendige ZM-Baustellenauskleidung (Nachauskleidung) wird eine durchgängige ZM-Auskleidung erreicht.

In Sonderfällen kann bei befahrbaren Stahlleitungsrohren auch die Stumpfschweißverbindung in Ausführung A oder B angewendet werden. Dabei gelten die Bedingungen wie bei nicht befahrbaren Stahlleitungsrohren.

- Einsteckschweißmuffen-Verbindung

Die Einsteckschweißmuffen-Verbindung wird in der Regel für nicht befahrbare Stahlleitungsrohre eingesetzt. Da bei dieser Verbindung in Trinkwasserleitungen üblicherweise ein Anschlagring aus Gummi eingesetzt wird, verbleibt ein Montagespalt. Im Trinkwasserbereich wird dieser Montagespalt durch die Selbstheilung der ZM-Auskleidung geschlossen.

Für Abwässer, Solen oder Salzwässer besteht auch die Möglichkeit, den verbleibenden Montagespalt vollständig durch ein geeignetes Dichtungsmaterial zu verfüllen.

Die Zentrierung erfolgt mit der Muffe, während bei den Stumpfschweißverbindungen Innen- oder Außenzentriervorrichtungen benötigt werden.

- Überschiebschweißmuffen-Verbindung

Die Überschiebschweißmuffen-Verbindung ermöglicht eine ähnliche Anwendung wie die Einsteckschweißmuffen-Verbindung. Bei Anwendung eines losen und geschlitzten Überschiebringens kann die Zentrierung der Rohrenden leicht erfolgen – durch Zusammendrücken des geschlitzten Überschiebringens erfolgt die endgültige Zentrierung und nach dem Anschweißen (2 Rundnähte und eine Längsnaht!) die Herstellung einer starren Verbindung. Der Einsatz für Leitungen mit Solen, Salzwässern und Abwasser ist möglich (durchgängige Auskleidung vornehmen).

- Steckmuffenverbindung

Bis DN 300 ist die Steckmuffenverbindung eine universelle Verbindungsart von Stahlleitungsrohren für den Transport aller Wässer. Durch die Möglichkeit der Längskraftschlüssigkeit können Widerlager aus Beton bei Richtungsänderung der Rohrleitung entfallen. Sie ist die einzige Verbindungsart, die eine Abwinklung bis max. 4° und eine Längsverschiebung zulässt.

- Flanschverbindung

Bei Flanschverbindungen ist durch die ZM-Auskleidung bis zum Rohrende und durch das Einlegen einer Dichtung zwischen den Dichtflächen der Flansche ein durchgängiger Innenschutz erreichbar.

Die Eigenschaften der wichtigsten Rohrverbindungen sind in Tabelle 4.5 dargestellt.

Tabelle 4.5

Eigenschaften der wichtigsten Rohrverbindungen.

Bezeichnung der Rohrverbindung	Eigenschaften der Rohrverbindung
Stumpfschweißverbindung	<ul style="list-style-type: none">● Längskraftschlüssig, Biegemomente und Zugkräfte werden übertragen, zerstörungsfrei prüfbar.● Für jede Nennweite einsetzbar.● Rationelle Verlegung möglich.
Einsteckschweißmuffen-Verbindung und Überschiebschweißmuffen-Verbindung	<ul style="list-style-type: none">● Längskraftschlüssig, Biegemomente und Zugkräfte werden übertragen, zerstörungsfrei prüfbar.● Rationelle Verlegung möglich.
Steckmuffen-Verbindung	<ul style="list-style-type: none">● Gummigedichtet, beweglich, im Normalfall nicht längskraftschlüssig, abwinkelbar bis 4°, Biegemomente und Zugkräfte werden nicht übertragen.● Gummiringe nach DIN 28617 für Wasserleitungen und nach DIN 4060 T1 für Entwässerungsleitungen und -kanäle.● Axiale Verschiebung um ca. ± 30 mm möglich.● Durch Einsatz von TYTON-SIT-Schubsicherungsringen Längskraftschlüssigkeit erreichbar.
Flanschverbindung	<ul style="list-style-type: none">● Starr, leicht lösbar, längskraftschlüssig.● Einsatz bei Medienrohren außerhalb von Rohrgräben in Gebäuden, Schächten, Brunnen und in Bergwerken.● Flansche für alle Nenndrücke auswählbar.

5 Fertigung und Qualitätssicherung

5.1 Stahlrohrherstellung

Die Herstellung von hochwertigen geschweißten Stahlrohren wird ausführlich in Firmenprospekten der einzelnen Stahlrohrhersteller beschrieben. Deshalb erfolgt im Rahmen dieses Anwenderhandbuches nur eine kurze Darstellung der Fertigung von Stahlleitungsrohren unter Berücksichtigung der Qualitätssicherung.

Geschweißte Stahlrohre können nach der Schweißnahtart unterschieden werden:

- Geschweißte Stahlrohre mit Längsnaht (Anwendung des HFI-Schweißverfahrens bei Einsatz von Bändern oder des UP-Schweißverfahrens bei Einsatz von Blechen).
- Geschweißte Stahlrohre mit Schraubenliniennaht* (Anwendung des UP-Schweißverfahrens bei Einsatz von Bändern).

Bei beiden Schweißnahtarten wird eine mögliche Ausnutzung der Berechnungsspannung von 100% erreicht.

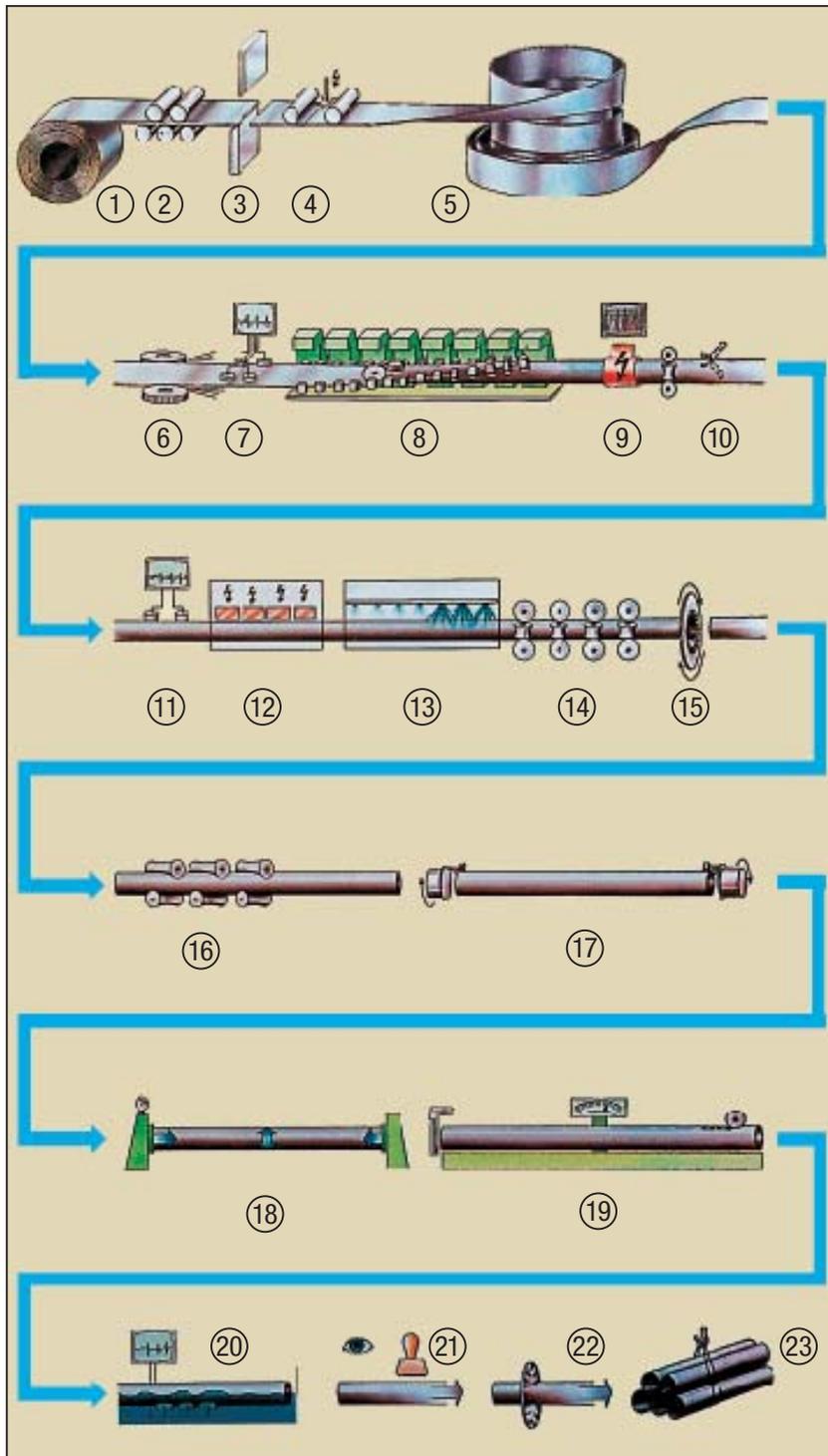
Der gesamte Fertigungsablauf bei der Herstellung von geschweißten Stahlrohren mit Längsnahtschweißung nach dem HFI-Schweißverfahren (üblicherweise bis DN 500) ist schematisch aus Bild 5.1 ersichtlich.

Die notwendige Qualität des Vormaterials (Warmbreitband) wurde im Abschnitt 2 dargestellt. Ein Kernstück im Fertigungsablauf ist das Längsnahtschweißen nach dem Hochfrequenz-Induktiv (HFI)-Widerstands-Preßschweißen. Dabei wird der Schweißstrom berührungslos über einen Ringinduktor dem Schlitzrohr zugeführt. Der hochfrequente Strom erwärmt eine schmale Zone entlang der Bandkanten, die danach über Druckrollen zusammengepreßt werden (Bild 5.2). Alle relevanten Schweißparameter (z. B. Schweißtemperatur, Schweißgeschwindigkeit und Anodenstrom) werden ständig gemessen, aufgezeichnet und über entsprechende Regelkreise optimiert. Auf diese Weise wird eine gleichbleibende hohe Schweißnahtgüte sichergestellt (Bild 5.3).

* Oft noch als Spiralnaht bezeichnet.

Bild 5.1

Schematischer Fertigungsablauf bei der Herstellung von HFI-längsnahgeschweißten Stahlrohren.



- 1 Warmbreitband (Coils)
- 2 Bandrichtmaschine
- 3 Schopfschere
- 4 Bandstumpfschweißmaschine
- 5 Bandspeicher
- 6 Bandkantenfräsmaschine
- 7 Zerstörungsfreie Bandprüfanlage
- 8 Rohreinformstrecke
- 9 HFI-Schweißgerüst
- 10 Außen- und Innenschabung des Schweißstauwulstes
- 11 Erste zerstörungsfreie Schweißnahtprüfanlage
- 12 Schweißnahtglühanlage
- 13 Luft- und Wasserkühlstrecke
- 14 Kalibrier- und Richtgerüste
- 15 Rohrtrennanlage
- 16 Rohrrichtmaschine
- 17 Fasanlagen I und II
- 18 Wasserdruckprüfpresse
- 19 Visuelle Kontrolle, Wägen, Messen, Markieren
- 20 Zweite zerstörungsfreie Schweißnahtprüfanlage (nur für Gasleitungsrohre > 16 bar)
- 21 Endabnahme
- 22 Korrosionsschutzanlage
- 23 Weiterverarbeitung und Versand

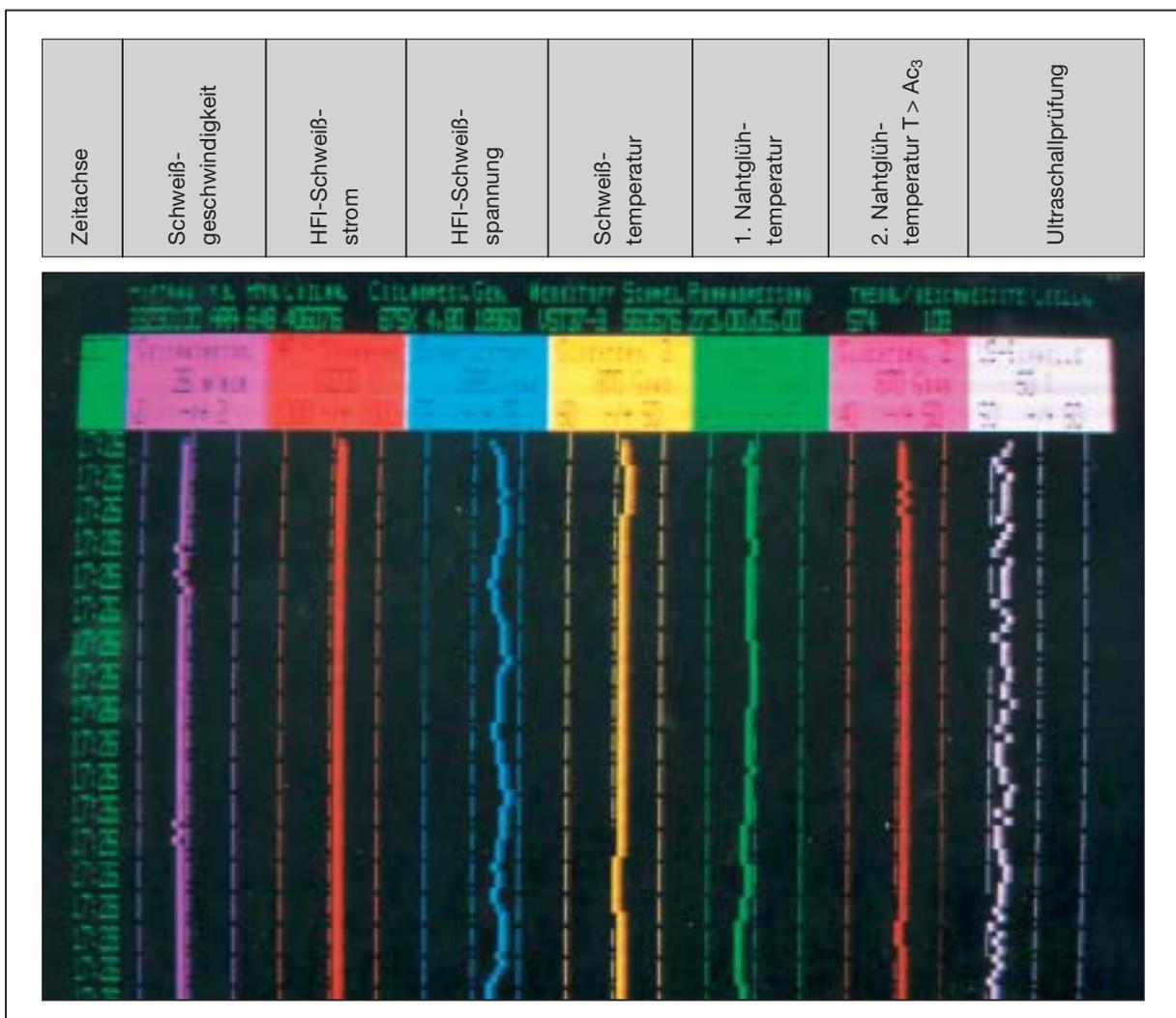
Bild 5.2

Längsnahtschweißung (HFI-Widerstands-Preßschweißen).



Bild 5.3

Überprüfung und Aufzeichnung der Schweißparameter.



Die Vielzahl der Prüfungen ist aus Bild 5.1 erkennbar. Dabei wird z. B. jedes Rohr einer Wasserdruckprüfung unterzogen. Der Druckaufbau wird ständig digital angezeigt; die Prüfdruckhöhe und die Druckhaltezeit wird auf Diagrammschreibern registriert. Die Schweißnaht wird nach der Schweißung zerstörungsfrei mittels Ultraschall geprüft. Mechanisch-technologische Prüfungen ergänzen diese Qualitätsprüfungen.

Im Großrohrbereich (Nennweite \geq DN 500) können geschweißte Stahlrohre sowohl mit Schraubenliniennaht als auch mit Längsnaht geliefert werden.

Vormaterial für geschweißte Stahlrohre mit Schraubenliniennaht ist ebenfalls Warmbreitband. Der Durchmesser des zu fertigenden Rohres ergibt sich aus der Bandbreite und der Winkelstellung des Einlaufteiles zum Auslaufteil der Rohrschweißmaschine.

Das abgehaspelte Band wird gerichtet, die Bandkanten werden beschnitten und die Schweißfasen angefräst. Das Band gelangt danach in den Formgebungsteil, in dem es schraubenlinienförmig zum zylindrischen Rohr gebogen wird (Schraubenlinieneinformung). Die Bandkante wird zuerst innen und nach einer halben Drehung des Rohres von außen nach dem Unterpulver (UP)-Schweißverfahren kontinuierlich zusammengeschweißt. Auch hierbei werden wie beim Längsnahtschweißen die Schweißdaten erfaßt. Die 1. Schweißnahtprüfung erfolgt sofort nach dem Schweißen. Der weitere Verfahrensablauf ist aus dem technologischen Ablauf (Bild 5.4) ersichtlich.

Vormaterial für geschweißte Stahlrohre mit Längsnaht sind Bleche. Zumeist werden die Rohre mittels der Mehrwalzeneinformung hergestellt.

Kernstücke dieses Rohrherstellungsverfahrens sind die Rohreinformung mittels Dreiwalzenbiegemaschine und die Blechkantennachformung, das Heften des Schlitzrohres und die Innen- und Außenlagenschweißung (UP-Mehrdrachtschweißen). Bild 5.5 zeigt eine Fertigungsanlage für die Rohreinformung mit anschließender Blechkantennachformung.

Durch eine durchgängige Ultraschallprüfung und eine ergänzende Röntgenprüfung werden die UP-Nähte direkt nach dem Schweißen überwacht. Eine sofortige Rückinformation an die UP-Schweißmaschine ist dadurch sichergestellt.

Das Kalibrieren der Rohrenden, die Wasserdruckprüfung und die Anfasung der Rohrenden sind weitere Arbeitsgänge bei der Herstellung der Großrohre.

Die Herstellung der Großrohre nach dem UO-Verfahren, bei dem das Blech zuerst zum U geformt und danach in der O-Pressen zu einem Schlitzrohr verformt wird, erfolgt nur noch selten und wird deshalb nicht weiter detailliert dargestellt.

Bild 5.4

Schematischer Fertigungsablauf bei der Herstellung von schraubenliniennachtgeschweißten Stahlrohren.

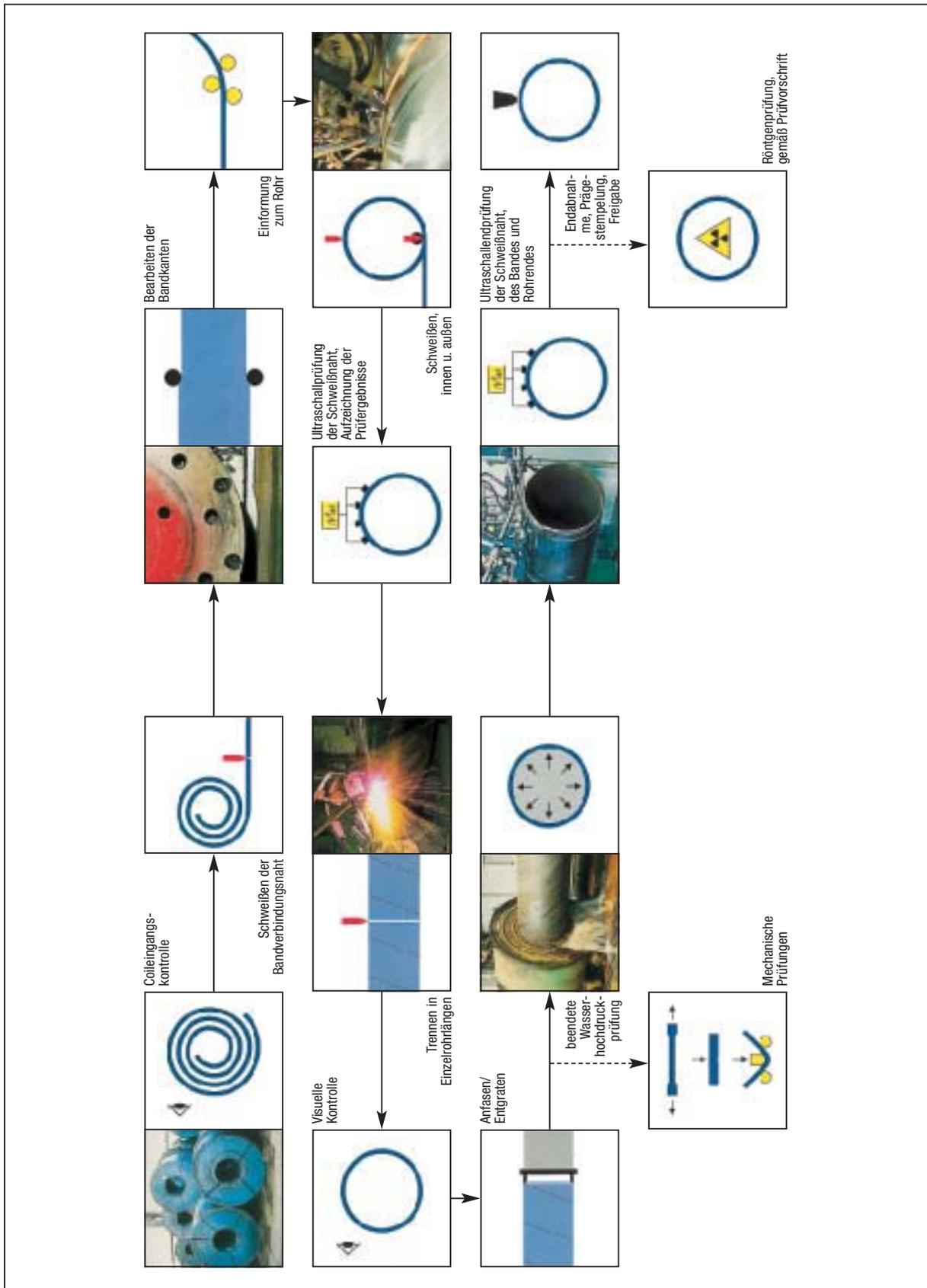


Bild 5.5

Rohreinförmung mittels Dreiwälzenbiegemaschine und Blechkantennachformung bei der Fertigung von Großrohren.

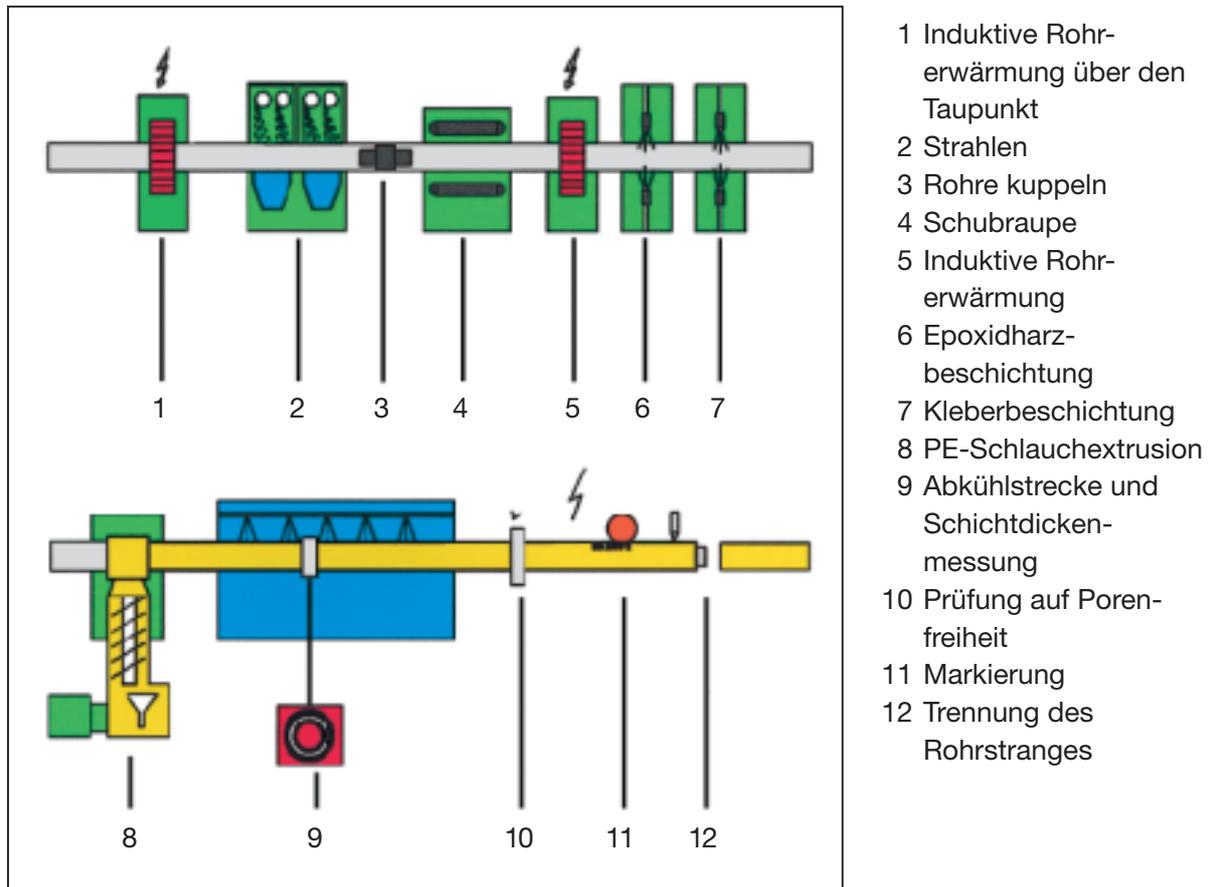


5.2 Herstellung der PE-Umhüllung

Die PE-Umhüllung wird im Bereich bis DN 500 vorwiegend nach dem Schlauchextrusionsverfahren hergestellt. Der schematische Fertigungsablauf ist aus Bild 5.6 ersichtlich.

Bild 5.6

Schematischer Fertigungsablauf bei der PE-Umhüllung nach dem Schlauchextrusionsverfahren.



Kernstück dieser Fertigung ist das Aufbringen der PE-Umhüllung (Dreischichten-PE-Umhüllung). Dies erfolgt bei der Epoxy-Grundsicht und bei dem Kleber durch elektrostatische Beschichtung und bei der PE-Schicht durch das Schlauchextrusionsverfahren (Einsatz einer Ringdüse). Die Grundsicht verbindet das Stahlrohr mit dem Kleber, der wiederum den Verbund zur PE-Schicht bildet.

Nach dem Extrusionsvorgang erfolgt das Abkühlen der Umhüllung in einer Wasserkühlstrecke. Hierbei erfolgt gleichzeitig die Messung der Schichtdicke über den Gesamtumfang (Bild 5.7).

Bild 5.7

Schichtdickenanzeige für die PE-Umhüllung.



Die Prüfung auf Porenfreiheit der PE-Umhüllung nach der Wasserkühlstrecke erfolgt im Rahmen der Qualitätssicherung der PE-Umhüllung, die durch weitere Prüfungen am Vormaterial (z. B. Schmelzindex-Prüfung) oder am fertigen Rohr (z. B. Prüfung des Schälwiderstandes und der Reißdehnung nach DIN 30670) komplettiert wird.

Bei Großrohren erfolgt die PE-Umhüllung durch das Wickelverfahren. Nach dem Extrudieren des Polyethylens durch eine Breitschlitzdüse wird die so erzeugte PE-Folie spiralförmig überlappend auf das Stahlrohr aufgewickelt. Die zwischen der Epoxy-Grundsicht und dem PE-Band notwendige Haftvermittlung erfolgt durch Wicklung einer Haftvermittlungsfolie direkt vor dem Aufbringen der PE-Folie. Die Haftvermittlungsfolie wird ebenfalls mittels einer Breitschlitzdüse durch einen 2. Extruder hergestellt.

Die Qualitätssicherung erfolgt analog der PE-Umhüllung bei kleineren Rohren.

Für Sonderzwecke kann eine PE-Umhüllung auch durch das Sinterverfahren aufgebracht werden.

5.3 Herstellung der FZM-Ummantelung

Zusätzlich kann auf die Umhüllung (z. B. PE-Umhüllung) ein mechanischer Schutz werkseitig aufgebracht werden. Bis auf Sonderfälle ist dies eine Faserzementmörtel-(FZM)-Ummantelung. Der Fertigungsablauf soll beispielhaft durch die nachfolgend aufgeführten Arbeitsgänge dargestellt werden.

Bild 5.8

Aufbringung der Faserzementmörtel-Ummantelung (Prinzipskizze).

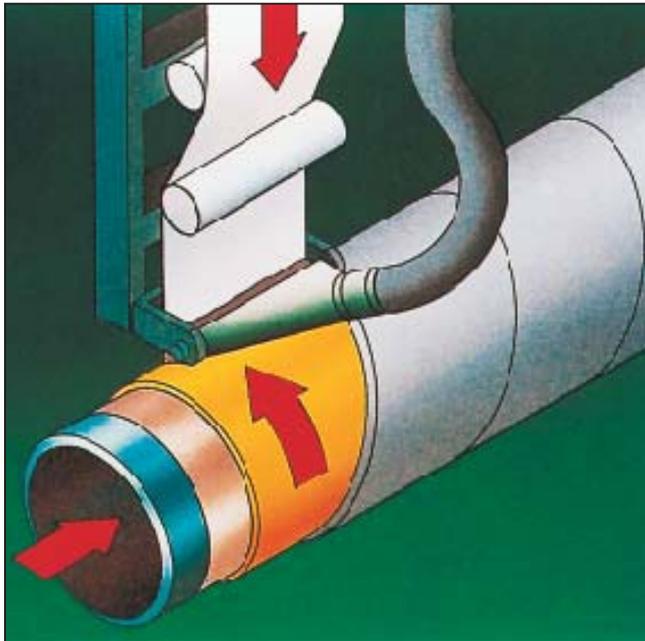


Bild 5.9

Glätten der aufgetragenen FZM-Ummantelung.



- 1 Vor der FZM-Ummantelung wird die PE-Umhüllung erneut mit 25.000 Volt auf Porenfreiheit geprüft. Die vorbereiteten Rohre werden in die Drehvorrichtung eingelegt.
- 2¹⁾ Die zur Verwendung kommenden Komponenten (Sand, Zement, Fasern, Wasser und Zuschlagstoffe) werden den Silos entnommen und dem Zwangsmischer zugeführt.
- 3¹⁾ Die Einwägung und Dosierung erfolgt durch einen Computer.
- 4¹⁾ Nach Erreichen der erforderlichen Mischzeit wird der Faserzementmörtel in den Vorratsmischer gefüllt.
- 5 Mit einer Pumpe wird der Faserzementmörtel zur Schlitzdüse gefördert. Die Fördermenge wird dem Bedarf entsprechend stufenlos eingestellt.
- 6 Der Faserzementmörtel wird durch den Austrittsschlitz an der Düsenmündung auf das rotierende Rohr aufgetragen. Eine Kunststoffgewebefandage wird dabei schraubenlinienförmig in den frischen Faserzementmörtel eingezogen.
- 7 Anschließend wird die FZM-Ummantelung durch einen Glätter auf die vorgegebene Schichtdicke geglättet (Bild 5.9).
- 8 Die Schichtdicke der FZM-Ummantelung wird durch Stichproben überwacht.
- 9 Die Enden der Rohre werden gereinigt und anschließend werden die Rohre dem Lager zugeführt.
- 10 Der Faserzementmörtel kann dann unter ausreichendem Feuchtigkeitsangebot hydratisieren.

¹⁾ Bei Verwendung von Werkstrockenmörtel entfallen 2, 3, 4.

Bei der FZM-Ummantelung wird die FZM-Schichtdicke durch Stichproben gemessen und statistisch ausgewertet. Für die grabenlose Rohrverlegung können spezielle Haftvermittler zwischen der PE- und der FZM-Schicht eingesetzt werden, damit eine gute Haftung erzielt wird.

Für Großrohre erfolgt die FZM-Ummantelung analog.

5.4 Herstellung der ZM-Auskleidung

Die Zementmörtel (ZM)-Auskleidung kann nach 2 Verfahren hergestellt werden:

- Rotationsschleuderverfahren (Verfahren I) oder
- Anschleuderverfahren (Verfahren II).

Details zur ZM-Auskleidung wurden im Abschnitt 3 dargestellt.

Mit der im nachfolgenden beispielhaft beschriebenen Technologie wird das Anschleuderverfahren (Verfahren II) erläutert.

Bild 5.10

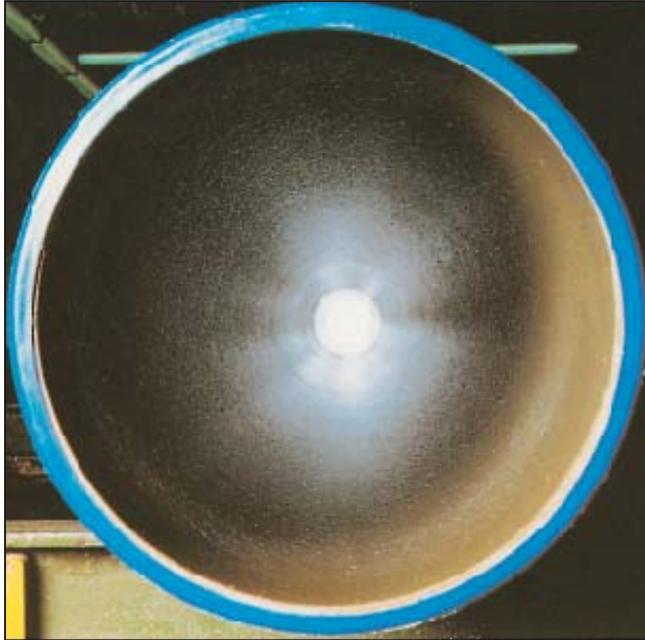
Anschleudern des Zementmörtels.



- 1 Vor dem Anschleudern werden die Rohre für die entsprechende Endenausführung vorbereitet. Beispielsweise wird ein Formring bei Rohren für die Stumpfschweißverbindung eingelegt.
- 2 Nach dieser Endenvorbereitung werden die Rohre in die Auskleidungsstation eingebracht.
- 3 Der für die Auskleidung von Wasserleitungsrohren bestimmte Zementmörtel aus hochsulfatbeständigem oder einem anderen – für den jeweiligen Anwendungszweck geeigneten – Zement und ausgesuchtem Quarzsand wird in speziellen Silofahrzeugen angeliefert und in Silos gefördert.
- 4 Über ein computergesteuertes Wäge- und Dosiersystem werden Wasser, Zement und Sand nach Rezeptur gemischt und pneumatisch in den Zwangsmischer gefördert. Durch die hohe Wägegenauigkeit wird ein gleichbleibendes Mischungsverhältnis erzielt.

Bild 5.11

Innenfläche des mit Zementmörtel ausgekleideten Rohres.



5 Nach Beendigung der Mischzeit fließt der Mörtel in den zweiten Mischer. Von dort wird er mittels einer stufenlos einstellbaren Pumpe durch die Förderstange in den Schleuderkopf gepumpt, der den Mörtel an die Rohrrinnenwand schleudert und damit hoch verdichtet (Bild 5.10).

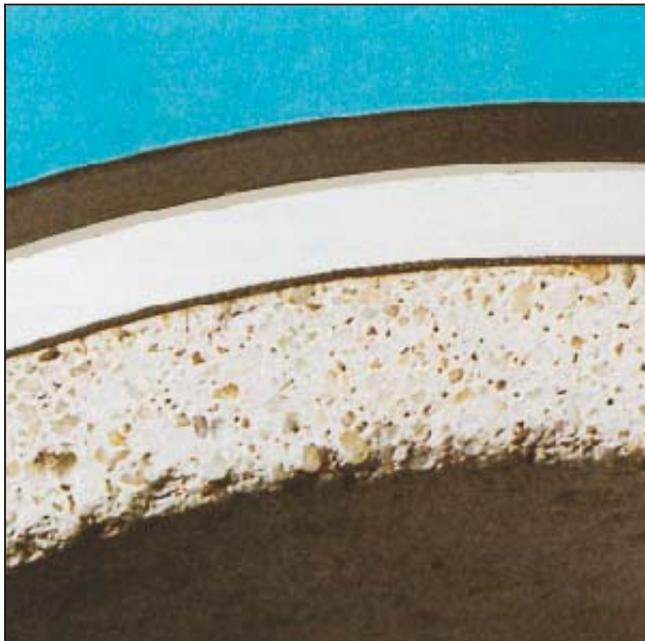
6 Lediglich zur Glättung der Zementmörteloberfläche wird das Rohr anschließend in Rotation versetzt (Bild 5.11).

Die Zentrifugalbeschleunigung ist dabei so eingestellt, daß keine Mörtelentmischung stattfindet. Durch die glatte Oberfläche und die gleichmäßige Kornverteilung bleiben auch im Langzeitbetrieb die guten hydraulischen Eigenschaften erhalten (Bild 5.12).

7 Nach erfolgter Auskleidung werden die Rohre verschlossen und in einem Zwischenlager solange gelagert, bis die notwendige Mörtelfestigkeit erreicht ist.

Bild 5.12

Schnitt durch das zementmörtel ausgekleidete Rohr.



Die Zementmörtelschichtdicke wird zerstörungsfrei mit elektromagnetischen Schichtdickenmessern ermittelt.

Die Prüfungen werden an je vier um 90° versetzten Punkten in verschiedenen Querschnittsebenen durchgeführt und auf Wunsch registriert.

Die Biegezug- und Druckfestigkeit werden entsprechend Norm nach 7 bzw. 28 Tagen geprüft. Die verwendeten Materialien werden durch regelmäßige Eingangskontrollen geprüft.

Das Rotationsschleuderverfahren (Verfahren I) unterscheidet sich von dem Anschleuderverfahren (Verfahren II) dadurch, daß nach dem Einbringen des Frischmörtels das Rohr auf eine hohe Rotationsgeschwindigkeit gebracht wird. Durch die dabei auftretende hohe Zentrifugalbeschleunigung und durch zusätzliche Rüttelkräfte wird der Frischmörtel verdichtet und geglättet. Zur Oberfläche der ZM-Auskleidung hin entsteht eine Anreicherung von Feinkorn und Feinbestandteilen.

5.5 Materialprüfungen und Bescheinigungen

Entsprechend den Technischen Lieferbedingungen für Stahlrohre nach den verschiedenen DIN-Normen sind bestimmte Materialprüfungen an Werkstoffen, Werkstücken und Bauteilen durchzuführen, um die mechanischen Kennwerte und die Maße zu garantieren, die die Grundlage für den Einsatz bilden.

Die notwendigen Materialprüfungen (z. B. Zugversuch, Dichtheitsprüfung oder zerstörungsfreie Prüfung der Schweißverbindung) und die einzuhaltenden Kennwerte sind in den entsprechenden Normen aufgeführt. Ebenso können Angaben zur Probenahme, Probenvorbereitung, Durchführung der Prüfung, Anzahl der Prüfungen und Wiederholungsprüfungen der entsprechenden DIN entnommen werden.

Grundlage für die Bescheinigungen über Materialprüfungen (Prüfbescheinigungen) bildet die DIN EN 10204 (früher DIN 50049). In diesen Bescheinigungen sind keine Festlegungen über die anzuwendenden Prüfverfahren und den Prüfumfang enthalten. Diese sind in den entsprechenden Technischen Lieferbedingungen vorgegeben oder können vereinbart werden.

Da in den verschiedensten DIN-Normen die Bezeichnungen noch nach DIN 50049 erfolgen, soll ein Vergleich der bisherigen und der neuen Bezeichnungen dargestellt werden. Die Bescheinigungen, Zeugnisse, Prüfzeugnisse und Prüfprotokolle wurden bei der DIN 50049 **nach den Abschnitten dieser Norm** bezeichnet (Tabelle 5.1 bisherige Normbezeichnung). Diese Bezeichnung wurde in der DIN EN 10204 beibehalten, wobei nur noch ein Abnahmeprüfprotokoll existiert.

Unabhängig von dieser Norm können vom Besteller spezielle Materialprüfungen vereinbart werden.

Nach DIN 2460 – Stahlrohre für Wasserleitungen – ist ein Werkszeugnis 2.2 oder ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 B möglich. Je nach Vorliegen einer dieser Bescheinigungen ergibt sich der zulässige Nenndruck.

Tabelle 5.1

Vergleich der bisherigen und der neuen Bezeichnungen für Prüfbescheinigungen.

Art der Bescheinigung	Bisherige Norm-Bezeichnung ¹⁾	Neue Norm-Bezeichnung
Werksbescheinigung	Bescheinigung DIN 50049 – 2.1	Bescheinigung 2.1 nach EN 10204
Werkszeugnis	Bescheinigung DIN 50049 – 2.2	Bescheinigung 2.2 nach EN 10204
Werksprüfzeugnis	Bescheinigung DIN 50049 – 2.3	Bescheinigung 2.3 nach EN 10204
Abnahmeprüfzeugnis A	Bescheinigung DIN 50049 – 3.1 A	Bescheinigung 3.1 A nach EN 10204
Abnahmeprüfzeugnis B	Bescheinigung DIN 50049 – 3.1 B	Bescheinigung 3.1 B nach EN 10204
Abnahmeprüfzeugnis C	Bescheinigung DIN 50049 – 3.1 C	Bescheinigung 3.1 C nach EN 10204
Abnahmeprüfprotokoll A	Bescheinigung DIN 50049 – 3.2 A	Bescheinigung 3.2 nach EN 10204
Abnahmeprüfprotokoll C	Bescheinigung DIN 50049 – 3.2 C	Bescheinigung 3.2 nach EN 10204

¹⁾ Als Kurzbezeichnung durfte die Benennung, Bescheinigung und, wenn der Bezug auf DIN 50049 eindeutig war, auch die DIN-Nummer weggelassen werden.

Tabelle 5.2

Zusammenstellung der Prüfbescheinigungen.

Norm-Bezeichnung	Bescheinigung	Art der Prüfung	Inhalt der Bescheinigung	Lieferbedingungen	Bestätigung der Bescheinigung durch
2.1	Werksbescheinigung	Nicht-spezifisch	Keine Angabe von Prüfergebnissen	Nach den Lieferbedingungen der Bestellung oder, falls verlangt, auch nach amtlichen Vorschriften und den zugehörigen technischen Regeln	den Hersteller
2.2	Werkszeugnis		Prüfergebnisse auf der Grundlage nichtspezifischer Prüfung		
2.3	Werksprüfzeugnis	Spezifisch	Prüfergebnisse auf der Grundlage spezifischer Prüfung	Nach den Lieferbedingungen der Bestellung oder, falls verlangt, auch nach amtlichen Vorschriften und den zugehörigen technischen Regeln	den in den amtlichen Vorschriften genannten Sachverständigen
3.1.A	Abnahmeprüfzeugnis 3.1.A				
3.1.B	Abnahmeprüfzeugnis 3.1.B				
3.1.C	Abnahmeprüfzeugnis 3.1.C			Nach den Lieferbedingungen der Bestellung	den vom Besteller beauftragten Sachverständigen
3.2	Abnahmeprüfprotokoll 3.2			den vom Hersteller beauftragten, von der Fertigungsabteilung unabhängigen Sachverständigen und den vom Besteller beauftragten Sachverständigen	

Tabelle 5.3

Mögliche Art der Bescheinigungen über Materialprüfungen an Stahlrohren entsprechend der wichtigsten DIN-Normen.

Norm für die Stahlrohre	Art der Bescheinigung nach EN 10204 ^{*)}					
	2.1	2.2	2.3	3.1.A	3.1.B	3.1.C
DIN 1626	–	●	–	●	●	●
DIN 1628	–	–	–	●	●	●
DIN 17172 (EN 10208 T2)	–	–	–	●	●	●
DIN 20002 T1 + T2	●	–	–	–	–	–
DIN 20002 T3	–	–	–	–	●	–
DIN 2460	–	●	–	–	●	–
DIN 2470 T1	–	–	–	–	●	–
DIN 2470 T2 < DN 200	–	–	–	–	●	–
> DN 200	–	–	–	–	–	●
DIN 2442	–	●	–	●	●	●

^{*)} Jeweils nur eine Art der Bescheinigung möglich!

In den möglichen Bescheinigungen über diese Materialprüfungen wird vom Rohrhersteller auch die Kennzeichnung der Rohre angegeben.

Bei Stahlleitungsrohren wird deutlich und dauerhaft jedes Rohr an einem Ende gekennzeichnet. Nach DIN 2460 wird folgende Kennzeichnung vorgenommen:

- Herstellerzeichen
- Kurzname für Stahlsorte
- Ausführungsart (W für geschweißte Ausführung)
- Stempel des Prüfers bei Rohren mit Abnahmeprüfzeugnis
- Buchstabe A oder B je nach beabsichtigter Ausnutzung der Berechnungsspannung
- Zusätzliche Kennzeichnung für Umhüllung, Auskleidung und Ummantelung nach der jeweiligen Beschichtungsnorm oder nach Absprache

5.6 Bestätigungen und Zertifizierungen

5.6.1 Bestätigungen

Für die Herstellung von Rohren und von Druckbehältern bzw. Druckbehältern teilen sind bestimmte Voraussetzungen in der Fertigung notwendig, die von den entsprechenden Technischen Überwachungsvereinen überprüft werden. Werden die Voraussetzungen zur Fertigung erfüllt, erfolgt eine entsprechende Bestätigung des TÜV.

Für die Rohrherstellung werden Bestätigungen u. a. nach TRR 100 und für die Herstellung von Druckbehältern bzw. Druckbehältern teilen gemäß den AD-Merkblättern HP0, W0 oder TRD 100 (Schweißzulassung) erteilt.

Die Herstellung der Umhüllungen und Auskleidungen ist nur auf der Grundlage von Verfahrensnachweisen durch ein zugelassenes Prüfinstitut zulässig. Ebenso wie für die eingesetzten Beschichtungsstoffe ist die Einhaltung der jeweiligen Anforderungen nach den DIN-Normen nachzuweisen. Eventuell werden auch Gutachten von Lieferanten notwendig, wenn der Beschichtungsstoff im Anlieferungszustand bestimmte Anforderungen erfüllen muß.

Desweiteren müssen Nachweise über die mikrobiologischen Untersuchungen der eingesetzten Auskleidungen/Dichtelemente vorliegen, auf deren Grundlage Stahlleitungsrohre ausgeliefert werden dürfen. Diese Nachweise werden durch die DVGW-Forschungsstelle oder durch entsprechende Hygieneinstitute erstellt.

5.6.2 Zertifizierungen

Zertifizierungen dienen dem Nachweis, daß das Qualitätsmanagementsystem (QM-System) eines Unternehmens von einer kompetenten, dafür akkreditierten Stelle umfassend auf seine Funktionsfähigkeit geprüft wurde und laufend überwacht wird.

Bei positivem Ausgang der Prüfung erteilt die Zertifizierungsstelle darüber eine Bescheinigung (Zertifikat). Die wichtigste Grundlage dafür bilden die internationalen Normen ISO 9000 bis ISO 9004, in denen die Mindestanforderungen an die QM-Systeme festgelegt sind. Diese Normen definieren grundlegende Elemente der Qualitätssicherung unabhängig von der Branche und dem Unternehmenstyp.

Die Normenreihe ISO 9000 bis ISO 9004 besteht aus 2 Leitfäden bzw. Empfehlungen und 3 sogenannten Anforderungsstufen, die Nachweisstufen für die Zertifizierung sind.

Die ISO 9000 ist ein Leitfaden zur Anwendung der Anforderungsstufen, die in ISO 9001 bis ISO 9003 spezifiziert werden. Die ISO 9004 gibt Empfehlungen zum Aufbau eines QM-Systems. ISO 9003 gilt für Unternehmen, die Qualitätsanforderungen nur durch Endprüfung sichern – ISO 9002 stellt die Anforderungen für Produktion und Montage dar.

Bild 5.13 stellt den Aufbau der Normenreihe ISO 9000 bis ISO 9004 dar.

Bild 5.13

Aufbau der Normenreihe ISO 9000 bis ISO 9004 (Anforderungsstufen sind Nachweisstufen für die Zertifizierung).

ISO 9000 Leitfaden zur Anwendung der Anforderungsstufen		
ISO 9001 Anforderungsstufen an QM-Systeme für Unternehmen mit Design/Entwicklung Produktion Montage Wartung	ISO 9002 Anforderungsstufen an QM-Systeme für Unternehmen mit Produktion Montage Wartung	ISO 9003 Anforderungsstufen an QM-Systeme für Unternehmen mit Endprüfung
ISO 9004 Empfehlungen zum Aufbau eines Qualitätsmanagementsystems		

Am umfassendsten ist die ISO 9001 mit 20 QM-Elementen (z. B. Beschaffung, Prozeßlenkung und Lenkung von Qualitätsaufzeichnungen).

Zu den Voraussetzungen zur Erteilung eines Zertifikates gehört die Erfüllung der Anforderungen nach der zutreffenden ISO-Norm. Eine weitere Voraussetzung ist ein dokumentiertes QM-System (z. B. QM-Handbuch).

Wichtig ist, daß die Wirksamkeit des QM-Systems und der im Handbuch beschriebenen Verfahren und Abläufe durch Audits überprüft werden. Ein Audit ist eine Überprüfung, von der die festgelegten Firmenvertreter rechtzeitig informiert werden, und deren Art und Umfang in einer Checkliste festgelegt sind.

Während des Audits wird die Checkliste abgearbeitet, ein Bericht erstellt und für alle festgestellten Abweichungen Korrekturmaßnahmen mit Terminvorgaben gefordert.

Die Zertifizierung des QM-Systems darf nur von einer Zertifizierungsgesellschaft vorgenommen werden, die von der Trägergemeinschaft für Akkreditierung GmbH, Frankfurt/Main für die entsprechende Wirtschaftsbranche akkreditiert ist.

Für Stahl- und Stahlleitungsrohre sind u. a. folgende Zertifizierungsgesellschaften zugelassen:

- TÜV Cert (TÜV-Zertifizierungsgemeinschaft e.V.)
- DNV (DET NORSKE VERITAS)
- LRQA (Lloyd's Register Quality Assurance Limited)

Das Ergebnis einer Zertifizierung ist ein Zertifikat nach ISO bzw. DIN EN ISO 9001 bis 9003.

5.6.3 Vorhandene Bestätigungen, Nachweise, Zertifikate und Gütezeichen

In Tabelle 5.4 ist für die 6 Unternehmen der Fachgemeinschaft PRO AQUA STAHLROHRE e.V. eine Übersicht über die vorhandenen Bestätigungen (TÜV), Nachweise über mikrobiologische Untersuchungen und das Zertifikat für das QM-System nach ISO 9001 dargestellt. Notwendige Zertifikate für die Herstellung von Stahlrohren für andere Zwecke (z. B. Zulassung nach API) wurden dabei nicht berücksichtigt.

Tabelle 5.4

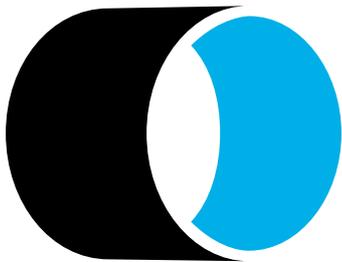
Vorhandene Bestätigungen, Nachweise und Zertifikate nach ISO 9001 für die Unternehmen der Fachgemeinschaft PRO AQUA STAHLROHRE e.V. (Stand 6/96).

	Bestätigungen (TÜV)		Nachweise über mikrobiologische Untersuchungen	Zertifikat für das QM-System nach ISO 9001
	Rohrherstellung	Schweißzulassung		
BENDER-FERNDORF Eisen- und Metallwerke Ferndorf GmbH	●	●	●	●
BERGROHR GMBH SIEGEN	●	●	●	●
Europipe GmbH	●	●	●	●
Mannesmann Line Pipe GmbH	●	●	●	●
Röhrenwerk Gebr. Fuchs GmbH	●	●	●	●
Anlagen- und Sonderformstückbau Dommitzsch GmbH	●	●	●	●

Da alle 6 Firmen der Fachgemeinschaft PRO AQUA STAHLROHRE e.V. die notwendigen Zertifikate besitzen, können alle auszuliefernden Stahlleitungsrohre mit dem spezifischen Verbandszeichen gekennzeichnet werden (Bild 5.14).

Bild 5.14

Verbandszeichen der Fachgemeinschaft PRO AQUA STAHLROHRE e.V.
(Stahlleitungsrohre für Wasserleitungen)



PRO AQUA STAHLROHRE

6 Liefersortiment

6.1 Allgemeines

Das Liefersortiment für die Unternehmen der Fachgemeinschaft PRO AQUA STAHLROHRE e. V. ist in den folgenden tabellarischen Übersichten dargestellt.

Zwecks Vereinfachung der Bestellung ist es vorteilhaft, die Bestellung von Stahlleitungsrohren ab DN 80 nach DIN 2460 vorzunehmen. Bei Bedarf können auf dieser Grundlage modifizierte Firmenbestellungen ausgearbeitet werden.

Bei den Bestellangaben für die Rohre nach DIN 2460 sind die Kurzzeichen nach Tabelle 6.1 zu verwenden. Bei Bedarf können die Rohre auch in nahtloser Ausführung angefragt werden.

Tabelle 6.1

Kurzzeichen für Bestellangaben von Stahlleitungsrohren
(Stahlrohre für Wasserleitungen nach DIN 2460)

Kurzzeichen	für		
DN	Nennweite	Nennweite	
S	Nahtlose Stahlrohre	Ausführung des Rohres	
W	Geschweißte Stahlrohre		
HL	Minstdurchschnittslänge nach Tabelle 6.3	Längen	
FL	Festlänge nach Erläuterung		
GL	Genaulänge nach Tabelle 6.4		
	Glatt	Ausführung der Rohrenden	
V	Mit Schweißfase		
M	Einsteckschweißmuffe		
SM	Steckmuffe		
X	Andere ¹⁾		
ZM	Zementmörtel nach DIN 2614	Auskleidung	
Y	Andere ¹⁾		
EP PUR PUR-T	Epoxidharzpulver Pur Duroplaste nach DIN 30671 PUR-Teer	Umhüllung	
PE-N-n PE-N-v PE-S-n PE-S-v	Polyethylen – Normalausführung – Schichtdicke normal Polyethylen – Normalausführung – Schichtdicke verstärkt Polyethylen – Sonderausführung – Schichtdicke normal Polyethylen – Sonderausführung – Schichtdicke verstärkt nach DIN 30670		
Z	Andere ¹⁾		
2.2 3.1 B	Werkszeugnis 2.2 Abnahmeprüfzeugnis 3.1 B nach EN 10204		Bescheinigungen über Materialprüfungen ²⁾

¹⁾ Andere Ausführungen nach Kundenspezifikation (z. B. PP-Umhüllungen nach DIN 30678)

²⁾ Sonderprüfungen nach Angabe des Bestellers möglich

Tabelle 6.2

Liefersortiment der Stahlleitungsrohre DN 65 bis DN 2000 nach DIN 2460
(Rohre < DN 80 und > DN 2000 zur Vervollständigung mit erfasst)
Andere Abmessungen und Ausführungen nach Kundenspezifikation lieferbar.

Nennwerte DN (Zoll)	65 (2 1/2")	80 (3")	100 (4")	125 (5")	150 (6")	200 (8")	250 (10")	300 (12")	350 (14")	400 (16")	450 (18")	500 (20")	600 (24")	700 (28")	800 (32")	900 (36")	1000 (40")	1200 (48")	1400 (56")	1600 (64")	1800 (71")	2000 (80")	2200 (88")	2500 (100")	2800 (112")
Rohraußen Ø [mm]	76,1	88,9	114,3 (117,5) ¹⁾	139,7 (143,0) ¹⁾	168,3	219,1	273	323,9	355,6	406,4	457,2	508	610	711	813	914	1016	1219	1422	1626	1829	2032	2235	2540	2845
Nennwanddicke [mm]		3,2	3,2	3,6	3,6	3,6	4,0	4,5	4,5	5,0	5,0	5,6	6,3	6,3	7,1	8,0	8,8	11	12,5	14,2	16	17,5			

Lieferbare Rohrwanddicken variieren je nach Hersteller und Verfahren.

Unternehmen	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800	900	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2500	2800
Röhrenwerk Göbr. Fuchs GmbH	MVK	MVK	MVK SM	MVK	MVK	MVK	MVK	MVK	MVK	MVK	VMK	VMK	VMK	VMK	VMK	VMK	VMK	VMK	VMK						
Mannesmann Line Pipe GmbH			MVK		MVK	MVK	MVK	MVK	MVK	MVK	MVK	MVK													
Europipe GmbH										VMK	VMK	VMK	VMK	VMK	VMK	VMK	VMK	VMK	VMK	VMK	VMK	VMK	VMK	VMK	VMK
Bender-Ferndorf Eisen- u. Metallwerke Ferndorf GmbH											VMÜK	VMÜK	VMÜK	VMÜK	VMÜK	VMÜK	VMÜK	VMÜK	VMÜK						
Bergrohr GmbH Siegen													VÜKX	VÜKX	VÜKX	VÜKX	ÜVÜKX	VÜKX							

1) Bei Steckmuffenrohren

2) Wanddicke nur bei Steckmuffenrohren

3) Zusätzliche Lieferung von 159 x 4,0

Ausführungen der Rohrenden

- M Einsteckschweißmuffenverbindung
- Ü Überschiebeschweißmuffen-Verbindung
- V Rohrenden mit Schweißfase für Stumpfschweißverbindung
- K Rohrenden für Kupplungsverbindungen
- SM Steckmuffenverbindung
- X Rohrenden für besondere Schweißnähte

Lieferrängen

- 6 m
- 6-12 m
- 6-14 m
- 6-16 m, bei SM max 14 m
- 6-18 m

6.2 Liefersortiment Stahlleitungsrohre

6.2.1 Bestellangaben

Für Bestellungen sind folgende Angaben erforderlich:

- Menge (z. B. Stückzahl, Masse oder Gesamtlänge)
- Benennung: Rohr
- DIN-Nummer: DIN 2460
- Kennzeichnende Maße: Nennweite DN – Längen
- Kurzzeichen für geschweißte Ausführung – W und weitere erforderliche Angaben nach Tabelle 6.1
- Angabe der Art der Bescheinigung über Materialprüfungen
- Bei geschweißten Rohren, die mit einem Abnahmeprüfzeugnis 3.1.B nach DIN EN 10204 zu liefern sind, ist die geforderte zulässige Berechnungsspannung in der Schweißnaht mit 90% ($\nu = 0,9$) oder 100% ($\nu = 1,0$) anzugeben.

Erläuterungen zu den Bestellangaben

Aus Tabelle 6.2 ist das gesamte Liefersortiment der 6 Unternehmen der Fachgemeinschaft PRO AQUA STAHLROHRE e.V. ersichtlich.

Die lieferbaren Werte für

- **Nennweite DN, Rohraußendurchmesser und Nennwanddicken** können für jedes Unternehmen der Fachgemeinschaft der Tabelle 6.2 entnommen werden. Andere Abmessungen und Ausführungen nach Kundenspezifikation sind nach Rücksprache mit den Firmen lieferbar.
- Die **Länge der Rohre** und die **Ausführung der Rohrenden** sind ebenfalls aus Tabelle 6.2 zu entnehmen.
Bei den Längen der Rohre ist anzugeben, ob die Rohre in Herstelllängen, Festlängen oder Genauhlängen geliefert werden sollen.

Herstelllängen: Die Rohre in Herstelllängen (HL) werden je nach Bestellung mit der Minstdurchschnittslänge nach Tabelle 6.3 geliefert, wobei die Länge der einzelnen Rohre innerhalb der zugehörigen Längengruppen liegen muß. Unterschreitungen der Mindestlänge oder Überschreitungen der größten Länge einer Längengruppe sind nur zulässig, wenn dies bei der Bestellung vereinbart wurde.

Tabelle 6.3

Minstdurchschnittslänge und Längengruppen bei Herstelllängen (HL).

Minstdurchschnittslänge (m)	Längengruppe (m)
6,0	3,0 bis 8,0
8,0	4,0 bis 11,0
11,0	5,5 bis 14,0
13,5	6,5 bis 16,5
14,5	7,5 bis 18,0

Festlängen: Bei Lieferung in Festlängen (FL) beträgt die Längentoleranz ± 500 mm.

Genauhlängen: Genauhlängen (GL) müssen bei Bestellung vereinbart werden.
Die üblichen Längentoleranzen sind aus Tabelle 6.4 zu entnehmen.

Tabelle 6.4

Längentoleranz bei Genauhlängen.

Rohraußendurchmesser	≤ 500 mm	> 500 mm
Genauhlängen ≤ 6m	+ 10 0	+ 25 0
Genauhlängen > 6 m bis ≤ 12 m	+ 15 0	+ 50 0

- Die Möglichkeiten der Rohrendenausführung sind in Tabelle 6.2 für jede Nennweite bei den einzelnen Firmen mit den genannten Kurzzeichen dargestellt.
- Die werkseitigen Auskleidungen und Umhüllungen sind in Tabelle 6.5 dargestellt. Besonderheiten (z. B. Steinschutzrippenprofil und Ummantelung) sind extra angegeben.
- Die Rohre nach DIN 2460 werden mit folgenden Bescheinigungen nach DIN EN 10204 geliefert:
 - Bescheinigung 2.2 nach DIN EN 10204
 - Bescheinigung 3.1 B nach DIN EN 10204

Andere Bescheinigungen sind zu vereinbaren.

Tabelle 6.5

Übersicht über Liefermöglichkeiten von Auskleidung, Umhüllung und Ummantelung für Stahlrohre und Stahlrohrformstücke.

Unternehmen	Zementmörtel auskleidung	PE-Umhüllung in Normalausführung (N) oder Sonderausführung (S)		PE-Umhüllung mit integriertem Ummantelungsrippenprofil	PE-Umhüllung mit Faserzementmörtel-Ummantelung in Normal- oder Sonderausführung	PE-Umhüllung mit Faserzementmörtel- und Verklammerungsprofil
		normale Schichtdicke „n“	Steinschutzverstärkte Schichtdicke „v“			
Röhrenwerk Gebr. Fuchs GmbH	●	ACS III ●	●		●	
Mannesmann-Line Pipe GmbH	●	MAPEC ●	● ³⁾	●	●	●
Europipe GmbH ²⁾	●	●	●			
BENDER-FERN-DORF ²⁾ Eisen- und Metallwerke Ferndorf GmbH	●	●	●		●	
BERGROHR GMBH SIEGEN ²⁾	●	●	●		●	
Anlagen- und Sonderformstückbau Dommitzsch GmbH	●	●	●			

1) Nach DIN 2614 – andere Verfahren und Ausführungen nach Kundenspezifikation möglich.

2) Fertigung erfolgt durch Unternehmen und Zulieferfirmen.

3) Auf Wunsch mit farbiger Streifenmarkierung.

- Für die Rohre gelten mit Ausnahme der Festlegungen über Längen die Technischen Lieferbedingungen nach DIN 1626 für geschweißte Rohre aus den Stahlsorten St 37.0 und St 52.0. Die Rohre können auch nach anderen Normen und aus anderen Stahlsorten geliefert werden (z. B. DIN 1628 oder API Spezifikation 5 L).

Für die zulässigen Abweichungen des Außendurchmessers d_a gelten die Angaben entsprechend DIN 1626 (Tabelle 6.6).

Tabelle 6.6

Zulässige Abweichungen vom Außendurchmesser und von der Rundheit.

Außendurchmesser d_a mm	Zulässige Durchmesserabweichung		Zulässige Abweichungen von der Rundheit Rohrkörper ²⁾
	Rohrkörper und Rohrende	●● Rohrende bei besonderer Vereinbarung ¹⁾	
< 200	$\pm 1\% d_a$ (Werte bis $\pm 0,5$ mm sind in jedem Fall zulässig)	$\pm 0,5\% d_a$ (Werte bis $\pm 0,3$ mm sind in jedem Fall zulässig)	Innerhalb der zulässigen Durchmesserabweichung
$200 \leq d_a < 1000$	$\pm (0,5\% d_a + 1) \text{ mm}^3$	$200 \leq d_a < 325: \pm 1,0 \text{ mm}$ $325 \leq d_a < 1000: \pm 1,6 \text{ mm}^4$	2% (für $\frac{d_a}{s} > 100$ kann dieser Wert nicht sichergestellt werden)
≥ 1000	$\pm 6 \text{ mm}^3$	nach Vereinbarung ⁴⁾	

1) Auf einer Länge von rund 100 mm vom Rohrende entfernt.
2) Siehe Erläuterungen
3) ●● Auf Vereinbarung bei der Bestellung kann bei Rohren mit Außendurchmessern > 500 mm die zulässige Abweichung auch auf den Innendurchmesser bezogen werden, wobei die Wanddickenabweichung berücksichtigt werden muß.
4) ●● Auf Vereinbarung bei der Bestellung kann die zulässige Abweichung auch auf den Innendurchmesser bezogen werden, wobei die Wanddickenabweichung berücksichtigt werden muß.

Die zulässige Abweichung R von der Rundheit wird nach folgender Gleichung ermittelt:

$$R = 200 \frac{d_{a \max} - d_{a \min}}{d_{a \max} + d_{a \min}} [\%]$$

mit $d_{a \max}$ größter gemessener Außendurchmesser
und mit $d_{a \min}$ kleinster gemessener Außendurchmesser.

Die zulässigen Abweichungen für die Wanddicke s betragen:

- $s \leq 3 \text{ mm}: +0,30 \text{ mm}$
 $\quad \quad \quad -0,25 \text{ mm}$
 - $3 \text{ mm} < s \leq 10 \text{ mm}: +0,45 \text{ mm}$
 $\quad \quad \quad -0,35 \text{ mm}$
 - $s > 10 \text{ mm}: -0,50 \text{ mm}$
- (Die obere Grenze ist durch die zulässige Gewichtsabweichung gegeben.)

Weitere Details können DIN 1626 entnommen werden.

Zusätzliche Bestellangaben ergeben Kundenspezifikationen, die mit den Herstellerfirmen vereinbart werden müssen (z. B. besondere Wanddicken, Toleranzen, Anstragwinkel der Fugenflanken, Umhüllungen oder Auskleidungen).

Bestellbeispiel:

1000 m Rohre nach DIN 2460 mit einer Nennweite von DN 250, in geschweißter Ausführung (W), Rohrenden mit Schweißfase (V), in Festlängen von 12 m (FL 12) mit Zementmörtelauskleidung nach DIN 2614 (ZM), umhüllt mit Polyethylen nach DIN 30670 in Normalausführung und normaler Schichtdicke (PE-N-n), aus der Stahlsorte St 37.0 (ohne Kurzzeichen) und mit Abnahmeprüfzeugnis 3.1 B nach DIN EN 10204:

1000 m Rohr DIN 2460 – DN 250 – W – V – FL 12 – ZM – PE-N-n – 3.1 B

Bei Bestellung von Stahlleitungsrohren < DN 80 und > DN 2000 ist Rücksprache mit dem entsprechenden Rohrhersteller erforderlich.

6.2.2 Längenbezogene Massen

Die längenbezogenen Massen können aus Tabelle 6.7 entnommen werden. Dabei sind die längenbezogenen Massen sowohl für die einzelnen Schichten als auch für die 2 Ausführungsarten (mit und ohne FZM-Ummantelung) ersichtlich. Bei den Steckmuffenrohren wurde die Nutzlänge 6 m als Bezugsgröße genommen.

6.3 Liefersortiment Formstücke

Als "Formstücke" werden im Rohrleitungsbau alle rohrförmigen Bauelemente bezeichnet, die von der Form des geraden zylindrischen Rohres abweichen. Im wesentlichen handelt es sich dabei um Rohrbogen, Reduzierungen und T-Stücke.

Das von den Unternehmen der Fachgemeinschaft PRO AQUA STAHLROHRE e. V. lieferbare Formstücksortiment umfasst wie das Stahlrohrlieferprogramm Formstücke mit lösbarer und geschweißter Verbindungstechnik und gliedert sich in Formstücke aus duktilem Gusseisen für Steckmuffenverbindungen, Stahlformstücke zum Einschweißen nach DIN und Stahlformstücke in variablen Ausführungen nach Herstellernorm (in Anlehnung nach DIN).

6.3.1 Formstücke aus duktilem Gusseisen

Formstücke aus duktilem Gusseisen werden für die Verlegung von Stahlrohren mit Steckmuffenverbindung eingesetzt. Die Steckmuffenverbindung der hier vorgestellten Formstücke ist standardmäßig als Doppelkammermuffe (DKM) ausgelegt, in die werkseitig ein Tyton®-Dichtring eingelegt ist. Zur Herstellung der Längskraftschlüssigkeit kann anstelle des Tyton®-Dichtringes auch ein Tyton®-Sit-Dichtring verwendet werden oder es wird zusätzlich zum Tyton®-Dichtring ein Fuchs-Klemmring in die Vorkammer eingelegt. Alternativ zu den DKM-Formstücken sind auch alle handelsüblichen Tyton®-Formteile lieferbar.

Die Formstücke sind mit einer Beschichtung aus Epoxidharz nach DIN 3476 in einer Schichtdicke von mindestens 250 µm versehen. Alternativ ist innen eine Zementmörtelauskleidung und außen eine Bitumenbeschichtung möglich. Andere Beschichtungen und Auskleidungen sind auf Anfrage möglich.

Alle Formstücke mit DKM-Verbindung sind für einen Betriebsüberdruck von 40 bar ausgelegt. Formstücke mit Tyton®-Sit-Verbindung sind bis einschließlich DN 200 bis PN 16 einsetzbar, darüber bis PN 10. Flanschverbindungen an den vorgestellten Formstücken sind bis einschließlich DN 150 bis PN 16 einsetzbar, darüber bis PN 10.

Tabelle 6.8 zeigt das Formstück-Lieferprogramm für Stahlsteckmuffenrohre. Weitere Formstücke sind auf Anfrage möglich.

Tabelle 6.7

Längenbezogene Massen für Stahlleitungsrohre mit ZM-Auskleidung, PE-Umhüllung und FZM-Ummantelung.

Stahlrohr-Abmessungen			Längenbezogene Massen ^{1) 2)} m' [kg/m]					
Nennweite	Rohraußen- durch- messer	Wanddicke	Stahlrohr	ZM- Auskleidung	PE- Umhüllung	FZM-Um- mantelung	Rohr mit Umhüllung und Auskleidung	Rohr mit Umhüllung, Auskleidung und Um- mantelung
DN ³⁾	d _a [mm]	s [mm]	m' _{st}	m' _{ZM}	m' _{PE-n}	m' _{FZM} ⁶⁾		
50	60,3	3,6	5,0	1,9	0,4	4,6	7,3	11,9
65	76,1	3,6	6,4	2,5	0,5	5,6	9,4	15,0
80	88,9	3,6 ⁴⁾	7,6	3,0	0,5	6,5	11,1	17,6
100	114,3 (117,5) ⁵⁾	3,2	8,8	4,1	0,7	8,1	13,6 (15,4) ⁵⁾	21,7 (23,5)
125	139,7 (144,0)	3,6	12,1	5,0	0,95	9,7	18,1 (20,8)	27,8 (30,5)
150	168,3	3,6	14,5	6,2	1,1	11,5	21,9 (24,0)	33,4 (35,5)
200	219,1	3,6	19,1	9,7	1,4	14,7	30,2 (35,6)	44,9 (50,3)
250	273,0	4,0	26,5	12,1	1,8	18,1	40,4 (48,0)	58,5 (56,1)
300	323,9	4,5	35,4	14,5	2,4	21,1	52,3 (62,3)	73,4 (83,4)
350	355,6	4,5	39,0	18,4	2,7	23,3	60,1	83,4
400	406,4	5,0	49,5	21,1	3,1	26,5	73,7	100,2
450	457,2	5,0	55,7	23,2	3,3	27,6	82,2	109,8
500	508,0	5,6	69,4	25,8	4,1	30,6	99,3	129,9
600	610,0	6,3	93,8	39,2	4,9	36,7	137,9	174,6
700	711,0	6,3	109,0	45,9	5,7	42,8	160,6	302,4
800	813,0	7,1	141,0	52,5	7,8	48,9	201,3	250,2
900	914,0	8,0	179,0	71,4	8,7	54,9	259,1	314,0
1000	1016,0	8,8	219,0	79,4	9,7	61,0	308,1	369,1
1200	1219,0	11,0	328,0	128,3	11,6	73,2	467,9	541,1
1400	1422,0	12,5	434,0	149,5	13,6	85,1	597,1	682,2
1600	1626,0	14,2	564,0	167,9	15,6	98,0	747,5	845,5

1) Die längenbezogenen Massen bilden **Durchschnittswerte**. Je nach Rohrhersteller differieren diese Werte, da die Dicke der ZM-Auskleidung und der FZM-Ummantelung je nach konkreter Ausführung geringe Unterschiede aufweisen können.

2) Die längenbezogenen Massen gelten exakt nur für Stahlleitungsrohre mit glatten Rohrenden oder mit Schweißkantenvorbereitung.

3) Ab DN 1800 Rücksprache mit Rohrhersteller erforderlich.

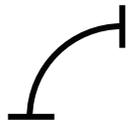
4) Wanddicke nach DIN 2458.

5) Klammerwerte gelten für Steckmuffenrohre – 6 m Nutzlänge (ohne Einstecktiefe berechnet).

6) Näherungswerte.

Tabelle 6.8

Formstücke aus duktilem Gusseisen bis DN 300

Bezeichnung	Kurz- bezeichnung	Sinnbild	Norm
Flansch-Muffenstück	EU-Stück		DIN EN 545
Einflanschstück	F-Stück		DIN EN 545
Doppelmuffenstück mit Flanschabzweig	MMA-Stück		DIN EN 545
Doppelmuffenstück mit Muffenabzweig	MMB-Stück		DIN EN 545
Doppelmuffenbogen	MMK- und MMQ-Stücke		DIN EN 545
Muffenbogen	MK- und MQ-Stücke		Werknorm
Doppelmuffenübergangsstück	MMR-Stücke		DIN EN 545
Überschiebmuffen	U-Stücke		DIN EN 545
Hydrant-Fußbogen 90°	EN-Stücke		DIN EN 545
Hausanschlussstück mit 2"-Gewinde	A-Stücke		DIN EN 545
Blindflansche PN 16	X-Stücke		DIN EN 545
Doppelflanschbogen PN 10/16	FFK- und FFQ-Stücke		DIN EN 545
T-Stück mit Flanschstutzen	T-Stücke		DIN EN 545
Doppelflanschübergangsstück	FFR-Stücke		DIN EN 545

6.3.2 Formstücke aus Stahl nach DIN

Nahtlose und geschweißte Formstücke aus Stahl

- Rohrbogen DN 15 - 1600 nach DIN 2605 Teil I und Teil II
- T-Stücke DN 15 - 1200 nach DIN 2615 Teil I und Teil II
- Reduzierstücke DN 15 - 1200 nach DIN 2616 Teil 1 und Teil II

werden für kleinere Rohrdurchmesser auch als Fittings bezeichnet und sind zum Einschweißen in Rohrleitungen vorgesehen. Es ist jeweils zu unterscheiden zwischen Formstücken mit vermindertem Ausnutzungsgrad (jeweils Teil 1 der betreffenden DIN) und mit vollem Ausnutzungsgrad (jeweils Teil 2 der betreffenden DIN).

Üblicherweise werden diese Formstücke von Hersteller- oder Handelsfirmen ohne Korrosionsschutz geliefert. Ihre Verwendung in Wasserleitungen ist jedoch nur sinnvoll, wenn ein innerer und äußerer Korrosionsschutz vorhanden ist. Wenn die Bestellung solcher Formteile beim Rohrlieferanten erfolgt, kann ein Korrosionsschutz vereinbart werden. Anderenfalls muss der Korrosionsschutz auf der Baustelle ausgeführt werden.

Rohrbogen können u.a. auch durch Warmbiegen von Stahlrohren hergestellt werden. Mit diesem Verfahren ist die Anfertigung von Schnittbogen möglich.

Tabelle 6.9 zeigt eine Übersicht der lieferbaren Stahlformstücke nach DIN. Bezüglich der genauen Abmessungen, Bezeichnungen und Bestellangaben wird auf die jeweilige o. g. DIN verwiesen.

Tabelle 6.9

Formstücke aus Stahl nach DIN

Bezeichnung	Sinnbild	Verbindungstechnik	Nennweite	Nenndruck	Besonderheit	Norm
Bogen		Stumpfschweiß- verbindung, Einsteckschweißmuffe ⁴ einseitig und andere Seite Einsteckende oder beidseitig	DN 80 - 1600	Je nach Stahlsorte, Bauart und Wanddicke	5 Bauarten Bauart 2: $r = 1,0 d_a$ Bauart 3: $r = 1,5 d_a$ Bauart 5: $r = 2,5 d_a$ Bauart 10: $r = 5 d_a$ Bauart 20: $r = 10 d_a$ 3 Bauformen 45°, 90°, 180°	DIN 2605 Teil 1 ¹ Teil 2 ²
T-Stück		Stumpfschweiß- verbindung, Einsteckschweißmuffe ⁴ Hauptrohr beidseitig und Abgang oder Hauptrohr beidseitig und Abgang mit Einsteckende	DN 80 - 1200	Je nach Stahlsorte und Wanddicke	Mit gleichem oder mit reduziertem Abgang	DIN 2615 Teil 1 ¹ Teil 2 ²
Reduzierstück		Stumpfschweiß- verbindung, Einsteckschweißmuffe ⁴ einseitig oder beidseitig	DN 80 - 1200	Je nach Stahlsorte und Wanddicke	Konzentrische oder exzentrische Form	DIN 2616 Teil 1 ¹ Teil 2 ^{2,3}

¹ verminderter Ausnutzungsgrad

² voller Ausnutzungsgrad

³ konzentrische Reduzierungen sind nur in DIN 2616 Teil 2 festgelegt

⁴ Einsteckschweißmuffen bis DN 400, darüber auf Anfrage

6.3.3 Geschweißte Formstücke aus Stahl nach Herstellernorm

oder nach Kundenspezifikation

Die Verformbarkeit des Stahles sowie seine Schweißbarkeit gestatten die Anfertigung von Formstücken beliebiger Formen und Abmessungen.

Einige im Wasserleitungsbau gebräuchliche Formstückkonstruktionen, wie z. B. Segmentrohrbogen, sind von der Normung nicht erfasst. Für die Fertigung solcher Formstücke haben Hersteller eigene technische Regeln (Werknormen) erarbeitet, die sich zum Teil an das vorhandene Technische Regelwerken anlehnen.

Auch die Fertigung von Sonderformstücken auf der Grundlage von Kundenspezifikationen/-zeichnungen ist nahezu uneingeschränkt möglich.

Formstücke und Rohrleitungsteile nach Herstellernormen sind aus schmelzgeschweißtem Stahlrohr nach DIN 1626 hergestellt und standardmäßig mit Zementmörtelauskleidung nach DIN 2614/DIN 2880 sowie mit Polyethylenumhüllung PE-N nach DIN 30670 versehen. Andere Umhüllungen oder Auskleidungen sind auf Anfrage möglich.

Eine Übersicht der nach Herstellernormen lieferbaren Standardformstücke ist in Tabelle 6.10 dargestellt.

Tabelle 6.10

Formstücke aus Stahl nach Herstellernormen

Bezeichnung	Sinnbild	Verbindungstechnik ¹	Nennweite	Nenndruck	Besonderheit
Segmentbogen		Stumpfschweißverbindung, Einsteckschweißmuffe ² , Flanschverbindung,	200 - 2000	Abhängig von Wanddicke und Stahlsorte, bei Flanschverbindung auch vom Flanschtyp	Bauart 3: $r = 1,5 d_a$ Bauart 5: $r = 2,5 d_a$ Winkel bis 180°
T-Stück		Stumpfschweißverbindung, Einsteckschweißmuffe ² , Flanschverbindung,	200 - 2000	Abhängig von Wanddicke und Stahlsorte, bei Flanschverbindung auch vom Flanschtyp	Mit gleichem oder mit reduziertem Abgang
Reduzierstück ³		Stumpfschweißverbindung, Einsteckschweißmuffe ² , Flanschverbindung	200 - 2000	Abhängig von Wanddicke und Stahlsorte, bei Flanschverbindung auch vom Flanschtyp	Längen abhängig vom Nenndruck

¹ Die aufgeführten Verbindungstechniken sind beliebig kombinierbar, andere Verbindungstypen auf Anfrage

² Einsteckschweißmuffe realisiert mit werkseitig angeschweißtem Stahlblechring,

³ Auch werkseitig vorgefertigt an Bogen oder T-Stücken angeschweißt lieferbar,

Tabelle 6.7

Längenbezogene Massen für Stahlleitungsrohre mit ZM-Auskleidung, PE-Umhüllung und FZM-Ummantelung.

Stahlrohr-Abmessungen			Längenbezogene Massen ^{1) 2)} m' [kg/m]					
Nennweite	Rohraußen- durch- messer	Wanddicke	Stahlrohr	ZM- Auskleidung	PE- Umhüllung	FZM-Um- mantelung	Rohr mit Umhüllung und Auskleidung	Rohr mit Umhüllung, Auskleidung und Um- mantelung
DN ³⁾	d _a [mm]	s [mm]	m' _{st}	m' _{ZM}	m' _{PE-n}	m' _{FZM} ⁶⁾		
50	60,3	3,6	5,0	1,9	0,4	4,6	7,3	11,9
65	76,1	3,6	6,4	2,5	0,5	5,6	9,4	15,0
80	88,9	3,6 ⁴⁾	7,6	3,0	0,5	6,5	11,1	17,6
100	114,3 (117,5) ⁵⁾	3,2	8,8	4,1	0,7	8,1	13,6 (15,4) ⁵⁾	21,7 (23,5)
125	139,7 (144,0)	3,6	12,1	5,0	0,95	9,7	18,1 (20,8)	27,8 (30,5)
150	168,3	3,6	14,5	6,2	1,1	11,5	21,9 (24,0)	33,4 (35,5)
200	219,1	3,6	19,1	9,7	1,4	14,7	30,2 (35,6)	44,9 (50,3)
250	273,0	4,0	26,5	12,1	1,8	18,1	40,4 (48,0)	58,5 (56,1)
300	323,9	4,5	35,4	14,5	2,4	21,1	52,3 (62,3)	73,4 (83,4)
350	355,6	4,5	39,0	18,4	2,7	23,3	60,1	83,4
400	406,4	5,0	49,5	21,1	3,1	26,5	73,7	100,2
450	457,2	5,0	55,7	23,2	3,3	27,6	82,2	109,8
500	508,0	5,6	69,4	25,8	4,1	30,6	99,3	129,9
600	610,0	6,3	93,8	39,2	4,9	36,7	137,9	174,6
700	711,0	6,3	109,0	45,9	5,7	42,8	160,6	302,4
800	813,0	7,1	141,0	52,5	7,8	48,9	201,3	250,2
900	914,0	8,0	179,0	71,4	8,7	54,9	259,1	314,0
1000	1016,0	8,8	219,0	79,4	9,7	61,0	308,1	369,1
1200	1219,0	11,0	328,0	128,3	11,6	73,2	467,9	541,1
1400	1422,0	12,5	434,0	149,5	13,6	85,1	597,1	682,2
1600	1626,0	14,2	564,0	167,9	15,6	98,0	747,5	845,5

1) Die längenbezogenen Massen bilden **Durchschnittswerte**. Je nach Rohrhersteller differieren diese Werte, da die Dicke der ZM-Auskleidung und der FZM-Ummantelung je nach konkreter Ausführung geringe Unterschiede aufweisen können.

2) Die längenbezogenen Massen gelten exakt nur für Stahlleitungsrohre mit glatten Rohrenden oder mit Schweißkantenvorbereitung.

3) Ab DN 1800 Rücksprache mit Rohrhersteller erforderlich.

4) Wanddicke nach DIN 2458.

5) Klammerwerte gelten für Steckmuffenrohre – 6 m Nutzlänge (ohne Einstecktiefe berechnet).

6) Näherungswerte.

7 Planung von Wasserleitungen

7.1 Allgemeines

Die erfolgreiche Planung von Wasserversorgungssystemen mit Fernleitungen und Ortsnetzen erfordert ein komplexes Wissen und viel Erfahrung. Deshalb sollten Planungsaufgaben nur von anerkannten Ingenieurbüros oder entsprechenden Fachabteilungen der Versorgungsunternehmen durchgeführt werden, um Fehler mit nicht überschaubaren Folgen zu vermeiden.

Für die Planung von Wasserleitungen sind DIN EN 805 "Anforderungen an Wasserversorgungssysteme und deren Bauteile außerhalb von Gebäuden" und DVGW-Arbeitsblatt W 403 "Planungsregeln für Wasserleitungen und Wasserrohrnetze" vorrangig zu beachten.

Eine weitere Grundlage bei der Planung von Wasserleitungen bilden die von anerkannten Fachleuten erstellten Fachbücher (z. B. /5/ bis /8/).

Zwecks Darstellung der grundsätzlichen Zusammenhänge sollen im Folgenden **einige Hinweise** gegeben werden.

Die Planung einer Rohrleitung oder eines Rohrnetzes erfordert eine Reihe grundsätzlicher Überlegungen:

- Festlegen des Planungszieles.
- Begrenzen des zu versorgenden Gebietes unter Berücksichtigung der Flächennutzungspläne.
- Erfassen des voraussichtlichen Bedarfs und der räumlichen Verteilung.
- Ermitteln der Entwicklungsschwerpunkte.
- Abschätzen der Auswirkung von Schwerpunktverschiebungen und Betriebsstörungen.
- Erarbeiten verschiedener Lösungsvarianten.
- Technischer und wirtschaftlicher Vergleich der verschiedenen Lösungsvarianten.
- Einteilen in Ausbaustufen unter Berücksichtigung späterer Erweiterungen.
- Berücksichtigung späterer Betriebsabläufe.

Die Untersuchungen müssen über die komplette Auslegung neuer Anlagen, die wirtschaftlichste Erweiterung vorhandener Anlagen und die wirtschaftlichste Betriebsweise Auskunft geben.

Desweiteren sind bei der Planung verschiedene technische und wirtschaftliche Gesichtspunkte zu beachten:

- Transport von Roh- oder Reinwasser.
- Hohe Versorgungssicherheit.
- Gesamtwirtschaftlichkeit, geringe Jahreskosten aus Kapitaldienst, Betrieb (z. B. Förderkosten) und Instandhaltung.
- Einfache Erweiterungsmöglichkeiten.
- Einfache Überwachung von Netzteilen.
- Leistungsreserven des Netzes bzw. der Leitungen.

Diese Zielvorstellungen lassen sich kaum gemeinsam verwirklichen. Es ist deshalb zweckmäßig, Prioritäten zu setzen.

Vor der Durchführung eines Wirtschaftlichkeitsvergleichs ist zu prüfen, ob die verschiedenen Vorschläge hinsichtlich ihres technischen Standes und der Versorgungssicherheit vergleichbar sind.

* Nach gegenwärtigem Informationsstand wird DIN 19630 überarbeitet und soll als DVGW-Arbeitsblatt W 400-2 erscheinen. Bis zum Erscheinen von W 400-2 behalten DIN 19630 als auch DIN 4279 ihre Gültigkeit. W-403 wird z. Zt. ebenfalls überarbeitet und soll nach Fertigstellung neu als W 400-1 erscheinen.

Erdverlegte Versorgungsanlagen sind von hohem Wert. Sie können zumeist nur unter erschwerten Bedingungen (Verkehrsbehinderung, Unterbrechung der Versorgung) ersetzt werden. Bei der Auswahl von Rohrleitungsteilen ist deshalb eine gesicherte Mindestnutzungsdauer von 100 Jahren zu fordern /35/.

Die Einführung von neuen Werkstoffen und Techniken hat in der Vergangenheit wiederholt zu Fehlinvestitionen geführt, die den vorzeitigen Ersatz von Anlagenteilen zur Folge hatten. Im erdverlegten Rohrleitungsbau sollte deshalb vor der Einführung neuer Werkstoffe das Langzeitverhalten der Anlagenteile unter Betriebsbedingungen nachgewiesen sein. Der Nachweis kann durch wissenschaftlich begründete zeitraffende Prüfungen erfolgen.

7.2 Festlegung der Leitungsführung

7.2.1 Leitungsführung im Grundriß

Wesentlich für die Festlegung der Leitungsführung im Grundriß sind:

- Sicherer, einfacher und wirtschaftlicher Betrieb.
- Niedrige Baukosten.
- Topographische Besonderheiten.
- Bodenverhältnisse.
- Lage von Eisenbahnen, Autobahnen, Flüssen, Kanälen und Hochspannungsanlagen.
- Belange von Raumordnung, Landesplanung, Verkehr, Naturschutz, Landschaftsschutz, Bergbau und Verteidigung.
- Eigentumsverhältnisse an Grundstücken.

Die Leitungstrassen sollten möglichst geradlinig verlaufen und für Bau, Betrieb und Unterhaltung gut zugänglich sein.

Fern- und Zubringerleitungen sollen auf kurzem Wege – möglichst unter Umgehung von Ortschaften – durch freies Gelände geführt werden, wobei auch Stollenlösungen mit zu untersuchen sind. Von wesentlichem Einfluß auf die Baukosten und den späteren Instandhaltungsaufwand ist der Baugrund. Gebiete mit ungeeignetem Baugrund bzw. mit hohem Grundwasserstand sind möglichst zu meiden. Seismisch noch aktives Gebiet und eng begrenzte Bergsenkungsgebiete sollten umgangen werden. Eine Grundlage für diese Einschätzungen bildet u. a. das Baugrundgutachten.

Nicht standsichere Hänge sind in Falllinie zu durchfahren, soweit sie nicht umgangen oder unterfahren werden können.

Die Grobtrassierung ist mit den zuständigen Behörden, Baulasträgern und anderen Versorgungsträgern abzustimmen. Die verbindliche Festlegung erfolgt nach weiterer Abstimmung mit den verantwortlichen Gebietskörperschaften und den regionalen Fachbehörden.

Für die Feintrassierung wird empfohlen, die Leitungsführung in Plänen M 1:1000 einzutragen, nach denen die Trasse in der Örtlichkeit festgelegt werden kann. Für die Feintrassierung müssen Aufschlüsse über die Bodenbeschaffenheit und die Grundwasserverhältnisse vorliegen.

Die Eigentumsverhältnisse an Grundstücken und bestehende Grunddienstbarkeiten sind zu klären und notwendige Zustimmungen bei Benutzung dieser Grundstücke von den Eigentümern einzuholen.

Leitungen für Ortsrohrnetze sollen innerhalb der öffentlichen Verkehrsflächen liegen. Sie sind längs der Straße, falls möglich in Bürgersteigen oder Randstreifen, anzuordnen.

Fahrbahnen sollen rechtwinklig gekreuzt werden. Versorgungsleitungen sind in der Regel auf der Straßenseite anzuordnen, auf der die meisten Hausanschlüsse zu erwarten sind.

In Straßen mit breiten, mehrspurigen Fahrbahnen kann es wirtschaftlich sein, auf beiden Seiten Leitungen vorzusehen.

Endleitungen sind auf Ausnahmen zu beschränken – Ringverbindungen sind vorzuziehen.

Wasserrohrleitungen sollen unmittelbar mit dem letzten Anschluß – ggf. mit einem End-Hydranten – enden, um eine Wiederverkeimung des Trinkwassers und unnötigen Spülaufwand zu vermeiden.

Die Trassenerkundung für Rohrleitungen in Ortsnetzen beschränkt sich im wesentlichen auf die Abstimmung mit anderen Versorgungsunternehmen bezüglich der Lage deren Leitungen und Kabel. Anzustreben sind Regelordnungen, in denen den Wasser-, Gas- und Fernwärmeleitungen, Entwässerungskanälen sowie den Strom-, Fernmelde- und sonstigen Kabeln ein bestimmter Raum zugewiesen wird. Eine Abstimmung mit den Baulastträgern der Straßen ist erforderlich.

Für bebaute Gebiete und Gebiete, für die Bebauungspläne vorliegen oder vorbereitet werden, sollen für neue Leitungen und Anlagen die Richtlinien für die Planung nach DIN 1998 Anwendung finden.

Anschlußleitungen sind möglichst geradlinig, rechtwinklig und auf dem kürzesten Wege von der Versorgungsleitung zum Gebäude zu führen.

7.2.2 Leitungsführung im Längenschnitt

Bei Wasserleitungen sind eindeutig ausgeprägte Hoch- und Tiefpunkte die technisch und betrieblich günstigste Lösung, sofern dies wirtschaftlich vertretbar ist.

Die Wasserleitungen müssen an geodätischen Hochpunkten be- und entlüftet und an hydraulischen Hochpunkten entlüftet werden können. Hydraulische Hochpunkte entstehen dort, wo der Abstand zwischen Drucklinie und Rohrleitung ein Minimum ist. Ausgeprägte Tiefpunkte sind nach Möglichkeit mit entsprechenden Entleerungen zu versehen.

Bei Wasserleitungen sind Gefälle $< 0,5\%$ nicht zweckmäßig, weil deren Realisierung einen erhöhten Aufwand erfordert und die Entlüftung nur teilweise erfolgt.

In Wasserleitungen können sich bei zu geringer Fließgeschwindigkeit an unbeabsichtigten Hoch- und Tiefpunkten durch Zusammenwirken von Auftrieb, Schleppkraft, Kohäsion und Adhäsion stehende Luftblasen und Wasserwalzen bilden, die zu Verengungen des durchflossenen Querschnittes führen. Die Fließgeschwindigkeiten im Restquerschnitt sind dann entsprechend hoch und die Druckverluste steigen an.

Durch Spülen und Entlüften können diese Erscheinungen beseitigt werden (erfolgreiche Beseitigung durch Druckmessungen nachweisbar).

Nur bei Fernleitungen werden aus hydraulischen Gründen, aber auch zur Wasserspeicherung Zwischenbehälter entsprechend den topographischen Verhältnissen in Abständen von 30 bis 40 km angeordnet. Sie sollen an ausgeprägten Hochpunkten liegen.

Für Roh- oder Reinwasserleitungen können auch Stollen eingesetzt werden. Sie ermöglichen bei einer bestimmten Größenordnung technisch elegante Ausführungen. Dadurch können z. B. Streckenlängen erheblich verkürzt, Hochpunkte und Druckerhöhungen mittels Pumpen vermieden, Grundstücksinanspruchnahme vermindert und alle Erfordernisse des Natur- und Landschaftsschutzes erfüllt werden. Auch Leitungsbündelungen mit anderen Medien sind zweckmäßig und kostensparend.

Bei Wasserleitungen ist vor allem in bergigem Gelände der Längenschitt der Leitung in Hinblick auf dynamische Druckänderungen zu überprüfen. Der Schwankungsbereich für Innendrucke ist nach oben durch den zulässigen Betriebsdruck der Rohre begrenzt. Nach unten sollte mindestens ein ausreichender Abstand zum Dampfdruck eingehalten werden, um dampfgefüllte Hohlräume und Druckspitzen beim Zusammenfallen der Hohlräume zu vermeiden.

Beispiele für günstige und ungünstige Führungen von Fall- und Pumpendruckleitungen sind W 403 zu entnehmen.

Haupt- und Versorgungsleitungen werden in der Regel mit gleichbleibender Überdeckung in Straßen verlegt. Bei Wasserleitungen ist auch bei geringem Gefälle die Ausbildung von Hoch- und Tiefpunkten anzustreben. Die Entlüftung während des Betriebes erfolgt über die Hausanschlusleitungen. Zur Be- und Entlüftung von absperrbaren Teilstrecken ist am höchsten Punkt der Teilstrecken ein Hydrant anzuordnen. Falls andere Anlagen zur Ausbildung von Hochpunkten zwingen, sind Hydranten möglichst an diese Stelle zu setzen.

Leistungen, die zeitweise nicht oder nur gering mit Wasser durchflossen werden, erfordern in ungünstigen Lagen (z. B. an Brücken und bei geringen Überdeckungshöhen) einen zusätzlichen Frostschutz.

Die Anwendung von wärmegeämmten Rohren ist in solchen Fällen empfehlenswert.

Hausanschlusleitungen für Trinkwasser sind frostfrei und, soweit möglich, mit gleichmäßiger Steigung zum Gebäude zu planen.

Obere Anbohrung und Hausanschlusleitungen mit Steigung zum Gebäude bieten – z. B. für die Entlüftung – Vorteile. Bei Leitungsgefälle zum Gebäude kann die seitliche Anbohrung zweckmäßig sein.

Erfolgt durch ein Versorgungsunternehmen sowohl die Gas- als auch die Wasserversorgung, ist es zweckmäßig zu prüfen, ob die Hausanschlusleitungen für Gas und Wasser mit derselben Überdeckungshöhe verlegt werden können (Verringerung der Rohrschäden bei Baggereinsatz).

7.3 Kreuzungen von Verkehrswegen und Gewässern

Rohrleitungen sollen Verkehrswege und Gewässer möglichst rechtwinklig kreuzen. Die Nutzung vorhandener Brücken und Durchlässe kann unter Berücksichtigung von Sicherheitsfaktoren zweckmäßig und wirtschaftlich sein. Die Ausbildung der Kreuzungsbauwerke unterliegt erhöhten technischen Kriterien, um möglichst keine betrieblichen Unterbrechungen und eine

lange Lebensdauer der investitionsintensiven Bauwerke zu erreichen. Stahlleitungsrohre bilden dabei durch den hohen Anpassungsgrad an die jeweils bauliche Situation und die Sicherheitsanforderungen ein besonders konstruktives Element.

Die erdverlegten und auch oberirdischen Rohrleitungen sind entsprechend den zu erwartenden Belastungen zu bemessen. Bei Anwendung der in DIN 2460 Tabelle 3 ausgewiesenen Rohrabmessungen sind besondere Maßnahmen zur Aufnahme oder Ableitung von Verkehrsbelastungen im Regelfall nicht erforderlich. Lediglich bei oberirdischer Verlegung (z. B. in Brückenbauwerken) sind deren statische und dynamische Anforderungen, bei unterirdischer Verlegung (z. B. in Form von Dükern) die Beanspruchung durch die jeweilige Montageart zu berücksichtigen.

Für die Kreuzung von Verkehrswegen außerhalb von Ortschaften wird heute üblicherweise die grabenlose Rohrverlegung mittels Rohrvortrieb (GW 304) angewendet. Nur in untergeordneten Verkehrswegen ist eine offene Rohrverlegung unter Berücksichtigung der jeweiligen Verkehrssituation möglich.

Bei der grabenlosen Verlegung wird je nach geologischen Verhältnissen, Länge der Verlegestrecke, Anforderungen an die Genauigkeit der endgültigen Rohrlage, den späteren betrieblichen Erfordernissen und den Forderungen des Verkehrsträgers nach Ausführungen mit oder ohne Mantelrohr unterschieden. Bei der Verwendung von Mantelrohren* wird in der Regel das Produktenrohr nachträglich mit Hilfe von Zentrierelementen, z. B. Gleitkufen und Abstandhalter in das Mantelrohr eingezogen /9/ und /10/. Bei Produktenrohren aus Stahl und der Anwendung des kathodischen Korrosionsschutzes sind besondere Maßnahmen zum Schutz der Umhüllung nach GW 307 zu treffen. Beim Bau von Wasserleitungen mit Stahlrohren ist ein unmittelbarer Vortrieb mit den Produktenrohren wegen der damit verbundenen Verschmutzungsgefahr nicht üblich. Produktenrohre aus Stahl kommen uneingeschränkt bei Verfahren der gesteuerten Horizontalbohrung zur Anwendung. Für diese hochbeanspruchenden Verfahren sind die Stahlrohre mit verstärkter Polyethylenumhüllung und zusätzlicher Faserzementmörtel-Ummantelung oder auch mit Polypropylenumhüllung in Sonderausführung zu versehen.

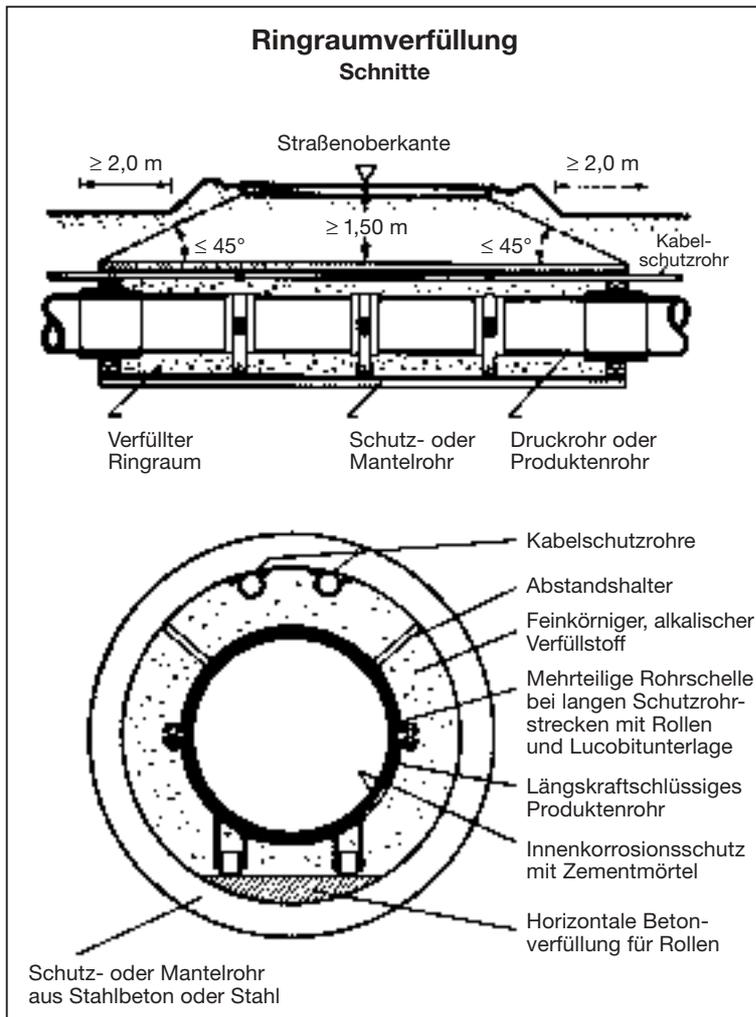
Das nachträgliche Verfüllen des Ringraumes zwischen Produkten- und Mantelrohr mit hydraulisch härtenden, alkalischen Verfüllstoffen auf Zementbasis hat sich als zweckmäßig erwiesen, weil dadurch das Gesamtbauwerk wartungsfrei wird und die sonst erforderliche Entwässerung bzw. Kontrollschächte entfallen. Der Unterhaltungsaufwand für diese Lösung ist sehr gering. Sie wird deshalb zunehmend bei Wasser- und Gasleitungen ausgeführt.

Die schematische Darstellung einer Ringraumverfüllung beim Einsatz von Großrohren (Straßenkreuzung) ist aus Bild 7.1 ersichtlich.

* Auch als Schutzrohre bezeichnet.

Bild 7.1

Schematische Darstellung einer Ringraumverfüllung beim Einsatz von Großrohren (Straßenkreuzung).



Falls Druckrohrleitungen aus Stahl kathodisch geschützt werden, ist die AfK-Empfehlung Nr. 1 zu beachten.

● Eisenbahnkreuzungen

Für die Kreuzung von Gleisanlagen der Deutschen Bahn AG mit Wasserleitungen sind die "Richtlinien 2000 - Gas- und Wasserkreuzungsrichtlinien DB AG / BGW" zu beachten. Dabei können die Forderungen der einzelnen DB-Direktionen bezüglich der Ausführung der Eisenbahnkreuzung unterschiedlich sein.

Zur Vermeidung aufwendiger statischer Festigkeitsnachweise ist die Verwendung der im Anhang III der Richtlinien 2000 enthaltenen Bemessungstabellen für Stahlrohre zu empfehlen.

Für Kreuzungen mit nicht bundeseigenen Eisenbahnen gilt W 306.

* Erscheint nach Überarbeitung als GW 307.

- **Straßenkreuzungen**

Stahlleitungsrohre für erdverlegte Wasserleitungen sind entsprechend den zu erwartenden Belastungen zu bemessen. Bei Anwendung der in DIN 2460 Tabelle 3 ausgewiesenen Rohr-abmessungen sind besondere Maßnahmen zur Aufnahme oder Ableitung von Verkehrsbe-lastungen im Regelfall nicht erforderlich.

Werden aus anderen technischen Gründen Sonderbauwerke erforderlich, können diese entsprechend der Straßenqualifikation ausgeführt werden.

Für Leitungen der öffentlichen Versorgung in Bundesfernstraßen wird ein Vertrag gemäß „Mustervertrag“ oder „Rahmenvertrag“ abgeschlossen.

Teil dieser Verträge sind technische Bestimmungen, die entsprechend den Erfordernissen des Einzelfalles der Abstimmung bedürfen und insoweit vervollständigend oder ergänzt werden müssen. Hierbei ist zwischen Kreuzungen und Längsführungen nach dem Bundesfern-straßengesetz zu unterscheiden.

- **Gewässerkreuzungen**

Gewässer werden überwiegend mit Dükern oder im Verlauf von Brücken gekreuzt.

Je nach Bedeutung der Rohrleitung im Versorgungssystem ist die Sicherheit ein wichtiger Faktor, weshalb eine technisch angepaßte Ausführung zu wählen ist.

Bei der Planung von Gewässerkreuzungen sind ab Beginn der Planung die Kreuzungsstellen und -bedingungen (z. B. Einhaltung von Forderungen der Berufsschiffahrt und von Natur- und Landschaftsschutz) mit den zuständigen Behörden abzustimmen und sorgfältig einzuhalten, um Verzögerungen beim Bau zu vermeiden.

Für Maßnahmen an Bundeswasserstraßen ist das Bundeswasserstraßengesetz (WastrG) vom 23. 8. 1990 maßgebend.

Für Düker wird eine lange Nutzungsdauer ohne Erhaltungsaufwand vorausgesetzt. Die Auswahl des Rohrwerkstoffes und des Korrosionsschutzes sind daher von besonderer Bedeutung. Rohrverbindungen sind zugfest auszuführen.

Es empfiehlt sich, anderen Leitungsträgern die Mitverlegung zusätzlicher Leitungen in Form von Rohrbündeln anzubieten, wobei die wechselseitigen (auch gegensätzlichen) sicherheits-technischen Aspekte zu beachten sind. Eine Beratung mit den Rohrherstellern über Details der Dükerkonstruktion und Montage ist empfehlenswert.

Folgende Verlegearten sind bei Dükern aus Stahlleitungsrohren üblich:

- Absenken mittels an Land aufgestellter Hebewerkzeuge.
- Absenken durch Hebeschiffe.
- Absenken durch Winden und Hubzüge vom Hilfsgerüst.
- Absenken des mit Schwimmkörpern versehenen, eingeschwommenen Dükers.
- Absenken des mit Winden gezogenen Dükers unter Verwendung von Halteschiffen für die Dükerhäuse.
- Einziehen von Rohren unter Ausnutzung der elastischen Verformbarkeit in eine Horizontalbohrung
- Herstellen im Rohrvortrieb.

Bei Dükern mit oder ohne Mantelrohr ist ein rechnerischer Nachweis für die stabile Lage erforderlich, d. h. daß die Gewichtskräfte größer als die Auftriebskräfte sein müssen (Sicherheit mindestens 10%). Ist dies durch die Masse des Produktenrohres nicht erreichbar, müssen zusätzliche Massen am Rohr befestigt werden. Besonders bewährt hat sich bei Stahlleitungs-rohren der Einsatz der FZM-Ummantelung mit erhöhten Schichtdicken.

Allgemein gilt: $(m_R + m_Z) \cdot g \geq S \cdot F_A$
mit $F_A = A_R \cdot 1 \cdot \rho_W \cdot g$

Dabei bedeutet: m_R Masse des Produktenrohres [kg]
 m_Z zusätzliche Masse [kg]
 g Erdbeschleunigung [9,81 m/s²]
 S Sicherheitsfaktor [-] $S \geq 1,1$
 F_A Auftriebskraft [N]
 A_R Fläche des Rohres bezogen auf den Außendurchmesser [m²]
 l Rohrlänge [m]
 ρ_W Dichte des Wassers [kg/m³] $\rho_W \approx 1000 \text{ kg/m}^3$

Die Masse des Produktenrohres m_R ist über die längenbezogene Masse des Rohres entsprechend Liefersortiment problemlos ermittelbar. Die notwendige Schichtdickenerhöhung der FZM-Ummantelung ist mittels der Dichte der FZM-Schicht errechenbar. Dabei ist es empfehlenswert, die Rohrhersteller zu konsultieren.

Als Richtwert gilt für die Dichte der FZM-Schicht $\rho_{FZM} = 1500 \dots 2000 \text{ kg/m}^3$.

Bei wassergefüllten Rohrleitungen erhöht sich die Masse des Produktenrohres um die Masse der Wasserfüllung. Bei Anwendung von Mantelrohren (Schutzrohren) ist eine analoge Berechnung durchzuführen. Bei der grabenlosen Rohrverlegung ist die Erdauflast zu berücksichtigen.

● Rohrbrücken und Leitungen an Brücken

Rohrbrücken können für Kreuzungen oftmals die wirtschaftlichste Lösung sein. In Einzelfällen, z. B. bei tief eingeschnittenen Schluchten, sind sie die einzig vertretbare Kreuzungsart. Geringe Kosten entstehen, wenn die Rohrleitung an bestehende Brücken angehängt werden kann. Hierbei sind die „Richtlinien für das Verlegen und Anbringen von Leitungen an Brücken“ (RI-LEI-BRÜ/Ausgabe 1994) zu beachten.

Beim Brückenneubau empfiehlt sich eine frühzeitige Abstimmung über die Mitbenutzung. Rohrleitungen an Brücken sind so auszuführen, daß zusätzliche Einwirkungen, z. B. Schwingungen durch Verkehr und Längenänderungen durch Temperatureinwirkungen aufgenommen werden können. Auch zusätzliche Lasten (z. B. Wind- und Schneelast) sind zu berücksichtigen.

Für die Ermittlung der Stützweite von Rohrleitungen müssen die Stützweitenkriterien beachtet werden, die z. B. im Stahlrohr-Handbuch /7/ ausführlich dargestellt sind.

Wenig durchflossene Wasserleitungen an Brücken sind gegen Einfrieren durch Einsatz wärmegeämmter Rohre zu schützen. Bei ständigem Durchfluß kann die Wärmedämmung entfallen. Als Entlüftung sind handbetätigte Armaturen den automatischen Be- und Entlüftungsventilen wegen der Frostgefährdung vorzuziehen. Armaturen auf Brücken sind möglichst zu vermeiden.

● Flußdeichkreuzungen

Die Standsicherheit der Deiche darf durch das Kreuzungsbauwerk nicht gefährdet werden. In Bergsenkungsgebieten sind Rohrleitungen über die Deiche zu führen. Schutzrohrausführungen werden wegen der höheren Sicherheit bevorzugt.

Bauwerke und Anlagen im Deichbereich werden nach dem jeweiligen Landesrecht in der Regel durch den Regierungspräsidenten genehmigt.

Grundlage der Genehmigung sind die jeweils gültigen Verordnungen zum Schutz von Deichanlagen.

- Kreuzungen von Küstenschutzanlagen

Die Kreuzung von Rohrleitungen mit Küstenschutzanlagen ist entsprechend den jeweiligen Landesgesetzen über den Schutz der Deiche und Küsten vorzunehmen.

Die Genehmigung ist für Kreuzungen von Landesschutzdeichen bei der zuständigen Landeswasserbehörde und von den Hochwasserschutzanlagen, die nicht Hauptdeiche sind (zweite Deichlinie), bei der Unteren Wasserbehörde zu beantragen.

Die technischen Ausführungen entsprechen weitgehend denen bei Flußdeichen.

7.4 Verlegetrassen - Sicherheitsstreifen, Mindest- (Schutz-) Abstände und Überdeckungshöhen

- Sicherheitsstreifen

Bei den Sicherheitsstreifen wird zwischen Arbeits- und Schutzstreifen unterschieden.

Arbeitsstreifen sollen die einwandfreie Durchführung der Bauarbeiten ermöglichen. Die Breite des Arbeitsstreifens ist u. a. vom Rohrdurchmesser, von der Ausbildung des Rohrgrabens, möglicher Parallelverlegung zu Leitungen, von Wasserhaltungs- und Sonderbaumaßnahmen sowie der Nutzung der betroffenen Flächen abhängig.

Schutzstreifen dienen zur Sicherung der Rohrleitung vor Beschädigungen und zur Erhaltung der Zugänglichkeit. Sie sind ferner notwendig zum Schutz anderer Bauwerke und Anlagen vor Einflüssen aus der Rohrleitung oder im Falle von Instandhaltungsarbeiten.

Im bebautem Gebiet werden Schutzstreifen in der Regel nur für Leitungen in nicht öffentlichen Verkehrsflächen ausgewiesen.

- Arbeitsstreifen

Bei der Arbeitsstreifenbreite ist die Lage der Trasse (Wald- oder Feldtrasse) zu beachten. Bei Waldtrassen sind in der Regel die Arbeitsstreifen schmaler, da weniger Mutterboden anfällt und der Schutz des Waldes vorrangig ist.

Auf nicht bewaldeten Flächen außerhalb der Bebauung (Feldtrassen) werden die Arbeitsstreifenbreiten nach Tabelle 7.1 empfohlen.

Tabelle 7.1

Arbeitsstreifenbreite bei Rohrleitungen.

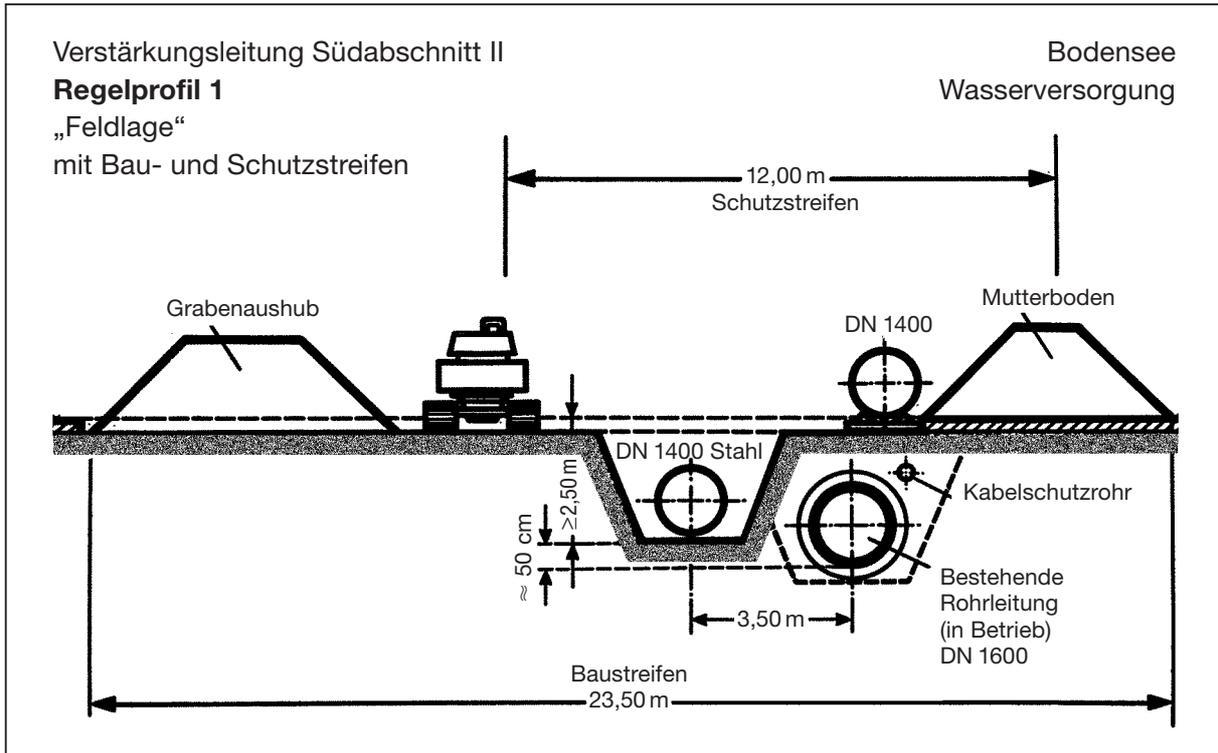
Nennweite der Rohrleitung	Arbeitsstreifenbreite bei einer Rohrgrabentiefe	
	≤ 3 m	> 3 m
DN ≤ 200	14 m	16 m
200 < DN ≤ 400	16 m	18 m
400 < DN ≤ 600	18 m	20 m
600 < DN ≤ 1200	20 m	22 m

Bei Nennweiten > DN 1200 empfiehlt sich die Bestimmung der Arbeitsstreifenbreite unter Berücksichtigung der vorgesehenen Technologie für die Erdarbeiten (Erstellung von Regelprofilen). Die Bilder 7.2 a und 7.2 b zeigen die Regelprofile für Feld- und Waldtrassen bei der Rohrverlegung von Stahlleitungsrohren DN 1400 parallel zu einer schon verlegten Fernleitung DN 1600. Bei einer neuen Rohrleitungstrasse können die Abmessungen für den Arbeitsstreifen über die detailliert dargestellten Maße in Bild 7.2 b (linker Teil) problemlos ermittelt werden. Die Vergrößerung des Rohraußendurchmessers durch eine FZM-Ummantelung verändert die Arbeitsstreifen- oder Schutzstreifenbreite nicht.

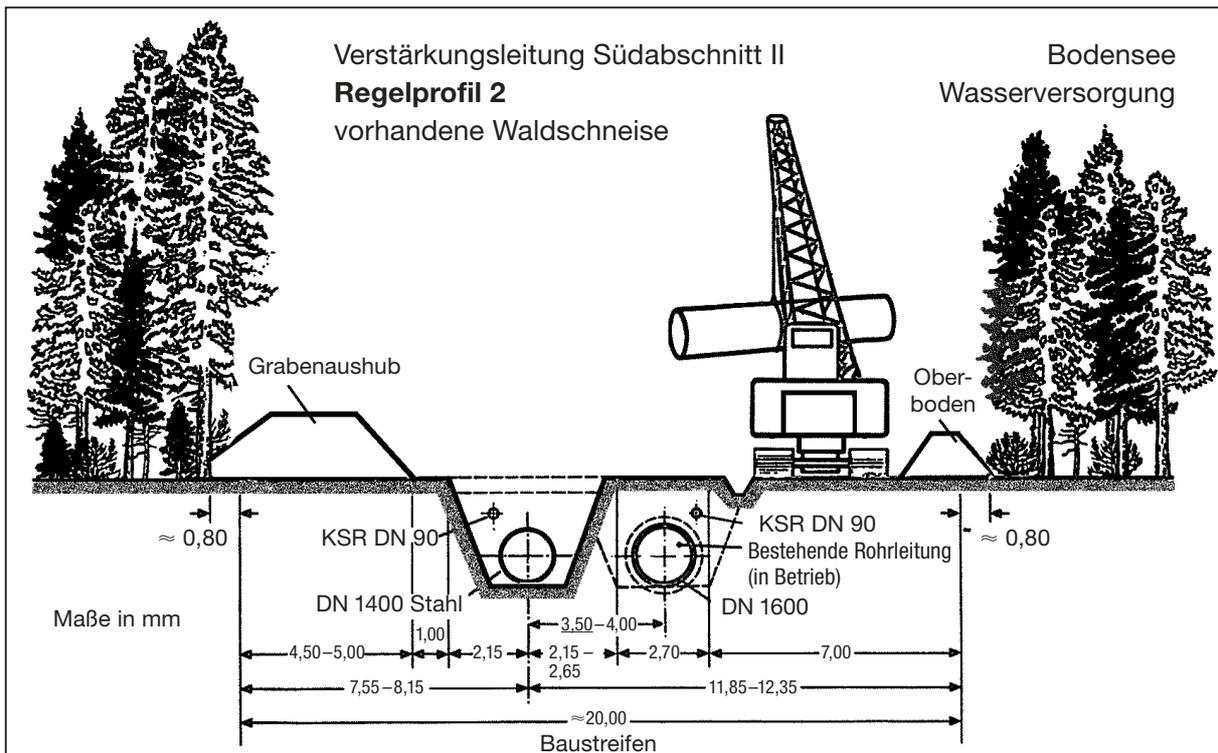
Bild 7.2

Breite von Arbeitsstreifen (Baustreifen) auf der Grundlage von Regelprofilen für die Verlegung von Stahlleitungsrohren DN 1400 parallel zu einer schon verlegten Fernleitung DN 1600.

a) Feldtrasse



b) Waldtrasse



● Schutzstreifen

Leitungen und Schutzstreifen sind durch Verträge und Dienstbarkeiten zu sichern. Je nach Bedeutung der Rohrleitung sind die zu belastenden Flächen im Bebauungsplan festzulegen sowie in Gebietsentwicklungsplänen und Flächennutzungsplänen darzustellen.

Innerhalb des Schutzstreifens dürfen keine betriebsfremden Bauwerke errichtet werden. Schutzstreifen sind von Bewuchs, der die Instandhaltung der Leitung beeinträchtigt, freizuhalten. Flächen innerhalb des Streifens dürfen nur leicht befestigt werden; die Nutzung als Parkfläche ist möglich. Das Lagern von Schüttgütern oder Baustoffen ist unzulässig. Geländeänderungen sind nur mit Zustimmung des Leitungsträgers erlaubt.

Innerhalb des Schutzstreifens ist die Rohrleitung so anzuordnen, daß für Instandsetzungsarbeiten ein ausreichender Arbeitsraum zur Verfügung steht (Leitungsachse = Mitte des Schutzstreifens). Als Schutzstreifenbreite werden die Werte nach Tabelle 7.2 empfohlen.

Tabelle 7.2

Schutzstreifenbreite bei Rohrleitungen.

Nennweite der Rohrleitung	Schutzstreifenbreite
DN ≤ 150	4 m
150 < DN ≤ 400	6 m
400 < DN ≤ 600	8 m
600 < DN	10 m

Aus zwingenden Gründen können diese Breiten auf kurzen Strecken und an Zwangspunkten um bis zu 2 m vermindert, dagegen bei nicht längskraftschlüssigen Großrohren um bis zu 2 m vergrößert werden.

Bei nebeneinander geführten Rohrleitungen vergrößert sich die Schutzstreifenbreite um das Abstandsmaß der außenliegenden Rohrleitungen.

In öffentlichen Flächen ist grundsätzlich eine Überbauung von Rohrleitungen nicht erlaubt. Leicht entfernbar und abnehmbare Zäune, Wände, Gerüste können jedoch zugelassen werden. Die Überpflanzung von Rohrleitungstrassen mit Bäumen oder Sträuchern darf nur mit Zustimmung des Betreibers erfolgen.

Bei geschlossener einseitiger Grundwasserhaltung wird die Arbeitsraumbreite um 1m, bei zweiseitiger Grundwasserhaltung um 2 m vergrößert. Falls mehrere Leitungen nebeneinander zu bauen sind, wird der Arbeitsstreifen um die Summe der Achsabstände verbreitert. Sonderbauwerke und große Einbauten führen zur Inanspruchnahme größerer Flächen.

Bei der Wiederherstellung des ursprünglichen Zustandes ist es zweckmäßig, die Arbeiten 1 m beiderseits über den genutzten Arbeitsstreifen auszudehnen, um einwandfreie Übergänge zu schaffen. Auf ausreichenden Wurzelschutz ist zu achten.

Eine Anpassung der Arbeitsstreifenbreite ist bei Bauwerken, Bäumen und Grundstücksgrenzen erforderlich. Durch besondere Technologien (z. B. grabenlose Rohrverlegung oder Vorkopf-Verlegung) können die Probleme an diesen Engstellen bei Rohrverlegungsarbeiten überwunden werden. Zum Schutz der Bäume, Pflanzenbestände und Vegetationsflächen sind DIN 18920 und GW 125 einzuhalten. Weitere Hinweise sind der „Richtlinie für die Anlage von Straßen – Teil Landschaftsgestaltung“ aus Abschnitt 4 „Schutz von Bäumen und Sträuchern im Bereich von Baustellen (RAS – LG 4)“ zu entnehmen.

- **Mindest- (Schutz-) Abstände**

Die Mindest- (Schutz-) Abstände zu bekannten Kabeln und Leitungen anderer Versorgungsträger sind schon bei der Planung von Wasserleitungen zu berücksichtigen. In Tabelle 7.3 sind diese Mindestabstände nach DIN 19630 zusammengefaßt.

Bei unbekannter Lage von Kabeln muß zumindest bei der Planung auf diese Mindest- (Schutz-) Abstände hingewiesen werden – diese sind dann während des Baus von Wasserleitungen zu berücksichtigen.

Tabelle 7.3

Mindest- (Schutz-) Abstände von Wasserleitungen

Kriterium	Mindest- (Schutz-) Abstand
Abstand bei Kreuzungen mit Kabeln und anderen Rohrleitungen	Normalfall: 0,20 m Bei Sonderfällen: Verhinderung der direkten Berührung (Zwischenlegen von Isolierplatten o. ä.) – Abstimmung der Maßnahmen zwischen den Betreibern
Abstand bei Näherungen bzw. Parallelführung von Kabeln und anderen Rohrleitungen	Normalfall: 0,40 m Bei Engpässen: 0,20 m Bei Sonderfällen: Verhinderung der direkten Berührung – Abstimmung der Maßnahmen zwischen den Betreibern
Abstand zu Fundamenten und anderen unterirdischen Anlagen	0,40 m
Abstand zwischen Abwasser- und Wasserleitungen	Lage der Wasserleitung oberhalb der Abwasserleitung – Abstände analog Kreuzungen und Näherungen
Abstand zu Hochspannungsleitungen	Entsprechend AfK-Empfehlung Nr. 3 bei Kreuzungen und Näherungen
Abstand von anderen metallischen Leitern bei kathodischen Korrosionsschutzanlagen	Elektrisch wirksame Trennung durchführen

- **Überdeckungshöhe**

Für die Überdeckungshöhe (Abstand zwischen Rohrscheitel und Geländeoberfläche) werden in DIN 19630 Richtwerte von 1,0 bis 1,8 m angegeben. Nach Mutschmann/Stimmelmayer /5/ gelten in Deutschland üblicherweise die Überdeckungshöhen nach Tabelle 7.4.

Tabelle 7.4

Überdeckungshöhen für Wasserleitungen (nach Mutschmann/Stimmelmayer /5/).

Nennweite DN	bis 200	250	300	400	500	600	700	800 900	1000	> 1000
Mindestüberdeckungshöhe t [m]	1,50	1,45	1,40	1,35	1,30	1,25	1,20	(1,15) 1,20*	(1,10) 1,20*	(1,00) 1,20*

* Empfehlung aufgrund von Praxiserfahrungen.

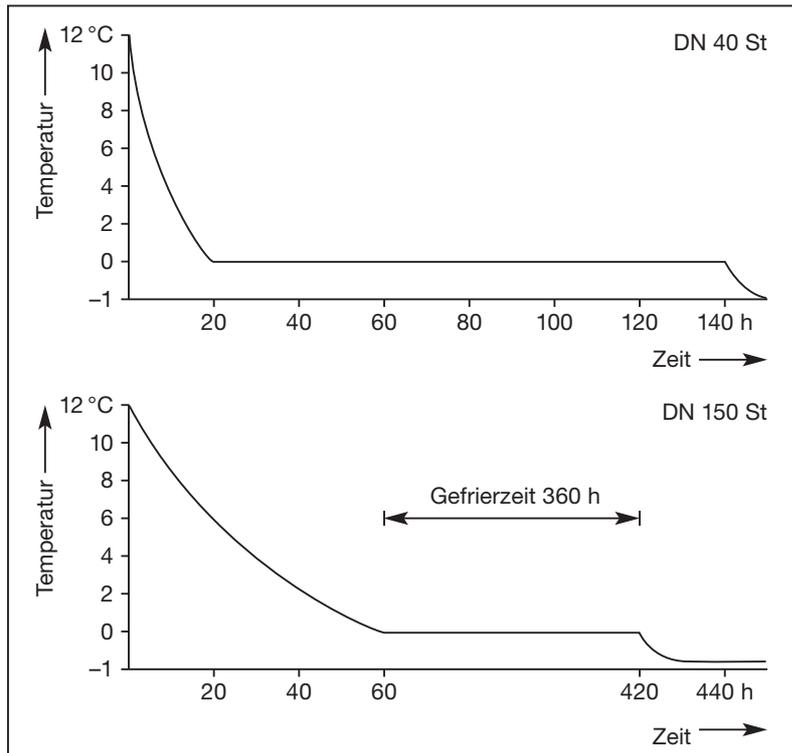
Im Einzelfall richtet sich die Mindest-Überdeckungshöhe nach der zu erwartenden Frosttiefe, der Nennweite und dem Wärmenachschub in der Wasserleitung, d. h. daß die Wassertemperatur und der Durchfluß von entscheidender Bedeutung sind. Bei gesichertem ständigen Durchfluß ist eine Überdeckungshöhe von 1 m ausreichend.

Unabhängig von dem Frosteinfluß sollte zwecks Vermeidung einer unzulässigen Ovalität die Überdeckungshöhe auch bei Großrohren **1,20 m nicht unterschreiten**.

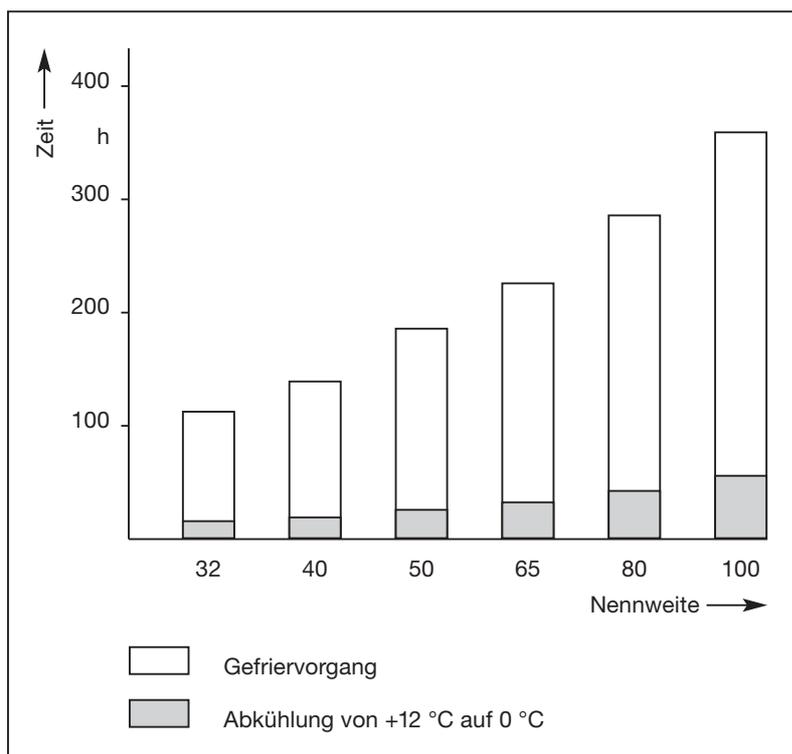
Während Rohrleitungen mit $DN \geq 300$ bei ständigem Durchfluß praktisch nicht einfrieren, sind Anschlußleitungen – besonders nicht oder wenig durchflossene – am stärksten bezüglich Einfrierens gefährdet. Den deutlichen Unterschied hinsichtlich der Gefrierzeit des Wassers bei unterschiedlichen Nennweiten zeigen die Bilder 7.3 a und 7.3 b.

Bild 7.3

Temperaturverlauf und Abkühlungszeiten für Wasserleitungen (nach Riege /11/).



a) Temperaturverlauf bei Wassertemperatur +12 °C und einer Erdbodentemperatur im Bereich der Rohrleitung von -1 °C für Stahlleitungsrohre DN 40 und DN 150.



b) Abkühlungs- und Gefrierzeiten für Anschlußleitungen DN 32 bis DN 100.

Die Überdeckungshöhe wird auch von der Lage anderer Leitungen beeinflusst, wenn diese oft gekreuzt werden müssen. Deshalb stellen die Richtwerte für die Überdeckungshöhen ein Mindestmaß für die Höhenlage der Wasserleitungen dar. Weitere Anforderungen (z. B. durch Straßendeckenaufbau) sind unabhängig davon zu berücksichtigen.

7.5 Leitungsrechte und Verträge

Mit Konzessionsverträgen, die zwischen einer Gemeinde und dem örtlich zuständigen Versorgungsunternehmen abgeschlossen werden, ist das Recht verbunden, öffentliche Flächen für das Einlegen, Betreiben, Instandhalten und Erneuern von Versorgungsleitungen zu nutzen. Die Abstimmung der Leitungsführung mit anderen Versorgungsträgern (Telekom, EVU, GVU, WVU, Industriebetrieben, Ferngas-Unternehmen, Betreibern von kathodischen Korrosionsschutzanlagen) und den Straßenbaulastträgern ist notwendig. Weitere Abstimmungen in besonderen Landschaftsgebieten sind unabhängig davon durchzuführen (z. B. mit Bergbauamt, Denkmalschutzbehörde und Polizeidirektion bezüglich Kampfmittelbeseitigung in ehemaligen Kriegsgebieten).

Für öffentliche Verkehrsflächen, die nicht vom Konzessionsvertrag erfaßt sind, z. B. Bundesstraßen außerhalb von Ortschaften oder DB-Gelände, sind besondere Nutzungsverträge abzuschließen.

Für das Einlegen, Betreiben, Instandhalten und Erneuern von Leitungen in Grundstücksflächen sind privatrechtliche Nutzungsverträge in Form beschränkt persönlicher Dienstbarkeiten abzuschließen. Eine Entschädigung wird nach dem Maß der Einschränkung bei der Nutzung und dem Verkehrswert des Grundstückes festgelegt.

Bei notwendigen Enteignungen sind die entsprechenden Gesetze und Rechtsvorschriften zu beachten.

7.6 Besondere Sicherungsmaßnahmen für Rohrleitungen bei ungünstigen Gelände- und Bodenverhältnissen

Ungünstige Gelände- und Bodenverhältnisse erfordern schon bei der Planung besondere konstruktive Maßnahmen zur Sicherung der Rohrleitung.

● Sicherung gegen Auftrieb

In stark wasserhaltigen Böden ist bei größeren Nennweiten die Auftriebssicherung nachzuweisen.

Eine Sicherung der Rohrleitung kann z. B. durch die Wahl einer größeren Erdüberdeckung, Auflage von Betonplatten, durch korrosionsfeste Zuganker, durch tragende Pfähle oder Spundung mit Kopfverankerung erfolgen. Längskraftschlüssige Rohrverbindungen sollten grundsätzlich angewendet werden. Bei zu aufwendigen technischen Maßnahmen können diese auch durch entsprechende Betriebsanweisungen (z. B. Entleerungsverbot bei zu hohen Wasserständen) reduziert werden, um Investitionskosten zu sparen.

● Sicherung in wenig tragfähigem Boden

In solchen Fällen sind die Lasten aus der gefüllten Rohrleitung so zu verteilen, daß auch Langzeitsetzungen ausgeschlossen sind oder die Kräfte und Lasten in den tragfähigen Untergrund abgeleitet werden.

Falls nur geringe Flächenpressungen zulässig sind, stehen u. a. folgende Möglichkeiten für die Ausbildung des Rohrauflegers zur Verfügung:

- Betonplatten mit entsprechender Rohrbettung.
 - Einbringen von Vliesbahnen (zur besseren Lastverteilung).
 - Knüppeldämme (nur unterhalb des Grundwasserspiegels, im Moor).
 - Stabilisierung der Grabensohle durch Bodenaustausch oder Einbringung von hydraulischem Kalk.
 - Verlegung auf Pfahljochen (z. B. im Moor).
- Wechselnde Auflagerbedingungen
Bei Änderung der Auflagerbedingungen in Richtung der Rohrleitungsachse (Übergang auf Bodenschichten anderer Tragfähigkeit, kreuzende Leitungsgräben oder Auflager) ist durch geeignete Bettung sicherzustellen, daß sich verschiedene Leitungen unabhängig bewegen können und keine Spannungshäufungen bzw. Spannungsspitzen in Leitungen entstehen. Als Schutzmaßnahme kommen z. B. eine dickere Sandbettung, zusätzliche elastische Umhüllungen, abwinkelbare Rohrverbindungen und entsprechend kurze Baulängen im Übergangsbereich in Betracht.
Auch bei Kreuzungen mit bereits vorhandenen anderen Leitungen ist für ein tragfähiges Auflager zu sorgen, das die unterschiedlichen Bewegungen ausgleichen kann. Schutzmaßnahmen sind mit den Betreibern abzustimmen.

- Rohrleitungen in Hang- und Steilstrecken
Bei der Planung von Rohrleitungen in Hang- und Steilstrecken sind mehrere Einflüsse zu beachten:
 - Geologische Beschaffenheit.
 - Hangneigung.
 - Drainagewirkung des Rohrgrabens.
 - Oberirdischer Abfluß längs des Rohrgrabens.
 - Standsicherheit des Hanges und Krümmersicherung.
 - Kreuzende Verkehrswege und Leitungen.

Durch die Hangneigung ergibt sich direkt die Größe der Sicherungskräfte, wenn der Grenzfall (Reibungskraft = Hangabtriebskraft) überschritten wird.

Allgemein gilt für eine stabile Lage der Rohrleitung im Hang:

$$F_R \geq F_H$$

$$m_R \cdot g \cdot \cos\alpha \cdot \mu_H \geq m_R \cdot g \cdot \sin\alpha$$

bzw. bei Berücksichtigung eines Sicherheitsbeiwertes S $\cos\alpha \cdot \mu_H \geq \sin\alpha \cdot S$

Daraus folgen: $\mu_H \geq \tan\alpha \cdot S$ bzw. $\alpha_{zul} \leq \arctan \frac{\mu_H}{S}$

Dabei bedeuten:	F_R	Reibungskraft [N]
	F_H	Hangabtriebskraft [N]
	m_R	Masse der Rohrleitung [kg] (mit Wasser- und Erdlast)
	μ_H	Haftreibungsbeiwert [-]
	α	Hangneigungswinkel [grad]
	α_{zul}	Zulässiger Hangneigungswinkel [grad]
	S	Sicherheitsbeiwert [-] S = 1,2

Einige μ_H -Werte sind in Abschnitt 7.9.3 angegeben.

Bei einem Sicherheitsbeiwert $S = 1,2$ und einem mittleren Haftreibungswert $\mu_H = 0,4$ ergibt sich hieraus ein zulässiger Hangneigungswinkel von $\alpha_{zul} = 18^\circ$ (Hangneigung 40%), d. h. daß bis 18° keine besondere Sicherung vorgenommen werden muß.

Bei steileren Hängen ($\alpha > \alpha_{zul}$) ist eine zusätzliche Sicherungskraft F_S [N] aufzubringen:

$$F_S = m_R \cdot g (\sin\alpha \cdot S - \cos\alpha \cdot \mu_H)$$

Neben der Anwendung von längskraftschlüssigen Verbindungen ist der Einsatz entsprechend dimensionierter Querriegel aus Beton möglich. Desweiteren muß durch geeignete Sicherungen vermieden werden, daß der verfüllte Rohrgraben als Drainage wirkt, so daß die Rohrbettung abgeschwemmt und die Rohrleitung unterspült werden kann.

Entsprechende Sicherungen sind auch erforderlich, um oberirdischen Abfluß längs des verfüllten Rohrgrabens und um Staunässe zu verhindern.

Beim Einsatz von Querriegeln sichert bei Steckmuffenrohren ein Betonwiderlager den unten liegenden Bogen (Fußbogen) und die bergwärts verlegten Rohre werden so in die Muffe eingeschoben, daß sie im Muffengrund aufsitzen.

Im Hang wird dann je nach Erfordernis jedes 2. oder 3. Rohr hinter der Muffe (bergwärts liegend) mit einem Betonriegel gesichert, der in den gewachsenen Boden eingebracht wird. Hierdurch erfolgt gleichzeitig der Schutz gegen Unterspülung.

Bei Wasserleitungen aus geschweißten Stahlleitungsrohren sind je nach Länge des Hanges nur Maßnahmen zum Schutz gegen Unterspülung erforderlich.

Der Einsatz von längskraftschlüssigen Rohren empfiehlt sich, wenn der Hang selbst rutschgefährdet ist, bei Bögen in der Hangstrecke und bei Übergängen von steileren in flachere Hangstrecken.

- Sicherung gegen bergbauliche Einflüsse

Werden Rohrleitungen durch Gebiete geführt, in denen mit Einwirkungen aus Untertage-Bergbau zu rechnen ist, sind Auskünfte bei den zuständigen Bergbaugesellschaften über Art und Größe der zu erwartenden Bewegungen einzuholen. Maßnahmen zur Anpassung bzw. Sicherung der Rohrleitungen sind vom Betreiber der Anlagen zu planen und mit der Bergwerksgesellschaft abzustimmen.

Folgende Anpassungs- bzw. Sicherungsmaßnahmen kommen für Rohrleitungen in Betracht:

- Einbauten, die eine Längenänderung ermöglichen (z. B. Dehner, Langmuffen, U-Stücke oder Axialkompensatoren).
- Polsterungen im Bereich von Krümmern und Abzweigen.
- Herstellen einer Rohrbettung mit niedriger Scherfestigkeit.
- Vorübergehendes örtliches Freilegen zur Aufhebung des Reibungsverbundes mit dem Untergrund.

Besonders gefährdet sind abgehende Leitungen und Anschlüsse, die das Gleiten des Bodens im Bereich der Rohrleitung behindern.

Die Anzahl und die konstruktive Gestaltung von Dehnungsausgleichern läßt sich auch bei Berücksichtigung der möglichen elastischen Längenänderung einer Rohrleitung berechnen. Hierzu sollten die Rohrhersteller konsultiert werden.

Bei der Anpassung bzw. Sicherung der längskraftschlüssigen Rohrleitung ist zu beachten, daß in Abhängigkeit von der Größe der Verformungen auch außerhalb des Senkungstrogos Bewegungen zwischen der Leitung und dem Baugrund stattfinden können.

Zur Kontrolle der Dehnerbewegungen können in besonderen Fällen Dehnermeßvorrichtungen eingebaut werden. Die oberen Grenzwerte für die Verformungen des Bodens sind mit den Bergwerksgesellschaften abzustimmen.

7.7 Offene und grabenlose Rohrverlegung

7.7.1 Allgemeines

Bei der Erstellung von Rohrgräben und Baugruben (offene Rohrverlegung) wird der Gleichgewichtszustand des Bodens gestört, wodurch oftmals eine Sicherung der Grabenwände gegen Abrutschen der Erdmassen erforderlich wird. Dies ist zwingend erforderlich, wenn Personen den Graben betreten und in ihm arbeiten.

Da diese Tiefbauarbeiten eine sorgfältige Vorbereitung und Ausführung erfordern, dürfen nur solche Unternehmen und Fachleute diese Arbeiten durchführen, die über die notwendigen Kenntnisse und Erfahrungen verfügen.

Die DIN 4124 „Baugruben und Gräben – Böschungen, Arbeitsraumbreiten, Verbau“ ist die sicherheitstechnisch wichtigste Richtlinie für den tiefbautechnischen Teil zur Herstellung von Rohrleitungen. Als Anhang zur Unfallverhütungsvorschrift „Bauarbeiten“ (VBG 37) hat sie eine besondere Bedeutung.

Da viele Rohrgräben eine Tiefe $\leq 1,75$ m haben, sollen in kurzer Form einige Regelungen dargestellt werden, die nach DIN 4124 abgeleitet und zwischen der Tiefbau-Berufsgenossenschaft und dem Rohrleitungsbauverband e. V. abgestimmt und veröffentlicht wurden (/12/ und /13/).

Da sowohl bei der offenen als auch bei der grabenlosen (geschlossenen) Rohrverlegung einige tiefbautechnische Begriffe von Bedeutung sind, sollen diese kurz erläutert werden.

● Böden

Nichtbindiger Boden: Boden, bei dem der Gewichtsanteil der Bestandteile mit Korngrößen unter 0,06 mm kleiner als 15% ist (nach DIN 2054).

Bindiger Boden: Boden, bei dem der Gewichtsanteil der Bestandteile mit Korngrößen unter 0,06 mm größer als 15% ist (nach DIN 2054).

Weicher Boden: Boden, der sich leicht kneten läßt (nach DIN 4022 T1).

Steifer Boden: Boden, der sich schwer kneten, aber in der Hand zu 3 mm dicken Röllchen ausrollen läßt, ohne zu reißen oder zu zerbröckeln (nach DIN 4022 T1).

Halbfester Boden: Boden, der beim Versuch, ihn zu 3 mm dicken Röllchen auszurollen, zwar bröckelt und reißt, aber doch noch feucht genug ist, um ihn erneut zu einem Klumpfen formen zu können (nach DIN 4022 T1).

Bodenart: Einteilung erfolgt nach DIN 4022.

Bodengruppe: Einteilung erfolgt nach DIN 18196.

Bodenklasse: Einteilung erfolgt nach DIN 18300
(Bewertung der erforderlichen Lösungsarbeit und der leistungsgerechten Aufteilung nach Vergütungsgruppen).

● Rohrgraben und Baugrube

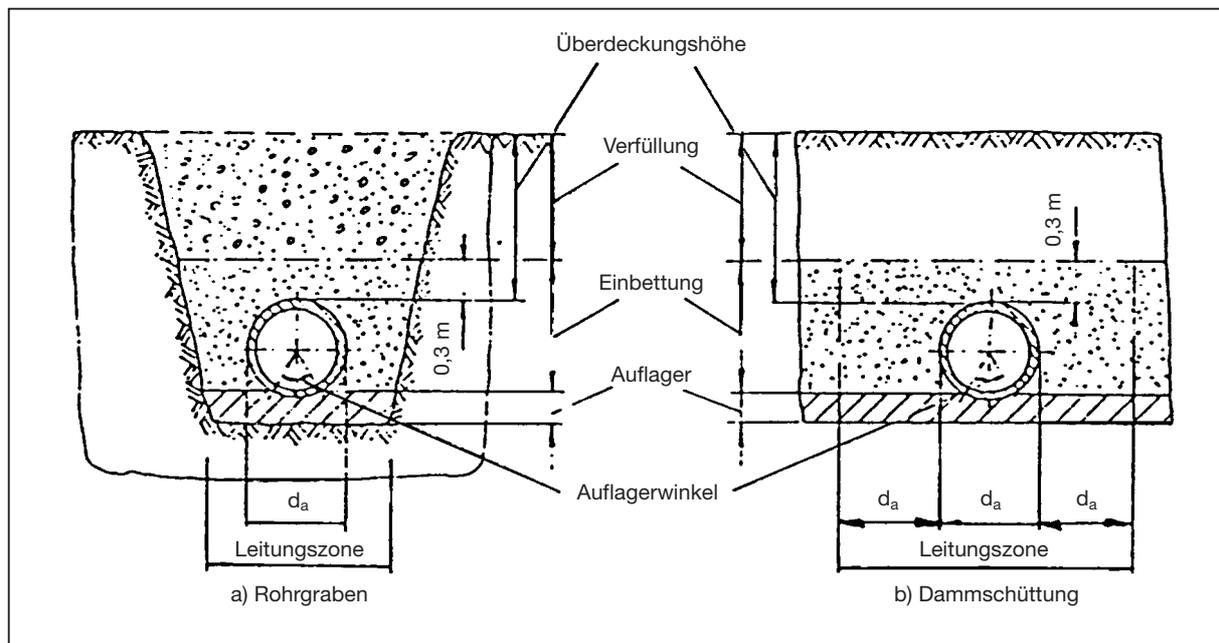
Rohrgraben: Schachtung, die unabhängig von Länge und Tiefe ausschließlich zum **Verlegen und Verbinden** von Rohren (einschließlich zugehöriger Begleitkabel) in der dafür erforderlichen Breite dient.

Baugrube: Übrige Schachtungen, auch wenn sie zusätzlich dem Verlegen und Verbinden von Rohren (einschließlich zugehöriger Begleitkabel) dienen.

- **Arbeitsraum**
 Betretbarer Arbeitsraum: Dient als Arbeitsraum zum Verlegen und Prüfen von Rohrleitungen (Grabenbreite $\geq 0,6$ m).
 Nicht betretbarer Arbeitsraum: Darf nur für kurzfristige Tätigkeiten betreten werden (z. B. Einbringen einer Sandbettung) und hat eine Grabenbreite $< 0,6$ m.
- Leitungszone, Auflager, Einbettung, Überdeckungshöhe (Bild 7.4).

Bild 7.4

Leitungszone, Auflager, Einbettung und Überdeckungshöhe von Wasserleitungen (nach DIN 19630).



7.7.2 Rohrgrabengestaltung bei offener Rohrverlegung

Mit Rücksicht auf die Sicherheit der Beschäftigten und auf eine einwandfreie Bauausführung müssen Rohrgräben bei offener Rohrverlegung eine ausreichende lichte Breite b aufweisen.

Als lichte Grabenbreite gilt dabei:

- Bei geböschten Gräben die Sohlbreite in Höhe der Rohrschaftunterkante (Leitungszone).
- Bei unverkleideten, mit senkrechten Wänden ausgehobenen Gräben sowie bei Gräben mit geböschten Kanten, teilweise gesicherten Gräben und Gräben mit Saumböhlen der lichte Abstand der Erdwände.
- Bei Verbau im allgemeinen der lichte Abstand der Platten oder Bohlen.

Grundsätzlich ist die lichte Mindestbreite für Gräben mit betretbarem Arbeitsraum aus Tabelle 7.5 ersichtlich.

Tabelle 7.5

Lichte Mindestbreiten für Gräben mit betretbarem Arbeitsraum (nach DIN 4124).

Äußerer Leitungs- bzw. Rohrschaft- durchmesser d in m	Lichte Mindestbreite b in m			
	Verbauter Graben		Nicht verbauter Graben	
	Regelfall	Umsteifung	$\beta \leq 60^\circ$	$\beta > 60^\circ$
bis 0,40	$b = d + 0,40$	$b = d + 0,70$	$b = d + 0,40$	
über 0,40 bis 0,80	$b = d + 0,70$		$b = d + 0,40$	$b = d + 0,70$
über 0,80 bis 1,40	$b = d + 0,85$			
über 1,40	$b = d + 1,00$			

Unabhängig vom Durchmesser der Leitung sind bei Gräben mit senkrechten Wänden, die einen betretbaren Arbeitsraum haben, folgende lichte Mindestbreiten einzuhalten:

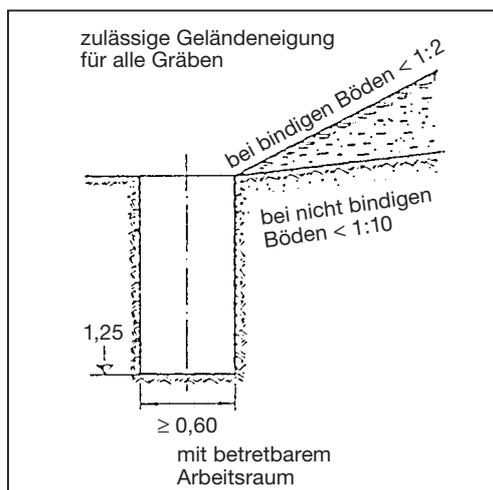
- b = 0,60 m bei nicht verbauten Gräben bis 1,75 m Tiefe und bei Gräben mit Saumbohle.
- b = 0,70 m bei Gräben mit teilweiser Sicherung und bei verbauten Gräben bis 1,75 m Tiefe.
- b = 0,80 m bei Grabentiefen von mehr als 1,75 m bis einschließlich 4,00 m.
- b = 1,00 m bei Grabentiefen von mehr als 4,00 m.

Nicht verbaute Baugruben und Gräben bis höchstens 1,25 m Tiefe dürfen in allen anstehenden Böden mit senkrechten Wänden hergestellt werden, wenn die anschließende Geländeoberfläche bei nichtbindigen Böden nicht größer als 1:10, oder bei bindigen Böden nicht größer als 1:2 geneigt ist (Bild 7.5 a). Dabei dürfen keine Einflüsse vorliegen, die die Standsicherheit beeinträchtigen.

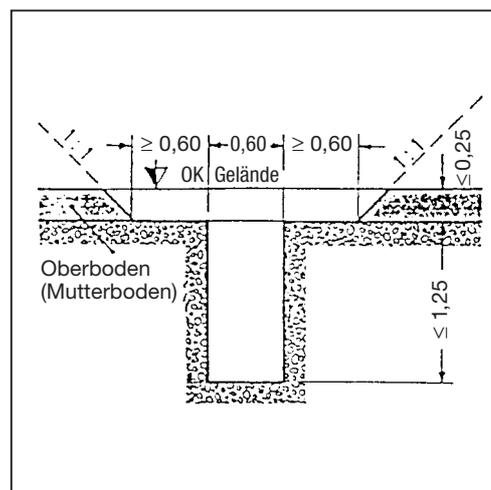
Wenn im freien Gelände vorab der Mutterboden beiderseits des auszuhebenden Rohrgrabens auf einer Breite von mindestens 0,60 m abgehoben oder abgeschoben wurde, kann die Rohrgrabentiefe ab Oberkante des ursprünglichen Geländes auf 1,50 m vergrößert werden (Bild 7.5 b).

Bild 7.5

Anordnung von Rohrgräben mit senkrechten Wänden bis 1,25 m Tiefe nach Köhler /12/.



a) Mit betretbarem Arbeitsraum nach DIN 4124.



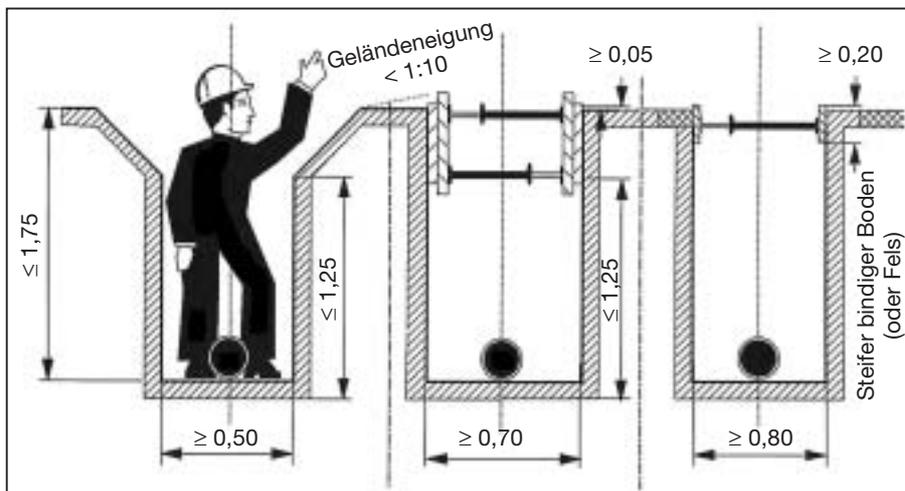
b) Bei abgehobenem Mutterboden.

Bei Gräben bis 1,75 m Tiefe darf der Aushub in mindestens **steifen bindigen Böden sowie bei Fels** mit senkrechten Wänden erfolgen, wenn der mehr als 1,25 m über der Sohle liegende Bereich der Wand unter einem Winkel $\beta \leq 45^\circ$ abgeböschet wird und die Geländeneigung nicht steiler als 1:10 ansteigt (Bild 7.6 a).

Analog ist dies bei einer teilweisen Sicherung des Bereiches oberhalb 1,25 m (Bild 7.6 b) oder beim Einsatz von mindestens 20 cm breiten Saumböhlen bei einem festen Straßenoberbau (Bild 7.6 c).

Bild 7.6

Ausbildung von Rohrgräben bis 1,75 m Tiefe nach DIN 4124 (mindestens steifer bindiger Boden) – nach /13/.



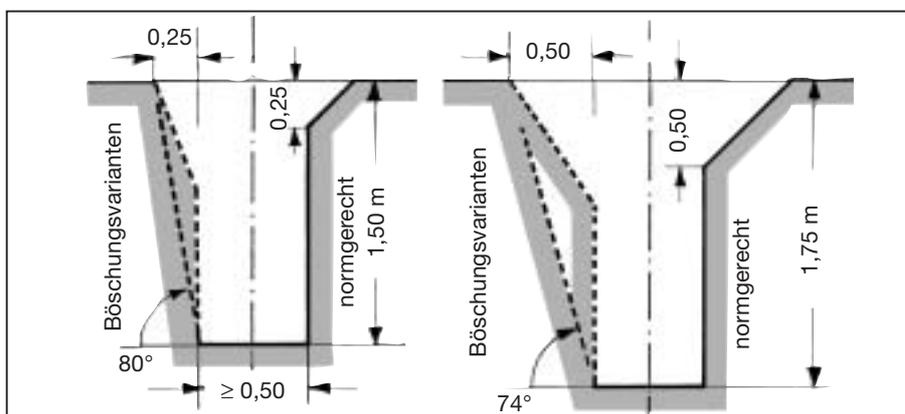
- a) Mit abgeböschten Kanten.
- b) Mit teilweiser Sicherung.
- c) Graben mit Saumböhlen.

a) b) c)

Da es in der Praxis schwierig ist, das Rohrgrabenprofil nach Bild 7.6 a herzustellen, ist es zulässig, anstelle der Teilabböschung die gesamte Grabenwand entlang einer Böschungslinie abzuböschen, die von der Grabensohle bis zum Schnittpunkt des Grabenprofils mit der Geländeoberfläche verläuft. Bei einem Graben von 1,75 m Tiefe ergibt sich dann ein max. Böschungswinkel von ca. 74° – bei 1,50 m Tiefe von 80° (Bild 7.7).

Bild 7.7

Sicherheitstechnisch zulässige Böschungen für Gräben bis 1,75 m Tiefe (nach Köhler /12/).



Gruben und Gräben mit einer Tiefe von mehr als 1,25 m, die eine geringere Bodenfestigkeit besitzen oder mit einer Tiefe von mehr als 1,75 m, müssen entweder verbaut oder mit abgeboöschten Wänden hergestellt werden. Die bodenmechanischen Eigenschaften, die Zeit der Offenhaltung und die äußeren Einflüsse auf die Böschung beeinflussen die Böschungswinkel. Ohne rechnerischen Nachweis der Standsicherheit gelten folgende Böschungswinkel:

- Bei nichtbindigen oder weichen bindigen Böden $\beta = 45^\circ$
- Bei steifen oder halbfesten bindigen Böden $\beta = 60^\circ$
- Bei Fels $\beta = 80^\circ$

Mit diesen dargestellten Zusammenhängen können das Rohrgrabenprofil und die Aushubmasse des Rohrgrabens ermittelt werden.

Bezüglich Sonderfällen (notwendiger Sicherheitsnachweis und verbaute Rohrgräben bei Tiefen größer 1,75 m) wird auf die Ausführungen der DIN 4124 verwiesen.

7.7.3 Grabenlose Rohrverlegung

Im Gegensatz zur offenen Rohrverlegung ist die grabenlose Rohrverlegung eine unterirdische Bauweise ohne Erstellung von offenen Rohrgräben. Je nach Verfahren können an den vorgesehenen Endpunkten Start- und Zielgruben erforderlich sein. Die Anwendung erfolgt im Rohrleitungsbau für alle die Fälle, wo aus verkehrstechnischen, baulichen, wirtschaftlichen oder Gründen des Umweltschutzes dies erforderlich ist oder besondere Vorteile bietet.

Charakteristisch für die grabenlose Rohrverlegung ist der unterirdische Vortrieb von speziellen, den einzelnen Verfahren angepaßten Bohrköpfen, mit denen entweder eine Pilotbohrung oder direkt die Bohrung für den Rohrstrang entsteht. Zu den unterirdischen Bauweisen gehören auch Schild- und Messervortrieb bzw. andere Stollenbaumethoden.

GW 304 (5/1998) behandelt den unterirdischen Einbau von vorgefertigten Rohren beliebigen Querschnitts, bei dem durch Verdrängen, Rammen, Bohren, Pressen oder durch Abbau im Boden ein Hohlraum geschaffen wird, in den die Rohre eingezogen, eingeschoben oder eingepresst werden. Die Rohre werden dabei entlang einer horizontalen oder geneigten Achse in gerader oder gekrümmter Trasse vorgetrieben. Der Boden wird dabei entweder verdrängt und/oder innerhalb des vorgetriebenen Rohrstranges abgefördert.

Die grabenlose Rohrverlegung kann nach verschiedenen Kriterien eingeteilt werden:

- Naß- und Trockenverfahren.
- Verfahren für unbemannt und bemannt arbeitende Rohrvortriebe.
- Steuerbare und nichtsteuerbare Verfahren.

Grabenlose Rohrvortriebsverfahren wurden bzw. werden durch Anforderungen der Kunden zu immer längeren Verlegeabschnitten und größeren Rohrdurchmessern durch neue Antriebs-technik, durch Fortschritte in der Elektronik und Sensortechnik und nicht zuletzt durch bessere geologische Trassenerkundung vorangetrieben. Angaben in der Fachliteratur sind deshalb sorgfältig nach ihrer Aktualität zu beurteilen.

Während nach /15/ im Jahre 1991 z. B. das Horizontal-Spülbohrverfahren nur bis ca. 200 mm einsetzbar war, konnten nach /14/ im Jahre 1993 schon Rohraußendurchmesser bis 550 mm und 350 m Länge verlegt werden. Nach /16/ wurden bis 1995 schon Leitungsrohre von DN 700

mit einer Länge von 650 m als HDD-Düker und in Einzelfällen Rohrstränge von DN 900 mit 1200 m bzw. DN 1200 mit einer Länge von 500 m grabenlos eingezogen.

Bei den unbemannt arbeitenden Rohrvortrieben werden ausgehend von einem Startschacht die Mantel- oder Produktröhre unterirdisch durch beispielsweise Rammen oder Pressen bis zu einem Zielschacht vorgetrieben. Das Rohr übernimmt die Abstützung des ausgebrochenen Raumes.

Für die Anwendung der nichtsteuerbaren und unbemannt arbeitenden steuerbaren Rohrvortriebe gelten die in Tabelle 7.6 dargestellten Erfahrungswerte nach GW 304 und /14/.

Die Bodenverdrängungsverfahren werden bis DN 200 (besonders für das Verlegen von HA-Leitungen) in verdrängungsfähigem Lockergestein (bindige bis rollige Böden) eingesetzt.

Für Rohre > DN 200 werden Bodenentnahmeverfahren angewendet, wobei das Horizontal-Preßbohrgerät auch für Festgestein einsetzbar ist.

Für Kreuzungen von Straßen und Eisenbahnen werden z. Z. noch vorrangig Bodenentnahmeverfahren eingesetzt.

In der Regel muß bei nichtsteuerbaren Verfahren davon ausgegangen werden, daß Abweichungen von der geplanten Richtung durch Schichten unterschiedlicher Härte oder eingelagerte Fremdkörper auftreten können. Der Einsatz dieses Verfahrens setzt voraus, daß eine gewisse Ungenauigkeit an der Austrittsstelle unschädlich und der notwendige Abstand von unterirdischen Anlagen und Einbauten vorhanden ist.

Tabelle 7.6

Erfahrungswerte für den Anwendungsbereich der Verfahren für unbemannt arbeitende Rohrvortriebe (nach GW 304 – Entwurf 9/93, Wasser/Information /14/ und nach /16/ aktualisiert.)¹

Verfahren	max. Rohraußendurchmesser D_a [mm]	max. Vortriebslänge l_v [m]	Mindestüberdeckung h_{min} [m]
Erdverdrängungshammer	200	$150 \times D_a$	$10 \times D_a$
Horizontalramme/-presse mit geschlossenem Rohr	200	$150 \times D_a$	$10 \times D_a$
Horizontalpreßanlage	100	30	$10 \times D_a$
Horizontalramme mit offenem Rohr	1200	50	$3 \times D_a$
Horizontal-Preßbohrgerät	1500	80	$2 \times D_a$
Pilotrohr-Vortriebe Sonderverfahren	200 600	30 60	6–8facher Aufweit- durchmesser
Preßbohr-Rohrvortrieb	250–1000	100	
Schild-Rohrvortrieb	250–1200	250	
Horizontal- Spülbohrverfahren	bis 1200	1200	$10\text{--}15\text{facher } D_a$ mind. 0,7 m

Bei den steuerbaren Verfahren kann durch die Verstellung (und Kontrolle) der Lage des Bohrkopfes bzw. des Spülkopfes eine Veränderung der Richtungsachse erreicht werden.

¹ Bedingt durch den schnellen Fortschritt der Rohrvortriebstechniken sollte die Aktualität der Angaben überprüft werden.

Beim Bohrpreß-Rohrvortrieb wird an der Ortsbrust der Boden durch einen Bohrkopf gelöst und mittels Förderschnecken innerhalb des zu verlegenden Rohres entgegen der Vortriebsrichtung herausgefördert. Das Einbringen des Rohres erfolgt kontinuierlich durch den Preßdruck der sich gegen Widerlager abstützenden Preßzylinder. Verschiedene Bohrköpfe gestatten die Arbeiten den jeweiligen Bodenverhältnissen anzupassen. Im Grundwasser ist das Verfahren nur bedingt einsetzbar.

Beim Schild-Rohrvortrieb (Einsatz einer Schildvortriebsmaschine) erfolgt ein vollflächiger Bodenabbau an der mechanisch und flüssigkeitsgestützten Ortsbrust durch einen Bohrkopf beim Vortrieb von Mantel- oder Produktenrohren. Der Bodenaustrag erfolgt kontinuierlich durch Trocken- oder Naßförderung. Der Einsatz erfolgt im Locker- und Festgestein mit und ohne Grundwasser.

Das Horizontal-Spülbohrverfahren ist ein weitverbreitetes Verfahren zur Anwendung im bindigen Lockergestein. Mit speziellen motorisch getriebenen Bohrköpfen kann auch in Festgestein gebohrt werden. Der gesamte Vorgang erfolgt bei der Normalbohrtechnik in zwei oder drei Stufen.

Pilotbohrung mit dem Durchmesser der Bohrlanze von ca. 50 mm bis zur Zielgrube. Hier erfolgt ein Wechsel der Bohrlanze gegen einen Aufweitkopf, der im Rückwärtsgang rotierend und spülend durch die Pilotbohrung gezogen wird und den Bohrungsquerschnitt aufweitet. Sollte der Querschnitt bereits die Verlegung des gewünschten Produktenrohrdurchmessers zulassen, wird der sich an der Zielgruppe befindende Rohrstrang an den Aufweitkopf angehängt und eingezogen. Der Aufweitungsdurchmesser des Aufweitkopfes soll etwa 20 bis 30% größer sein als der Durchmesser des Produktenrohres. Bei der Großbohrtechnik und bei schwierigen Untergrundverhältnissen sind stufenweise mehrere Aufweitvorgänge erforderlich. Bei der letzten Aufweitung wird der Produktenrohrstrang, der bereits in der notwendigen Länge verschweißt und korrosionsgeschützt wurde, eingezogen.

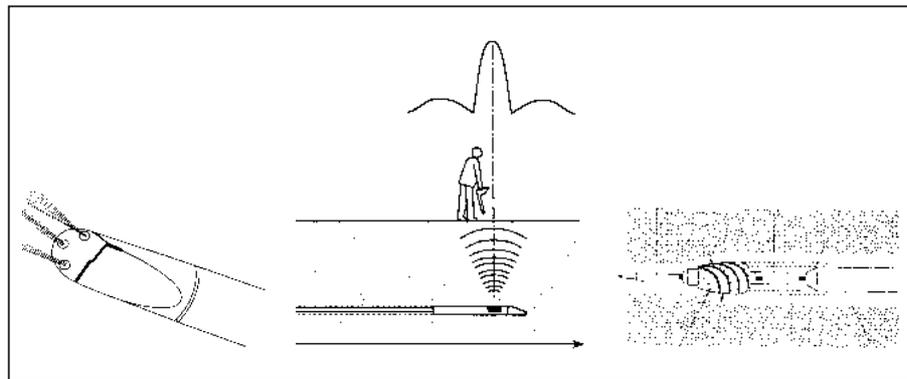
Bei diesem steuerbaren Naßbohrverfahren wird der Boden an der Bohrkopfspitze durch die scharfen, gesteinslösenden Wasser- bzw. Bohrsuspensionsstrahlen hydrodynamisch durchörtert. Zum Teil wird der Boden entlang des Bohrgestänges über den Rückfluß ausgetragen, zum anderen kommt es in der Umgebung der Bohrung zu einer Umlagerung des Bodens bzw. zu einer dichteren Bodenstruktur. Der übliche Einsatz der thixotrop wirkenden Ton-Wasser-Suspension (Bentonit) hat folgende Aufgaben:

- Lösen der Bodenteile aus der Bodenstruktur.
- Schmierung von Bohrlanze, Bohrgestänge und einzuziehendem Rohr.
- Transport der gelösten Bodenteile zur Startgrube.
- Stützung der Bohrlochwandung.

Bei kleineren Horizontalbohrungen wird die Bohrsteuerung von der Geländeoberfläche aus kontrolliert, indem ein in die Bohrlanze eingebauter Sender mit einem Ortungsgerät (Feldstärkemessung) hinsichtlich seiner vertikalen und horizontalen Lage verfolgt wird. Sowohl der asymmetrische Aufbau der Bohrlanzenspitze als auch die flexiblen Bohrstrahlen bewirken minimale Kurvenradien. Bei normaler Vorschubbewegung rotiert die Bohrlanze, beim Steuern bzw. der Korrektur der Bohrrichtung wird die Spüllanze nicht gedreht, die abgeschrägte Fläche wirkt als Lenkfläche. Im Bild 7.8 sind schematisch Bohrlanze, Ortung und das Einziehen des Rohres ersichtlich.

Bild 7.8

Schematische Darstellung einiger charakteristischer Details beim Horizontal-Spülbohrverfahren (nach /17/).



a)

b)

c)

- a) Spüllanze mit Düsen und Lenkfläche.
- b) Ortung der mit einem Sender versehenen Spüllanze mittels Feldstärkemeßgerät.
- c) Aufweiten der Pilotbohrung mittels Aufweitungskopf (Backreamer) und Einziehen der Rohrleitung.

Bei größeren Bohrungen wird ein völlig anderes Ortungssystem verwendet. Durch Präzisionsnavigation wird ständig die aktuelle horizontale Bohrrichtung und die vertikale Neigung elektronischer Sensoren, die hinter dem Bohrkopf angeordnet sind, ermittelt und über ein im Bohrgestänge verlaufenden Kabel an den Steuerstand des Bohrgerätes übertragen. Ortungen von der Oberfläche aus sind nicht mehr notwendig.

Für alle Verfahren der grabenlosen Rohrverlegung, ist zumindest bei wirtschaftlich bedeutenden Vortriebslängen, eine vorangehende geologische Erkundung der vorgesehenen Verlegetrasse, z.B. durch Abteufen von Bohrungen oder moderne Georadarverfahren, zu empfehlen. Bei größeren Objekten wird dies zwingend erforderlich, zumal die Baugrund- und Grundwasserhältnisse die Wahl des Vortriebsverfahrens, die erforderlichen Einrichtungen und die Durchführung entscheidend beeinflussen. Bezüglich technischer Details wird auf /16/ verwiesen. Voruntersuchungen sind auch zur Vermeidung von Bauschäden zweckmäßig.

Für die grabenlose Rohrverlegung, insbesondere mit Verfahren der gesteuerten Horizontalbohrtechnik, sind Stahlrohre mit längskraftschlüssigen Schweißverbindungen und wegen der übertragbaren praktisch gleichgroßen Zug- und Druckkräfte besonders gut geeignet. Bei der Planung solcher Sonderbauwerke sind die zulässigen Biegeradien während der Verlegung und für den späteren Betrieb zu beachten.

Für Stahlleitungsrohre mit ZM-Auskleidung beträgt der kleinste zulässige Biegeradius für den Verlegezustand $R \geq 500 \cdot D$ (D = Rohraußendurchmesser). Für dauerhafte Biegungen sind die zulässigen Biegespannungen unter Berücksichtigung der Spannung aus dem Rohrinneindruck sowie aus anderen Beanspruchungen zu berechnen. In Anlehnung an die Einziehbaugrube bei Rohrsanierungen /18/ können charakteristische Werte beim Einziehen ermittelt werden (Bild 7.9):

- Länge der Einziehbaugrube l_G bei einer Rohrsohlentiefe H :

$$l_G = \sqrt{H * (4R - H)}$$

- Steigungswinkel:

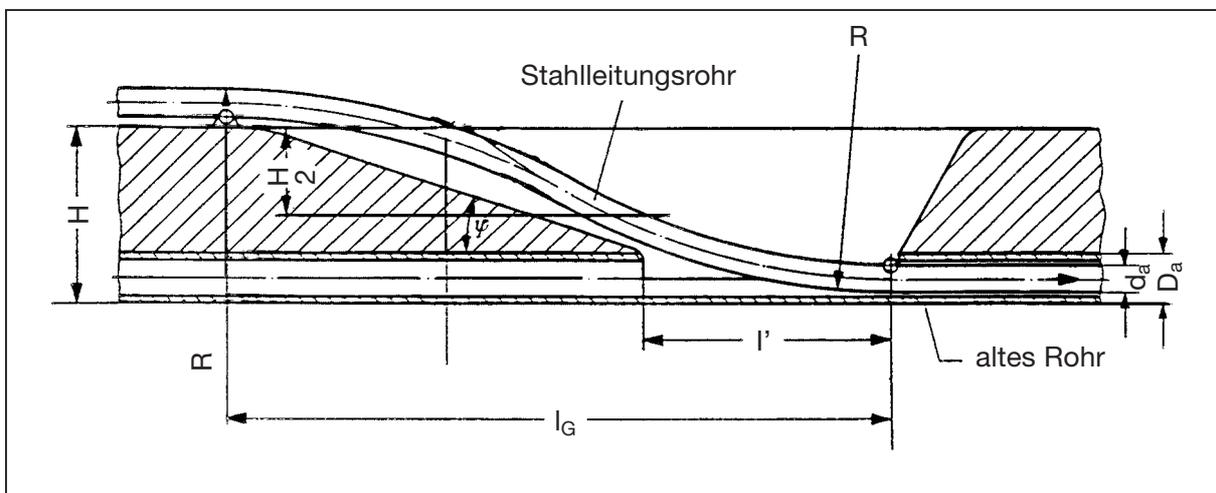
$$\Psi = \arctan \frac{H - D_a}{l_G - l'}$$

- Länge der Teilbaugrube l' bei Berücksichtigung eines Absatzes mit der Höhe D_a :

$$l' = \sqrt{D_a * (2R - D_a)}$$

Bild 7.9

Abmessungen einer Einziehbaugrube bei der Rohrsanierung (nach /18/).



Wird das Produktenrohr direkt eingezogen, sind spezielle Anforderungen an die Umhüllungen/ Ummantelungen zu stellen. Erfahrungen über die sich in der Praxis bewährten Umhüllungen/ Ummantelungen sind in /16/ und /19/ dargestellt.

Eine wichtige Grundlage für die Planung bildet GW 312 „Statische Berechnung von Vortriebsrohren“. Neben der Erläuterung der verschiedenen Belastungen und Schnittkräfte sind umfangreiche Bemessungstabellen für Stahlrohre angegeben, mit deren Hilfe beim Einsetzen der Betriebsdrücke, der Nennweite, des Rohrwerkstoffes und der Vortriebslänge die Mindestwanddicke für Produktenrohre einfach bestimmt werden kann.

Weitere Erläuterungen zu den Vortriebsverfahren sind W 309 „DVGW/ATV – Standardleistungsbuch für das Bauwesen (StLB), Leistungsbereich 911, Rohrvortrieb, Durchpressungen“ und DIN 18319 VOB/C „Rohrvortriebsarbeiten“ (ATV) zu entnehmen.

Obwohl die Wirtschaftlichkeit der grabenlosen Verlegung gegenüber der offenen Rohrverlegung mehrfach bei Projekten nachgewiesen wurde, empfiehlt sich vor jeder Verlegemaßnahme eine komplexe Betrachtung beider Rohrverlegeverfahren.

Geologische Untersuchungen und Abstimmungen mit Vortriebsfirmen und Rohrherstellern sind notwendige Voraussetzungen zur Einschätzbarkeit des Einsatzes der grabenlosen Rohrverlegung.

Auch Ausweichvarianten bei Nichtdurchführbarkeit einer geplanten grabenlosen Rohrverlegung sind festzulegen.

7.8 Hinweise für einzelne Anlagenteile

Für die Gestaltung der einzelnen Anlagenteile von Wasserleitungen sind die Hinweise in den Standardwerken zu beachten (siehe Abschnitt 7.1).

Für Wasserleitungen sind weitere Einzelheiten u. a. zu entnehmen:

- GW 4 „Straßenkappen“
- W 331 „Hydranten“
- W 332 „Hinweise und Richtlinien für Absperr- und Regelarmaturen in der Wasserversorgung“
- W 333 „Anbohrarmaturen und Anbohrvorgang in der Wasserversorgung“ (Entwurf)
- W 351 „Quellfassungen, Sammelschächte, Druckunterbrechungsschächte“
- W 355 „Leitungsschächte“
- W 356 „Auslaufbauwerke“

7.9 Berechnung von Wasserleitungen

7.9.1 Berechnung des Rohrdurchmessers

Die Berechnung des Rohrdurchmessers für Rohrleitungen kann nur aus der komplexen Betrachtung eines Rohrnetzes abgeleitet werden. Bei der Planung einer(s) Rohrleitung/Rohrnetzes sind die örtlichen Verhältnisse ausschlaggebend, wobei in gleicher Weise technische und wirtschaftliche Gesichtspunkte zu beachten sind. Die langfristige Betriebssicherheit und Verfügbarkeit muß Vorrang vor Billiglösungen haben. Deshalb ist auch der Anschaffungspreis von Rohrleitungen nicht allein ausschlaggebend, sondern die anfallenden Kosten während der Nutzungsdauer müssen in Betracht gezogen werden. Mit Hilfe einer Wirtschaftlichkeitsrechnung läßt sich eine geplante Maßnahme bewerten. Dabei ist zwischen rechnerischer Wirtschaftlichkeit und Zuverlässigkeit/Versorgungssicherheit oft abzuwägen, da in den Kosten die Probleme bei Versorgungsunterbrechungen nicht erfaßt werden!

Die in der Fachliteratur oft dargestellte grafische Ermittlung des wirtschaftlichsten Durchmessers als Summe von Rohrleitungskosten und Energiekosten berücksichtigt auch nur Teilkosten.

Ausgangspunkt für eine komplexe Betrachtung ist die AVB Wasser V, nach der ein WVU Trinkwasser in ausreichender Menge bei einem bestimmten Versorgungsdruck und entsprechender Qualität den Verbrauchern zur Verfügung stellen muß.

Verteilungsnetze sind mindestens für PN 10 zu planen. Der höchste Druck ohne Druckstöße soll ca. 2 bar unter dem Nenndruck liegen. Bei größeren Höhenunterschieden sind Druckzonen vorzusehen. Als Ruhedruck im Schwerpunkt einer Druckzone sind 5 bis 6 bar am Hausanschluß günstig. Der Versorgungsdruck im Fließzustand ist ein Eckpunkt für die Auslegung der Rohrleitungen. Nach W 403 sollten die in Tabelle 7.7 angegebenen Versorgungsdrücke – gemessen am Hausanschluß (unmittelbar vor dem Wasserzähler) nicht unterschritten werden.

Tabelle 7.7

Mindest-Versorgungsdrücke am Hausanschluß in Abhängigkeit von der Gebäudehöhe.

Art des Gebäudes	Mindest-Versorgungsdruck p_v [bar]	
	neues Netz	bestehendes Netz
Gebäude mit EG	2,0	2,00
Gebäude mit EG und 1 OG	2,5	2,35
Gebäude mit EG und 2 OG	3,0	2,70
Gebäude mit EG und 3 OG	3,5	3,05
Gebäude mit EG und 4 OG	4,0	3,40

Die Versorgungsdrücke für bestehende Netze gelten auch für neue Netzteile in unmittelbarem Zusammenhang mit bestehenden Netzen.

Neben dem Versorgungsdruck ist der maßgebende Wasserbedarf eine weitere Kenngröße für die Auslegung der Rohrleitung. Bei der Ermittlung des Bedarfs sind Planungszeiträume und Ausbaustufen festzulegen.

Bei der Wahl des Planungszeitraumes für Anlagen oder Anlagenteile ist es zweckmäßig, folgende Gesichtspunkte zu beachten:

- Möglichkeiten zur Erweiterung einzelner Anlagen.
- Nutzungsdauer der Anlagenteile.
- Nachteile zu großer Anlagen.
- Gesamtwirtschaftlichkeit.

Für die Bemessung der einzelnen Anlagenteile sind im allgemeinen folgende Planungszeiträume empfehlenswert:

- Anlagen, die leicht austauschbar sind 10 Jahre
(z. B. Pumpen und Kompressoren)
- Anlagen, die leicht erweiterungsfähig sind 10–15 Jahre
(z. B. Druckerhöhungsanlagen)
- Schwer austauschbare, bzw. erweiterbare Anlagen > 30 Jahre
(z. B. Wassertürme)
- Anlagen, die langfristiger Planung bedürfen ca. 50 Jahre

Bauvorhaben, die für lange Planungszeiträume entworfen werden, sollen aus technischen und wirtschaftlichen Gründen sowie wegen der mit Bedarfsschätzungen verbundenen Unsicherheit in geeigneten Ausbaustufen zeitlich gestaffelt werden. Auf diese Weise ist eine Anpassung u. a. an den Bedarf, die räumliche Entwicklung und die jeweils erforderliche Versorgungssicherheit möglich.

Rohrnetze sind als vermaschte Netze zu planen. Sie können zunächst als Verästelungsnetze gebaut werden. Eine Anpassung an den steigenden Bedarf wird z. B. durch Ringschlüsse erreicht.

Bei Fernleitungen ist zu entscheiden, ob die Gesamtwasserversorgung oder die Versorgung mit Zusatzwasser die Bemessungsgrundlage bildet. Der Ausbau solcher Leitungen sollte in Anpassung an den Ausbaugrad weiterer Anlagen (z. B. Gewinnungs-, Aufbereitungs- oder Förderanlagen) und unter Berücksichtigung der Versorgung weiterer Versorgungsgebiete erfolgen. Die Nennweite der Zubringerleitungen und der Nenndruck sind möglichst so festzulegen, daß eine Steigerung des Durchflusses durch Druckerhöhung möglich ist. Weitere Leitungen zu den

Verbrauchsschwerpunkten und deren abschnittsweise Verbindung erhöhen die Versorgungssicherheit. Bei bestehenden Förderanlagen sind Anpassungen an einen erhöhten Bedarf durch den Einbau leistungsfähiger und zusätzlicher Pumpen möglich.

Die Bemessung der Rohrleitungen erfolgt für unterschiedliche Betriebszustände.

Bei Fernleitungen ist zu entscheiden, ob die Bemessung für den Spitzenbedarf oder für den mittleren Bedarf (Einbeziehung von Wasserbehältern) erfolgt. Durch die Anordnung entsprechender Speicherräume kann der Bedarf auch für einen Tages- oder Wochenausgleich zu Grunde gelegt werden.

Zubringer-, Haupt-, Versorgungs- und Hausanschlußleitungen sind für die jeweils maßgebende, kurzzeitige Spitzenbelastung zu bemessen.

Der Aussagewert dieser maßgebenden Spitzenbelastung ist nur dann gesichert, wenn langfristige Tendenzen durch Auswertung der Entwicklung von Einwohnerzahl und Verbrauch die Grundlage bilden.

Die zukünftige Entwicklung von Einwohnerzahl, Industrie, Landwirtschaft und Kleingewerbe ist ebenso abzuschätzen wie die Entwicklung des technischen Ausstattungsgrades von Wohnungen und des Wasserpreises.

Auch Strukturänderungen (z. B. Deindustrialisierung oder Rückgang der Landwirtschaft) können ebenfalls zu Trendänderungen führen. Im allgemeinen gilt, daß der Wasser- und Energiebedarf der Bevölkerung und des Kleingewerbes einem Sättigungswert zustrebt und für die Industrie rückläufig ist.

Die Trendentwicklung und der über ein Jahr gemittelte Wasserverbrauch der Bevölkerung sind Ausgangspunkte der Bedarfsermittlung. Die Verbrauchswerte sind zwischen den alten und neuen Bundesländern in Deutschland sehr unterschiedlich (Richtwert: alte Bundesländer $q_{dm} \approx 145 \text{ l}/(\text{E} \cdot \text{d})$ – neue Bundesländer $q_{dm} \approx 80 \dots 100 \text{ l}/(\text{E} \cdot \text{d})$). Der tägliche Wasserbedarf ist in Grenzen temperaturabhängig. Der Wasserbedarf steigt ab einer bestimmten mittleren meteorologischen Tagestemperatur (etwa $15 \text{ }^\circ\text{C}$ bis $21 \text{ }^\circ\text{C}$) bis zu einem oberen Grenzwert nahezu linear an.

Der tägliche Wasserbedarf wird jedoch noch von zahlreichen anderen Einflüssen, wie Dauer von Trockenperioden, Wachstumsperiode, Zusammensetzung der Wasserverbraucher, Schulferien und Wochentagen beeinflusst. Werden die gemessenen Tagesverbräuche in Form einer Dauerlinie geordnet, zeigt sich, daß an rund 300 Tagen im Jahr etwa der mittlere Tagesbedarf abgegeben wird. Nur für wenige Tage ist mehr Wasser bereitzustellen.

Abweichungen von dieser Tendenz sind zu erwarten, z. B.:

- In ausgeprägten Fremdenverkehrsorten.
- In Gebieten mit hohem Industrie-Verbrauch.

Das Verhältnis „mittlerer Tagesbedarf“ zu „höchstem Tagesbedarf“ liegt je nach Größe des Versorgungsgebietes zwischen 1:1,5 und 1:3 (alte Bundesländer). Im allgemeinen ist von 1:1,5 bis 1:2 auszugehen. Die Spitzenfaktoren fallen mit zunehmender Einwohnerzahl.

Der stündliche Wasserverbrauch schwankt im Verlauf eines Tages. In Gemeinden ohne wesentlichen Industriebedarf treten stark ausgeprägte Stundenspitzen auf. Mit zunehmender Einwohnerzahl und steigendem Bedarf der Industrie verflacht diese Tagesganglinie.

Als Richtwerte für den höchsten stündlichen Wasserbedarf können angenommen werden (alte Bundesländer):

- Bei kleinen ländlichen Gemeinden: 12–17% des höchsten Tagesbedarfs.
- Bei größeren Gemeinden: ca. 12% des höchsten Tagesbedarfs.
- Bei Kleinstädten: ca. 10% des höchsten Tagesbedarfs.
- Bei Großstädten: 6–8% des höchsten Tagesbedarfs.

Während für Versorgungsleitungen als Grundlage $40\text{--}50 \text{ l}/(\text{E} \cdot \text{h})$ die Grundlage bildet (alte Bundesländer), wird für Hauptleitungen der höchste Stundenbedarf mit den angegebenen Prozentsätzen errechnet. Für die Planung von Wasseranschlußleitungen gilt W 404.

Details zur Ermittlung des Wasserbedarfs sind W 410 zu entnehmen, wo die Spitzenverbräuche mit Tages- und Stundenspitzenfaktoren berechnet werden.

Neben dem Spitzenbedarf für die Einwohner (enthält auch Bedarf für Kleingewerbe) ist der Wasserbedarf für alle übrigen Verbraucher (z. B. Krankenhäuser, Industriebetriebe und Kaufhäuser) getrennt zu erfassen (nach W 410).

Weiterhin ist festzulegen, ob die öffentliche Wasserversorgung den Löschwasserbedarf für den Brandschutz (Grundsatz) nach W 405 ganz, teilweise oder nicht bereitzustellen hat. Übersteigt der Löschwasserbedarf den Trinkwasserbedarf erheblich, können zu lange Verweilzeiten des Wassers in der Rohrleitung auftreten. Diese Gesichtspunkte sind bei der Planung zu berücksichtigen!

Mit den ermittelten Bedarfszahlen errechnen sich die Rohrdurchmesser über die empfohlenen Fließgeschwindigkeiten (z. B. nach W 403).

Folgende Orientierungswerte für Fließgeschwindigkeiten gelten:

- Hauptleitungen für Trinkwasser 1–2 m/s
- Versorgungs- und Hausanschlußleitungen für Trinkwasser < 2 m/s
- Betriebswasserleitungen 1–3 m/s

Bei instationären Zuständen wird auf W 303 verwiesen.

Für die maßgebenden Betriebszustände sind nach Wahl des Rohrdurchmessers u. a. die höchsten und niedrigsten Betriebsdrücke zu berechnen. Grundlage für die Ermittlung des Druckverlustes in Wasserrohrleitungen und -rohrnetzen bildet W 302.

Da die exakte Erfassung aller Fließwiderstände in Rohrleitungen praktisch nicht möglich ist, ist das Einsetzen einer integralen Rauheit k_i (mm) dem Einsetzen von k -Werten für verschiedene Rohrwerkstoffe und Oberflächen vorzuziehen. Entsprechend W 302 empfiehlt sich **für neue und gut gepflegte Rohrnetze** das Rechnen mit folgenden k_i -Werten:

- $k_i = 0,1 \text{ mm}$ Fernleitungen und Zubringerleitungen mit gestreckter Leitungsführung
- $k_i = 0,4 \text{ mm}$ Hauptleitungen mit weitgehend gestreckter Leitungsführung
- $k_i = 1,0 \text{ mm}$ Vermaschte neue Netze

Bei alten Rohrnetzen gelten diese Werte nicht! Hier sind über umfangreiche Rohrnetzanalysen die k-Werte zu ermitteln.

Diese hydraulischen Berechnungen werden heute fast ausschließlich mit elektronischen Datenverarbeitungsanlagen durchgeführt.

Für die Berechnung von Rohrnetzen mit elektronischen Datenverarbeitungsanlagen gilt GW 303. Die Rohrdurchmesser sind gut gewählt, wenn für den Zeitpunkt des Spitzenverbrauchs die Versorgungsdrücke im Fließzustand den Erfordernissen entsprechen und noch Druckreserven für Feuerlöschzwecke und Stadterweiterungen vorhanden sind.

7.9.2 Berechnung der Wanddicke

Die Wanddicke von Stahlleitungsrohren ist entsprechend dem vorgesehenen Innendruck und den zusätzlich zu erwartenden äußeren Belastungen zu bemessen.

Grundlage für die Berechnung von Stahlleitungsrohren gegen Innendruck ist DIN 2413 T 1. Dabei ist in den meisten Fällen die Berechnung nach dem Geltungsbereich I "vorwiegend ruhend beansprucht bis 120 °C" ausreichend.

Bei Rohrbogen wird die Wanddicke üblicherweise nur gegen Innendruck ausgelegt. Die Berechnung erfolgt nach DIN 2413 T 2.

Für eine ausreichende Sicherheit sind Sicherheitsbeiwerte und Faktoren der Schweißnahtwertigkeit (Nutzungsgrad der zulässigen Schweißnahtberechnungsspannung) bei der Berechnung anzuwenden.

Die anzuwendende Wanddicke ergibt sich aus der rechnerischen Wanddicke plus Zuschläge für zulässige Wanddickenunterschreitung und für Korrosion und Abnutzung. Für Rohre mit Korrosionsschutz ist ein Zuschlag für Korrosion und Abnutzung nicht erforderlich.

Für geschweißte Stahlrohre für Wasserleitungen mit Schweißverbindung und mit Steckmuffenverbindung ist eine Berechnung der Wanddicke nur erforderlich, wenn die in DIN 2460 Tabelle 3 zugeordneten Nenndrücke und die berücksichtigten äußeren Belastungen überschritten werden. Neben der Berechnung der Wanddicke gegen Innendruck nach DIN 2413 mit verschiedenen Sicherheitsbeiwerten je nach Stahlsorte und Prüfbescheinigung wurden berücksichtigt

- Verkehrsbelastung bis SLW 60
- Möglicher Abfall des Innendruckes auf den absoluten Druck $p_{abs} = 0,2 \text{ bar}$
- Erdüberdeckung bis DN 500 0,6 - 6 m, über DN 500 0,6 - 4 m

Eine einwandfreie Grabensohle und sorgfältige Verfüllung des Rohrgrabens tragen besonders bei großen Rohrdurchmessern wesentlich zu einer günstigen Beanspruchung des Rohres bei.

Dynamische Druckänderungen (Druckstöße) sind den stationären Betriebsdrücken für den Normbetrieb hinzuzurechnen.

Da der Einfluß von Verkehrslasten auf Rohrleitungen mit zunehmender Überdeckungshöhe abnimmt, aber der Einfluß der Erdauflast zunimmt, ist bei Erdüberdeckungen $< 0,6$ m oder > 6 m ein statischer Nachweis erforderlich. Dieser Nachweis kann in Anlehnung an das ATV-Arbeitsblatt A 127 oder das VdTÜV-Merkblatt 1063 durchgeführt werden.

Für den Bereich der Deutschen Bahn AG ist die Bemessung von Produkten- und Mantelrohren gegen Erddruck und Verkehrslast in W 305 geregelt.

Bei oberirdischer Verlegung sind gegebenenfalls weitere Beanspruchungen, z.B. Biegung durch Eigengewicht, Schnee- und Windlasten, durch einen gesonderten statischen Nachweis zu berücksichtigen.

7.9.3 Berechnung von zu sichernden Rohrlängen

An Bögen, Abzweigen, Reduzierungen und Endverschlüssen von Rohrleitungen treten Kräfte auf, die z. B. nach GW 310 ermittelt werden können. Bei längskraftschlüssigen Rohrverbindungen (z. B. Schweißverbindungen) werden diese Kräfte durch die Rohrleitungen aufgenommen. Bei besonders bemessenen Großrohren mit Segmentkrümmerausbildung sind auch diese zu bemessen.

Bei nichtlängskraftschlüssigen Rohrverbindungen gibt es grundsätzlich 2 Möglichkeiten zur Aufnahme dieser Kräfte:

Möglichkeit I

Aufnahme der Kräfte durch Ausnutzung der Reibung zwischen Rohraußenfläche und Erdboden – zu diesem Zweck muß **eine bestimmte Leitungslänge längskraftschlüssig** durch den Einsatz weniger längskraftschlüssiger Verbindungsteile (z. B. TYTON-SIT-Schubsicherungsringe oder Halteschellen) eingebaut werden. Die ermittelte Rohrlänge wird oft auch als Rohrreibungsgrenzlänge bezeichnet.

Möglichkeit II

Aufnahme dieser Kräfte durch entsprechende Gestaltung von Betonwiderlagern (siehe Abschnitt 7.9.4).

Grundlage zur Berechnung der längskraftschlüssig zu sichernden Rohrlängen (Möglichkeit I) bildet GW 368 „Hinweise für Herstellung und Einbau von zugfesten Verbindungsteilen zur Sicherung nichtlängskraftschlüssiger Rohrverbindungen“ (Ausgabe 4/73).

Da diese Hinweise exakt nur für Rohrleitungen aus duktilem Gußeisen und für Rohrlängen von 6 m gelten, aber sinngemäß auch auf Stahlrohrleitungen mit einer Länge von 6 m oder 12 m übertragen werden können, sollen die Unterschiede bei der Berechnung dargestellt werden.

- Grundlagen
 - Die zugfesten Verbindungen müssen die **während der Druckprüfung** auftretenden Längskräfte übertragen (höchster Innendruck: Prüfdruck entsprechend DIN 4279 T3).
 - Sämtliche Teile sind mit dem **Sicherheitsbeiwert $S = 1,5$** gegen den Prüfdruck zu bemessen.
 - Geringfügige Verschiebungen der zugfesten Verbindungen (schubgesicherte Muffenverbindungen) sind zulässig – Verformungen an Teilen der Schubsicherung sind unzulässig.
 - Alle Teile der zugfesten Verbindungen müssen korrosionsgeschützt sein.

- Es ist **unzulässig**, nur die Verbindung zwischen einem Bogen und dem nächsten Rohr zu sichern.
 - Die Zahl der Sicherungen ist von der Höhe des Prüfdruckes, der Nennweite, der Reibung zwischen der äußeren Rohrwand und dem umgebenden Boden sowie von der Länge der beiderseits des Bogens unmittelbar anschließenden Rohre abhängig. Weiterhin hat der Bogenwinkel einen Einfluß auf die Größe der Längskräfte.
 - **Mindestens 2 Muffen** auf jeder Seite sind bei **6 m-Rohrlängen** zu sichern, (d. h. daß bei 12 m-Rohrlänge mindestens 1 Muffe auf jeder Seite gesichert werden muß).
- Berechnung der zu sichernden Rohrlängen beim Einsatz von Bögen
 In GW 368 sind die Berechnungen der Schubkraft aus Innendruck, des Erdwiderstandes, der Reibungskraft aus der Erdauflast an der Rohroberseite, der Reibungskraft aus Erdauflast, Wasserfüllung und Rohrgewicht an der Rohrunterseite, der Reibungskraft aus dem Erdwiderstand und das Zusammenwirken von Schubkräften und Erdwiderstand detailliert dargestellt.

Aufgrund aller Kräfte ergibt sich, daß die den Bogen herausdrückende, vom Innendruck erzeugte Schubkraft F mit den hemmenden Kräften im Gleichgewicht sein muß, um das Herausdrücken zu vermeiden.

Allgemein gilt:

$$F = L \cdot \mu \cdot g (2 m'_B + m'_W + m'_R) + E \cdot \mu + E \cot \frac{\alpha}{2}$$

Daraus folgt die zu sichernde Rohrlänge L:

$$L = \frac{F - E (\mu + \cot \frac{\alpha}{2})}{\mu \cdot g (2 m'_B + m'_W + m'_R)}$$

Hierbei bedeuten:

- L zu sichernde Rohrlänge beiderseits des Bogens [m]
- F Schubkraft längs des Rohres [N]
- E Erdwiderstand [N]
- μ Reibungszahl zwischen Rohraußenfläche und Erdboden [-]
- $\alpha/2$ halber Bogenwinkel des Formstückes [grad]
- g Erdbeschleunigung
- m'_B längenbezogene Masse des Erdbodens über dem Rohr [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$]
- m'_W längenbezogene Masse der Wasserfüllung [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$]
- m'_R längenbezogene Masse des Rohres [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$]

Mit den üblichen Werten für die Dichten des Erdbodens $\rho_B = 1800 \text{ kg/m}^3$ und der Wasserfüllung $\rho_W = 1000 \text{ kg/m}^3$ ergibt sich letztlich die zu sichernde Rohrlänge zu

$$L = \frac{l (6,5 p \cdot d_a) - 0,2777 \delta_E \cdot l (\mu + \cot \frac{\alpha}{2})}{\mu (2H + 0,65 d_a + 0,002617 \cdot \rho_R \cdot s)} \text{ [m]}$$

Hierbei bedeuten:

- l Länge des Einzelrohres [cm]
 - p Prüfdruck [bar]
 - d_a Rohraußendurchmesser [cm]
 - δ_E höchstmögliche Bodenpressung [Ncm⁻²]
 - H mittlere Überdeckungshöhe [cm]
 - s Wanddicke des Rohres [cm]
 - ρ_R Dichte des Rohrwerkstoffes [kg · m⁻³]
- Für Stahlrohre folgt mit ρ_R = 7850 kg/m³

$$\text{bei } 6 \text{ m-Längen } L = \frac{l}{\mu} \cdot \frac{(6,5 \cdot p \cdot d_a) - 167 \cdot \delta_E (\mu + \cot \frac{\alpha}{2})}{2H + 0,65 d_a + 20,5 \cdot s}$$

$$\text{bei } 12 \text{ m-Längen } L = \frac{l}{\mu} \cdot \frac{(6,5 \cdot p \cdot d_a) - 334 \cdot \delta_E (\mu + \cot \frac{\alpha}{2})}{2H + 0,65 d_a + 20,5 \cdot s}$$

● Hinweise für Anwendungsfälle

Bei Berechnung von Anwendungsfällen sind die noch fehlenden Angaben zu wählen:

- Prüfdruck p [bar] ergibt sich bei Stahlleitungsrohren über den Prüfdruck nach DIN 4279 T3
- Überdeckungshöhe H [cm] nach Planungsunterlagen
- Außendurchmesser d_a [cm] ergeben sich über die Abmessungen und Wanddicke s [cm] der Stahlrohre (Umhüllung vernachlässigt)
- Halber Bogenwinkel $\frac{\alpha}{2}$ [grd] ergibt sich aus dem Bogenwinkel des Formstückes
- Reibungszahl μ [-]
 - μ = 0,25 zwischen Rohren mit PE-Umhüllung und Erdboden
 - μ = 0,5 zwischen Rohren mit FZM-Ummantelung und Erdboden

Allgemein gilt zwischen Rohren und Erdboden, wenn keine Einschränkung durch die Umhüllung vorliegt:
 μ = 0,25 für stark lehmigen Sand, sandigen Lehm, Lehm, Mergel, Löß und Lößlehm sowie Ton (Bodenart 2.25 nach DIN 18300)
 μ = 0,5 für nichtbindige Sande und Kiese, bei denen keine oder nur geringe Bindung mit lehmigen und tonigen Bodenarten vorhanden ist (Bodenart 2.23 nach DIN 18300)
- Bodenpressung δ_E [N/cm²] Die mögliche Bodenpressung ist sehr stark vom Verdichtungsgrad der Grabenfüllung in unmittelbarer Umgebung des Rohres abhängig. Empfohlen werden:
 - bei sehr guter Verdichtung δ_E = 5 N/cm²
 - bei guter Verdichtung δ_E = 2,5 N/cm²

Da nichtbindige Sande und Kiese gut verdichtet werden können, werden oft die Wertepaare

$$\delta_E = 5 \text{ N/cm}^2 \text{ und } \mu = 0,5 \text{ bzw. } \delta_E = 2,5 \text{ N/cm}^2 \text{ und } \mu = 0,25 \text{ empfohlen.}$$

Bei der Berechnung ist zu beachten, daß die Reibpaarung mit der niedrigsten Reibungszahl das Kriterium bildet!

Bei Rohrleitungen im Wasser wird durch den Auftrieb das Gewicht aller im Wasser liegenden

Leitungen verringert. Dadurch werden die mögliche Bodenpressung δ_E und die Reibungszahl μ bei bindigen Bodenarten sehr klein, bei rolligen Bodenarten stark verringert. In diesen Fällen sind große Längen zu sichern. Hierbei wird empfohlen:

$$\rho_B = 900 \text{ kg/m}^3$$

$$\delta_E = 0$$

bei bindigen Böden $\mu = 0,1$

bei rolligen Böden $\mu = 0,25$.

Bei der Berechnung von Abzweigen, Endverschlüssen und Reduzierstücken entfällt in den Berechnungsgleichungen der Erdwiderstand E. Es ergeben sich deshalb die Maximalwerte für die Mindestsicherungslängen. Die Rechenwerte sind stets auf reale Rohrlängen aufzurunden! Obwohl sich bei der Berechnung nach den dargestellten Gleichungen für den späteren Betrieb erhebliche zusätzliche Sicherheiten ergeben, sollten **mindestens 12 m beiderseits eines Bogens** längskraftschlüssig gesichert werden, auch wenn sich nach den Gleichungen eine Minuslänge rechnerisch ergibt!

Zu beachten ist ferner, daß bei nachträglichen Aufgrabungen entsprechende Hinweise gegeben werden, damit im Betriebszustand keine die vorgegebene Sicherheit überschreitenden Bewegungen stattfinden können.

Für die allgemeinen Fälle folgen somit als Mindestsicherungslängen

- bei Bögen: beiderseits 12 m (2 Muffen bei 6 m-Längen)
- bei Abzweigen und Endverschlüssen: 12 m
- bei Reduzierungen: 12 m auf der Seite der größeren Nennweite
- bei Sicherung von Bögen gegen „Luft“: wie bei Endverschluß.

7.9.4 Berechnung von Betonwiderlagern

Grundlage für die Bemessung von Betonwiderlagern bilden bei Rohrleitungen bis DN 500 GW 310/I und bei Rohrleitungen ab DN 500 GW 310/II. Da Steckmuffenverbindungen bei Stahlrohrleitungen nur bis DN 300 hergestellt werden, erfolgen die Berechnungen nur hierfür.

Empfehlenswert sind hierfür u. a. die Erläuterungen von Jung /20/ über Betonwiderlager für erdverlegte Druckrohrleitungen.

Bei längskraftschlüssigen Rohrverbindungen (z. B. geschweißten Stahlrohrleitungen) sind **keine** Betonwiderlager erforderlich. Da im GW 310/I ausführlich die Zusammenhänge bei der Bemessung von Betonwiderlagern dargelegt sind, erfolgt nur eine Kurzfassung.

Die Berechnung soll für Bögen und Abzweige dargestellt werden, die in der Waagerechten liegen.

Das Betonwiderlager (Güteklasse B 25) soll symmetrisch zu der durch die Rohrachse des Bogens gelegten waagerechten Ebene liegen. Als aufzunehmende Kräfte ergeben sich für die Formteile:

● Abzweig oder Endverschluß:
$$F_L = p \cdot \frac{d_{a2}^2 \cdot \pi}{400}$$

● Bogen:
$$F_N = 2F_L \cdot \sin \frac{\alpha}{2}$$

● Reduzierung:
$$F_{RR} = p \cdot \frac{\pi}{100} (d_{a1}^2 - d_{a2}^2)$$

F_L ... Längskraft längs des Rohres [kN]

F_N ... Resultierende Kraft an einem Bogen [kN]

F_{RR} ... Längskraft bei einer Rohrreduzierung [kN]

p ... Prüfdruck [bar]

d_{a1} ... Rohraußendurchmesser des großen Rohres [cm]

d_{a2} ... Rohraußendurchmesser des Abzweiges oder kleineren Rohres [cm]

α ... Bogenwinkel des Formstückes [grad]

Die aufzunehmenden Kräfte sind aus Tabelle 7.8 ersichtlich.

(Annahme: Prüfdruck 15 bar – für Rohrleitungen mit Nenndruck PN 10).

Tabelle 7.8

Aufzunehmende Kräfte in Betonwiderlagern in Abhängigkeit von Nennweite und Bogenwinkel für Stahlrohrleitungen mit Steckmuffenverbindungen (Prüfdruck 15 bar).

DN	Längskraft FL [kN]	Resultierende Kraft F_N [kN] bei Bögen mit Bogenwinkel α				
		11 ¹ / ₄ °	22 ¹ / ₂ °	30°	45°	90°
80	11,3	2,2	4,4	5,9	8,7	16,0
100	16,4	3,2	6,4	8,5	12,6	23,2
125	24,4	4,8	9,5	12,6	18,7	34,5
150	34,0	6,7	13,3	17,6	26,1	48,1
200	58,1	11,4	22,7	30,1	44,4	82,1
250	88,4	17,3	34,5	45,8	67,7	125,1
300	125,2	24,5	48,9	64,8	95,8	177,1

Für die Abstützung der Rohrleitung bei Einwirkung dieser Kräfte ist eine Anlagenfläche im Boden erforderlich, die von der zulässigen horizontalen Bodenpressung $\delta_{h\text{ zul}}$ abhängig ist.

Diese Anlagefläche ergibt sich zu

$$A = \frac{F_N}{\delta_{h\text{ zul}}} \text{ (Bogen) bzw.}$$

$$A = \frac{F_L}{\delta_{h\text{ zul}}} \text{ (Endverschluß und Abzweig)}$$

A... Anlagefläche des Betonwiderlagers im Boden [m²]

$\delta_{h\text{ zul}}$... zulässige horizontale Bodenpressung [kN/m²]

Übliche zulässige Werte für $\delta_{h\text{ zul}}$ in Abhängigkeit vom Boden sind bei einer mittleren Gründungstiefe von 1,50 m nach Jung /20/:

- $\delta_{h\text{ zul}} \approx 20 \dots 80 \text{ kN/m}^2$ bei Ton, Lehm oder Schluff
- $\delta_{h\text{ zul}} \approx 50 \dots 70 \text{ kN/m}^2$ Grobsand und Kies (mitteldicht gelagert)
- $\delta_{h\text{ zul}} \approx 100 \text{ kN/m}^2$ Naturschotter, Kies und Sand (dicht gelagert)

Bei Mutterboden wird allgemein $\delta_{h\text{ zul}} \approx 50 \text{ kN/m}^2$ angesetzt.

Die Anlagefläche A des Betonwiderlagers ergibt sich zu:

$$A = h_g \cdot b_g$$

h_g ... Höhe des Betonwiderlagers im Erdboden [m]

b_g ... Breite des Betonwiderlagers im Erdboden [m]

Im allgemeinen wird die Widerlagerdruckfläche quadratisch ausgeführt. Rechteckige Druckflächen werden angewendet, wenn die Überdeckungshöhe oder die Bodenfestigkeit gering sind.

Für quadratische Betonwiderlager folgt hieraus:

$$h_G = b_G = \sqrt{\frac{F_N}{\delta_{h\text{ zul}}}}$$

Aus Tabelle 7.9 können diese Maße für die übliche zulässige Bodenpressung $\delta_{h\text{ zul}} = 100 \text{ kN/m}^2$ und Prüfdruck 15 bar entnommen werden.

Tabelle 7.9

Abmessungen für Höhe und Breite der Betonwiderlager bei Prüfdruck 15 bar und zulässiger Bodenpressung $\delta_{h\text{ zul}} = 100 \text{ kN/m}^2$.

DN	Breite b_G [m] bzw. Höhe h_G [m] für Betonwiderlager					
	bei Bogen mit Bogenwinkel α					Endverschluß
	11 ¹ / ₄ °	22 ¹ / ₂ °	30°	45°	90°	
80	0,25	0,25	0,25	0,30	0,40	0,35
100	0,25	0,25	0,25	0,30	0,40	0,35
125	0,25	0,30	0,35	0,45	0,60	0,50
150	0,25	0,35	0,45	0,50	0,70	0,60
200	0,30	0,50	0,55	0,70	0,90	0,80
250	0,40	0,60	0,70	0,85	1,10	0,95
300	0,50	0,70	0,80	1,00	1,35	1,15

Bezüglich der Ausbildung von Betonwiderlagern bei Sonderfällen (z. B. Gewichtswiderlager oder Widerlager am Hangfuß) wird auf die angeführte Fachliteratur und GW 310 verwiesen.

7.10 Kriterien für den Einsatz von Stahlleitungsrohren

7.10.1 Technisch-wirtschaftliche Gesichtspunkte

Für die Förderung, den Transport und die Verteilung von Trinkwasser können in der Planung die unterschiedlichsten Rohre vorgesehen werden. Neben technischen Gesichtspunkten (Rohrart, Rohrwerkstoff und Konstruktion) sind auch wirtschaftliche Gesichtspunkte maßgebend. Je nach den Bedingungen für ein Versorgungsgebiet und den jeweiligen Betriebserfahrungen können somit unterschiedliche Rohrwerkstoffe zur Auswahl vorgesehen werden. Der Anschaffungspreis der Rohre (DM/m) hat dabei einen geringeren Stellenwert als die anfallenden Kosten

während der Nutzungsdauer einer Rohrleitung. Deshalb ist eine verlegte Rohrleitung nur dann wirtschaftlich, wenn bei geringem Instandhaltungsaufwand eine lange Nutzungsdauer erreicht wird. Die örtlichen Anforderungen, Folgen von Versorgungsunterbrechungen bei Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten und die Priorität zwischen rechnerischer Wirtschaftlichkeit und Zuverlässigkeit/Versorgungssicherheit sind bei der Wahl des Rohrwerkstoffes mit einzubeziehen.

Bei den üblichen Kostenvergleichen erfolgt meist auf der Grundlage der Gesamtkosten - teilweise aber auch nur nach den Rohrpreisen - die Auswahl des Rohrwerkstoffes.

Werden nur die Rohrpreise (DM/m) betrachtet, so ergeben sich andere Relationen als bei Betrachtung der Gesamtkosten, da auf die Baukosten einer Rohrleitung andere Einflußfaktoren als auf die Rohrpreise wirken. Deshalb ermöglichen nur die Gesamtkosten einen realistischen Vergleich der verschiedenen Rohrwerkstoffe.

Die Darstellung der **Gesamtkosten für den Bau einer Rohrleitung** umfaßt in der Regel die 3 Kostenanteile:

- **Tiefbau** (Erdarbeiten).
- **Rohrbau** (Montage).
- **Material** (Rohre, Formstücke und Armaturen).

Sonstige Kosten (z. B. Ingenieurleistungen und Nebenkosten) werden meist nicht speziell ausgewiesen.

Da die Kosten für das Material maximal nur ca. 1/3 der Gesamtkosten betragen, sind bei Bewertung und Auswahl des Rohrwerkstoffes auch die Formstücke und Armaturen zu berücksichtigen und nicht allein der Rohr-Meter-Preis! Da die Tiefbaukosten erheblich die Materialkosten übersteigen (im innerstädtischen Bereich können die Tiefbaukosten max. 70% der Gesamtkosten betragen), hat die **Wahl und Ausführbarkeit der Trasse** (offene oder grabenlose Verlegung) **einen größeren Einfluß** auf eine Kosteneinsparung als die Wahl des Materials, wobei eine evtl. Wechselwirkung zwischen beiden Einflüssen zu beachten ist.

Deswegen sollte in wesentlichen Fällen stets eine Wirtschaftlichkeitsberechnung durchgeführt werden. Einige Grundlagen zu den Verlegekosten von Stahlleitungsrohren sind den Untersuchungen von Buttchereit /21/ zu entnehmen.

Bei der offenen Verlegung sind neben den Kosten von Stahlrohrleitungen die Ummantelungen und ihre Auswirkung auf die Auflage/Einbettung zu berücksichtigen.

Durch die übliche FZM-Ummantelung können Stahlleitungsrohre ohne besondere Auflage/Bettung verlegt werden, d. h. daß die Kosten für den sonst üblichen Bodenaustausch (Fahrtkosten Baustelle bis Deponie und Deponiekosten + Fahrtkosten Kiesgrube bis Baustelle und Kosten für Sandbettung) den Mehrkosten für die zusätzliche Ummantelung gegenüberzustellen sind. Da die bisher ermittelten Einsparungen meist nicht übertragbar sind, ist es zweckmäßig, für jeden Einzelfall die Berechnung durchzuführen.

Auch die Vorteile der grabenlosen Rohrverlegung gegenüber der offenen Verlegung sind pauschal nicht übertragbar. Baugrundgutachten und örtliche Verhältnisse bestimmen die Verlegeart und somit die wirtschaftlichste Lösung. Auch nicht direkt in Kosten erfaßbare Umstände (Verkehrsstörungen, Lärmbelästigungen und ökologische Forderungen) bestimmen letztlich das Gesamtprojekt.

7.10.2 Vorteile des Rohrwerkstoffes Stahl und von Stahlleitungsrohren

Der Rohrwerkstoff Stahl zeichnet sich durch hohe Festigkeit und Elastizität, sehr gutes Formänderungsvermögen und hervorragende Schweißneigung aus.

Neben diesen Eigenschaften und den wirtschaftlichen Aspekten sind die nachfolgenden Kriterien beim Einsatz von Stahlleitungsrohren realisierbar:

- Möglichkeit eines durchgängigen passiven und/oder aktiven Korrosionsschutzes.
- Korrosionsbeständigkeit während der geplanten Nutzungsdauer.
- Unempfindlichkeit gegenüber Bodensetzungen.
- Kein Sprödbruchrisiko.
- Wahl des inneren Korrosionsschutzes nach dem zu fördernden Medium.
- Vielfältige Verbindungstechnik.
- Absolute Dichtheit bei Schweißverbindungen.
- Problemlose Einsatzmöglichkeit bei erforderlichen Auflasten.
- Gute Anpassung an örtliche Vorgaben.
- Kombinationsmöglichkeit mit vielfältigen Formstücken (Formstücke aus Stahl oder duktilem Gußeisen).
- Einsatz bei unterschiedlichen Verlege- und Auflagerbedingungen.
- Möglichkeit von späteren Einbindungen (z. B. Anschlußleitungen).
- Reparaturfreundlichkeit.
- Möglichkeit der Längskraftschlüssigkeit.
- Eignung für Leitungsortung und Lecksuche.
- Demontagemöglichkeit.
- Einfaches Handling durch das Fachpersonal.

Bei Einhaltung der technischen Vorgaben ist eine planerische Nutzungsdauer von mindestens 50 Jahren erreichbar.

7.10.3 Technische Besonderheiten

● Rohrlänge

Die Rohrlänge sollte entsprechend den örtlichen Verhältnissen so groß wie möglich gewählt werden, um die Anzahl der Rohrverbindungen gering zu halten. Deshalb sollten weitestgehend Rohrlängen ≥ 12 m (bei Großrohren ≥ 16 m) eingesetzt werden. Im innerstädtischen Bereich sind Rohrlängen von 6–8 m üblich, aber nicht Bedingung.

● Rohrverbindungen

Für Trinkwasserleitungen ist **bis DN 300** der Einsatz der Steckmuffenverbindung vorteilhaft:

- Abwinklung bis $\pm 4^\circ$.
- Kurze Montagezeit.
- Einsatz aller Formstücke aus duktilem Gußeisen infolge der geringeren Toleranzfelder von Stahlrohren gegenüber Gußrohren (Bild 7.10).
- Durch Einsatz von Formstücken aus duktilem Gußeisen sind die verschiedenen Formen von Schiebern und anderen Armaturen einsetzbar (Bild 7.11).
- Möglichkeit der Längskraftschlüssigkeit durch Einsatz von TYTON-SIT-Ringen.
Die Abwinkelbarkeit verändert sich dadurch auf $\pm 3^\circ$.
Steckmuffenrohre sind auch als Rohre für Abwasserleitungen geeignet.

Bild 7.10

Toleranzfelder für Stahl- und Gußrohre.

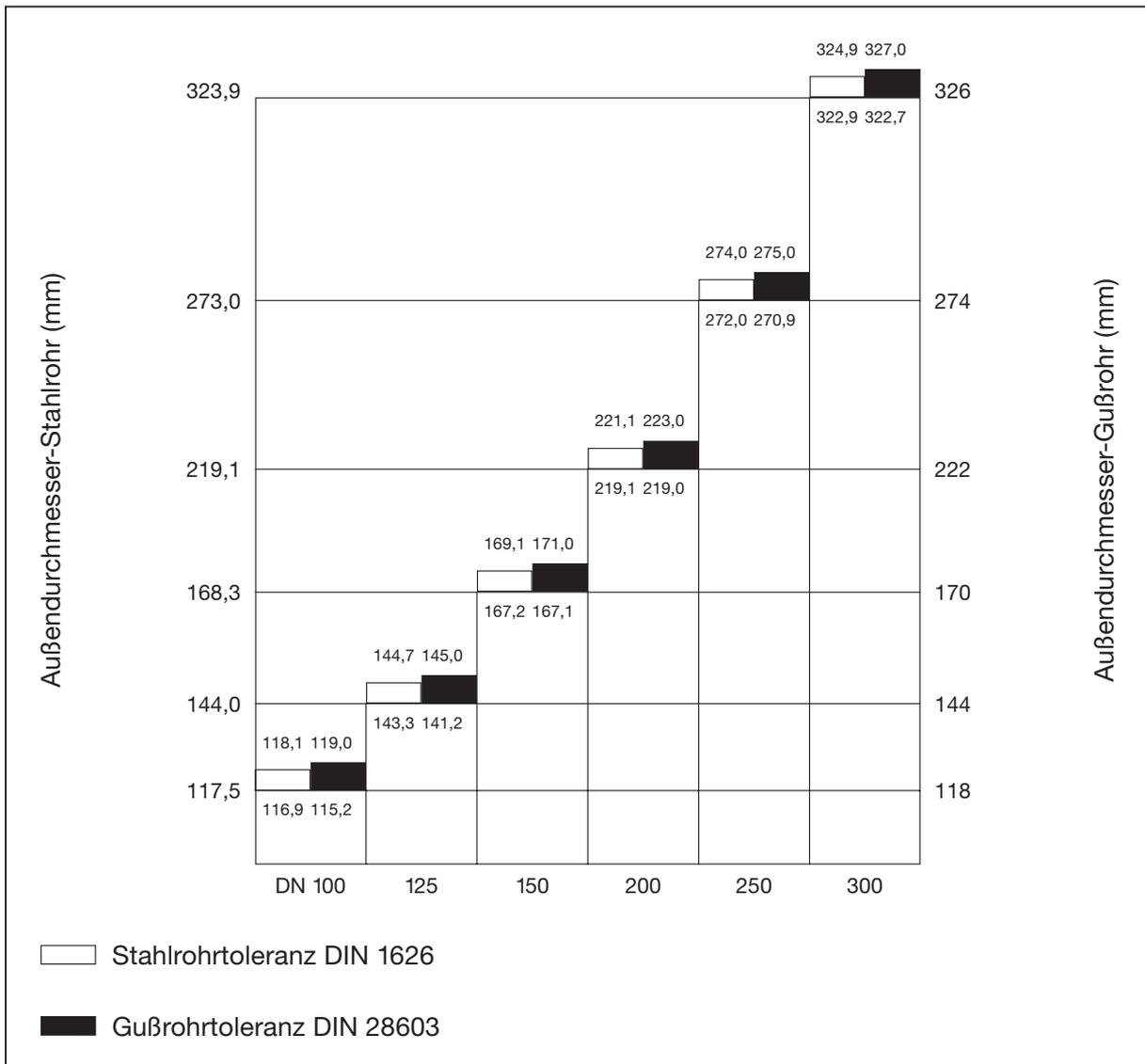
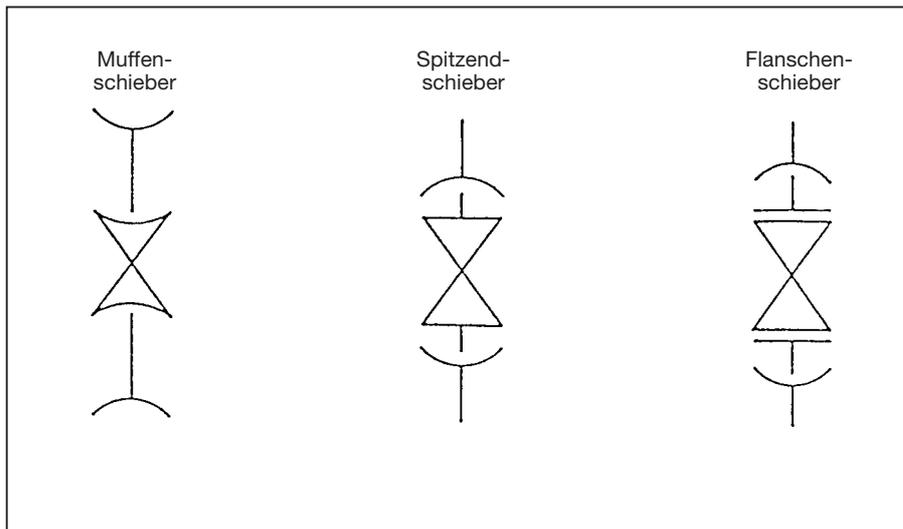


Bild 7.11

Einsatz verschiedener Schieberarten mittels Formstücken.



Die Stumpfschweißverbindung ist für alle Nennweiten anwendbar (nichtbefahrbar und befahrbar Rohre), wobei im Nennweitenbereich \geq DN 600 durch ein Nachauskleiden im Bereich des nichtausgekleideten inneren Schweißnahtbereiches (ca. 50 mm) ein durchgängiger Korrosionsschutz erreicht wird.

Im nichtbefahrbar Bereich verbleibt der Nahtbereich bei Rohrleitungen für Trinkwasser zumeist ohne Nachauskleidung. Diese Verbindung ist nicht für Abwasserleitungen geeignet. Die Einsteckschweißmuffen-Verbindung kann im Nennweitenbereich bis DN 800 (in Sonderfällen bis DN 1200) angewendet werden.

Während für Trinkwasser der Einsatz eines Anschlagringes aus Gummi üblich ist, ist bei Abwasserleitungen durch eine Nachauskleidung oder durch Anwendung eines Anschlagringes und einer geeigneten Dichtungsmasse ein durchgängiger innerer Korrosionsschutz möglich. Folglich kann auch der Einsatz bei aggressiven Medien erfolgen. Flanschverbindungen werden nur angewendet, wenn die Lösbarkeit der einzelnen Rohrschüsse gefordert ist.

● Einsatz von Formstücken

Bei Stahlleitungsrohren können handelsübliche Formstücke oder Segmentkrümmer aus Stahl mit werkseitig ausgeführten Auskleidungen, Umhüllungen und Ummantelungen oder aus duktilem Gußeisen (Verbindung durch Steckmuffen mit TYTON-Dichtringen) eingesetzt werden.

Durch den Einsatz dieser Formstücke können nicht nur Richtungsänderungen (Bild 7.12), sondern auch Durchmesseränderungen, Rohrverschlüsse und Abzweige vorgenommen werden.

Der Einbau von Armaturen und Rohrleitungszubehör ist besonders beim Einsatz von Formstücken aus duktilem Gußeisen problemlos möglich (als Muffen- oder Flanschverbindung). Durch sogenannte EU-Stücke ist ein Übergang zwischen diesen 2 Verbindungsarten möglich (Bild 7.13).

Bild 7.12

Einsatz eines MMK-Stückes aus duktilem Gußeisen zur Richtungsänderung einer Rohrleitung.



Bild 7.13

Einsatz eines EU-Stückes zwecks Überganges von Muffen- auf Flanschverbindung.



Formstücke aus Stahl sind sowohl nach DIN, nach Herstellernorm oder nach Kundenspezifikation lieferbar. In Tabelle 6.9 sind handelsübliche Formstücke nach DIN zusammengefasst. Der innere und äußere Korrosionsschutz ist bei Bestellung gesondert zu vereinbaren. In Tabelle 6.10 sind lieferbare Formstücke aus Stahl nach Herstellernormen zusammengefasst. Diese Formstücke können standardmäßig mit Polyethylenumhüllung nach DIN 30670 und Zementmörtelauskleidung nach DIN 2614/DIN 2880 bestellt werden.

Als innerer Korrosionsschutz wird die ZM-Auskleidung angewendet (Zementmörtelart wird nach Wasserqualität ausgewählt).

Formstücke aus duktilem Gusseisen sind in den Tabelle 6.8 dargestellt. Da Stahlleitungsrohre mit Steckmuffenverbindung nur bis DN 300 angeboten werden, erfolgt auch der Einsatz dieser Formstücke vorrangig in diesem Abmessungsbereich.

7.11 Schweißen von Stahlleitungsrohren

7.11.1 Schweißen von nicht befahrbaren Stahlleitungsrohren

Für nicht befahrbare Stahlleitungsrohre (Nennweite < DN 600) sind die Stumpfschweißverbindung und die Einsteckschweißmuffen-Verbindung üblich. Die Schweißverbindungen an mit Zementmörtel ausgekleideten Stahlleitungsrohren werden üblicherweise durch Fallnahtschweißen hergestellt. Bei Stumpfschweißverbindungen entspricht die Nahtvorbereitung Fugenform 22 DIN 2559 mit 60° Öffnungswinkel und einem Luftspalt von 1,5 mm. Die Einsteckschweißmuffenverbindung wird durch eine Überlappschweißnaht (Sonderform der Kehlnaht) hergestellt.

Bei der Stumpfschweißverbindung bestehen folgende Möglichkeiten nach DIN 2880 Bild 2 für die Gestaltung der ZM-Kanten an den Rohrenden:

- Ausführung A – die ZM-Auskleidung reicht bis zum Rohrende und hat eine Hinterschneidung von 3–5 mm.
- Ausführung B – die ZM-Auskleidung hat eine Aussparung von 3–5 mm gegenüber dem Rohrende.

Die Hinterschneidung oder Aussparung ist zur fehlerfreien Erstellung der 1. Schweißlage (Wurzellage) notwendig, auf die dann Füll- und Decklage aufgebracht werden. Die Anwendung einer Außenzentriervorrichtung ist notwendig. Da bei nicht befahrbaren Stahlleitungsrohren eine Nachauskleidung nur in Einzelfällen möglich ist, erfolgt die Anwendung nur bei Rohrleitungen für Wasser, welche ein ausreichendes Schließen und Verfüllen der Spalten durch Reaktionsprodukte während des Betriebes erwarten lassen (z. B. Trinkwasser).

Analog kann auch die Einsteckschweißmuffen-Verbindung unter Verwendung eines Anschlagringes aus Gummi angewendet werden.

Für einen durchgehenden Innenschutz (z. B. bei Abwasserleitungen oder Rohren für Solen und Salzwasser) kann nur die Einsteckschweißmuffen-Verbindung angewendet werden.

7.11.2 Schweißen von befahrbaren Stahlleitungsrohren

Befahrbare Stahlleitungsrohre \geq DN 600 mit ZementmörtelAuskleidung werden in der Regel durch Stumpfschweißung miteinander verbunden.

Bei dieser Rohrverbindung haben die gelieferten Rohrlängen eine Aussparung der ZM-Schicht von ca. 20 bis 25 mm bis zum Rohrende. Nach dem Schweißen müssen diese nicht korrosionsgeschützten Flächen in der Regel von Hand mit Zementmörtel nachbeschichtet werden (Nachauskleidung).

Bei befahrbaren Stahlleitungsrohren erfolgt das Schweißen je nach Ausrichtbarkeit der Rohrenden mit Steige- oder Fallnähten. Die Nahtvorbereitung entspricht Fugenform 22 DIN 2559. Sie hat 60° Öffnungswinkel und wird mit einem Luftspalt von 3 mm bei Steignähten und 1,5 mm bei Fallnähten mittels einer Außenzentriervorrichtung gehalten.

Es sind Wurzel-, Füll- und Decklage zu schweißen.

Alternativ ist auch bei begehbaren Rohrdurchmessern die Einsteckschweißmuffenverbindung verfügbar.

Einen Sonderfall stellt die Überschiebschweißmuffen-Verbindung dar. Einen Sonderfall stellt die Überschiebschweißmuffen-Verbindung besonders bei nicht begehbaren Rohrdurchmessern dar. Dem Vorteil einer praktisch durchgehenden ZM-Auskleidung steht ein erhöhter Montageaufwand entgegen. Je nach Kundenwunsch kann der Überschiebring werkseitig angeschweißt oder lose ohne Längsnaht geliefert werden. Je nach Kundenwunsch wird der Überschiebring entweder aufgeschweißt oder lose (nur vorgeformt ohne Längsnaht) geliefert.

Bei Sonderfällen kann auch wie bei nicht befahrbaren Rohrleitungen verfahren werden.

Weitere Details zu den Schweißverbindungen sind den Abschnitten 4 und 8 zu entnehmen. Bei speziellen Auskleidungen oder Beschichtungen sind die Rohrhersteller zu konsultieren.

7.12 Nachumhüllung und Nachauskleidung der Rohrverbindungen

7.12.1 Grundsätzliches

Ein durchgängiger passiver Korrosionsschutz ist nur dann vorhanden, wenn **alle** korrosionsgefährdeten Flächen mit Schutzschichten (Umhüllungen, Beschichtungen oder Überzügen) versehen sind. Beim Einsatz von Stahlleitungsrohren gibt es hierzu mehrere Möglichkeiten:

Möglichkeit 1

Ausführung eines durchgängigen passiven Korrosionsschutzes durch Kombination von Aufbringung des werkseitigen Korrosionsschutzes und Nachumhüllung/Nachauskleidung nach Montage der Rohrleitung (z. B. Einsteckschweißmuffen-Verbindung).

Möglichkeit 2

Ausführung eines durchgängigen passiven äußeren Korrosionsschutzes durch Kombination von Umhüllung und Nachumhüllung sowie Auskleidung und Ausnutzung der Bildung von Deckschichten beim Einsatz von Zementmörtelauskleidungen mit bestimmter flächenmäßiger Ausdehnung von Fehlstellen („Ausheilung“ bei Stumpfschweißverbindungen für Trinkwasser).

Möglichkeit 3

Ausführung eines durchgängigen passiven äußeren Korrosionsschutzes durch Kombination von Überzügen/Umhüllungen und Nachumhüllung bei vollständiger werkseitiger Auskleidung der Rohre (z. B. Flanschverbindungen).

Möglichkeit 4

Kombination des passiven Korrosionsschutzes mit dem aktiven Korrosionsschutz (Anwendung des kathodischen Korrosionsschutzes).

Unabhängig von einem durchgängigen passiven Korrosionsschutz können während des Betriebes Korrosionsschäden auftreten, wenn folgende Umstände vorliegen:

- Falsche Auswahl der Umhüllung.
- Ungenügende oder falsche Einbettung.
- Mangelhafte Schadensbehebung nach Rohrschaden infolge unsachgemäßer Durchführung von Tiefbauarbeiten.
- Mangelhafte Vervollständigung des äußeren Korrosionsschutzes.

Da die Nachumhüllung schon bei der Planung von Wasserleitungen zu berücksichtigen ist, sollen einige grundsätzliche Ausführungen dargelegt werden.

7.12.2 Nachumhüllung von Stumpfschweißnähten

Eine Nachumhüllung ist bei allen Schweißnähten erforderlich. Die Einsatzbereiche der dafür zugelassenen Umhüllungssysteme nach DIN 30672 sind entsprechend der Belastungsklasse dieser Umhüllungsmaterialien nach DIN 30675 T1 festgelegt.

Tabelle 7.14

Einsatzbereiche der Umhüllungssysteme entsprechend Belastungsklasse nach DIN 30672

Belastungsklasse	Dauerbetriebstemperatur ³⁾ °C	Bodenklasse ¹⁾
A ²⁾	Bis 30	I, II, III
B	Bis 30	I, II, III
B	Bis 30	I
C	Bis 50	I, II, III
1) Siehe GW 9 und Abschnitt 3.2.		
2) und 3) Nach den mechanischen Eigenschaften der Umhüllungen entsprechend DIN 30672 T1 ergibt sich die Belastungsklasse und die zulässige Dauerbetriebstemperatur. Die Bezeichnung folgt hieraus zu Umhüllung DIN 30672 – Belastungsklasse – Dauerbetriebstemperatur: z. B. Umhüllung DIN 30672 – C – 50		

Die Belastungsklasse C stellt dabei die Umhüllungen für hohe mechanische Beanspruchungen dar (z. B. Eindruckfestigkeit ca. 200fach höher als bei Belastungsklasse A). Deshalb sollten Umhüllungen der Klasse C angestrebt werden.

Für die Nachumhüllung der Stumpfschweißnähte von Stahlleitungsrohren ist eine umfangreiche Palette kalt- und warmverarbeitbarer Korrosionsschutz-Binden und -Systeme vorhanden. Die zum Einsatz kommenden Korrosionsschutz-Materialien müssen ausnahmslos der DIN 30672 entsprechen und mit einer DIN-DVGW-Register-Nr. versehen sein. Der Austausch einzelner, im System befindlicher Produkte ist nicht zulässig (Grundbeschichtung + Binde = System). Die Wahl des Nachumhüllungssystems richtet sich nach den nachzuumhüllenden Bauteilen, der Bodenklasse und den Einbaubedingungen.

Unter warmverarbeitbaren Systemen werden die Bitumenbinden und die wärmeschrumpfenden Systeme verstanden.

Die kaltverarbeitbaren Systeme sind die Petrolatum-Binde, das Zweibindensystem (z. B. 1 x Butyl-Kautschuk-Binde und 1 x PE-Folie) und das Einbindensystem (z. B. Dreischichten-Binden).

Grundsätzlich sind die 2 folgenden Arbeitsgänge entsprechend den Verarbeitungsanleitungen durchzuführen:

- **Vorbehandlung** des Schweißnahtbereiches

Vorbehandlung des nachzuumhüllenden Bereiches einschließlich je 100 mm der angrenzenden PE-Werksumhüllung (handwarme Erwärmung mittels Propangasflamme, Entrostung, Abschrägen der angrenzenden Werksumhüllung auf ca. 30° (sofern nicht vorhanden), Reinigung und Aufrauung der PE-Umhüllung, Aufbringung der haftvermittelnden Grundbeschichtung).

- **Nachumhüllung** des Schweißnahtbereiches

- Warmverarbeitbare Korrosionsschutzbinden werden in einzelnen Lagen verarbeitet

(Bindenstück 30 mm länger als Umfang, 50 mm Einbeziehung der PE-Werksumhüllung, Bindenüberlappung 30 mm).

- Kaltverarbeitbare Korrosionsschutz-Systeme (z. B. Zweibinden-System) oder Korrosionsschutzbinden (Dreischichten-Binde) werden unter leichtem Zug schraubenförmig mit 50%iger Überlappung gewickelt. Die Werksumhüllung wird ebenfalls mit je 50 mm seitwärts einbezogen. Beim Zweibinden-System erfolgt nach Wicklung der Butyl-Kautschuk-Binde das Wickeln der PE-Folie.

- Die wärmeschrumpfenden Materialien stellen eine Besonderheit dar. Diese Produkte bestehen aus modifiziertem, molekularvernetztem und dadurch unschmelzbarem Polyolefin und sind auf der Innenseite werkseitig mit einer Kleberbeschichtung versehen. Hierbei muß zwischen dem Anlieferungs- und dem Endzustand unterschieden werden. Im Anlieferungszustand liegt das Formteil im Größtmaß vor, das durch die elastischen Eigenschaften im erwärmten Zustand mittels Expansion erreicht wurde (Verhalten eines Elastomer). Wird das Material bei der Verarbeitung erwärmt, wird das Formteil infolge seines gummielastischen Verhaltens auf seine Ursprungsgröße zusammengezogen (Endzustand). Diese Erscheinung wird in der Fachliteratur auch als „Memory-Effekt“ bezeichnet. Deshalb muß der Außendurchmesser des nachzuummüllenden Teiles zwischen dem gedehnten Liefermaß und dem maximalen Schrumpfmaß liegen, um eine problemlose Nachummüllung zu erreichen.

Nach entsprechender Vorbehandlung (Entfernen von Rost, Schmutz und Öl – Aufräumen der Werksumhüllung – Anschrägen der Kante der Werksumhüllung auf ca. 30°) wird die zu umhüllende Oberfläche auf ca. 60 °C vorgewärmt und das Schrumpfteil entsprechend Montageanleitung zur Nachummüllung verwendet.

Für die Planung der Nachummüllung bilden die Maße W_{Pe} der einzelnen Rohrverbindungen im Abschnitt 4 die Grundlage.

Die Maße W_U für die fehlende Ummantelung sind für den Bau von Bedeutung. Deshalb wird auf Abschnitt 8.8 verwiesen.

7.12.3 Nachummüllung von Einsteck-, Überschiebschweißmuffen-, Steckmuffen- und Flanschverbindungen sowie Segmentkrümmern

Einsteck-, Überschiebschweißmuffen- und Steckmuffenverbindungen sowie Segmentkrümmern sind durch Durchmesseränderungen auf kleinen Wegstrecken charakterisiert. Hierfür eignet sich zwecks Nachummüllung besonders das wärmeschrumpfende Material, da beliebige Formteile hergestellt werden können, die sich nach Erwärmung dicht an die Übergangsstellen anlegen. Auch die kaltverarbeitbaren Umhüllungssysteme sind anwendbar. Für die Anwendung von warmverarbeitbaren Umhüllungssystemen ist Erfahrung notwendig, um das Auftreten von Rissen bei der Erkaltung dieser Systeme zu vermeiden.

Nachummüllungsarbeiten sollen nur von Personal ausgeführt werden, welches nach DVGW-Arbeitsblatt GW 15 zum Umhüller ausgebildet wurde.

Flanschverbindungen sind durch große Durchmesseränderungen auf kleinen Wegstrecken gekennzeichnet. Wärmeschrumpfendes Material und kaltverarbeitbare Systeme (z. B. Petroleum-Binden) bieten hier gute Anwendungsmöglichkeiten.

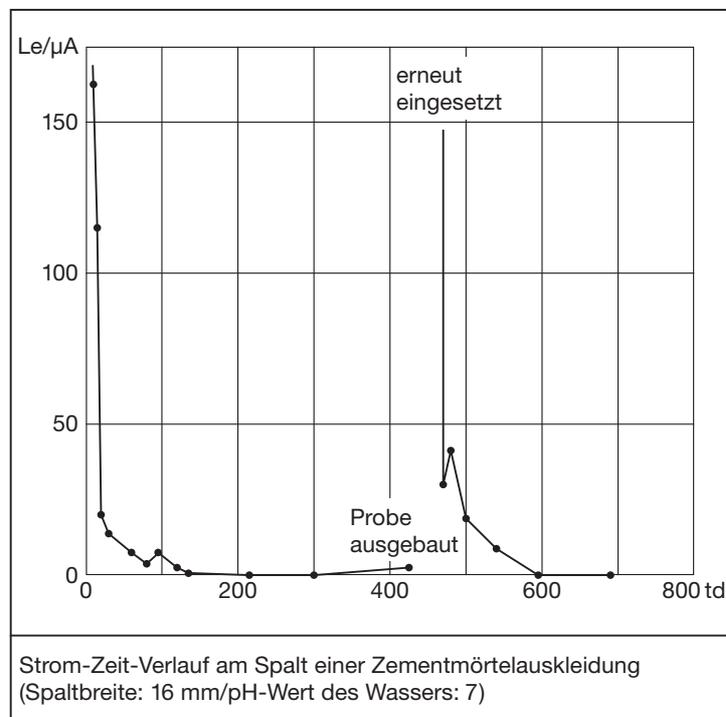
7.12.4 Ausheileffekt der inneren Flächen von Schweißnähten bei Rohrleitungen

Nach Igelbrink /22/ wurde aufgrund einer Vielzahl von Stumpfschweißversuchen an Stahlleitungsrohren mit ZM-Auskleidung aus schweißtechnischer Sicht die Ausführung B nach DIN 2614 bei Stahlleitungsrohren < DN 600 als günstig nachgewiesen, weil durch den relativ großen Luftspalt zwischen den ZM-Kanten die Wurzellage ähnlich wie bei Rohren ohne ZM-Auskleidung geschweißt werden kann.

Hildebrand und Schulze /23/ untersuchten erstmals für 16 mm breite offene Spalten in der ZM-Auskleidung (etwas breitere Spalten als nach Ausführung B) das Korrosionsverhalten beim Transport von Wässern. Dabei zeigte sich über das Strom-Zeit-Verhalten (Bild 7.14), daß nur der bei der Inbetriebnahme der Rohrleitung im Zementmörtel enthaltene Sauerstoff für Korrosionsvorgänge am tiefsten Punkt der ZM-Spalte (Stahlrohroberfläche) zur Verfügung steht. Langfristig besteht folglich keine Korrosionswahrscheinlichkeit des ungeschützten ZM-Spaltes.

Bild 7.14

Strom-Zeit-Verlauf am Spalt einer Zementmörtelauskleidung (nach Hildebrand und Schulze /23/).



Schumacher /24/ bestätigte durch Auswertung weiterer Untersuchungen diesen Sachverhalt an einem Rohwasser (pH-Wert 6,75) und einem aufbereitetem und entsäuertem Wasser (pH-Wert 7,76). Unter den sich bildenden harten Deckschichten sind zwar Massenverluste am Stahlrohr zu erwarten, aber die mittleren jährlichen Abtragsraten betragen max. 30 µm/a (Versuchsdauer betrug 3–8 Jahre) und haben eine mit der Zeit abnehmende Tendenz. Hierdurch ergibt sich die Schlussfolgerung, dass in Rohrleitungen für Trinkwasser im Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht keine Nachauskleidung im Bereich der Schweißnähte (ZM-Spaltbreite 6 bis 10 mm) erforderlich ist.

Ein ausreichendes Schließen und Verfüllen der ZM-Spalten durch Reaktionsprodukte (Kalk-Rost-Schutzschichten) während des Betriebes ist dabei zu erwarten („Ausheileffekt“).

befahrbaren Stahlleitungsrohr nach mehrjähriger Betriebszeit einer Trinkwasserleitung gut zu erkennen.

Bild 7.15

„Ausheilung“ des Ringspaltes der Rundnaht-Stumpfschweißverbindung einer ZM-ausgekleideten Stahlrohr-Trinkwasserleitung DN 300 nach mehrjähriger Betriebszeit.

Rohr 1

Rohr 2



7.12.5 Nachauskleidung von Schweißverbindungen

Bei befahrbaren Stahlleitungsrohren ist nach dem Stumpfschweißen grundsätzlich eine Nachauskleidung mit Zementmörtel notwendig, da die ZM-Auskleidung eine Aussparung von ca. 20 bis 25 mm bis zum Rohrende besitzt.

Die Nachauskleidung darf nur mit dem Originalmaterial, das vom Hersteller als Reparaturmörtel angeboten wird, ausgeführt werden, um Qualitätsverluste zu vermeiden.

Bei nichtbefahrbaren Stahlleitungsrohren ist nur bei der Förderung von Solen und Salzwässern ein lückenloser Innenschutz erforderlich. Dies wird durch die Anwendung der Einsteckschweißmuffen-Verbindung erreicht.

Dabei erfolgt entweder der Einsatz eines Anschlagringes und einer geeigneten Dichtungsmasse zur Nachauskleidung oder die Nachauskleidung erfolgt als ZM-Baustellenauskleidung ohne Einsatz eines Anschlagringes. Wulstbildungen, die beim Zusammenstecken der Rohre durch überflüssige Mörtel- oder Dichtungsmasse entstehen, werden durch einen Molchvorgang beseitigt.

7.13 Kathodischer Korrosionsschutz von Stahlleitungsrohren

7.13.1 Allgemeines

Erdverlegte Stahlleitungsrohre erreichen nach ordnungsgemäßer Rohrverlegung problemlos eine planerische Nutzungsdauer von mindestens 50 Jahren. Unabhängig davon können während des Betriebes von Wasserleitungen Schäden am äußeren Korrosionsschutz (Umhüllungen) auftreten, wenn z. B. bei Tiefbauarbeiten anderer Versorgungsunternehmen oder Fremdfirmen die übliche Sorgfaltspflicht mißachtet wird.

Für den Betreiber einer Stahlrohrleitung stellt sich damit während der Planungsphase immer die Frage nach der Wahl des wirtschaftlichsten Korrosionsschutzverfahrens. Grundsätzlich gibt es hierfür zwei prinzipielle Lösungsvarianten:

- Einsatz von Umhüllungen bei normgerechter Ausführung von Auflager und Einbettung oder Einsatz von Umhüllungen und Ummantelungen. Hierbei steht die beschädigungsfreie Verlegung der Rohrleitung im Vordergrund. Eine spätere Beschädigung z. B. durch Bauaktivitäten Dritter soll ausgeschlossen werden. Während der Betriebsphase kann eine gezielte Verbesserung des Korrosionsschutzes in der Regel nicht durchgeführt werden.
- Kombination von Umhüllungen mit elektrischen und/oder elektrochemischen (kathodischen) Korrosionsschutzverfahren. Dabei kann die Korrosionsgeschwindigkeit an den möglichen Umhüllungsbeschädigungen auf technisch vernachlässigbare Weise ($< 10 \mu\text{m/a}$) reduziert werden. Die Einrichtung des kathodischen Korrosionsschutzes erfordert bestimmte konstruktive Voraussetzungen der Rohrleitung. Während des Betriebes sollten Überwachungsmessungen durchgeführt werden, um seine Wirkung sicherzustellen. Beschädigungen der Umhüllung kathodisch geschützter Rohrleitungen können gezielt geortet und behoben werden.

Im Gegensatz zu Gasleitungen ist der kathodische Korrosionsschutz für Wasserleitungen entsprechend dem Regelwerk des DVGW nicht zwingend vorgeschrieben. Der Betreiber kann daher das Korrosionsschutzsystem nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten auswählen.

7.13.2 Korrosion von metallischen Werkstoffen

7.13.2.1 Grundsätzliches

Korrosion ist nach DIN 50900 die Reaktion eines metallischen Werkstoffes mit seiner Umgebung, die eine meßbare Veränderung des Werkstoffes bewirkt und zu einer Beeinträchtigung der Funktion eines metallischen Bauteils oder eines ganzen Systems führen kann (Korrosionsschaden). In den meisten Fällen erfolgt eine **elektrochemische Korrosion**, d. h. daß elektrochemische Vorgänge bei der Korrosion stattfinden. Seltener findet Korrosion auf der Grundlage chemischer oder metallphysikalischer Vorgänge statt. Bei ungeschützten erdverlegten Rohrleitungsteilen können vorrangig folgende Korrosionsarten unterschieden werden:

- **Gleichmäßige Flächenkorrosion:** Korrosion mit nahezu gleicher Abtragsrate auf der gesamten Oberfläche.
- **Muldenkorrosion:** Korrosion mit örtlich unterschiedlicher Abtragsrate (Vorliegen von Korrosionselementen).
- **Lochkorrosion:** Korrosion, bei welcher der elektrolytische Metallabtrag nur an kleinen Oberflächenbereichen abläuft und Lochfraß erzeugt.
- **Korrosion durch unterschiedliche Belüftung:** Örtlich beschleunigte Korrosion durch Ausbildung eines Korrosionselementes bei unterschiedlicher Belüftung, wobei die weniger belüfteten Bereiche beschleunigt abgetragen werden. Zu dieser Korrosionsart kann auch die Spaltkorrosion gezählt werden.

Als Korrosionselement wird ein galvanisches Element (Anode und Kathode, die metall- und elektrolytisch leitend verbunden sind) mit örtlich unterschiedlichen Teilstromdichten für den Metallabtrag verstanden. Anoden und Kathoden können gebildet werden:

- Werkstoffseitig bedingt durch unterschiedliche Metalle oder durch Werkstoffinhomogenitäten.
- Mediumseitig bedingt durch unterschiedliche Konzentrationen bestimmter Stoffe und Belüftung, die den Metallabtrag beeinflussen.
- Durch unterschiedliche Bedingungen, die sowohl werkstoff- als auch mediumseitig wirksam sind (z. B. Temperatur).

Zur Erklärung weiterer Begriffe wird auf DIN 50900 T1 und T2 verwiesen.

7.13.2.2 Korrosionsvorgänge

Ursache für den Reaktionsablauf am Korrosionselement sind vorrangig die Potentialunterschiede zwischen den anodischen und kathodischen Bereichen in mikro- und makroskopischen Größenordnungen auf der Metalloberfläche. Geringe Belüftung führt zu anodischen Zonen, wobei die Korrosionsgeschwindigkeit vom Sauerstoffzutritt an die kathodischen Bereiche bestimmt wird. Infolge der sich bildenden Korrosionsdeckschichten aus den Korrosionsprodukten auf der Oberfläche kommt es zu einer Verminderung der ursprünglichen Korrosionsgeschwindigkeit, die vom Aufbau und der Dichtheit der Deckschichten abhängt. Da bestimmte Stoffe (z. B. Chlorid-Ionen) aktivierend auf die anodische Eisenauflösung wirken, sind diese besonders bei Korrosionsvorgängen zu beobachten.

7.13.2.3 Außenkorrosion von Rohren aus metallischen Werkstoffen

Ursachen für die Außenkorrosion von Rohren aus metallischen Werkstoffen können sein:

- Zusammensetzung und Beschaffenheit der Erdböden.
- Ausbildung örtlich stark wirksamer Korrosionselemente.
- Korrosionsgefährdung durch galvanische Beeinflussung.
- Korrosionsgefährdung durch Streuströme aus fremden Gleichstrom-Anlagen.
- Korrosionsgefährdung durch Wechselstrom.

Da die Erdböden eine unterschiedliche Zusammensetzung haben, kann eine Ursache der Außenkorrosion die Aggressivität der Erdböden sein.

Besonders aggressive Böden (z. B. Moor-, Marsch-, Schlick-, Schlamm- und Tonböden mit Sulfaten) erfordern deshalb besondere Korrosionsschutzmaßnahmen. In gut belüfteten Böden (z. B. Sandböden) können dagegen niedrige Korrosionsraten auftreten.

Örtlich stark wirksame Korrosionselemente entstehen beim Vorhandensein von kohlenstoffhaltigen Stoffen (z. B. Aschen) oder bei Verlegung von Rohren mit guter elektrischer Längsleitfähigkeit infolge unterschiedlicher Erdböden (unterschiedliche Belüftung). Eine galvanische Beeinflussung von erdverlegten Stahlrohren entsteht u. a. durch eine elektrische Verbindung mit Stahl im Beton, weshalb eine elektrische Trennung des Metalls unbedingt erforderlich ist. Streuströme sind die aus stromführenden Leitern elektrischer Gleichstromanlagen (z. B. Straßen- oder Grubenbahnen) in den Erdboden austretenden Ströme, die in Rohrleitungen ein- und austreten können. Die anodische Metallauflösung erfolgt stets bei den Austrittsstellen des Stromes aus den Rohrleitungen.

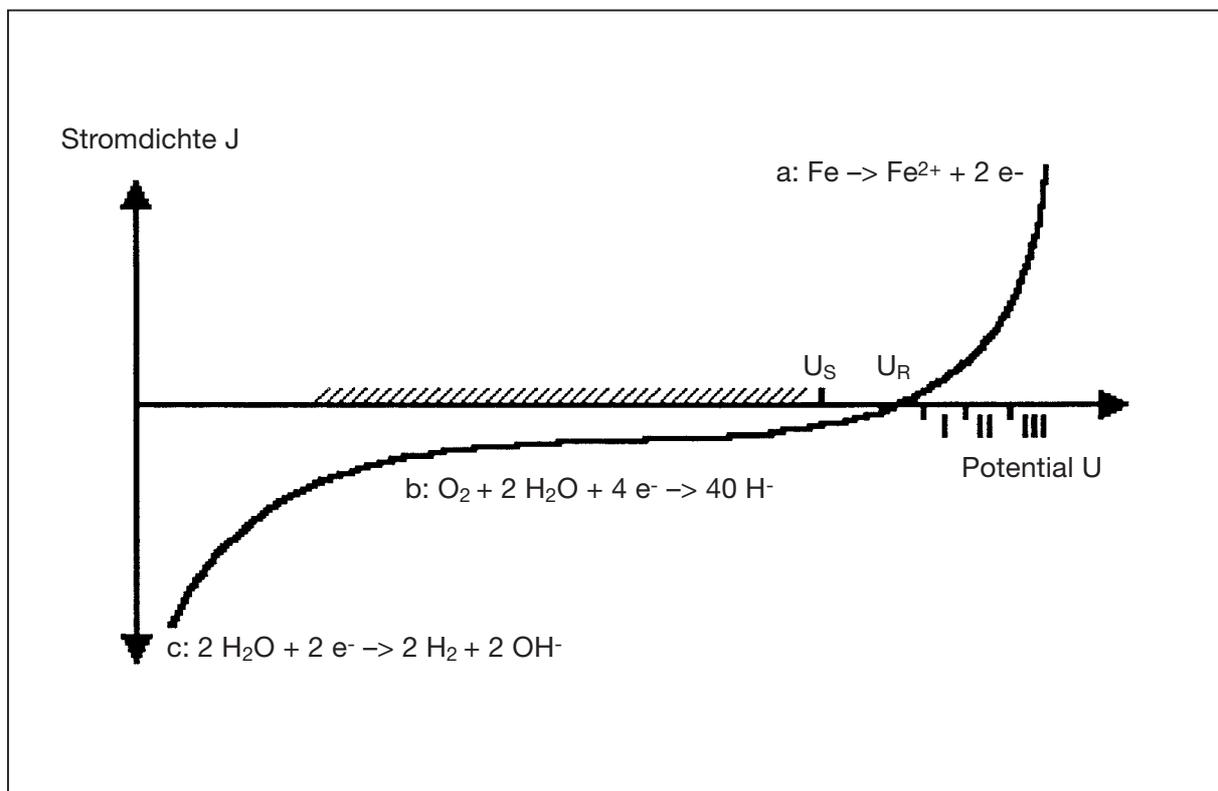
7.13.3 Elektrochemie der Korrosion

Das gemeinsame und kennzeichnende Merkmal der schon erläuterten Korrosionsursachen ist die Verschiebung des Potentials U , das sich an den Umhüllungsbeschädigungen (d. h. an der Phasengrenzfläche Stahl/Boden) einstellt, zu positiveren Werten.

Bild 7.16 zeigt dazu schematisch die Summen-Stromdichte-Spannungskurve von Stahl im Erdboden. Dabei ist U das oben beschriebene Potential an der Phasengrenzfläche Stahl/Boden. Die Stromdichte J beschreibt den Stromfluß über diese Phasengrenzfläche. Sie setzt sich zusammen aus den Teilstromdichte-Spannungskurven für die Korrosion (a) und der Sauerstoffreduktion (b) bzw. der Wasserstoffentwicklung (c). Ausgehend vom Ruhepotential U_R (für Stahl in belüfteten Böden ist $U_R \approx -500$ mV, gemessen gegen eine gesättigte Cu/CuSO₄-Elektrode) steigt Kurve (a) mit positiver werdendem Potential steil an, was gleichbedeutend ist mit entsprechend zunehmender Korrosionsgeschwindigkeit. Mit „I“, „II“ und „III“ sind die Potentialbereiche angedeutet, die bei den unterschiedlichen Korrosionsursachen erreicht werden.

Bild 7.16

Summen-Stromdichte-Spannungskurve für Stahl im Erdboden (schematisch) mit den Potentialbereichen für Korrosion durch Belüftungselemente (I) und Kontaktelemente (II) und durch Streuströme (III) und dem Potentialbereich für den kathodischen Korrosionsschutz (vgl. Schraffur); U_S ... Schutzpotential; U_R ... Ruhepotential.



Es bedeuten:

- I: Korrosion durch Belüftungselemente (Korrosionsgeschwindigkeit ca. 0,1 mm/a).
- II: Korrosion durch Kontaktelemente (Fremdkathoden);
(Korrosionsgeschwindigkeit ca. 0,5 mm/a).
- III: Korrosion durch Streuströme (Korrosionsgeschwindigkeit bis zu 1 mm/a).

Für Element- und Streuströme haben Rohrleitungen nur einen geringen Widerstand.

Die anodisch polarisierten Umhüllungsbeschädigungen (an denen die Korrosionsschäden in der Regel auftreten) können daher weit entfernt sein von den eigentlich korrosionsauslösenden kathodischen Bereichen (gut belüftete Umhüllungsbeschädigungen, Fremdkathoden oder Streustromeintrittsbereiche).

Alle oben genannten Korrosionsursachen führen an der korrodierenden Stahloberfläche zu einer Verschiebung des pH-Wertes zu kleineren Werten.

Eine weitere Korrosionsursache – die Wechselstromkorrosion – kann auf zunehmende Betriebsströme in 50 Hz-Drehstrom-Hochspannungsfreileitungen und in 16^{2/3} Hz Fahrleitungen der Deutschen Bahn AG und sowie auf die zunehmende Qualität der Umhüllung moderner Wasserleitungen zurückgeführt werden. Bei gemeinsamer Verlegung in Energietrassen kommt es zu einer induktiven Beeinflussung der Rohrleitungen /8/, wobei aus Berührungsschutzgründen die resultierende Beeinflussungsspannung 65 V nicht überschreiten darf.

Die Wechselstrombeeinflussung einer Rohrleitung führt zu einem Wechselstromfluß über die Phasengrenze Stahl/Erdboden, wo die Umhüllung beschädigt ist und kann dort zu Korrosionsangriffen führen. Die Wechselstromdichte, d. h. der auf die Fläche der Umhüllungsbeschädigung bezogene Wechselstrom (und nicht die Wechselspannung) ist die für die Korrosionsgeschwindigkeit ausschlaggebende Größe. Darüber hinaus hat die chemische Zusammensetzung des Bodens und die daraus resultierende Fähigkeit zur Ausbildung von Deckschichten entscheidenden Einfluß auf das Korrosionsgeschehen.

Entsprechend dem heutigen Kenntnisstand können schon bei Stromdichten um 20 A/m² Korrosionsangriffe auftreten.

Für Rohrleitungen bedeutet dies, daß z. B. kreisförmige für Umhüllungsbeschädigungen mit kleinem Durchmesser d in Böden mit kleinen spezifischen Widerständen ρ mit einer erhöhten Korrosionsgefährdung gerechnet werden muß, weil für die Wechselstromdichte J_W (bei Vernachlässigung des Polarisationswiderstandes und der Dicke der Umhüllung) gilt:

$$J_W = 8 U (\rho \pi d)^{-1}$$

Dabei bedeuten:

- J_W Wechselstromdichte [A/m²]
- U Wechselspannung Rohrleitung/Erde [V]
- ρ spezifischer Bodenwiderstand [Ω m]
- d Durchmesser der Fehlstelle [m]

Wechselstromkorrosionsangriffe an Rohrleitungen sind durch ihre relativ geringe Fläche gekennzeichnet, die nur selten 10 cm² übersteigt.

7.13.4 Kathodischer Korrosionsschutz

7.13.4.1 Grundlagen

Durch eine Absenkung des Potentials an der Phasengrenze zwischen der Stahloberfläche und dem umgebenden Erdreich kann die Korrosionsgeschwindigkeit wirksam vermindert werden,

wenn durch eine der Korrosionsursachen I, II oder III eine Gefährdung vermutet wird. Dieser Potentialbereich ist in Bild 7.16 schraffiert gekennzeichnet. U_S bezeichnet das Schutzpotential nach DIN 30676. Bei Erreichen und Unterschreiten dieses Wertes sinkt die Korrosionsgeschwindigkeit auf in der Regel vernachlässigbare Werte ($< 10 \mu\text{m/a}$).

Entsprechend der aktuellen europäischen Normung gelten für U_S die folgenden Werte:

$$U_{\text{Cu/CuSO}_4} < -0,95 \text{ V} \quad \text{für anaerobe Böden}$$

$$U_{\text{Cu/CuSO}_4} < -0,85 \text{ V} \quad \text{für „normale“ Böden}$$

$$U_{\text{Cu/CuSO}_4} < -0,75 \text{ V} \quad \text{für spezifische Bodenwiderstände über } 100 \Omega\text{m}$$

$$U_{\text{Cu/CuSO}_4} < -0,65 \text{ V} \quad \text{für spezifische Bodenwiderstände über } 1000 \Omega\text{m}$$

Für erdverlegte Anlagen aus niedriglegiertem Stahl ist ein Grenzpotential, das den für den kathodischen Korrosionsschutz nutzbaren Potentialbereich in negativer Richtung begrenzt (z. B. wegen der bei negativen Potentialen einsetzenden Wasserstoffentwicklung) nicht vorgesehen.

7.13.4.2 Schutzstromdichte

In Bild 7.16 gibt die im Bereich des kathodischen Korrosionsschutzes nahezu horizontal verlaufende Kurve die Stromdichte (bezogen auf die mit dem Erdreich in Kontakt stehende Stahloberfläche) an, die für das Aufrechterhalten der Schutzwirkung erforderlich ist. Der Wert ist stark von der Belüftung des jeweiligen Bodens abhängig und liegt in der Regel zwischen 20 („unbelüftete“ Lehm- oder Tonböden) und 200 mA/m^2 („belüftete“ Sandböden). Durch die Bildung von Deckschichten auf der Stahloberfläche kann die Schutzstromdichte im Laufe der Betriebsdauer der Rohrleitung abnehmen.

Für die Planung des kathodischen Korrosionsschutzes ist die in der Praxis erforderliche Schutzstromdichte J_k bezogen auf die geometrische Oberfläche der umhüllten Rohrleitung von Bedeutung. Diese Schutzstromdichte hängt unmittelbar mit dem spezifischen Umhüllungswiderstand r_u der Rohrleitung zusammen.

Es gilt:

$$r_u = \frac{U_{\text{ein}} - U_{\text{aus}}}{J_k}$$

Dabei bedeuten:

r_u Spezifischer Umhüllungswiderstand [Ωm^2]

U_{ein} Rohrleitungspotential bei eingeschaltetem Schutzstrom [V]

U_{aus} Rohrleitungspotential bei ausgeschaltetem Schutzstrom [V]

J_k Schutzstromdichte [Am^{-2}]

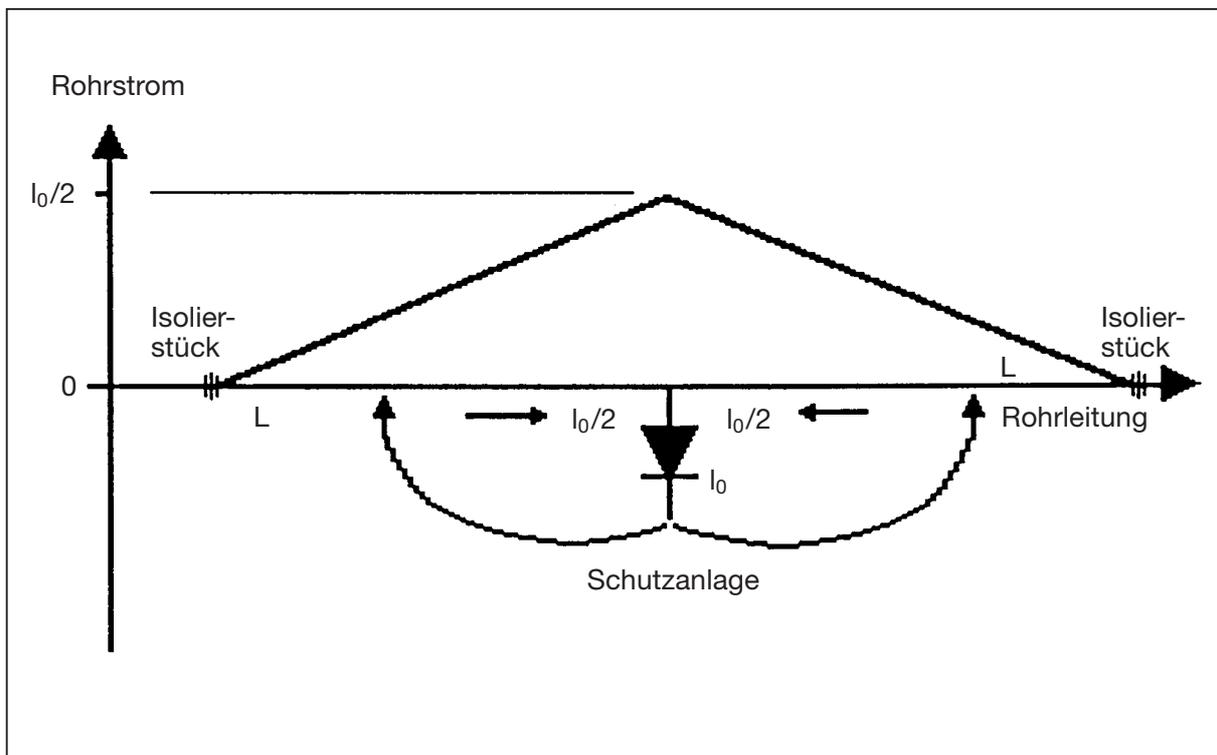
Bei Verlegung im offenen Rohrgraben kann für die heute üblichen PE-Umhüllungen $r_u > 1 \text{ M}\Omega\text{m}^2$ angenommen werden. In der Regel gilt damit $J_k < 0,5 \mu\text{A/m}^2$. Bei älteren bitumenisolierten Rohrleitungen kann die erforderliche Schutzstromdichte J_k zwischen 0,1 und 1 mA/m^2 liegen.

7.13.4.3 Schutzbereich

Der Schutzbereich $2L$ einer Rohrleitung ist die mit einer Korrosionsschutzanlage (oder die mit einer galvanischen Anode) kathodisch schützbare Länge einer Rohrleitung. Sie wird bestimmt durch die Schutzstromdichte J_k und den maximal zulässigen Spannungsabfall ΔU_L , den der Schutzstrom I_0 zwischen der Schutzbereichsgrenze und der Korrosionsschutzanlage am Längswiderstand der Rohrleitung erzeugt (Bild 7.17).

Bild 7.17

Schematische Darstellung des Rohrstromes in einer kathodisch geschützten Rohrleitung.



Für den Schutzbereich gilt:

$$2L = \sqrt{\frac{8 \Delta U_L s}{J_k \rho_{st}}}$$

Dabei bedeuten:

$2L$ Schutzbereich einer Korrosionsschutzanlage [m]

s Wanddicke der Rohrleitung [m]

ρ_{st} Spezifischer Widerstand des Stahls [Ωm]

Für ΔU_L wird 0,3 V angesetzt, weil nur im Potentialbereich zwischen $-1,15 \text{ V} < U_{Cu/CuSO_4} < -0,85 \text{ V}$ eine konstante Schutzstromdichte angenommen werden kann. Bei Schutzstromdichten $< 1 \mu A/m^2$ werden auch bei dünnwandigen Rohren mit kleinen Nennweiten Schutzbereiche $2L > 100 \text{ km}$ erreicht. Bei älteren bitumentumhüllten Rohrleitungen mit $J_k \approx 1 \text{ mA/m}^2$ ist $2L \approx 10 \text{ km}$.

7.13.4.4 Kathodischer Korrosionsschutz mit galvanischen Anoden

Beim kathodischen Korrosionsschutz mit galvanischen Anoden wird das Prinzip eines Kontaktelementes ausgenutzt. Die Rohrleitung wird dabei mit einer galvanischen Anode (Opferanode) verbunden. Diese galvanische Anode muß im Erdboden ein negativeres Potential besitzen als die zu schützende Rohrleitung. Im Erdboden ist nur Magnesium ein geeignetes Material. ($U_{\text{Magnesium}} = -1,5 \text{ V}$).

Eine Magnesiumanode, wird i. d. R. einbaufertig mit dem zugehörigen Backfill (= Bettungsmaterial – eine Mischung aus Gips und Bentonit) geliefert. Die Magnesiumanode darf nicht mit einem Koksbedeckung eingebaut werden.

Der typische Einsatzbereich von Magnesiumanoden sind kürzere (einige 100 m lange) und gut umhüllte Rohrleitungen, die in Böden verlegt sind, deren spezifischer Widerstand $\rho \approx 100 \Omega\text{m}$ nicht übersteigen sollte. Magnesiumanoden sollen nicht eingesetzt werden an streustrombeeinflussten oder hochspannungsbeeinflussten Rohrleitungen.

Die maximale Stromabgabe I_{max} einer Magnesiumanode kann näherungsweise ermittelt werden:

$$I_{\text{max}} \approx \frac{K_1}{\rho}$$

Dabei bedeuten:

I_{max} ...maximale Stromabgabe [A]

K_1 ...Dimensionskonstante [$K_1 = 1 \text{ Vm}$]

(Beispiel: In einem Boden mit $\rho = 100 \Omega\text{m}$ ist $I_{\text{max}} \approx 0,01 \text{ A}$).

Beim kathodischen Korrosionsschutz mit galvanischen Anoden korrodiert die Anode. Ihre Lebensdauer kann näherungsweise berechnet werden:

$$L \approx K_2 \cdot \frac{m}{I}$$

Dabei bedeuten:

L ... Lebensdauer [Jahre]

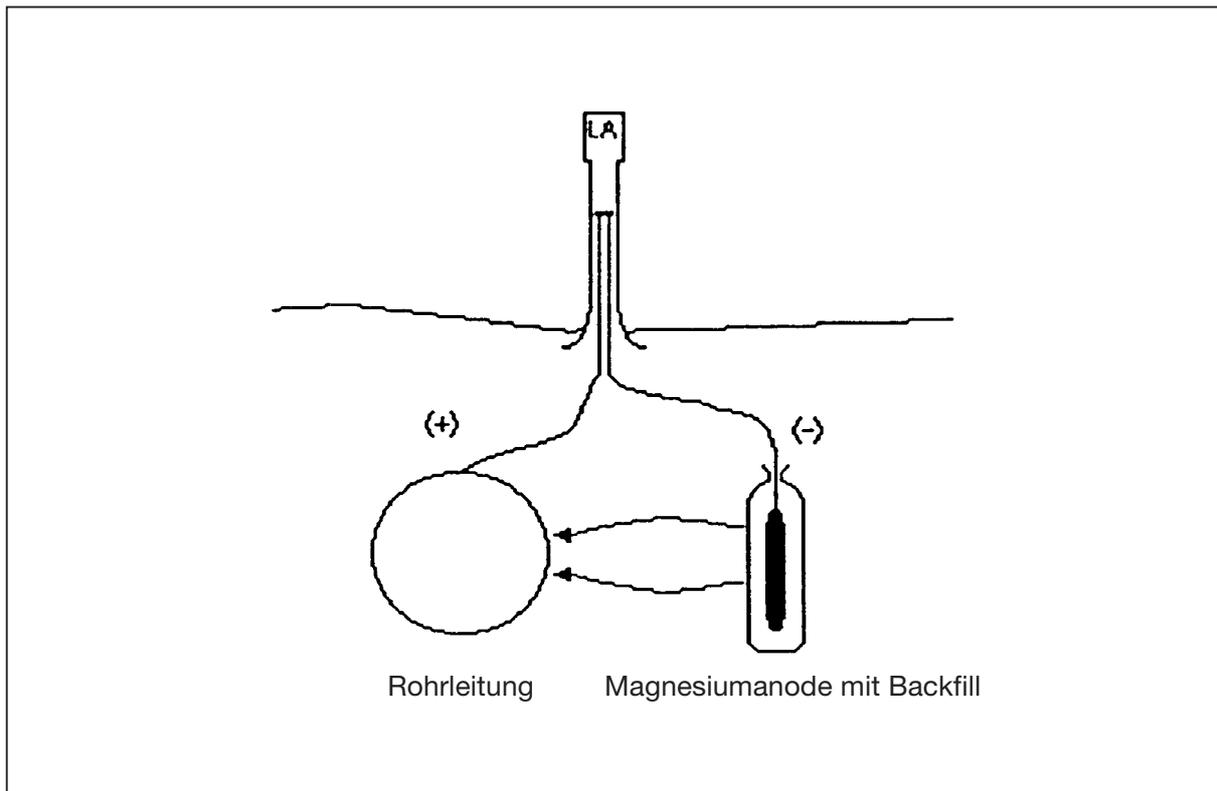
m ... Anodenmasse [kg]

K_2 ... Dimensionskonstante [$K_2 = 0,13 \text{ Jahre} \cdot \text{A/kg}$]

I ... Stromabgabe der Anode [A]

Bild 7.18

Prinzip des kathodischen Korrosionsschutzes mit galvanischen Anoden.



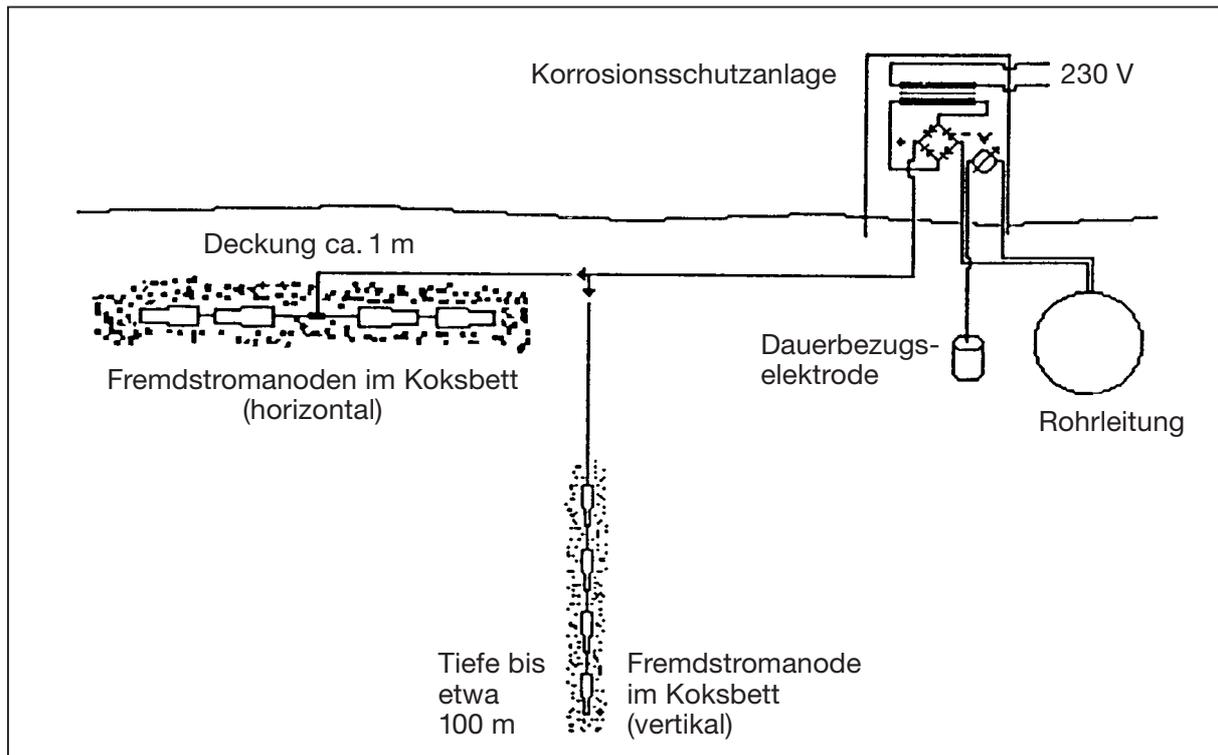
7.13.4.5 Kathodischer Korrosionsschutz mit Fremdstrom

- Gleichstromquellen

Für den kathodischen Korrosionsschutz mit Fremdstrom werden eine Gleichstromquelle und eine Fremdstromanode benötigt. Bild 7.19 zeigt schematisch den Aufbau einer Korrosionsschutzanlage mit netzversorgtem Gleichrichter und Fremdstromanode. Die Fremdstromanoden sind hier beispielhaft als Horizontal- oder Vertikal anoden ausgelegt und in einem Koks Bett verlegt (in der Praxis kommt nur jeweils eine der möglichen Ausführungsformen zur Anwendung). Die Korrosionsschutzanlage enthält in der Regel Geräte für die Messung des Ausgangsstroms und des Potentials gegen die eingebaute Dauerbezugselektrode. Ein Überspannungsschutz sollte vorgesehen werden, wenn mit dem Auftreten von Blitzüberspannungen oder mit einer Kurzzeitbeeinflussung durch Hochspannungsfreileitungen gerechnet wird. Der Bau von kathodischen Korrosionsschutzanlagen sollte durch Fachunternehmen erfolgen, die entsprechend GW 11 oder durch den Fachverband Kathodischer Korrosionsschutz geprüft worden sind.

Bild 7.19

Schematischer Aufbau einer Korrosionsschutzanlage mit netzversorgtem Gleichrichter.



Als Gleichstromquellen können zur Anwendung kommen:

- Netzgespeiste Transformatoren mit nachgeschaltetem Silizium-Gleichrichter. Die Gleichspannung ist in der Regel stufenlos einstellbar bis etwa 50 V; in Stadtgebieten sollten aus Beeinflussungsgründen etwa 20 V nicht überschritten werden. Der Berührungsschutz entsprechend DIN VDE 0100 muß gewährleistet sein. Für diese Art der Fremdstromversorgung muß eine 230 V Spannungsversorgung vorhanden sein. Wegen der hohen Schutzbereichslängen gut isolierter Rohrleitungen kann sich der Errichtungsort der Korrosionsschutzanlage in der Regel nach der Verfügbarkeit der Spannungsversorgung richten. Mit netzgespeisten Korrosionsschutzanlagen kann der Korrosionsschutz praktisch unbegrenzt langer Rohrleitungen realisiert werden.
- Solarstromanlagen, windkraftbetriebene Generatoren, Thermogeneratoren, Akkumulatoren: Der Einsatzbereich von Gleichstromquellen dieser Art sollte sich auf kürzere Rohrleitungen mit geringem Schutzstrombedarf beschränken. Mit Akkumulatoren kann ein temporärer Korrosionsschutz eingerichtet werden, der z. B. den Zeitraum bis zur Errichtung eines Stromanschlusses überbrückt. Die Kapazität der Puffer-Akkumulatoren von Solarstromanlagen und windkraftbetriebenen Generatoren muß so ausgelegt sein, daß Phasen mit schwacher Sonneneinstrahlung oder geringer Windtätigkeit überbrückt werden können.

Die Korrosionsschutzanlage versorgt die Rohrleitung über die Fremdstromanoden mit dem notwendigen Schutzstrom. Die stromführenden Kabel sowohl zu den Anoden als auch zur Rohrleitung, ihre Muffen und die Kontaktierung der Rohrleitung müssen entsprechend den erwarteten Strömen ausgelegt sein.

- Fremdstromanoden

Über die Fremdstromanoden wird der für den kathodischen Korrosionsschutz erforderliche Strom in den Erdboden eingespeist. Sie sollen bei maximaler Stromabgabe eine hohe Lebensdauer (> 30 Jahre) und einen niedrigen Ausbreitungswiderstand besitzen. Fremdstromanoden werden im Erdboden als horizontale oder vertikale Anodenkette verlegt. Horizontalanoden sind in der Regel kostengünstiger, wenn der Strombedarf nur wenige Ampere beträgt, der spezifische Bodenwiderstand 100 Ωm nicht überschreitet und eine Beeinflussung benachbarter erdverlegter Anlagen nicht besteht. Vertikalnaden bieten sich an, wenn der spezifische Bodenwiderstand mit zunehmender Tiefe abnimmt und wenn – z. B. in bebauten Gebieten – eine Gefährdung fremder Anlagen durch Beeinflussung besteht. Ihr Ausbreitungswiderstand unterliegt kaum den Schwankungen der Oberflächenfeuchtigkeit des Erdbodens. Eine Koksbettung führt bei beiden Ausführungen zu einer Verlängerung der wirksamen Anodenlänge und damit zu einer Verringerung des Ausbreitungswiderstandes und zu einer Verlängerung der Lebensdauer. Ein Überblick über die Kenndaten üblicher Fremdstromanodenwerkstoffe ist in Tabelle 7.15 dargestellt.

Tabelle 7.15

Kenndaten der gebräuchlichsten Fremdstromanoden /25/.

Material	FeSi	Graphit	Magnetit	Metalloxid	Ferrit
Länge (m)	1,2	1,2	0,8	0,5	0,1–0,5
Durchmesser (cm)	6	6	6	1,6	1,5
Masse (kg)	26	6	6	0,2	0,2
Praktischer Abtrag ohne Koksbettung (kg A ⁻¹ a ⁻¹)	0,2	0,5	2 x 10 ⁻³	< 10 ⁻³	< 0,3 x 10 ⁻³
(theoret.) Lebensdauer bei 1A ohne Koksbettung (Jahre)	80	15	> 100	> 50	> 50
(theoret.) Lebensdauer bei 1A mit Koksbettung (Jahre)	260	30	> 100	> 100	> 100
Bruchgefahr	mäßig	mäßig	mäßig	keine	keine

Der Ausbreitungswiderstand R [Ω], d. h. der Widerstand zwischen der Anodenanlage und der Bezugserde von Vertikalnaden, kann für nahezu homogene Böden näherungsweise berechnet werden.

$$R \approx \frac{\rho}{L_A}$$

L_A ist die Länge des Anodenbettes [m]. Für Horizontalnaden erhöht sich der Wert um etwa 50%.

7.13.4.6 Kathodischer Korrosionsschutz bei Streustrombeeinflussung

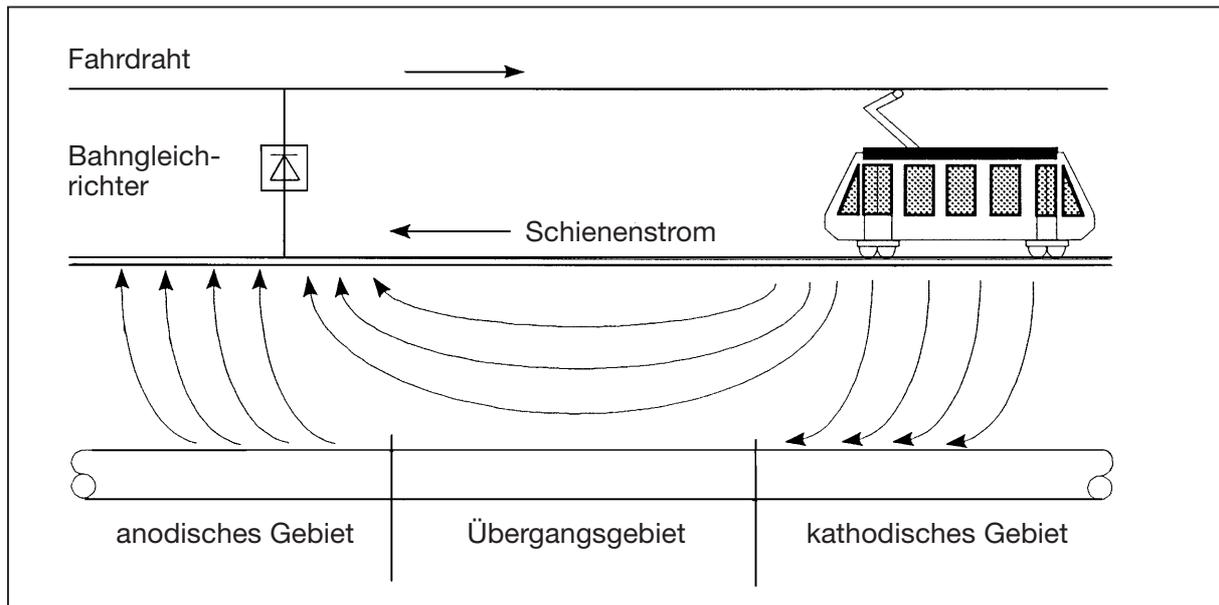
- Allgemeines

Die in der Praxis häufigste Streustrombeeinflussung tritt an Parallelführungen, Kreuzungen und Näherungen zwischen erdverlegten Stahlleitungen und Gleichstrombahnen auf. Der überwiegende Teil der Gleichstrombahnen wird mit dem Pluspol des Bahngleichrichters am Fahrdrabt und dem Minuspol an der Schiene betrieben (Bild 7.20).

Der Stromkreis des Fahrstromes führt vom Pluspol des Bahngleichrichters über den Fahrdrabt zum Motor der Straßenbahn und über die Schienen zurück zum Minuspol des Bahngleichrichters.

Bild 7.20

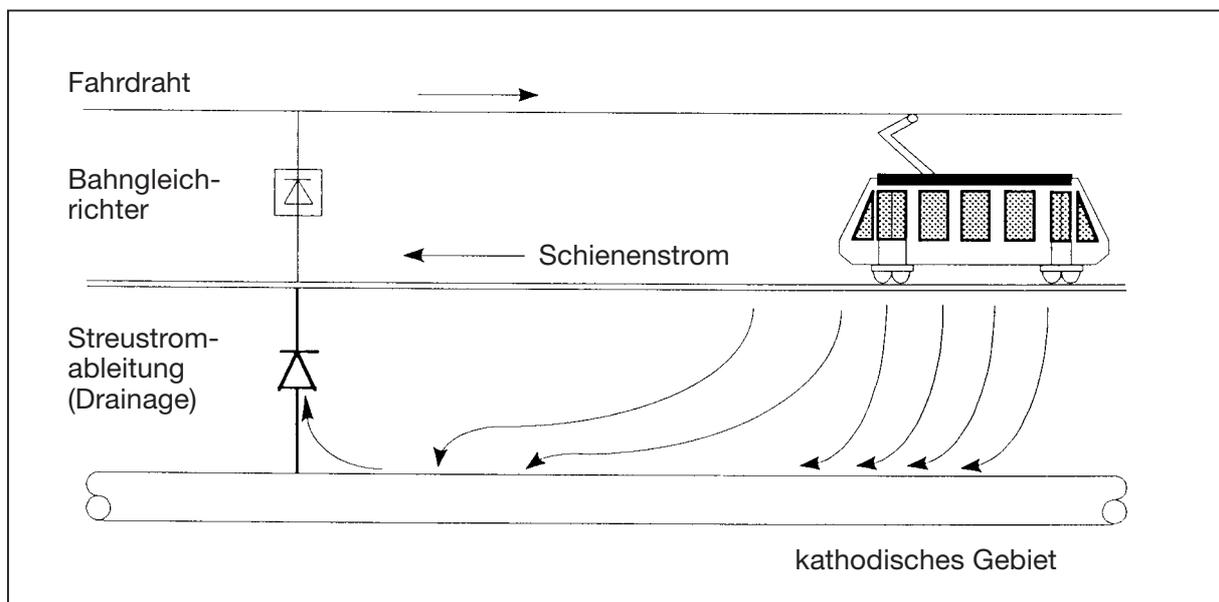
Schematische Darstellung der Streustromkorrosion durch gleichstrombetriebene Straßenbahnen.



Aufgrund des endlichen Widerstandes zwischen der Straßenbahnschiene und dem umgebenden Erdreich fließt ein Teil des Fahrstromes über Erde zurück zum Bahngleichrichter. Eine erdverlegte Rohrleitung kann an Beschädigungen in der Umhüllung diese Streuströme aufnehmen und in Bereichen enger Näherungen zur Schiene oder zum Bahngleichrichter wieder abgeben, was zu einer Korrosionsgefährdung führt. Diese Streustrombeeinflussung ist zeitlich nicht konstant, sondern führt entsprechend der sich ändernden Fahrweise der Straßenbahnen zu Schwankungen des Rohr/Boden-Potentials.

Bild 7.21

Korrosionsschutz bei Streustromkorrosionsgefährdung durch Streustromableitung mit einer Diode.



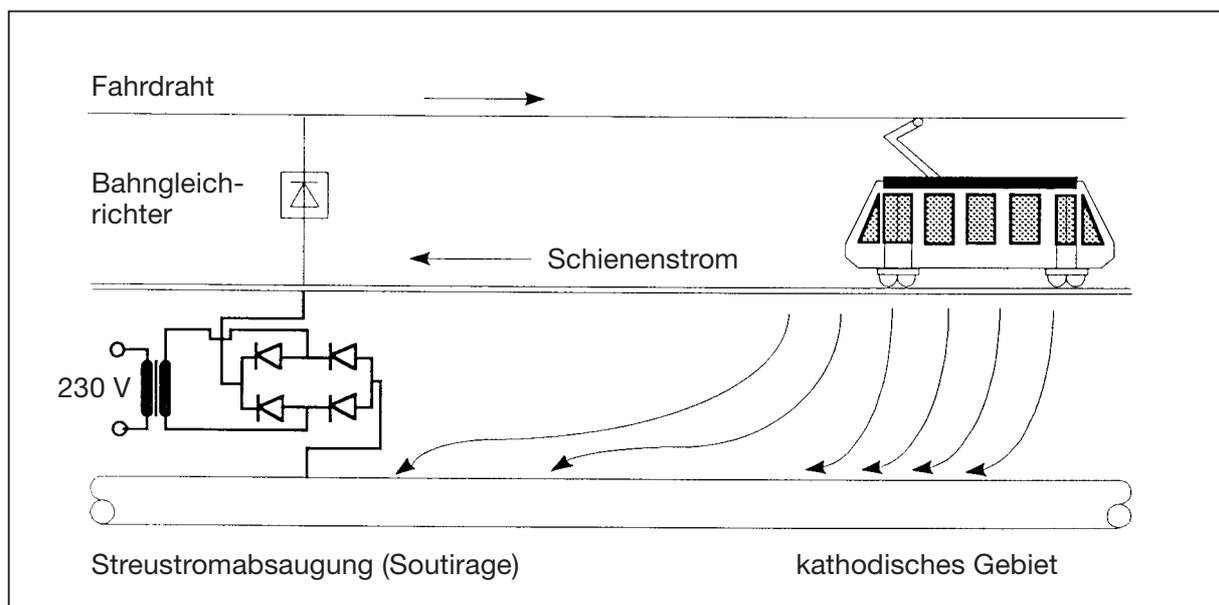
- Streustromableitung (Drainage)

Durch eine metall-leitende Verbindung zwischen der Rohrleitung und den Schienen an Kreuzungen, engen Näherungen oder am Bahngleichrichter wird der Streustrom nicht mehr elektrolytisch, sondern galvanisch zurückgeführt. Die Streustromableitung ist in erster Linie ein Schutz gegen Streustromkorrosion. Ein kathodischer Korrosionsschutz, bei dem das Schutzpotential an allen Fehlstellen erreicht wird, kann in den meisten Fällen nicht erreicht werden.

Bei der Streustromableitung ist darauf zu achten, daß der Strom immer von der Rohrleitung in Richtung Schiene fließt. Ein Rückstrom vom Bahngleichrichter zur Rohrleitung muß auf jeden Fall vermieden werden. Anhand von Langzeitregistrierungen (z. B. über 24 Stunden) kann dieses geprüft werden. Für den Fall, daß eine Stromumkehr festgestellt wird, kann diese z. B. durch den Einbau einer Diode verhindert werden (Bild 7.21). Die Auslegung der Diode muß sich nach den abzuleitenden Streuströmen richten, die in der Größenordnung von einigen 10 A liegen können.

Bild 7.22

Korrosionsschutz bei Streustrombeeinflussung durch Streustromabsaugung.



- Streustromabsaugung (Soutirage)

Die Soutirage unterstützt die Rückführung der in der Rohrleitung fließenden Streuströme, wodurch kathodischer Korrosionsschutz an allen Umhüllungsfehlstellen der Rohrleitung erzielt werden kann (Bild 7.22). Hierbei wird die Schiene in Abstimmung mit den Verkehrsbetrieben als Fremdstromanode benutzt. Für die Streustromabsaugung wird ein Gleichrichter eingesetzt, dessen Aufbau dem einer netzgespeisten Fremdstromanlage entspricht. Die Auslegung muß sich an der Höhe der abzusaugenden Streuströme orientieren, die mehrere 10 A erreichen kann. Zur Strombegrenzung bei schnellen Streustromänderungen kann zwischen Transformator und Gleichrichter eine Drossel (Induktivität ca. 10 mH) eingebaut werden. Mit potential- oder stromkonstanten Gleichrichtern können die Potentialschwankungen der kathodisch geschützten Rohrleitung vermindert werden.

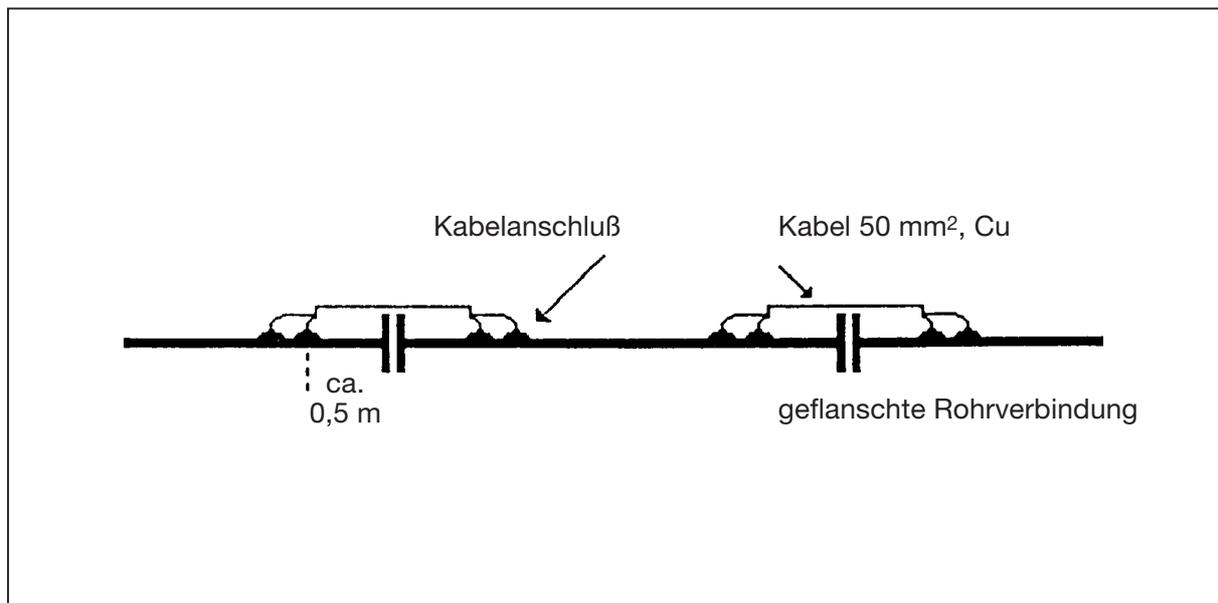
7.13.5 Konstruktive Voraussetzungen für die Einrichtung des kathodischen Korrosionsschutzes

7.13.5.1 Längsleitfähigkeit

Die Rohrleitung muß eine gute elektrische Längsleitfähigkeit aufweisen. Bei durchgehend geschweißten Stahlrohrleitungen ist diese immer gegeben. Eingeflanschte Armaturen, Muffen oder Dehner, die in Bergsenkungsgebieten eingebaut werden, müssen elektrisch überbrückt werden (Bild 7.23).

Bild 7.23

Schematische Darstellung der elektrischen Überbrückung einer geflanschten Rohrverbindung.



7.13.5.2 Elektrische Trennung

Die zu schützende Rohrleitung muß von allen Anlagen mit niedrigen Ausbreitungswiderständen elektrisch getrennt sein. Tabelle 7.16 gibt beispielhaft derartige Anlagen an und beschreibt Maßnahmen zur Sicherstellung der elektrischen Trennung.

Isolierstücke müssen auch eingebaut werden, wenn eine neue Stahlrohrleitung in eine bestehende, nicht kathodisch geschützte Rohrleitung eingebunden werden soll.

Tabelle 7.16

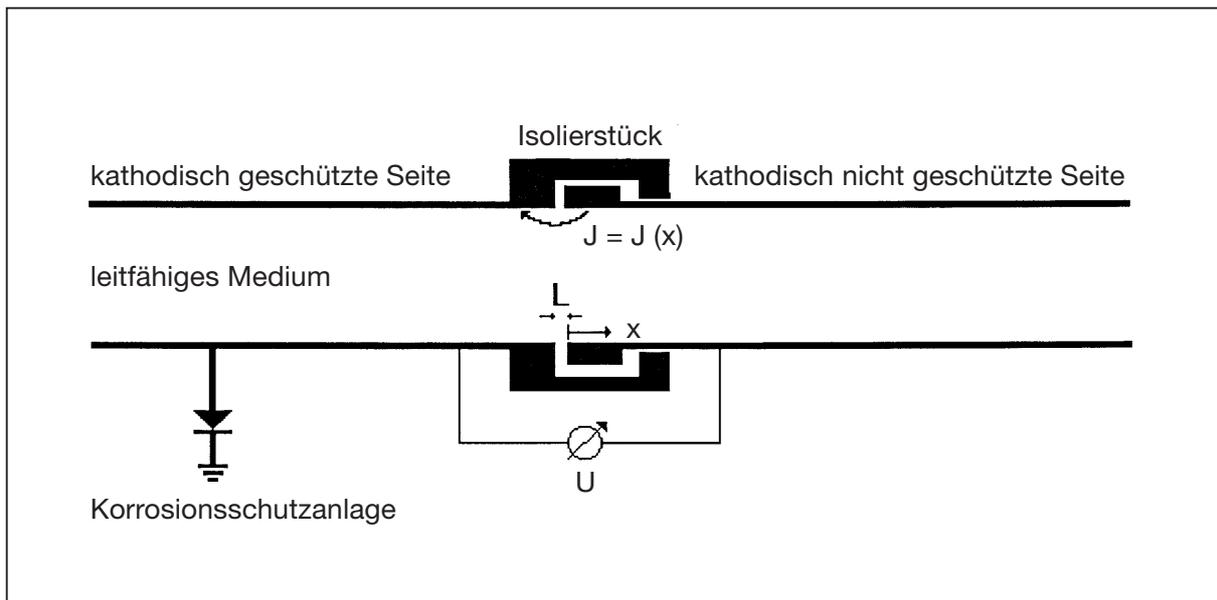
Maßnahmen zur elektrischen Trennung einer kathodisch zu schützenden Rohrleitung von Anlagen mit niedrigen Ausbreitungswiderständen.

Art der Anlage	Maßnahme zur elektrischen Trennung
Elektrisch betriebene Armaturen	Einbau von Isoliergetrieben
Mantelrohre	Verwendung isolierender Abstandhalter
Stahl-Beton-Fundamente (Fremdkathoden)	Isolierende Ausführung z. B. von Schachtdurchführungen
Übergabestationen	Einbau von Isolierstücken; dabei muß die Gefährdung durch Innenkorrosion beachtet werden (s. u.)
Erder an hochspannungsbeeinflussten Rohrleitungen	Einbau von Abgrenzeinheiten /8/
Parallelverlegte oder kreuzende Kabel, Rohrleitungen etc.	Mindestabstände bei der Verlegung einhalten oder Zwischenlegen von isolierenden druckstabilen Materialien (z. B. Dukoton)

Bei Isolierstücken besteht zwischen der kathodisch geschützten und der kathodisch nicht geschützten Seite eine Potentialdifferenz ΔU von etwa einem Volt, die über die Wassersäule einen Strom treibt, der auf der kathodisch **nicht** geschützten Seite – insbesondere bei gut leitenden Medien – zu einem Korrosionsangriff führen kann (Bild 7.24). Die innere Korrosionsgefährdung kann mit der Korrosionsstromdichte $J = J(x)$ angegeben werden und nimmt mit der Größe des Rohrdurchmessers D und der Leitfähigkeit l/ρ des transportierten Mediums zu. Sie nimmt ab mit der Länge L des Isolierstückes.

Bild 7.24

Schematische Darstellung der elektrischen Verhältnisse an einer Isolierkupplung in einer Rohrleitung für den Transport leitfähiger Medien.



Für die Abhängigkeit der Korrosionsstromdichte J vom Abstand x von dem Isolierstück gilt nach /26/:

$$J = J_0 \exp(-x/a); J_0 = \frac{U}{L} \sqrt{\frac{D}{4r_b\rho}}; a = \sqrt{\frac{D r_b}{4\rho}}$$

Dabei bedeuten:

J, J_0 Korrosionsstromdichte [A/m^2]

x, a Abstand vom Isolerring des Isolierstückes [m]

U Gleichspannung über dem Isolierstück [m]

r_b Beschichtungswiderstand auf der kathodisch geschützten Seite des Isolierstückes [Ωm^2]

D Rohrdurchmesser [m]

ρ Spezifischer Widerstand des transportierten Mediums [Ωm]

Für Zementmörtelbeschichtungen kann $r_b = 100 \Omega m^2$ angenommen werden. Bei Trinkwasserleitungen mit Zementmörtelauskleidung sind die Korrosionsgeschwindigkeiten in der Regel vernachlässigbar gering, so daß keine weiteren Maßnahmen erforderlich sind. Diese Überlegungen gelten aber nicht für Salzwasserleitungen, weil hier die Beschichtungswiderstände deutlich geringer sind. In solchen Medien kann die anodische Korrosion im Bereich der Isolierstücke nur durch ausreichend hochohmige Beschichtungen oder durch inneren kathodischen Korrosionsschutz bekämpft werden.

7.13.5.3 Umhüllung

Um eine gute Reichweite der Wirksamkeit der Korrosionsschutzanlage zu erzielen, muß die kathodisch zu schützende Rohrleitung eine gute Umhüllung besitzen. Diese Forderung betrifft die Werksumhüllung des Rohres, die Umhüllung der Armaturen (die zweckmäßigerweise mit einer Werksumhüllung aus Polyurethan [PU] oder Epoxidharz [EP] bestellt werden) und die Nachumhüllung der Rundschweißnahtbereiche und der Armaturen auf der Baustelle. Bei PE-umhüllten Rohrleitungen, EP- oder PU-beschichteten Armaturen und kunststoffisolierten Schweißnähten kann nach der Verlegung ein Umhüllungswiderstand von mehr als $1 M\Omega m^2$ erwartet werden. Formstücke aus GGG können nur dann in den kathodischen Korrosionsschutz miteinbezogen werden, wenn sie eine Umhüllung besitzen. Sollte dies nicht der Fall sein und sie verbleiben im Leitungszug, müssen sie durch Isolierstücke von der Stahlleitung elektrisch getrennt werden.

7.13.6 Meßstellen

Für die Überwachung des kathodischen Korrosionsschutzes sollen Meßstellen eingerichtet werden. Dazu zeigt Bild 7.25 beispielhaft eine Mantelrohrmeßstelle, die mit einer Rohrstrommeßstelle (am Produktenrohr) kombiniert ist (vgl. Tabelle 7.16). Diese Art der Meßstelle ist besonders wichtig, weil bei einem über Jahre hinweg bestehenden Kontakt zwischen Mantel- und Produktenrohr Korrosionsschäden an der Produktenleitung auftreten können, wenn im Ringraum Grundwasser vorhanden ist.

Zweckmäßigerweise wird bei der Belegung der Klemmen im Schilderpfahl eine Systematik verwendet, die sich z. B. an der aufsteigenden Numerierung der Armaturen oder an der Transportrichtung orientiert.

Bild 7.25

Schematische Darstellung einer kombinierten Mantelrohr- und Produktrohrstrommeßstelle.

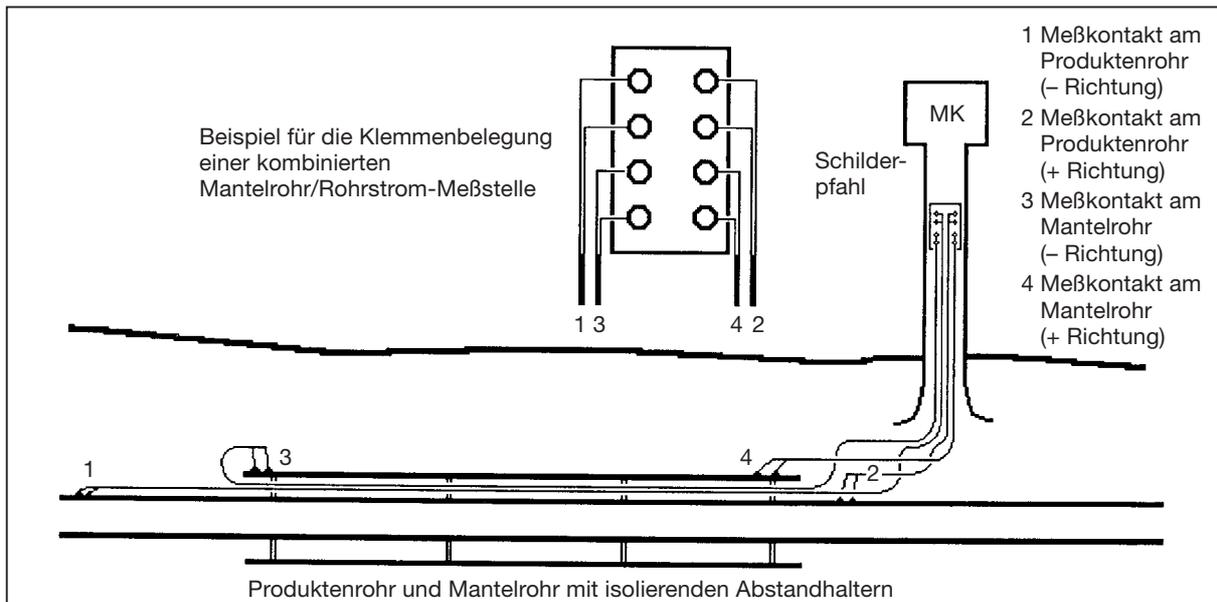


Tabelle 7.17 gibt einen Überblick über die wichtigsten Meßstellenarten. Die Rohrleitungsanschlüsse können mit verschiedenen Verfahren realisiert werden (z. B. „Cadweld“, „Pin Brazing“ oder „Bolzenschweißen“). Geschraubte Meßkontakte sollten nicht installiert werden. Meßkabel sollten immer zweiadrig ausgeführt sein (z. B. NYY 2 x 2,5 mm²). Der Querschnitt stromführender Kabel richtet sich nach der Höhe des Stromes.

Tabelle 7.17

Übersicht über die wichtigsten Meßstellen einer kathodisch geschützten Rohrleitung.

Art der Meßstelle	Erläuterungen
Potentialmeßstelle	Einrichtung in Abständen von etwa 1–2 km zur Überwachung der Wirksamkeit des kathodischen Korrosionsschutzes anhand von Potentialmessungen.
Produktrrohrstrommeßstelle	Einrichtung in Abständen von etwa 5 km zur Messung der Rohrströme. Der Rohrstrom wird als Spannungsabfall über einer Rohrlänge von 10–30 m gemessen. Um die Meßstrecke eichen zu können, muß jeder Rohrleitungsanschluß zweiadrig ausgeführt sein. Die beiden Adern müssen mit einem Abstand von ca. 100 mm zueinander aufgeschweißt werden.
Mantelrohrmeßstelle	Einrichtung an jedem Mantelrohr, um die elektrische Trennung zum Produktrrohr z. B. durch Messung des Widerstandes zwischen Produktr- und Mantelrohr überprüfen zu können. Es ist zweckmäßig, einen Mantelrohranschluß an jedem Ende vorzusehen, um im Falle einer Berührung die Kontaktstelle einmessen zu können.
I-Meßstelle	Meßstelle zur Überprüfung der Wirksamkeit eines Isolierstückes (z. B. durch Messung der Spannung über dem Isolierstück).
Erdermeßstelle	Meßstelle zur Überwachung des Ausbreitungswiderstandes von Erden, die zur Reduzierung der Hochspannungsbeeinflussung an die Rohrleitung angeschlossen werden.
Potentialverbindung	Eine neue Rohrleitung kann auch über eine Potentialverbindung in den kathodischen Korrosionsschutz einer bestehenden Rohrleitung miteinbezogen werden. Hierfür wird eine Meßstelle eingerichtet, die dann z. B. die Messung des Schutzstromes ermöglicht.

7.13.7 Beeinflussung

7.13.7.1 Grundlagen

Durch kathodisch geschützte Rohrleitungen können andere benachbarte erdverlegte Objekte beeinflusst werden und damit einer Korrosionsgefährdung unterliegen. Bild 7.26 zeigt schematisch die Beeinflussung einer Rohrleitung durch anodische und kathodische Beeinflussung.

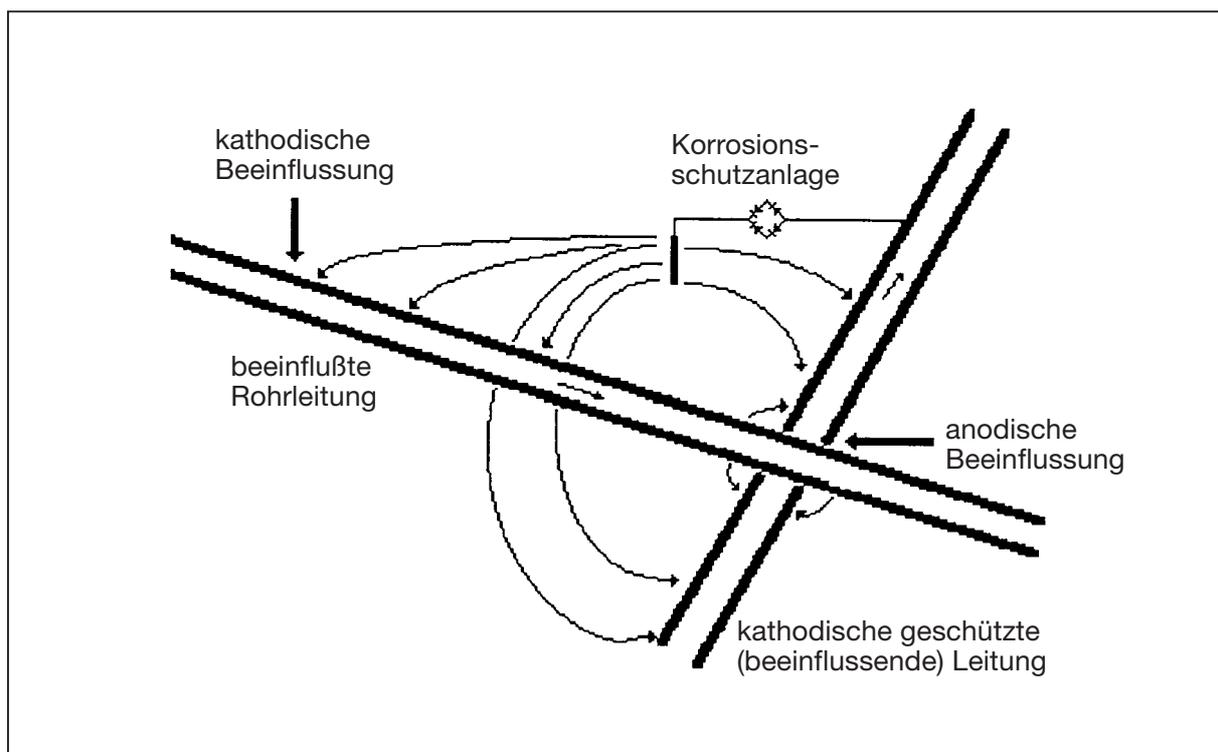
Der von der Anode gelieferte Strom verursacht im sie umgebenden Erdreich einen mit zunehmender Entfernung abklingenden Spannungsabfall. Dieses Spannungsprofil wird als „Spannungstrichter der Anode“ oder kürzer als „anodischer Spannungstrichter“ bezeichnet. Analog verursacht der in eine Umhüllungsbeschädigung fließende Schutzstrom im umgebenden Erdreich einen kathodischen Spannungstrichter.

Der anodische Spannungstrichter der Anode einer Korrosionsschutzanlage verursacht eine kathodische Beeinflussung und kann **außerhalb** seiner Reichweite zu einer Korrosionsgefährdung des beeinflussten Objektes führen. Der kathodische Spannungstrichter an den Umhüllungsbeschädigungen einer kathodisch geschützten Rohrleitung verursacht eine anodische Beeinflussung und führt **innerhalb** seiner Reichweite zu einer Korrosionsgefährdung der beeinflussten Rohrleitung, wenn an dieser Umhüllungsbeschädigungen vorhanden sind.

Diese Überlegungen gelten für kathodisch geschützte und kathodisch nicht geschützte Leitungen. Die Korrosionsgefährdung ist bei kathodisch geschützten Leitungen jedoch deutlich geringer.

Bild 7.26

Schema der Beeinflussung einer Rohrleitung durch den kathodischen Korrosionsschutz einer anderen Rohrleitung.



7.13.7.2 Kriterien

Nach VDE 0150 und Nachtrag A1 darf bei anodischer Beeinflussung nicht kathodisch geschützter Rohrleitungen der Mittelwert des Potentials (inklusive des ohmschen Spannungsabfalles) vom Ruhepotential um nicht mehr als 100 mV abweichen.

Bei anodischer Beeinflussung kathodisch geschützter Rohrleitungen darf deren IR-freies Potential nicht positiver sein als das jeweils gültige Schutzpotentialkriterium.

Bei kathodischer Beeinflussung einer Stahlrohrleitung mit einer Potentialabsenkung um mehr als 500 mV müssen Anlagenteile, die außerhalb des beeinflussenden anodischen Spannungstrichters liegen auf eine unzulässig hohe anodische Beeinflussung hin untersucht werden.

7.13.7.3 Schutzmaßnahmen

Mit den folgenden Maßnahmen kann die Korrosionsgefährdung durch Beeinflussung vermindert werden.

- Einhaltung ausreichend großer Abstände zu beeinflussenden Anlagen. Bei fremden Korrosionsschutzanlagen sind 200 m in der Regel ausreichend.
- Bei anodischer Beeinflussung: Ausbesserung der Umhüllung der beeinflussenden Anlage oder **beschädigungsfreie** Umhüllung der beeinflussten Anlage oder Einrichtung/Anpassung des kathodischen Korrosionsschutzes.
- Bei kathodischer Beeinflussung: Möglichst beschädigungsfreie Umhüllung der beeinflussten Anlage.

7.13.8 Planung des kathodischen Korrosionsschutzes einer Rohrleitung

Für die Planung des kathodischen Korrosionsschutzes einer Rohrleitung sollten die folgenden Informationen vorliegen:

- Übersichtsplan mit Leitungsverlauf, Angabe fremder parallelverlaufender oder kreuzender Rohrleitungen oder Kabel.
- Daten der Rohrleitung: Nennweite, Wanddicke, Werksumhüllung, Baustellenumhüllung.
- Örtlichkeiten von Kreuzungen, die mit Schutzrohr ausgeführt werden.
- Informationen zur Lage von Isolierstücken (z. B. bei Hausanschlußleitungen) und von Armaturen.
- Lage und Konstruktion von Stahlbetonschächten oder -fundamenten.
- Verlauf von Gleich- oder Wechselstrombahnen; Örtlichkeiten von Tunnelbauwerken von S- oder U-Bahnen.
- Trassen von Hochspannungsfreileitungen.
- Örtlichkeiten fremder Korrosionsschutzanlagen.
- Erforderlicher Schutzstrom aus Einspeiseversuchen oder aus einer Abschätzung.
- Spezifischer Bodenwiderstand am Anodeneinbauort.
- Verfügbarkeit eines Niederspannungsanschlusses.

Aus diesen Planungsgrundlagen ergeben sich dann:

- Einbauorte von Isolierstücken.
- Schutzbereich.
- Örtlichkeiten für Meßstellen.
- Anzahl der Korrosionsschutzanlagen, Länge oder Tiefe der Anodenanlage, Anodenart und -anzahl.
- Erforderlicher Anoden-Ausbreitungswiderstand und erforderliche Anodenspannung.
- Gleichrichtertyp.
- Bereiche, in denen eine Beeinflussung durch fremde Anlagen in Betracht gezogen werden muß und in denen fremde Anlagen möglicherweise beeinflusst werden.
- Schutzmaßnahmen gegen Streustromkorrosion und Hochspannungsbeeinflussung.

7.13.9 Inbetriebnahme und Überwachung des kathodischen Korrosionsschutzes

Entsprechend GW 10 (Entwurf Febr. 1993) gliedert sich die Inbetriebnahme und die Überwachung des kathodischen Korrosionsschutzes einer Rohrleitung in 3 inhaltlich unterschiedliche Arbeitsschritte auf (die dafür erforderliche Meßtechnik wird ausführlich z. B. in /8/ beschrieben). Die Arbeiten sollten durch Fachunternehmen ausgeführt werden, die entweder entsprechend GW 11 zugelassen oder geprüftes Mitglied des Fachverbandes Kathodischer Korrosionsschutz sind.

7.13.9.1 Inbetriebnahme

Die Inbetriebnahme umfaßt die Messung der relevanten Daten des Korrosionsschutzsystems. Dazu gehören u. a. die Ausbreitungswiderstände der Anoden, die Potentiale von Fremdoobjekten, die in den kathodischen Korrosionsschutz miteinbezogen werden, Widerstände zwischen Rohrleitungen und Fremdoobjekten. Danach werden die Schutzanlagenströme auf die Planwerte eingestellt. Werden dann Einschaltpotentiale in der Nähe der Schutzanlagen positiver als $U_{\text{Cu}/\text{CuSO}_4} = -1,5 \text{ V}$ und an den Endpunkten positiver als $-1,2 \text{ V}$ gemessen, sind die Schutzströme entsprechend zu erhöhen oder die Ursache für die Abweichung vom Planwert ist durch weitere Messungen festzustellen.

7.13.9.2 Nachmessung

Vorbedingung für die Durchführung der Nachmessung ist das Erreichen eines Ausschaltpotentials, das negativer als das Schutzpotential an den Schutzbereichsenden ist (nach ausreichender Polarisationsdauer). Wesentlicher Inhalt der Nachmessung ist dann der Nachweis der Wirksamkeit des kathodischen Korrosionsschutzes. Hierfür stehen prinzipiell unterschiedliche Verfahren zur Verfügung, die in der AfK-Empfehlung Nr. 10 (Entwurf) im Detail beschrieben sind:

- Ausschaltpotentialmessung

Die Messung des Ausschaltpotentials gibt nur dann zuverlässige Hinweise auf die Wirksamkeit des kathodischen Korrosionsschutzes, wenn die Polarisation an allen Umhüllungsbeschädigungen annähernd gleich ist (stützt man sich bei der Nachmessung auf dieses Verfahren, ist es sinnvoll, den Schutzstrom so einzustellen, daß Ausschaltpotentiale erreicht werden, die etwa 100 mV negativer als das Schutzpotential sind).

- Intensivmessung

Die Intensivmessung beinhaltet die Bestimmung des IR-freien Potentials der Stahloberfläche innerhalb einer Umhüllungsbeschädigung. Dazu muß die Fehlstelle zunächst geortet werden,

um dann entweder gleichzeitig oder anschließend, d. h. in einem separaten Arbeitsschritt, die Potentialmessung durchzuführen. Wenn an jeder Umhüllungsbeschädigung ein IR-freies Potential erreicht wird, das das Schutzpotentialkriterium erfüllt, ist der Nachweis der Wirksamkeit des kathodischen Korrosionsschutzes erbracht.

- Vergleichsmessungen

Bei Rohrleitungsabschnitten, die noch nicht mit anderen kathodisch geschützten Objekten verbunden sind, kann mit Hilfe einer Schutzstrommessung die Polarisierbarkeit bestimmt werden. Dieses Verfahren beruht auf der Tatsache, daß bei gegebenen Werten für Einschaltpotential, Schutzstromdichte und spezifischem Widerstand des Bettungsmaterials eine (berechenbare) kreisförmige Fehlstellenfläche gerade noch mit einem berechenbaren Strom I_{rech} kathodisch geschützt werden kann. Ergibt die Schutzstrommessung einen Wert I_{mess} , der kleiner oder gleich diesem errechneten Strom ist, so gilt der Nachweis der Wirksamkeit des kathodischen Korrosionsschutzes als erbracht. Es muß gelten:

$$I_{mess} < I_{rech} = 16 (U_{ein} - U_S)^2 (\rho^2 \pi J_S)^{-1}$$

Dabei bedeuten:

I_{mess} ... Meßtechnisch ermittelte Schutzstromaufnahme eines Rohrleitungsabschnittes beim Einschaltpotential [A]

I_{rech} ... Rechnerisch ermittelte maximal zulässige Schutzstromaufnahme des Rohrleitungsabschnittes [A]

U_1 ... Einschaltpotential, mit dem der Rohrleitungsabschnitt zukünftig kathodisch geschützt werden soll [V]

U_S ... Schutzpotential nach DIN 30676 [V]

ρ ... Höchster spezifischer Widerstand des Bettungsmaterials im Trassenbereich des Rohrleitungsabschnittes [Ωm]

J_S ... Schutzstromdichte zum Erreichen des Schutzpotentials (dabei sind die Einflüsse der im Trassenbereich vorliegenden Böden zu berücksichtigen) [A/m^2]

Zur Nachmessung des kathodischen Korrosionsschutzes zählen u. a. folgende weitere Messungen wie Gleichrichter-Ausgangsspannungen, Schutzströme, Ein- und Ausschaltpotentiale an allen Meßstellen (Referenzwerte für die künftige Überwachung), Rohrströme, Widerstände zwischen Mantelrohren und Leitung, Beeinflussungsmessungen an Fremdobjekten, Streuströme an Ableiteinrichtungen, Wechselspannungen zwischen Rohrleitung und Erde.

7.13.9.3 Überwachung des kathodischen Korrosionsschutzes

Im Rahmen der Überwachungsmessungen werden die Meßwerte ermittelt – und mit den Referenzwerten der Nachmessung verglichen –, mit denen eine Beurteilung der Funktion des Korrosionsschutzsystems möglich ist. In GW 10 werden die folgenden Überwachungszyklen angegeben, die für den kathodischen Korrosionsschutz von Wasserleitungen als Richtwerte verwendet werden können:

- Monatliche Funktionskontrolle von Streustromschutzanlagen.
- Alle zwei Monate Funktionskontrolle der Korrosionsschutzanlagen.
- Jährliche Überprüfung des Einschaltpotentials an ausgewählten Meßstellen (in bebauten Gebieten wird die Messung des Ausschaltpotentials empfohlen); ausgewählte Meßstellen sind Meßstellen an den Schutzbereichsenden, an Mantelrohren oder bekannte „kritische“ Meßstellen, an denen z. B. eine besonders ausgeprägte Streustrombeeinflussung erkennbar ist.
- Alle drei Jahre Messung der Ausschaltpotentiale an allen Meßstellen.

Bei einer fernwirktechnischen Überwachung des kathodischen Korrosionsschutzes können die Überwachungszyklen verlängert werden.

Bei bestehenden Rohrleitungen, deren Wirksamkeit des Korrosionsschutzes bisher nicht mit einem der unter „Nachmessung“ beschriebenen Verfahrens nachgewiesen wurde, können durch eine gezielte Bewertung der Planunterlagen, von sämtlichen Korrosionsschutzdaten und der Betriebserfahrungen (insbesondere bei Freilegungen von Armaturen etc.) Anhaltspunkte für die Wirksamkeit des kathodischen Korrosionsschutzes gewonnen werden. Stehen solche Informationen nicht oder nur unvollständig zur Verfügung oder bestehen Hinweise auf eine Korrosionsgefährdung, so sollte eine Intensivmessung durchgeführt werden.

7.13.10 Wirtschaftlichkeit

Bei der Betrachtung der Wirtschaftlichkeit des kathodischen Korrosionsschutzes wird davon ausgegangen werden, daß die Kosten für die Applikation des passiven Korrosionsschutzes – unabhängig davon ob die Rohrleitung mit kathodischem Korrosionsschutz versehen wird oder nicht – gleich sind. Zusätzliche Kosten fallen bei der Einrichtung des kathodischen Korrosionsschutzes mit Fremdstrom daher nur durch den Bau der Korrosionsschutzanlagen, der Meßstellen und ggf. der Isolierstücke an (wenn diese nicht zur Vermeidung der Korrosion durch Fremdkathoden sowieso vorgesehen wurden). Während der Betriebsphase der Leitung müssen die Kosten für die Überwachung berücksichtigt werden.

Die Stromkosten für den Betrieb der Korrosionsschutzanlagen sind bei neuen Rohrleitungen zu vernachlässigen.

Die Gesamtkosten eines kathodischen Korrosionsschutzes müssen den Reparaturkosten bei Schadensfällen gegenübergestellt werden. Erfahrungsgemäß kann z. B. bei Rohrleitungen, die einer Gefährdung durch Streustromkorrosion unterliegen, schon nach 15 Jahren mit einer Schadenshäufigkeit von 1 Schaden/(km a) gerechnet werden /26/. Diese Betrachtungen berücksichtigen noch nicht, daß – vom Standpunkt der Außenkorrosion gesehen – die Nutzungsdauer einer kathodisch geschützten Rohrleitung ohne Schwierigkeiten 100 Jahre und mehr betragen kann.

8 Bau von Wasserleitungen

8.1 Allgemeines

Beim Bau von Wasserleitungen wird vorrangig der Bau von Rohrleitungen für die öffentliche Wasserversorgung betrachtet; die Darstellungen gelten sinngemäß auch für andere Anwendungsbereiche.

Für den Bau von Wasserleitungen gilt die DIN EN 805 "Anforderungen an Wasserversorgungssysteme und deren Bauteile außerhalb von Gebäuden". Zusätzlich sind weiterführende Normen sowie das zutreffende DVGW-Regelwerk zu beachten.

8.2 Qualitätssicherung beim Bau erdverlegter Rohrleitungen

Bei der Anwendung von Richtlinien für Bau und Errichtung wird ausnahmslos vorausgesetzt, daß die Rohre und Rohrleitungsteile den DIN-Normen und dem DVGW-Regelwerk bezüglich Maße und Technischen Lieferbedingungen entsprechen.

Die Kennzeichnung der Rohre und die mitgelieferten Qualitätszertifikate (z. B. Teile mit DVGW oder DIN/DVGW-Gütezeichen) bilden deshalb eine wichtige Grundlage. Zwischen Bau (Herstellung) und Errichtung von Rohrleitungen besteht der Unterschied darin, daß die Errichtung, die Planung, Materialbeschaffung, Herstellung und Abnahme beinhaltet.

Der Bau von Rohrleitungen erfolgt durch Tiefbau- und Rohrleitungsbauunternehmen. Da hierfür umfangreiche Sachkenntnisse erforderlich sind, dürfen die Verlegearbeiten nur durch Rohrleitungsbauunternehmen **mit nachgewiesener Befähigung** durchgeführt werden.

Für erdverlegte Gas- und Wasserleitungen gilt das DVGW-Arbeitsblatt 301 „Verfahren für die Erteilung der DVGW-Bescheinigung für Rohrleitungsbauunternehmen“.

Die Qualifikation des Rohrleitungsbauunternehmens ist nachgewiesen, wenn eine DVGW-Bescheinigung nach GW 301 vorliegt. Die Überprüfungsrichtlinien beziehen sich nach Böhme /27/ auf die personelle Zusammensetzung, die Geräteausstattung sowie Erfahrungen des Unternehmens im beantragten Bereich.

Die Bescheinigung wird sowohl für die Gruppe „Wasser“ als auch für die Gruppe „Gas“ ausgestellt. Bei Wasser gibt es folgende Unterteilung:

- W1 Rohrleitungen für alle Drücke und Nennweiten und aus allen Werkstoffen (Gußeisen, Stahl, Asbestzement, PVC-H, PE-HD, Stahl- und Spannbeton).
- W2 Rohrleitungen für alle Drücke und Nennweiten bis DN 400, getrennt nach den Werkstoffen – für Stahl gilt Bescheinigung W2st.
- W3 Rohrleitungen für Betriebsüberdrücke bis 10 bar und Nennweiten bis DN 250, getrennt nach den Werkstoffen – für Stahl gilt Bescheinigung W3st.

Für die Gruppen 1 und 2 muß das antragstellende Unternehmen einen Ingenieur oder Diplom-Ingenieur mit 3-jähriger Praxis im Rohrleitungsbau, für die Gruppe 3 einen Meister mit einem Meisterzeugnis eines einschlägigen Berufes und 5-jähriger Praxis nachweisen.

Die für Stahlleitungen eingesetzten **geprüften Schweißer** (mit gültiger Prüfbescheinigung) müssen bei der Gruppe 1 durch einen Schweißfachingenieur, bei den Gruppen 2 und 3 durch einen Schweißfachmann überwacht werden.

Durch diese Maßnahmen ist eine weitgehende Qualitätssicherung im erdverlegten Rohrleitungsbau gewährleistet.

8.3 Transport und Lagerung

8.3.1 Be- und Entladen

Allgemein gilt das DVGW-Arbeitsblatt W 346. Die Rohrleitungsteile sind vor Beschädigung und die Rohrenden und der Rohrrinnenraum vor Verschmutzungen zu schützen. Zum Be- und Entladen sind geeignete Geräte mit zweckentsprechenden Vorrichtungen zu verwenden.

Schlagartige Beanspruchung (z. B. Fallenlassen, Abwerfen, Abkippen, ruckartiges Heben und Senken und plötzliches Aufsetzen der Rohrleitungsteile) sind nicht zulässig. Ungeführtes Abrollen ist auszuschließen.

PE-umhüllte Rohre sollten nur mit Gewebegurten oder gummierten Anschlagmitteln angehoben und abgesenkt werden. Werden Endhaken eingesetzt, so müssen diese für den Rohrtransport geeignet, d. h. mit Schweißfasenschutz, ausgestattet sein.

Um ein Abplatzen der Zementmörtelauskleidung an den Rohrenden zu vermeiden und zur Erhaltung einer einwandfreien Fugenflanke dürfen Stahlleitungsrohre nicht mit den allgemein üblichen Kranhaken, sondern mit breiten – vorzugsweise abgepolsterten Haken – gefaßt werden.

Anschlagmittel mit scharfkantigen Beschlägen sowie Stahlseile und Ketten dürfen nicht verwendet werden.

Scharfkantige Fahrzeugteile sind entweder beim Entladen abzudecken oder die Rohre sind bei der Entladung zu führen.

Die Anschlagmittel sind so zu wählen, daß die in den Produktnormen festgelegten Werte für die maximale Durchbiegung nicht überschritten werden (Biegeradius $\geq 500 \times D_a$). Deshalb ist bei Großrohren ein Einsatz von Lasttraversen günstig (Bild 8.1). Trotzdem evtl. auftretende feine Risse in der ZM-Auskleidung sind korrosionschemisch unbedenklich. Gebündelte Rohre sind so abzusichern, daß nach Lösen der Spannbänder das Rohrbündel nicht auseinanderrollt.

Bild 8.1

Einsatz einer Lasttraverse beim Entladen von Großrohren.



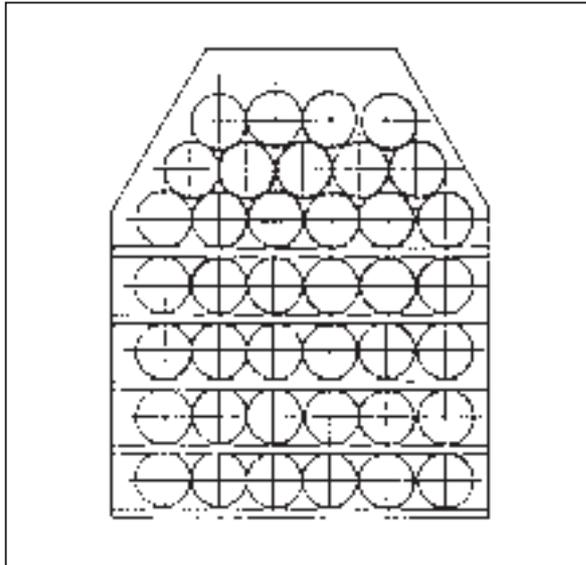
8.3.2 Transport zur Baustelle

Die Rohrleitungsteile sind für den Transport gegen Schwingen, Durchhängen, Verschieben, Rollen oder Anstoßen zu sichern. Die einzelnen Rohrlagen werden je nach Durchmesser und Länge durch 3–4, ca. 150 mm breite Unterlagehölzer und Holzzwischenlagen unterstützt. Der Abstand der Unterhölzer von den Rohrenden sollte ca. 1,5 m betragen. Während Rohrbündel auf breiten Langhölzern in ausreichender Anzahl verladen werden, sind ungebündelte Rohre zusätzlich durch Keile, die unmittelbar an die Außenflächen der Rohre auf Unterlagehölzern zu befestigen sind, zu sichern. Bei größeren Durchmessern können auch Keile zwischen den einzelnen Rohren gesetzt werden. Die Stapelhöhen auf den Transportfahrzeugen (im Normalfall LKW-Transport, in Sonderfällen Bahn-Transport) richten sich nach den jeweiligen Verkehrsvorschriften.

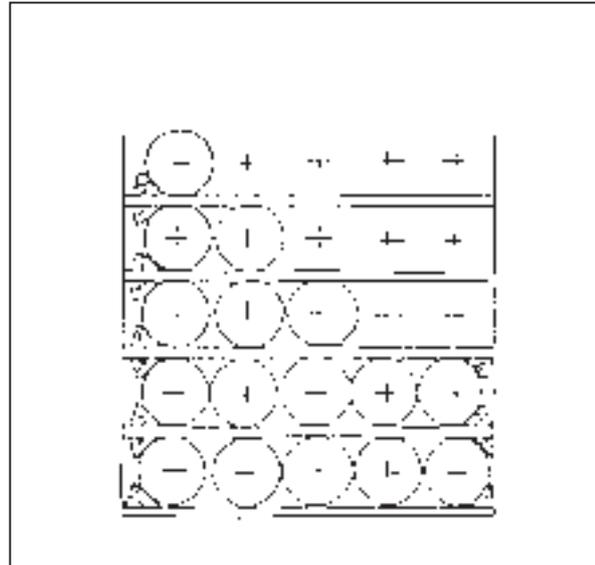
2 Beispiele sind aus Bild 8.2 ersichtlich.

Bild 8.2

Beispiele für die Verladung von Stahlleitungsrohren DN 400.



a) Bahntransport – Kbs-Wagen
(B = 2,740 m) – deutsches Lademaß



b) LKW-Transport –
Breite der Ladefläche 2,42 m

Die Ladungssicherung erfolgt mit Zurrgurten nach VDI 2701 – die Seitenabstützung erfolgt mit gepolsterten Rungen.

8.3.3 Befördern auf der Baustelle

Geeignete Geräte und Vorrichtungen sind analog 8.3.1 zu verwenden (z. B. Rohrtransportanhänger) – Schleifen und längeres Rollen von Rohren ist auf der Baustelle unzulässig.

8.3.4 Lagerung

Die Lagerung der Rohre sollte auf Unterlagehölzern analog wie bei Transport auf einer ebenen Bodenfläche erfolgen.

Die mitgelieferten Holzwischenlagen ermöglichen das Durchschieben geeigneter Gewebegurte (Bild 8.3).

Bild 8.3

Lagerung von Stahlleitungsrohren mit PE- und FZM-Umhüllung.



Nach W 346 soll die maximale Stapelhöhe für Rohre mit ZM-Auskleidung im Normalfall die Werte der Tabelle 8.1 nicht überschreiten.

Tabelle 8.1

Maximale Stapelhöhe für Rohre mit ZM-Auskleidung (nach W 346).

DN	bis 150	bis 300	bis 400	bis 600	bis 800	bis 1000	> 1000
Anzahl der Lagen	15	10	8	5	4	3	2

Einschränkungen durch geltende Unfallverhütungsvorschriften sind zu beachten. Die Bodenbeschaffenheit und die Bodentragfähigkeit sind zu berücksichtigen.

Auflage und Sicherung der Rohre gegen seitliches Abrollen ist analog dem Transport der Rohre.

Beim Lagern dürfen die Rohre nicht durch Erde, Schlamm, Schmutzwasser oder Kleintiere verunreinigt werden. Daher sind die mitgelieferten Verschlussstopfen und -kappen erst unmittelbar vor der Montage zu entfernen. Bei frisch ausgekleideten Rohren ist für ausreichende Feuchtigkeit, vor allem bei intensiver Sonneneinstrahlung, zu sorgen.

8.3.5 Auslegen der Rohre auf der Baustelle

Vor dem Auslegen der Rohre – besonders bei Fernleitungen – sind technologische Entscheidungen zu folgenden Problemen zu treffen:

- Verlegung und Verbindung der Rohre im Rohrgraben oder außerhalb des Rohrgrabens.
- Einzelrohrverlegung, Strangverlegung oder Parallelverlegung.
- Aufteilung des Trassenquerschnittes im Rohrgrabenbereich, Lagerbereich für Aushub und Mutterboden, Fahrbereich für Baufahrzeuge, Lagerbereich für Rohre und Zubehör.
- Mitverlegung von weiteren Rohrleitungen und Fernmeldekabel.
- Anordnung der Zwangspunkte (Schächte, Sonderbauwerke, Start- und Zielgruppen von grabenlosen Rohrverlegungen).

Die Rohre werden meist vor dem Ausheben des Rohrgrabens angefahren und in der Nähe desselben in Verlegerichtung einzeln ausgelegt. Bei Steckmuffenrohren weisen die Muffen bzw. die Spitzenden in eine Richtung. Bei geeigneten Oberflächen (z. B. Acker- oder Sandböden) können die PE-umhüllten Rohre direkt abgelagert werden (Bild 8.4). Bei steinigem Böden erfolgt das Ablagern auf Unterlagehölzern und eine Sicherung durch Holzkeile.

Stahlleitungsrohre mit einer zusätzlichen FZM-Umhüllung werden – außer bei Großrohren – üblicherweise direkt abgelagert.

Bild 8.4

Stahlleitungsrohrstrang auf einer Baustelle.



8.4 Herstellung des Rohrgrabens vor der Rohrverlegung

8.4.1 Trassengestaltung

Für die Ausführung von Rohrgraben und Baugruben gilt DIN EN 805, DIN 4124 bzw. DIN EN 1610. Die wichtigsten Grundlagen sind schon bei der Planung zu berücksichtigen und in Ausführungsunterlagen darzustellen, die dann von den Tiefbauunternehmen eingehalten werden müssen. Bei Abweichungen vor Ort gegenüber den Planungsunterlagen sind Absprachen zwischen der Bauleitung des Auftraggebers und dem Rohrleitungsbauunternehmen durchzuführen, um u. a. auch die Sicherheit der im Rohrgraben arbeitenden Personen zu gewährleisten (z. B. bei erhöhtem Grundwasserstand, Störungen der Bodenschichten, Auftreten von Hohlräumen oder Wasserlinsen).

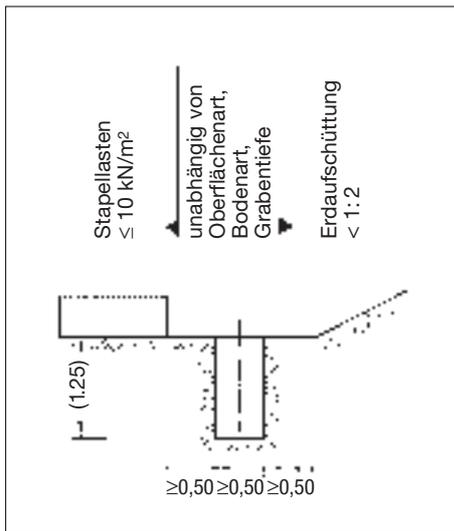
Hierbei ist zu beachten, dass jede Technische Regel nicht jede Besonderheit regelt und im Laufe der Jahre dem Stand der Technik angepasst werden muss. Verantwortungsbewusste Entscheidungen vor Ort können nur aufgrund fundierter Kenntnisse und langjähriger Erfahrungen getroffen werden. Die optimale Bauausführung berücksichtigt somit sicherheitstechnische und wirtschaftliche Gesichtspunkte.

Vor Herstellung des Rohrgrabens ist zu entscheiden, ob und in welchem Umfang der Mutterboden über dem Rohrgraben und auf der beanspruchten Trasse entfernt werden soll.

Bei der Herstellung des Rohrgrabens ist der Abstand von Fahrzeugen und Baugeräten zum Graben ebenso wichtig wie die Erdaufschüttungen und Stapellasten. Die Lagerung von Bodenaushub darf nur neben den 0,60 m breiten Schutzstreifen beidseitig neben dem Rohrgraben erfolgen. Die zulässigen Erdaufschüttungen und Stapellasten gemäß DIN 4124 sind in Bild 8.5 dargestellt.

Bild 8.5

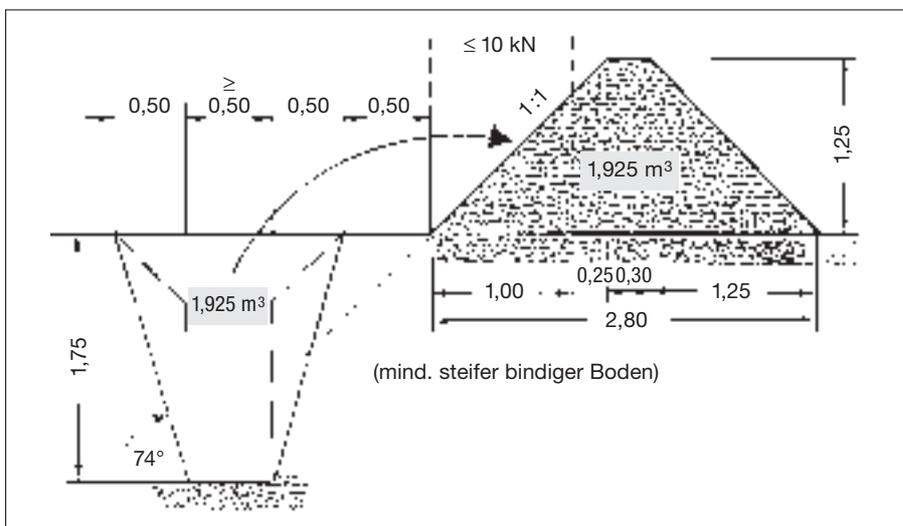
Zulässige Erdaufschüttungen und Stapellasten nach DIN 4124.



In der Baustellenpraxis wird eine solche Neigung des Bodenaushubes bis 1,75 m Tiefe nicht angewendet. Nach Köhler /12/ ist es deshalb zulässig, bei Gräben bis 1,75 m Tiefe die Lagerung nach Bild 8.6 durchzuführen. Bei diesen Grabenprofilen darf die Neigung der Bodenaushublagerung bis 1 : 1 erhöht werden, wenn sich daraus innerhalb eines Streifens von 1,0 m neben dem Schutzstreifen keine größere Flächenlast als 10 kN/m^2 ergibt. Bei Vergrößerung des lastfreien Streifens auf $\geq 1,0 \text{ m}$ Breite ist eine Erdaufschüttung mit mehr als 10 kN/m^2 zulässig.

Bild 8.6

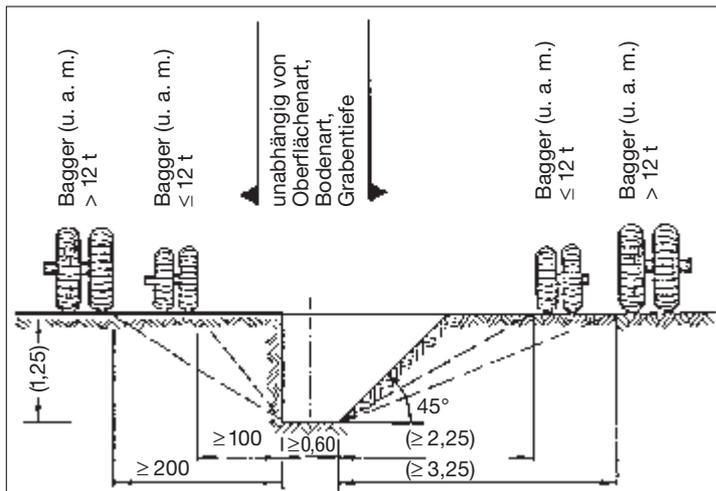
Zulässige Lagerung des Bodenaushubes bei Gräben bis 1,75 m Tiefe (nach Köhler /12/).



Für Stapellasten gilt die Regelung nach DIN 4124 – eine Erhöhung auf mehr als 10 kN/m² darf erfolgen, wenn die Streifenbreite auf mindestens 1,0 m erhöht wird und keine zusätzlichen Einflüsse die Standsicherheit beeinträchtigen. Für den Einsatz der verschiedensten Baufahrzeuge regelt DIN 4124 die Abstände zwischen der Außenkante der Aufstandsfläche und der Graben- bzw. Böschungskante (Bild 8.7).

Bild 8.7

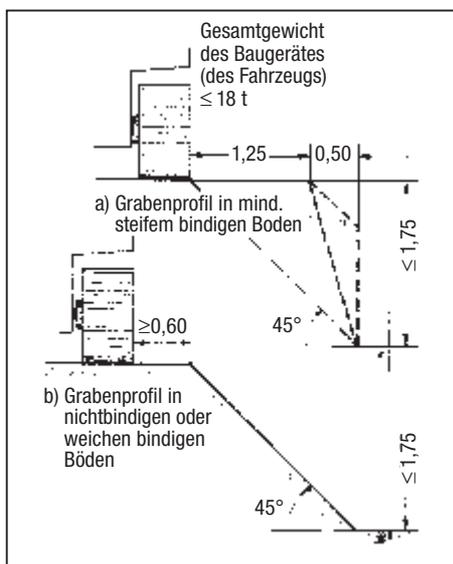
Abstände von Baugeräten und Fahrzeugen von der Graben- bzw. Böschungskante nach DIN 4124.



Da die Standsicherheit nicht nachgewiesen werden muß, wenn der Böschungswinkel max. 45° ist, ergeben sich die in Bild 8.8 zulässigen Abstände für Baufahrzeuge ≤ 18 t von der Grabenkante bei Rohrgräben mit Grabentiefen bis 1,75 m. Bei steifen bindigen Böden kann der Abstand so bemessen werden, daß sich zwischen Außenkante der Aufstandsfläche und dem Eckpunkt der Grabensohle ein Winkel von 45° ergibt. Bei nichtbindigen Böden vergrößert sich der zulässige Abstand mindestens um die Breite des lastfreien Schutzstreifens von 0,6 m.

Bild 8.8

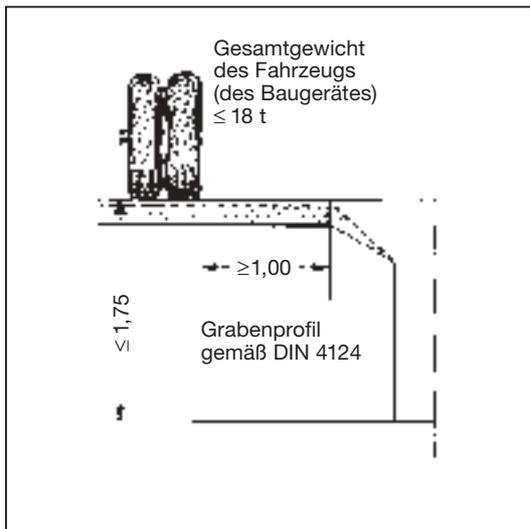
Zulässige Abstände von Baufahrzeugen bei Gräben bis 1,75 m Tiefe (nach /13/).



Bei festem Oberbau kann bei Baufahrzeugen bis 18 t der Abstand bis zur Grabenkante auf 1 m vermindert werden (Bild 8.9). Der Straßenoberbau muß dabei lastverteilend wirken; dies ist bei bituminösen oder Betondecken meistens der Fall, nicht jedoch bei Pflasterdecken oder Plattenbelägen.

Bild 8.9

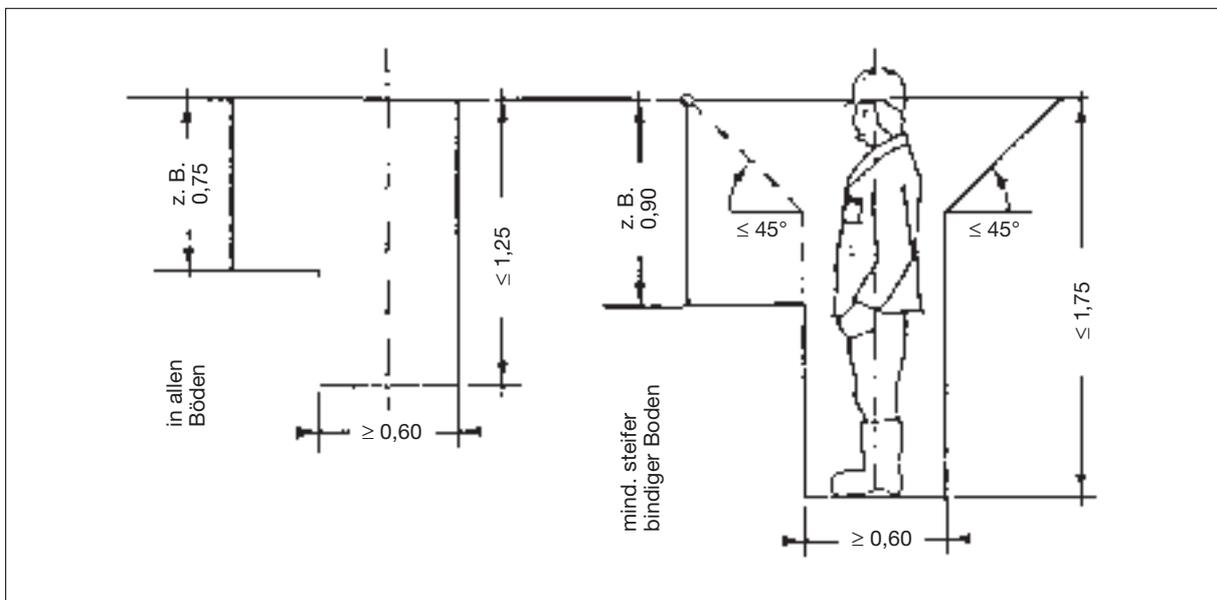
Zulässiger Abstand von Baugeräten bei Gräben bis 1,75 m Tiefe bei festem Straßenoberbau (nach /13/).



Beim Einsatz von Saumböhlen müssen diese mindestens 20 cm breit sein – der Überstand zur Geländeoberfläche muß ≥ 5 cm sein. Bei teilweiser Sicherung muß die Sicherung ab 1,25 m oberhalb der Grabensohle erfolgen. Bei Stufengräben zwecks Verlegung von mehreren Rohrleitungen in einem Graben gelten die Vorschriften analog (Bild 8.10).

Bild 8.10

Ausbildung von Stufengräben für Tiefen bis 1,75 m (nach Köhler /12/).



8.4.2 Aushub des Rohrgrabens

Nach zweckentsprechender Markierung der Trasse erfolgt nach dem üblichen Abschieben des Mutterbodens der Aushub des Rohrgrabens. Im allgemeinen hebt ein Löffelbagger oder eine Grabenfräse im Vorlauf den Rohrgraben aus. Auf die getrennte Ablage von Mutterboden und Bodenaushub (evt. auch von verschiedenen Bodenschichten) ist zu achten (Bild 8.11).

Bild 8.11

Getrennte Lagerung von Erdaushub und Mutterboden.



Nach Herstellung des Auflagers schwenkt später ein weiterer Bagger die zuvor ausgelegten Rohre in den Rohrgraben.

Eine andere Methode ist die „Vor-Kopf-Verlegung“. Dabei hebt ein Bagger den Rohrgraben auf eine Rohrlänge aus und hebt selbst nach Herstellung des Auflagers das neben dem Rohrgraben liegende Rohr in den Rohrgraben (Bild 8.12).

Auch eine Kombination von 2 Baggern ist bei der „Vor-Kopf-Verlegung“ möglich.

Bild 8.12

„Vor-Kopf-Verlegung“ bei der Rohrverlegung von Stahlleitungsrohren DN 300.



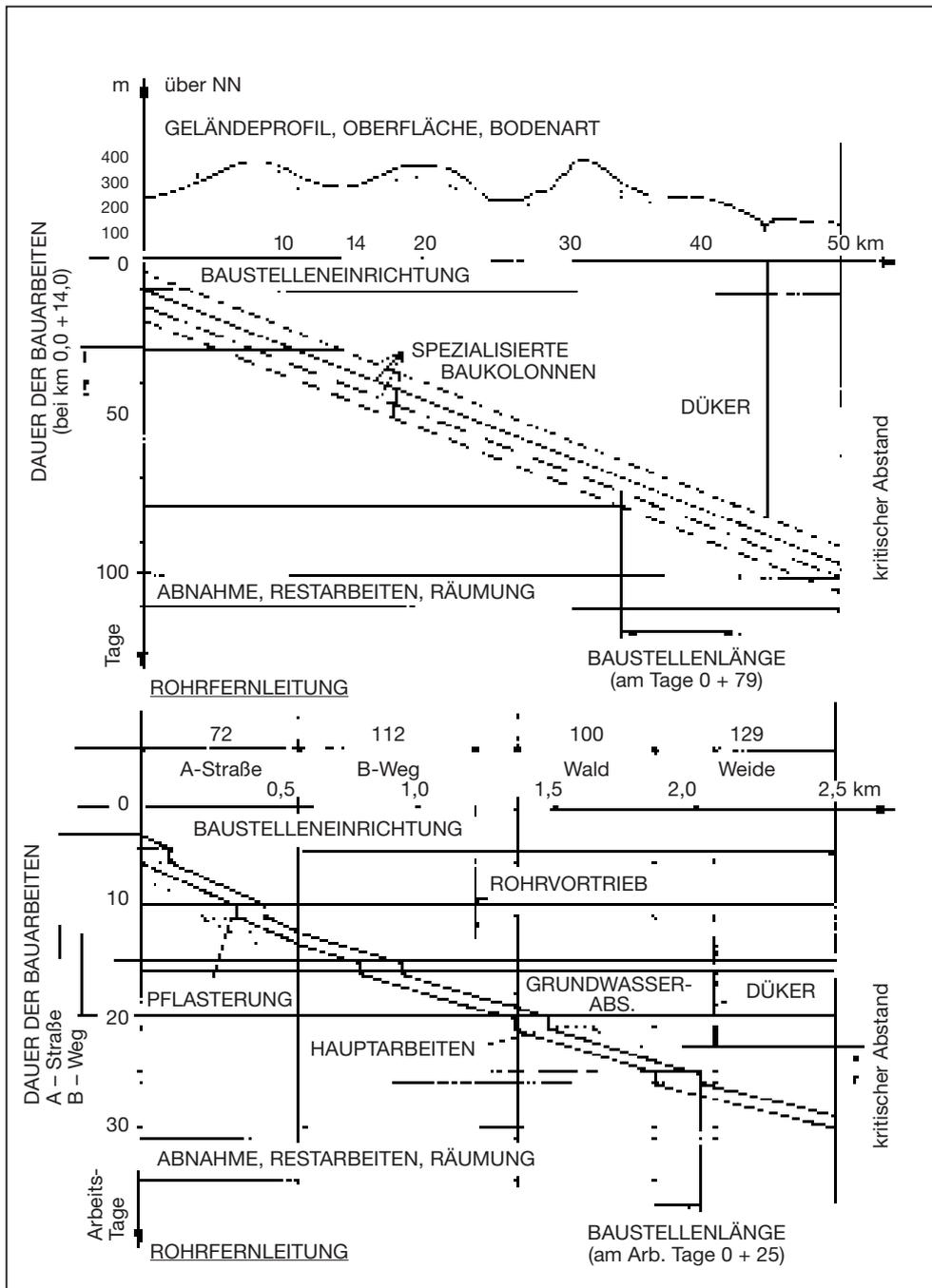
Der Rohrgraben ist fertiggestellt, wenn die vorgeschriebenen Maße für Grabentiefe und Sohlenbreite erreicht sind. Bei Annäherung an Kabel und Rohrleitungen anderer Versorgungsunternehmen ist – entsprechend den Auflagen dieser Unternehmen – Handschachtung vorzunehmen.

Da der Bau von Rohrleitungen Linienbaustellen bedeutet, ist die Darstellung der ineinander verflochtenen Arbeitsabläufe sehr sinnvoll. Die Aufstellung von Weg-Zeit-Diagrammen hat sich dabei sehr gut bewährt, weil dadurch der Geräte- und Personaleinsatz ebenso wie die Materialbereitstellung übersichtlich wird.

Bild 8.13 zeigt für den Bau einer Fernleitung und eines Rohrnetzes typische Weg-Zeit-Diagramme. Der zeitliche Ablauf ist auf der Ordinate und der Baustellenverlauf mit seinen Längen auf der Abszisse aufgetragen. Nach Fertigstellung des Rohrgrabens erfolgt ein erster Vergleich mit dem Weg-Zeit-Diagramm und die Kontrolle der Materialbereitstellung, ohne die keine Rohrverlegung erfolgen kann.

Bild 8.13

Weg-Zeit-Diagramm bei unterschiedlichen Objekten des Rohrleitungsbaus (nach Köhler /28/).



8.4.3 Gestaltung des Auflagers

Die Grabensohle ist so herzustellen, daß die Rohrleitung auf der ganzen Länge aufliegen kann. In der Regel eignet sich der anstehende Boden als Auflager für die Rohrleitung. Das Auflager soll eine gleichmäßige Druckverteilung im Auflagerbereich sicherstellen.

Deswegen sind sowohl die Rohre als auch die übrigen Rohrleitungsteile so zu verlegen, daß weder Linien- noch Punktauflagerung auftritt.

Für Rohre bis DN 500 ergibt sich ein Auflagerwinkel von ca. 60°.

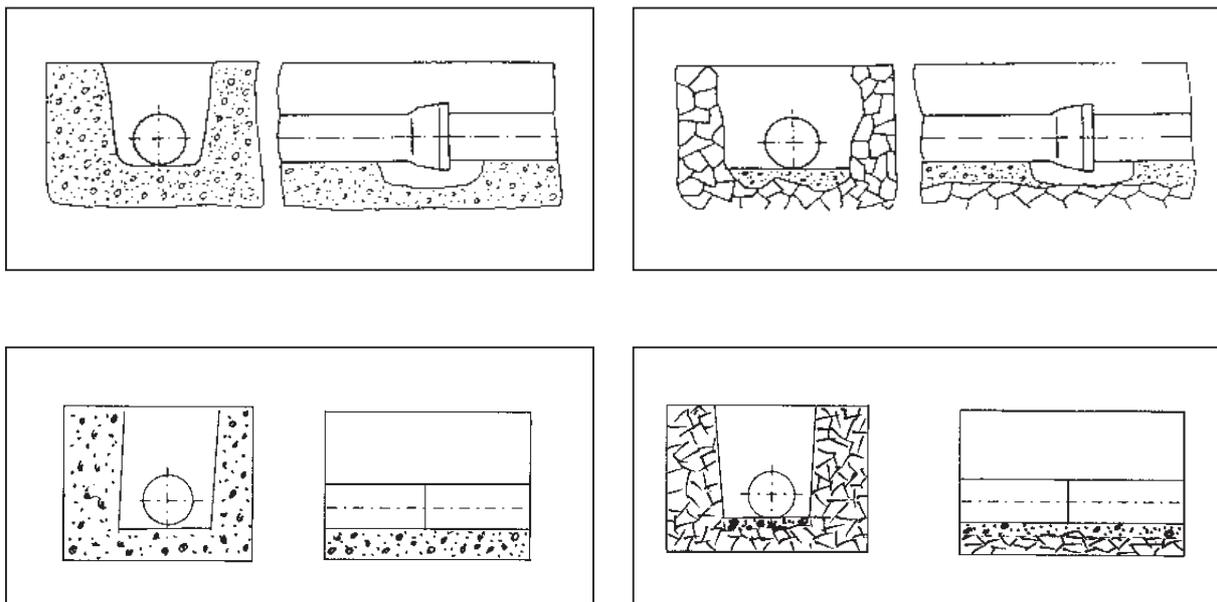
Bei den geplanten Verbindungsstellen sind je nach Art der Verbindung (Muffe, Schweiß- oder Flanschverbindung) und der Art der Nachumhüllung (kalt- oder warmverarbeitbare Systeme) entsprechende Vertiefungen in der Grabensohle auszuheben (Bild 8.14 a).

Zur direkten Auflagerung sind Steine, Fels und nicht tragfähige Böden grundsätzlich ungeeignet. Im felsigen und steinigen Untergrund ist für Rohrleitungen der Rohrgraben tiefer auszuheben und der Mehraushub durch eine steinfreie Schicht (z. B. Sand, Kiessand oder gesiebter Boden) zu ersetzen. Üblich ist bis DN 500 eine Mindestdicke von 150 mm nach Verdichtung des Füllgutes. Bei Rohren > DN 500 beträgt die Dicke der steinfreien Schicht 100 mm + 1/10 DN. Schlacke oder andere aggressive Stoffe sind als Füllgut ungeeignet (Bild 8.14 b).

Eine Ausnahme bildet der Einsatz von FZM-ummantelten Stahlleitungsrohren. Hierbei kann das übliche Auflager auch bei steinigen oder felsigen Böden entfallen. Die Herstellung einer ebenen Grabensohle ist aber auch hierbei Voraussetzung für eine ordnungsgemäße Rohrverlegung.

Bild 8.14

Vertiefungen in der Grabensohle für Montage der Rohrverbindung.



a) bei Auflager aus anstehendem Boden

b) bei Auflager auf Felsboden

8.5 Herstellung der Rohrverbindungen

8.5.1 Allgemeines

Unter der Herstellung von Rohrverbindungen werden die einzelnen Arbeitsgänge beim Schweißen, Stecken und Flanschen verstanden.

Rohrverbindungen im Rohrgraben können nur durchgeführt werden, wenn das Profil des Rohrgrabens entsprechend den Vorschriften vorhanden ist und in seiner Form erhalten bleibt. Deshalb sind notwendige Aussteifungs- und Wasserhaltungsmaßnahmen – offene und geschlossene Wasserhaltung – durchzuführen, um den Arbeitsraum im Rohrgraben sicher und wasserfrei zu halten. Auf die entsprechende Fachliteratur (z. B. Köhler /28/) wird in diesem Rahmen hingewiesen.

8.5.2 Schweißverbindungen

8.5.2.1 Stumpfschweißverbindungen

Die Herstellung der Schweißverbindungen erfolgt nach der Technischen Regel GW 350.

Bei nicht befahrbaren Stahlleitungsrohren (Nennweite < DN 600) erfolgt die Rohrendenausführung für die Stumpfschweißverbindung entsprechend DIN 2880 in 2 Ausführungen.

Für die Ausführung A muß die Dicke der ZM-Auskleidung mindestens 8 mm betragen.

Die Schweißung erfolgt durch Fallnahtschweißen, weil die Wurzellage mit hoher Geschwindigkeit und kleinem Schmelzbad geschweißt werden kann. Hierdurch kommt es beim Einhalten bestimmter technologischer Werte (Luftspalt, Elektrodendurchmesser und Stromstärke) zu keinem Anschmelzen der Kanten von der Zementmörtelschicht und zu einem guten Verschweißen der Rohrenden ohne Poren und Bindefehler (Anwendung einer Außenzentrier-
vorrichtung).

Umfangreiche Versuche (siehe Rudolph /29/ und Igelbrink /22/) ergaben Richtwerte für das Schweißen von Fallnähten, wobei das Schweißverfahren abhängig von der Rohrwanddicke ist und deshalb auch bei großen Rohrdurchmessern angewendet werden kann. In Tabelle 8.2 sind diese technologischen Richtwerte für das Schweißen der Wurzellage zusammengefaßt.

Tabelle 8.2

Technologische Richtwerte für das Schweißen der Wurzellage
(nach Rudolph /29/ und Igelbrink /22/).

Rohrdurchmesser DN	Wanddicke mm	Elektrodendurchmesser mm	Stromstärke A
100	3,6	2,50	60 ... 80
150 ... 250	4,5 ... 6,3	3,25	110 ... 130
≥ 300	5,0 ... 7,0	4,00	150 ... 160

Durch diese Richtwerte erfolgt eine Präzisierung der Angaben für den Elektrodendurchmesser nach einer Mitteilung des DVGW-Ausschusses „Rohre und Rohrverbindungen in der Wasserwirtschaft“ /30/, nach der Elektrodendurchmesser von 2,5 mm bei Rohrwanddicken ≤ 4 mm und von 3,25 mm bei Rohrwanddicken $> 4,0$ mm anzuwenden sind.

Als Elektroden werden zelluloseumhüllte Stabelektroden nach DIN EN 499 verwendet. Die Länge der Elektroden beträgt vorrangig 250 mm – auch Längen von 350 mm sind anwendbar. Für das Fallnahtschweißen sind die üblichen Kriterien zu beachten. Es dürfen nur Schweißer eingesetzt werden, die eine Prüfung über das Lichtbogenschweißen mit Stabelektroden unter Baustellenbedingungen nachweisen können.

Die Schweißer sollten jedoch wegen des besonderen Verschweißungscharakters – z. B. Auftreten von Rauschen oder Knacken beim Schweißen – und zur Sicherheit bei der Ausführung eine Probenahrt auf der Baustelle, die zu prüfen ist, herstellen.

Die Stromstärke soll im unteren Bereich liegen, so daß die Kanten gerade erfaßt werden. Aufgrund der großen punktuellen Wärmeeinbringung beim Schweißen des Hotpasses, bildet sich die Wurzel zur Rohrrinnenseite ohnehin weiter aus. Die Wurzellage sollte am Minus-Pol und alle weiteren Lagen am Plus-Pol geschweißt werden; die Wurzel am Minus-Pol deshalb, weil das geringere Wärmeeinbringen ein Anschmelzen der ZM-Kanten verhindern soll.

Es ist günstig, zuerst von „3°° nach 6°°“ bzw. von „9°° nach 6°°“ zu schweißen und dann die oberen Rohrbereiche.

Die Nahtüberhöhung im Rohrrinnern soll möglichst gering sein und 1 mm nicht überschreiten. Der erforderliche Schweißspalt ist ebenfalls abhängig von der Rohrwanddicke, aber auch vom Rohrdurchmesser. Er sollte etwa 1,5 mm breit sein.

Die Prüfung der Schweißnähte kann zerstörungsfrei nach GW 1 erfolgen. Im allgemeinen wird eine Röntgenprüfung oder, falls möglich, eine Ultraschallprüfung durchgeführt. Die Beurteilung der Röntgenbilder sollte durch einen neutralen Prüfer erfolgen, der eine entsprechende Ausbildung und Erfahrung besitzt.

Die Bewertung der Schweißnahtgüte erfolgt nach DIN EN 25817 "Lichtbogenschweißverbindungen an Stahl".

Mit zunehmender Öffnung des Spaltraumes in Richtung Endenausführung B können die Anforderungen an die Schweißnaht erhöht werden.

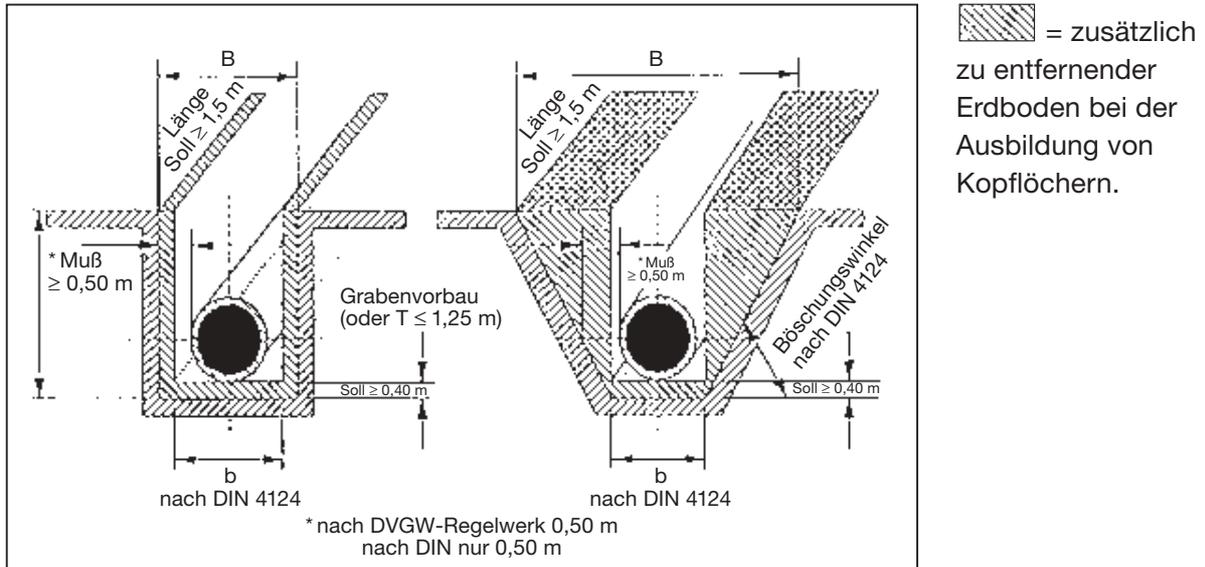
Das Schweißen erfolgt im allgemeinen bis DN 300 durch einen Schweißer – ab DN 400 werden oftmals 2 Schweißer eingesetzt.

Die Schweißarbeiten werden neben dem herzustellenden Rohrgraben oder im Rohrgraben selbst bei horizontal oder geneigt liegender Rohrachse in Zwangslage durchgeführt.

Beim Schweißen im Rohrgraben müssen Kopflöcher nach Bild 8.15 vorgesehen werden. Außerhalb des Rohrgrabens werden die Rohre auf entsprechende Holzbalken abgelegt (Abstand zum Erdboden mindestens 0,4 m).

Bild 8.15

Ausführung der Kopflöcher für Schweißarbeiten an Rohrleitungen (nach /13/).



Die Schweißarbeiten werden dabei vor allem durch Einflüsse der Umgebung und der unterschiedlichen Witterung beeinflusst. Diese Baustellenbedingungen haben oft einen größeren Einfluß auf die Qualität der Schweißnähte als die schweißtechnischen und konstruktiven Einflüsse.

Beim Absenken der neben dem Rohrgraben verschweißten Rohrleitung ist zu beachten, daß durch Bereitstellung ausreichender Verlegetechnik (z. B. Bagger), der Biegeradius der ZM-ausgekleideten Rohre $R \approx 500 \times D_a$ nicht unterschritten werden darf, da sonst die Gefahr von größeren Rissen oder Abplatzungen der ZM-Schicht besteht (Bild 8.16).

Bild 8.16

a) Absenken eines aus mehreren Stahlleitungsrohren geschweißten Stranges.



b) Absenken eines einzelnen Rohres auf engstem Raum im Stadtbereich.



Bild 8.17 zeigt ein typisches Beispiel für das Schweißen einer Stumpfschweißverbindung an nicht befahrbaren Stahlleitungsrohren.

Bild 8.17

Fallnahtschweißen einer Wurzellage unter Zwangshaltung in einem Schacht (Stahlleitungsrohr DN 300).



Analog erfolgt das Schweißen der Stumpfschweißverbindungen an befahrbaren Stahlleitungsrohren. Hierbei erfolgt das Schweißen der Fall- oder Steigenähte in der Regel durch 2 Schweißer (Bild 8.18).

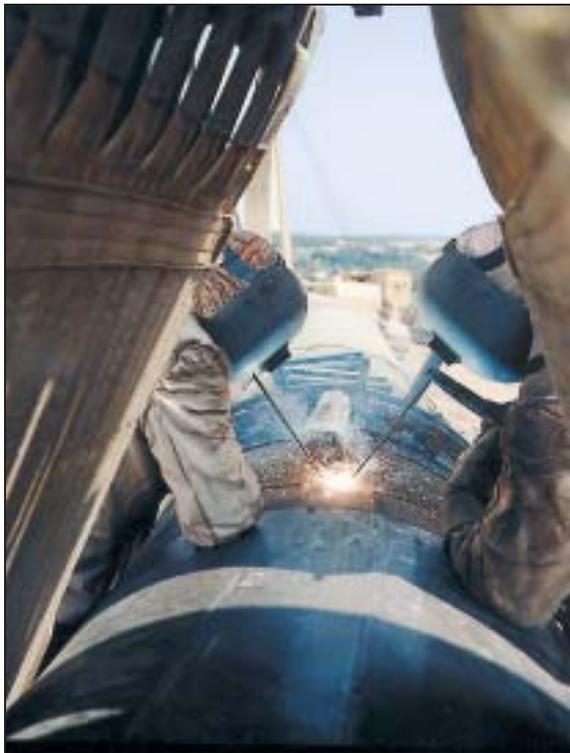


Bild 8.18

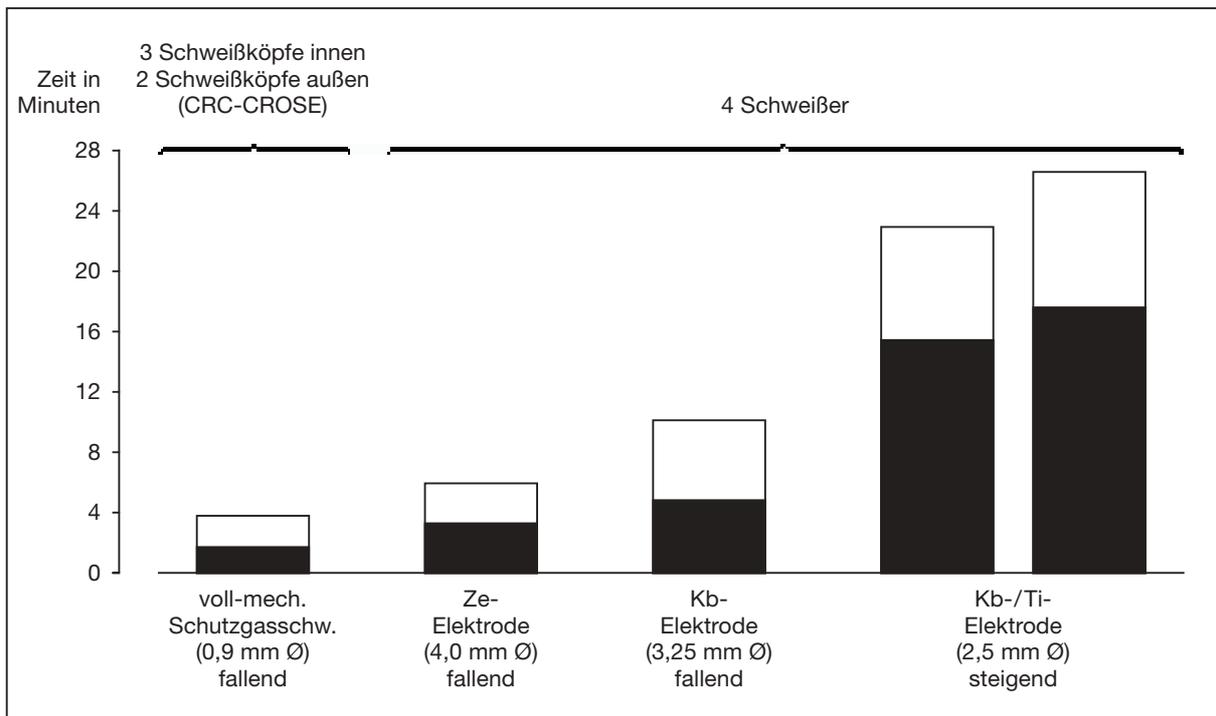
Fallnahtschweißen eines Großrohres mit 2 Schweißern (Stahlleitungsrohr DN 1600).

Bei befahrbaren Stahlleitungsrohren erfolgt zumeist der Einsatz der ZM-Auskleidung mit einer Aussparung von 20 bis 25 mm bis zum Rohrende. Nach dem Schweißen erfolgt deshalb eine Nachauskleidung der Schweißverbindung. Nur in Sonderfällen wird bei Großrohren eine „Ausheilung“ der Schweißverbindung zugelassen (Aussparung der ZM-Auskleidung 3 bis 5 mm bis Rohrende).

Aus Bild 8.19 ist der Zeitaufwand für die Wurzelschweißung an Stahlleitungsrohren DN 1200 (48") für verschiedene Schweißelektroden ersichtlich.

Bild 8.19

Zeitaufwand für die Wurzelschweißung an Stahlleitungsrohren DIN 1200 (48")
(nach Köhler /31/).



Der Schweißnahtbereich wird nach der Schweißung zumeist maschinell entrostet, so daß mindestens ein Norm-Reinheitsgrad St 2 nach DIN 55928 T4 für die sich anschließende Nachumhüllung vorliegt (Bild 8.20).

Bild 8.20

Zur Nachumhüllung vorbereiteter Schweißnahtbereich (Stahlleitungsrohr DN 300) (linker Bildrand).



8.5.2.2 Einsteckschweißmuffen-Verbindung

Die Einsteckschweißmuffenverbindung wird dort angewendet, wo z. B. bei aggressiven Wässern eine lückenlose Auskleidung erforderlich ist.

Grundsätzlich bestehen 3 verschiedene Liefermöglichkeiten für Stahlleitungsrohre mit Einsteckschweißmuffe:

- Lieferung mit einem Anschlagring aus Gummi im Muffenkopf
- Lieferung mit einem Anschlagring aus Gummi im Muffenkopf - vor der Montage der Rohre erfolgt das zusätzliche Einbringen einer elastischen Dichtungsmasse neben dem Dichtring zwecks Nachauskleidung
- Lieferung ohne Anschlagring aus Gummi im Muffenkopf - vor der Montage der Rohre erfolgt das Einbringen von Zementmörtel in den Muffenkopf zwecks Nachauskleidung

Die Maße des Muffenkopfes sind so bestimmt, dass sich das Einsteckende problemlos in den Muffenkopf einführen lässt. Der Anschlagring aus Gummi bewirkt sowohl eine Abdichtung des Ringspaltes als auch einen Schutz der Zementmörtelauskleidung gegen mechanische Beschädigungen.

Nach der Montage der Stahlleitungsrohre wird mittels Abstandshalter, Zentrierkeilen oder Zentriervorrichtung ein gleichmäßiges Ausrichten des Muffenspaltes vorgenommen. Je nach Gelände- bzw. Montagebedingungen erfolgt auch eine geringe Abwinklung.

An drei bis vier am Umfang verteilten Stellen werden durch Heftschweißung die Rohre positioniert

Nach Entfernen der Zentrierelemente erfolgt das Schweißen der Kehlnaht – üblicherweise in 2 bis 3 Lagen als Fallnahtschweißen.

Bei Rohren ab DN 500 sollten 2 Schweißer parallel arbeiten. Sie sollten ausgebildete Fachkräfte sein und über ausreichende Erfahrung und Handfertigkeit verfügen.

Bezüglich der Schweißparameter sind die Herstellerhinweise einzuhalten. Die Feineinstellung der Schweißparameter wird durch den Schweißer selbst nach seiner Erfahrung und entsprechend den vorhandenen Bedingungen vorgenommen.

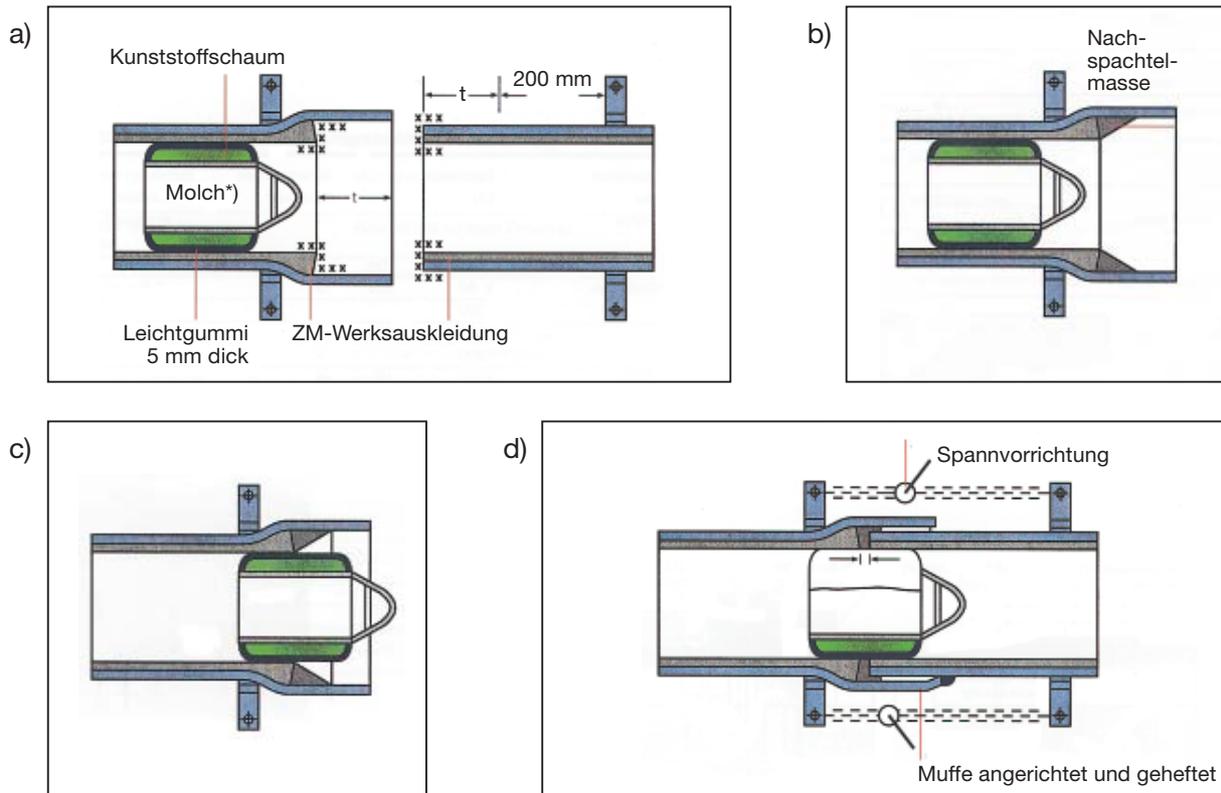
Durch eine optimierte maßliche Anpassung ist bei Rohren \geq DN 400 ein Warmanrichten nicht erforderlich.

Wird eine lückenlose Zementmörtelauskleidung gewünscht, werden folgende Arbeitsgänge empfohlen:

1. Befestigen der Rohrschellen an Muffenkopf und Einsteckende.
2. Rohr- und Muffenende von Sand, Erde und sonstigen Verunreinigungen säubern.
3. Mit xxx bezeichnete Flächen in der Muffe und am Einsteckende mit Wasser benetzen (Bild 8.21 a).
4. Stoßfläche der ZM-Werksauskleidung im Muffenkopf unter etwa 60° gleichmäßig mit Spachtelmasse (z. B. Reparaturmörtel) ausfüllen (Bild 8.21 b).
5. Molch bis zur Verbindungsstelle vorziehen (Bild 8.21 c).
6. Einschieben des Einsteckendes und Zusammenziehen der beiden Rohrenden durch eine Spannvorrichtung, so daß eine Bewegung beider Rohrenden gegeneinander verhindert wird. Hierbei werden zweckmäßig Abstandshalter (Zentrierkeile entsprechend dem Muffenspiel) zwischen Muffe und Einsteckende gesteckt (Bild 8.21 d).
7. Muffenende an 3 bis 4 Stellen warm anrichten (falls erforderlich) und durch E-Schweißung heften. Danach erfolgt das Entfernen der Abstandshalter.
8. Lösen der Spannvorrichtung und der Rohrschellen.
9. Muffenende vollständig warm anrichten (falls erforderlich).
10. Molch aus dem Verbindungsbereich bis zur nächsten Verbindungsstelle vorziehen.
11. Rohrverbindung mittels E-Schweißung fertig verschweißen.

Bild 8.21 a – d

Arbeitsgänge vor dem Schweißen der Einsteckschweißmuffen-Verbindung (schematisch).



Zur Erreichung einer lückenlosen Auskleidung kann auch ein Anschlagring in Kombination mit einer geeigneten Dichtungsmasse (z. B. Polyurethan-Spachtelmasse) angewendet werden. Die Arbeitsgänge sind außer Punkt 3 analog denen beim Einsatz von Reparaturmörtel.

8.5.2.3 Überschiebschweißmuffen-Verbindung

Die Überschiebschweißmuffen-Verbindung wird nach folgenden Arbeitsgängen hergestellt:

Variante 1: Lieferung mit losem Überschiebring.

1. Vor dem Heranführen des zu verlegenden Rohres an die bereits verlegte Rohrleitung Überschiebring auf ein Rohrende aufschieben. Dabei ist es empfehlenswert zu prüfen, ob der Überschiebring auf Umfangmaß passend zugeschnitten ist und für die spätere Längsschweißnaht die Nahtvorbereitung (V-Naht mit 60° Fugenwinkel) vorliegt. Ausrichten der Rohrenden mittels zweckentsprechender Außenzentriervorrichtung.
2. Rohrenden durch E-Schweißung heften (3–4 Stellen).
3. Überschiebring mittig zum Rohrstoß ausrichten.
4. Überschiebring mittels Spannzange an Rohrwand anpassen und heften.
5. Nach Entfernen der Spannzange Schweißen der 2 Rundnähte (Kehlnähte) und der Längsnaht (V-Naht) – für die Bewertung der Schweißnähte wird die Bewertungsgruppe C nach DIN EN 25817 empfohlen.

Variante 2: Lieferung mit fest aufgeschweißtem Überschiebring.

Die Montage erfolgt sehr einfach:

1. Einschieben des Einsteckendes in den aufgeschweißten Überschiebring des schon verlegten Rohres bis zum Anschlag.
2. Schweißen der 2. Rundnaht.

In der Praxis ist besonders das Einschieben des Einsteckendes schwierig, da dies ein genaues Fluchten der 2 Rohre voraussetzt! Deshalb wird diese Rohrverbindung nur in Sonderfällen eingesetzt.

8.5.3 Steckmuffen-Verbindung

Die Steckmuffen-Verbindung ist die einfachste Verbindungsart. Bei der Montage ist zwischen der Herstellung einer nichtlängskraftschlüssigen Steckverbindung (Einsatz eines TYTON-Dichtringes) und einer längskraftschlüssigen Steckverbindung (z. B. Einsatz eines TYTON-SIT-Schubsicherungsringes) zu unterscheiden.

Da der TYTON-Dichtring bereits **werksseitig eingelegt** wird, ist die Herstellung der nichtlängskraftschlüssigen Steckverbindung sehr einfach (siehe auch Verlegeanleitung Steckmuffenrohr*).

Der Ablauf soll beispielhaft dargestellt werden.

- Mittiges Anhängen eines Steckmuffenrohres mittels Gurt an einen Bagger oder Lader und bei Bedarf Reinigung von Muffe und Einsteckende (Bild 8.22).

Bild 8.22

Mittiges Anhängen eines Steckmuffenrohres bei der „Vor-Kopf-Verlegung“.



* Verlegeanleitung Steckmuffenrohr – Druckschrift der Röhrenwerk Gebr. Fuchs GmbH/Ausgabe 09.94.

- Entfernen der Schutzkappen an der Steckmuffen-Verbindung und Auftragen einer **dünnen** Schicht Gleitmittel (Zulassung für den Einsatz im Trinkwasser nach den KTW-Empfehlungen muß vorliegen) auf den eingesetzten Dichtring. Danach wird der für die Nachumhüllung benötigte Schrumpfschlauch über das Einsteckende bzw. den Muffenkopf des bereits verlegten Rohres geschoben und das Rohr in den Rohrgraben abgesenkt (Bild 8.23).
- Einführung des Einsteckendes so weit in die Steckmuffe, bis es am TYTON-Dichtring zentrisch anliegt (Bild 8.24) und Ablegen des Rohres auf dem Auflager.
Die Achsen des schon verlegten und des einzuschiebenden Rohres sollen eine gerade Linie bilden.

Bild 8.23

Absenken eines Steckmuffenrohres in den Rohrgraben.



Bild 8.24

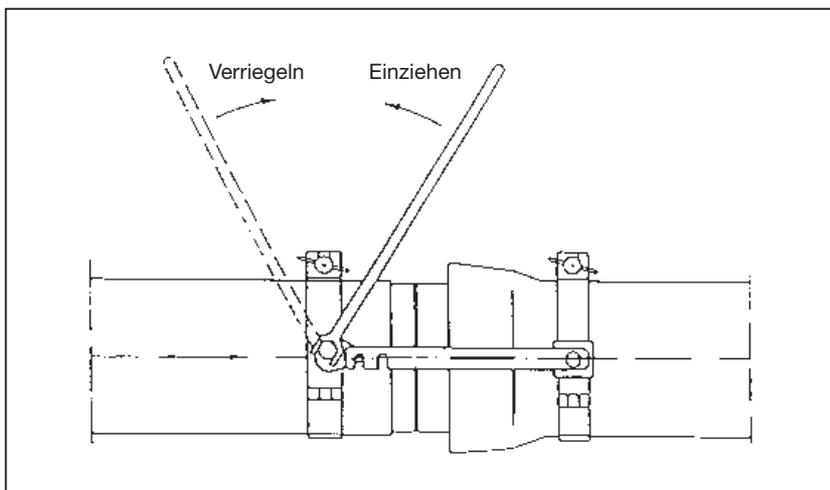
Beginn der Einführung des Einsteckendes in die Steckmuffe.



- Einschleiben des Einsteckendes in die Steckmuffe bis zum Anschlag mittels handelsüblicher Verlegegeräte (z. B. Verlegegerät V 302) oder mittels Baggerschaufel. Beim Verlegegerät V 302 (Bild 8.25) wird nach entsprechender Montage das zu verlegende Rohr durch beidseitige Bewegung der 2 Schlüsselstangen in die Steckmuffe eingezogen.

Bild 8.25

Herstellung der Steckverbindung mit Verlegegerät V 302.

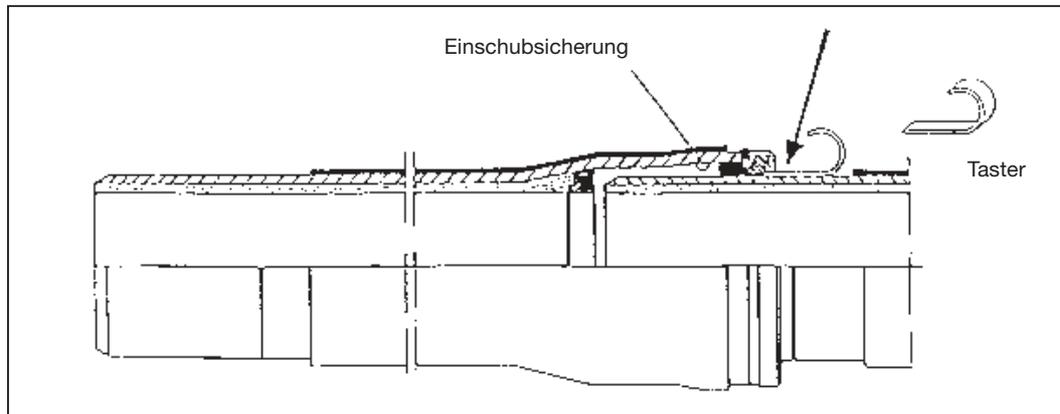


Beim üblichen Einschleiben mittels Baggerschaufel muß zwischen dieser und der Muffe stets ein Kantholz gelegt werden. Das Einschleiben soll langsam und gleichmäßig erfolgen.

- Überprüfung des richtigen Sitzes des Dichtringes mittels eines Tasters (Bild 8.26).

Bild 8.26

Überprüfung des Dichtungssitzes mittels eines Tasters.



Zwecks **Herstellung einer längskraftschlüssigen Steckverbindung** mittels TYTON-SIT-Schubsicherungsringen ist die Zahl der zu sichernden Verbindungen den Ausführungsunterlagen für die Planung zu entnehmen (Berechnung siehe Abschnitt 7.9.3).

Diese **Schubsicherungsringe ersetzen Beton-Widerlager**. Für Düker, Rohrstrecken an Steilhängen und in Schutzrohren sowie für Brückenleitungen sollte der Einsatz nach Rücksprache mit den Rohrherstellern nur in Sonderfällen erfolgen.

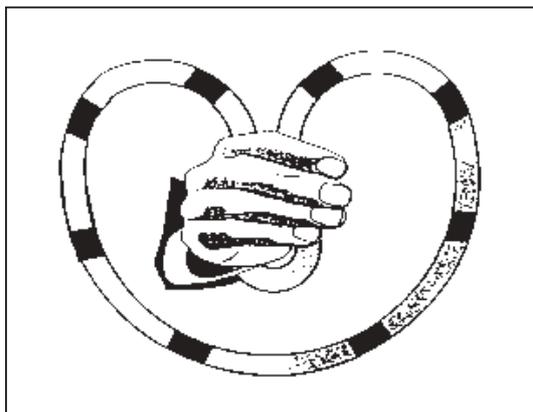
Bei der Verlegung mit den Schubsicherungsringen ist grundsätzlich die Verlegeanleitung für Steckmuffenrohre zu beachten.

Beim Einsetzen eines TYTON-SIT-Schubsicherungsringes ist – sofern dies nicht infolge der Bestellung schon werksseitig erfolgte – folgender Ablauf durchzuführen:

- Entfernen der Schutzkappen und evtl. Reinigen des inneren Muffenteiles.
- Herzförmiges Zusammendrücken des Schubsicherungsringes (innere Schlaufe muß zwischen 2 Haltesegmenten liegen) und Einsetzen in die Haltenut (Bild 8.27).

Bild 8.27

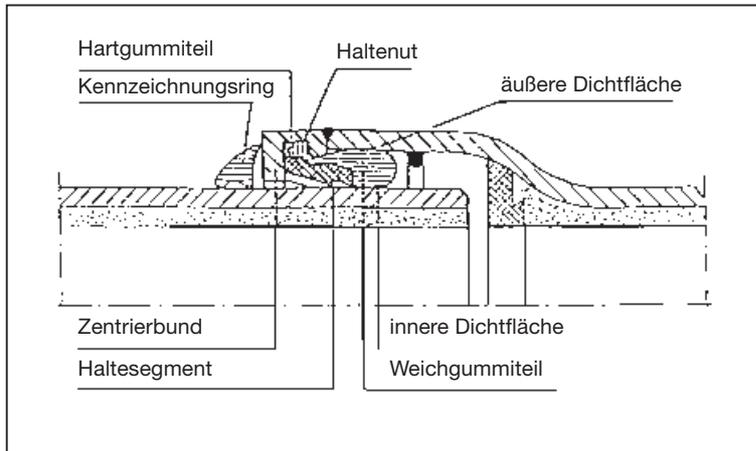
Zusammendrücken des TYTON-SIT-Schubsicherungsringes vor dem Einsetzen in die Haltenut.



- Kontrolle des Sitzes des Schubsicherungsringes (kein Herausragen der inneren Hartgummikante über den Zentrierbund zulässig).
- Auftragen einer dünnen Schicht Gleitmittel auf die innere Dichtfläche des Schubsicherungsringes (Bild 8.28).

Bild 8.28

Schnitt durch den eingesetzten TYTON-SIT-Schubsicherungsring.



Das Einziehen des zu verlegenden Rohres in die Steckmuffe mit dem TYTON-SIT-Schubsicherungsring erfolgt vorrangig mit dem Verlegegerät V 302 analog wie bei Muffen mit TYTON-Dichtringen. Wichtig ist das genaue Fluchten der zu verbindenden Rohre, da es sonst zu Montageschwierigkeiten infolge Verkantungen kommt.

Zur äußeren Kennzeichnung einer längskraftschlüssigen Steckverbindung hat sich der zusätzliche Einbau eines Kennzeichnungsrings (mit blauem Ring) bewährt, der nach Montage an die Muffenstirn angestellt wird (vorheriges Überschieben auf Einsteckende notwendig!).

Nach erfolgter Montage der Steckverbindung ist durch kurzes Zurückziehen des eingeschobenen Rohres eine Verriegelung durchzuführen. Beim Verlegegerät V 300 erfolgt dies durch entgegengesetzte Bewegung der Schlüsselstangen (s. a. Bild 8.25).

Bei Überschreitung der Einsatzgrenzen von TYTON-SIT-Schubsicherungen (= DN 200 PN 16 und > DN 200 - 300 PN 10) sind Betonwiderlager einzubauen, deren Anzahl und Größe vom Prüfdruck und der Bodenbeschaffenheit abhängig sind (s. a. Abschnitt 7.9.4), oder es ist die DKM-Verbindung (s. a. Abschnitt 6.) einzusetzen.

Daneben gibt es auch Möglichkeiten, nach Herstellung einer nichtlängskraftschlüssigen Verbindung **mit Hilfe von auf dem Rohr zu befestigenden** Zugankern oder zugfesten Schellen eine Längskraftschlüssigkeit herzustellen.

Die Verlegeanleitungen der Hersteller solcher Verbindungselemente sind sorgfältig einzuhalten, um Schädigungen der PE-Umhüllung während des Betriebes infolge falscher Anwendung zu vermeiden.

8.5.4 Flanschverbindung

Vor dem Zusammenbau sind die Dichtflächen der zu verbindenden Flansche zu säubern. Überzüge und Beschichtungen sind auf Unversehrtheit zu überprüfen und je nach Anforderungen des Korrosionsschutzes auszubessern.

Zur Abdichtung werden Flachdichtungen nach DIN 2690 mit Gewebeeinlage (bis PN 16) oder Stahleinlage (ab PN 25) eingesetzt.

Die Anschlußmaße und die Stellung der Schraubenlöcher sind in DIN 2501 T1 festgelegt, wobei grundsätzlich gilt, daß sich in der zur Rohrleitungsebene senkrecht stehenden Flanschachse keine Schraubenlöcher befinden dürfen.

Für Sechskantschrauben und -muttern gelten DIN EN 24016, DIN EN 24014 und DIN EN 24032. Zur Vermeidung von Beschädigungen ist der Einsatz von Unterlegscheiben nach DIN 126 zu empfehlen. Vorzugsweise sind korrosionsgeschützte Verbindungselemente einzusetzen. Das Anziehen der Schrauben sollte fachgerecht erfolgen (kreuzweises Anziehen), um Überdrehungen zu vermeiden.

Als Richtwerte für die Anzugsdrehmomente M_A gelten:

bei PN 10: $M_A \approx 0,33 \cdot DN$ [Nm] bzw. $0,033 \cdot DN$ [kpm]*

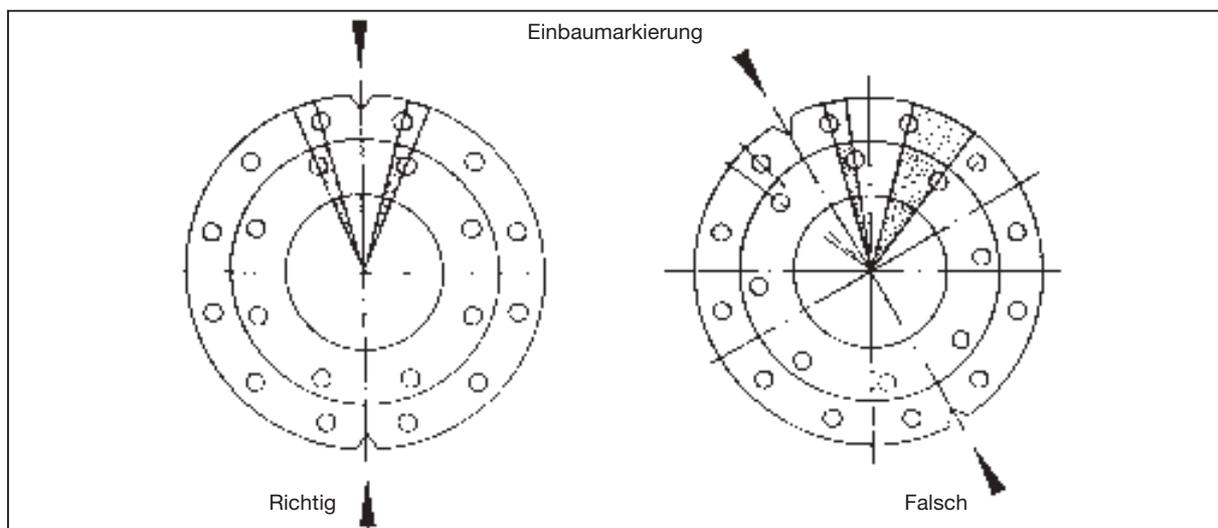
bei PN 16: $M_A \approx 0,66 \cdot DN$ [Nm] bzw. $0,066 \cdot DN$ [kpm]*

bei PN 25: $M_A \approx 1,00 \cdot DN$ [Nm] bzw. $0,100 \cdot DN$ [kpm]*

Bei Einbau von FFR-Stücken aus duktilem Gußeisen ist zu beachten, daß die Markierungen (2 gegenüberliegende Kerben) senkrecht ausgelotet oder waagrecht ausgerichtet werden. Bei falschem Einbau befinden sich sonst die anschließenden Armaturen oder Formstücke infolge der unterschiedlichen Anzahl der Schraubenlöcher bei FFR-Stücken nicht in senkrechter Lage (Bild 8.29).

Bild 8.29

Ausrichtung der Einbaumarkierungen bei FFR-Stücken aus duktilem Gußeisen.



* Für Drehmomentschlüssel mit kpm – Angaben ($10 \text{ Nm} \approx 1 \text{ kpm}$).

8.5.5 Montage der Formstücke

8.5.5.1 Montage von Formstücken aus duktilem Gußeisen

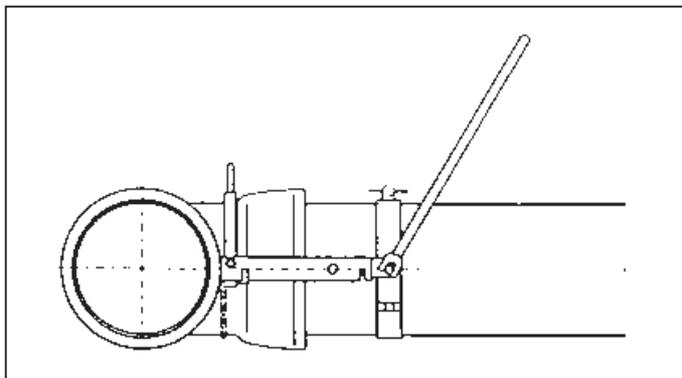
Die Montage der Formstücke aus duktilem Gußeisen erfolgt analog der Montage von Steckmuffenrohren. Zum Einsatz kommt das Verlegegerät V 300 bzw. das Verlegegerät V 301, wenn die 2. Schelle infolge der kurzen Baulänge der Formstücke nicht befestigt werden kann.

Das Verlegegerät V 301 unterscheidet sich durch den Einsatz einer schmalen 2. Halbschelle mit zu befestigender Spannkette gegenüber dem Verlegegerät V 300 (Bild 8.3). Auf Abpolsterung der Scheuerstellen ist zu achten. Beim Einsatz von TYTON-SIT-Schubsicherungsringen treten in der Praxis oft Montageschwierigkeiten auf, da eine exakte axiale Zugrichtung schwierig realisierbar ist. Unter Umständen empfiehlt es sich, in die freie Muffe des Formstückes ein Rohr als Gegengewicht zu legen (ohne Einsatz einer Dichtung).

Die Verriegelung ist bei allen TYTON-SIT-Schubsicherungsringen durchzuführen.

Bild 8.30

Verlegegerät V 301 bei der Montage von Formstücken aus duktilem Gußeisen.



8.5.5.2 Montage von Formstücken aus Stahl

Bei dem Einsatz von Formstücken aus Stahl ist zwischen werkseitig und baustellenseitig hergestellten Formstücken zu unterscheiden.

Werkseitig hergestellte Bogen (Werkbogen) sind in der Regel Warmbogen, die durch Biegen eines Stahlrohres mittels kontinuierlich fortschreitender induktiver Erwärmung hergestellt werden. Hierdurch können große Bogenlängen mit beliebigem Biegewinkel (bis 180°) hergestellt werden. Durch Schneiden auf der Baustelle ermöglichen sie die Herstellung von dem Trassenprofil angepaßter Abwinklungen (Schnittkrümmer).

Werkseitig hergestellte Segmentkrümmer entstehen durch entsprechendes Zuschneiden von Segmenten aus Warmbogen und Verschweißen dieser Segmente.

Durch fachgerechte Planung kann die Anzahl dieser werkseitig hergestellten Formstücke für zu errichtende Wasserleitungen relativ genau bestimmt werden, so daß eine Anfertigung von Formstücken auf der Baustelle auf Sonderfälle beschränkt bleibt.

Nach Kundenspezifikation werden diese Formstücke mit Zementmörtel ausgekleidet und erhalten eine zweckentsprechende Umhüllung bzw. Umhüllung + Ummantelung. Dabei wird je nach Nennweite der Formstücke die notwendige Aussparung der ZM-Schicht bis zum Formstückende mit vorgesehen.

Durch diese Maßnahmen wird eine optimale Qualität bei Auslieferung zur Baustelle garantiert (Bild 8.31).

Bild 8.31

Auslieferung von werkseitig hergestellten Formstücken.



Unabhängig davon kann die Anfertigung von Formstücken auf der Baustelle notwendig sein. Für die Anfertigung solcher Formstücke werden ZM-ausgekleidete Stahlleitungsrohre (mit oder ohne äußeren Korrosionsschutz) entsprechend der gewünschten Formstückart getrennt, Ausschnitte angebracht und Stutzen bzw. Flansche angeschweißt. Bögen werden im allgemeinen aus Segmenten dieser Stahlleitungsrohre hergestellt, weil diese Rohre nicht kaltgebogen werden dürfen.

Bei nicht befahrbaren Rohrleitungen muß bei baustellenseitiger Anfertigung von Segmentkrümmern sowie beim Anschweißen von Stutzen oder Flanschen darauf geachtet werden, daß die Schweißnähte im Rohr mit der Hand erreichbar sind, um eine Vervollständigung der ZM-Auskleidung an den notwendigen Aussparungen nach dem Schweißen zu ermöglichen.

Bei befahrbaren Rohrleitungen erfolgt die Anpassung der Rohrleitung an den Geländeverlauf durch Gehrungsschnitte.

Der zulässige Segmentwinkel (etwa 5° bis 10°) muß durch Berechnung ermittelt werden. Bei geplanten Abwinkelungen ist der Bezug von werksmäßig hergestellten Formstücken allen anderen Möglichkeiten vorzuziehen, da die Bedingungen auf der Baustelle oftmals schwierig sind (Bild 8.32).

Bild 8.32

Anfertigung von Segmentbogen auf der Baustelle.



Das Anschweißen der Formstücke an die schon verlegten Stahlleitungsrohre erfolgt üblicherweise mit Stumpfschweißverbindungen (Bild 8.33).

Bild 8.33

Anschweißen eines speziellen T-Stückes an einen schon verlegten Rohrstrang.



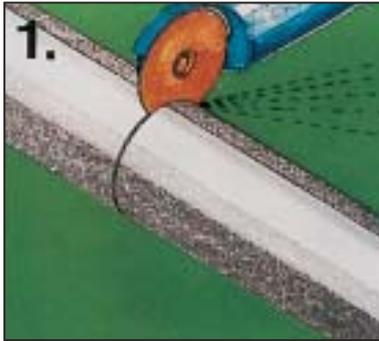
8.6 Trennen von Stahlleitungsrohren auf der Baustelle

8.6.1 Trennen von Rohren mit PE-Umhüllung

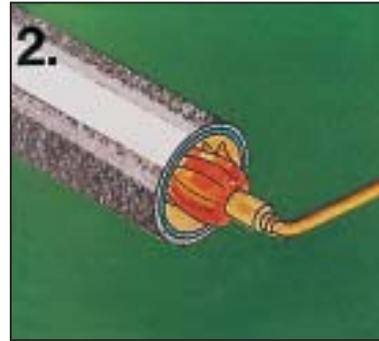
Bei der Rohrverlegung ist bei Zwangspunkten eine Kürzung von Rohren meist unvermeidlich. Zu diesem Zwecke müssen einige der angelieferten Stahlleitungsrohre auf der Baustelle getrennt werden. Für Steckmuffenrohre (bis DN 300) wird der Arbeitsablauf nach Bild 8.34 empfohlen.

Bild 8.34

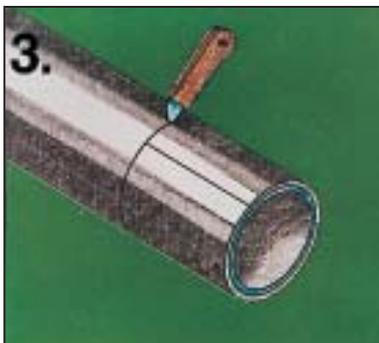
Arbeitsablauf beim Trennen eines Steckmuffenrohres bis DN 300



1. Trennen des Rohres mittels Trennschleifer.



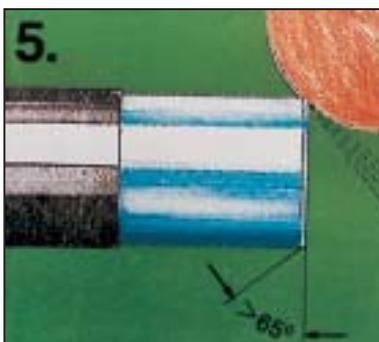
2. Erwärmen des Einsteckendes auf ca. 70 °C.



3. Einschneiden der PE-Umhüllung in Umfangs- und Längsrichtung- Längsmaß nach vorhandenem Steckmuffenrohr wählen (140 bis 180 mm je nach DN).



4. Abziehen der PE-Umhüllung.



5. Abschrägen des Rohres am Einsteckende auf einen Winkel von ca. 65 Grad.



6. Aufbringen eines für Trinkwasser zugelassenen Beschichtungstoffes auf das Spitzende.

Das Längsmaß für das Entfernen der PE-Umhüllung bei Steckmuffenrohren kann direkt aus Tabelle 8.3 entnommen werden. Daneben besteht die Möglichkeit, daß Maß direkt vom Einsteckende abzunehmen.

Tabelle 8.3

Längsmaß für das Entfernen der PE-Umhüllung bei Steckmuffenrohren
(nach Bild 4.1 und Tabelle 4.1).

DN	100	125	150	200	250	300
Einstecktiefe t [mm]	110	120	131	133	143	150
Freies Einsteckende a [mm]	30	30	30	30	30	30
Längsmaß für das Entfernen der PE-Umhüllung t + a [mm]	140	150	161	163	173	180

Das Längsmaß für das Entfernen der PE-Umhüllung bei Stahlleitungsrohren mit Schweißfugenflanke ist unabhängig von der Nennweite. Obwohl dieses Längsmaß infolge der Fertigungsbedingungen der Rohrhersteller zwischen 80 und 150 mm schwankt, ist beim Kürzen von Stahlleitungsrohren ein Maß von ca. 80–100 mm ausreichend. Unabhängig davon besteht auch die Möglichkeit, das Maß direkt vom Rohrende zu übertragen.

Während für das Trennen von Rohren bis ca. DN 500 in der Regel das manuelle Trennschleifen angewendet wird, können für das Trennen begehrter Stahlleitungsrohre auch manuelle oder mechanische Umlaufvorrichtungen mit einem Brennschneider oder umlaufende Rohrsägen eingesetzt werden.

Dabei ist es günstig, im Trennbereich einen Teil der PE-Umhüllung vor dem Trennen zu entfernen.

Mit weicher Propangasflamme werden von außen der vorgesehene Trennbereich und die benachbarten Zonen auf ca. 70 °C so erwärmt, daß eine thermische Schädigung ausgeschlossen wird (z. B. durch fächernde Bewegungen).

Anschließend wird der vorgesehene Teil der Umhüllung nach Einschneiden eines Längs- und zweier Umfangsschnitte mit einem Spachtel angehoben und in Umfangsrichtung abgezogen. Verbranntes Polyethylen ist grundsätzlich zu entfernen, da eine Nachumhüllung von thermisch geschädigten Kunststoffen nicht zulässig ist.

Zu beachten ist, daß die ZM-Auskleidung im Bereich der Trennstelle in ausreichender Breite durch Ausschlagen entfernt wird. Wenn dies nicht möglich ist, sind 2 Schnitte erforderlich (Brennschnitt und Anfasschnitt), wobei nach dem Trennschnitt das Entfernen der ZM-Auskleidung erfolgen kann (bis ca. 20 mm hinter der endgültigen Trennstelle). Bild 8.35 zeigt das Brennschneiden eines größeren Stahlleitungsrohres.

Bild 8.35

Trennvorrichtung für das Brennschneiden größerer Stahlleitungsrohre.



Nach dem Trennen des Rohres wird die Schweißfuge angeschliffen (Anschrägwinkel der Fugenflanke $30^\circ +5^\circ_0$ -Steghöhe $1,6 \pm 0,8$ mm) und das Rohrende außen vorzugsweise mit einer maschinellen Topfbürste auf einer Breite von ca. 50 mm (bis DN 500) bzw. 100 mm (ab DN 500) gesäubert.

Beim Verbrennen oder Schweißen der auf dem Rohrstück verbleibenden Epoxy-Schicht entstehen bei dem vorhandenen hohen Sauerstoffüberschuß weder Beeinträchtigungen der Schweißnahtgüte noch gesundheitsgefährdende organische Verbindungen.

Bei Stahlleitungsrohren mit ZM-Auskleidung wird die notwendige Aussparung bis zum Rohrende vorrangig durch Ausschleifen mittels Perlonscheibe erzeugt.

Für die Einsteckschweißmuffen-Verbindung und Überschiebschweißmuffen-Verbindung können die Werte für das Entfernen der PE-Umhüllung aus Tabelle 4.3 und 4.5 ermittelt werden. Die ZM-Auskleidung reicht dabei bis zum Rohrende.

8.6.2 Trennen von Rohren mit PE-Umhüllung und FZM-Ummantelung

Bei Rohrtrennung auf der Baustelle wird die zusätzliche FZM-Ummantelung durch zwei Umfangs- und einem Längsschnitt mit dem Trennschleifer etwa zur Hälfte eingeschnitten. Dabei ist darauf zu achten, daß die PE-Umhüllung nicht beschädigt wird. Anschließend kann die FZM-Umhüllung mit Hammer und Meißel abgelöst werden.

Bei der Ermittlung der Breite der zu entfernenden FZM-Ummantelung ist je nach geplanter Rohrverbindung zuerst das Maß b aus den Tabellen 4.1 (für Steckmuffenverbindung), Tabelle 4.2 (Stumpfschweißverbindung), Tabelle 4.3 (Einsteckschweißmuffen-Verbindung) oder Tabelle 4.5

(Überschiebschweißmuffen-Verbindung) zu ermitteln und danach zum Längsmaß für das Entfernen der PE-Umhüllung zu addieren. Sofern beide Rohrenden verwendet werden sollen, ist dieser Wert zu verdoppeln.

8.7 Baustellenseitige Vervollständigung des Korrosionsschutzes

8.7.1 Nachumhüllung der Rohrverbindungen

Die Nachumhüllung der auf der Baustelle hergestellten Rohrverbindungen ist notwendig, um einen **kompletten** Rohraußenschutz zu erhalten.

Die Nachumhüllung ist mit allen nach DIN 30672 zugelassenen Umhüllungen aus Korrosionsschutzbinden (kalt- und warmverarbeitbar) und wärmeschrumpfendem Material möglich. Die Art der Nachumhüllung richtet sich nach den jeweiligen Anforderungen an die Rohrleitung. Die Verlegeanleitungen werden bei Anlieferung der Nachumhüllungssysteme mitgeliefert und sind bei Durchführung der Nachumhüllung einzuhalten.

Die Nachumhüllungsarbeiten sollen nur von Personen ausgeführt werden, die nach GW 15 geschult wurden.

Die Durchführung der Nachumhüllung mit einem **wärmeschrumpfenden Material** (Schrumpfschlauch) soll beispielhaft für eine Steckmuffen-Verbindung detailliert dargestellt werden.

- Entrosten, Säubern und Trocknen der Rohroberfläche sowie Aufrauung der angrenzenden Umhüllung beiderseits auf ca. 100 mm.
Die Kante der PE-Umhüllung ist mit einer Raspel abzuflachen. Der Nachumhüllungsbereich ist anschließend zu reinigen.
- Vorwärmen von Muffe und Einsteckende bei der Nachumhüllungsstelle auf ca. 60–70 °C mittels Propangasflamme (Bild 8.36).

Bild 8.36

Vorwärmen der Nachumhüllungsstelle.



- Der Schrumpfschlauch wird über die Steckverbindung gezogen (mittige Lage) und die zum Schutz des Klebers im Schrumpfschlauch befindliche Einlage entfernt. Mittels einer weich eingestellten Propangasflamme wird der Schrumpfschlauch in Höhe der Muffenstirn gleichmäßig am Umfang solange erwärmt, bis die Schrumpfung beginnt und sich die Muffenkontur abzeichnet (Bild 8.37).

Bild 8.37

Beginn der Schrumpfung nach mittiger Erwärmung des Schrumpfschlauches.



- Der Brenner wird danach mittels gleichmäßiger Bewegungen in Achs- und Umfangrichtung (Vermeidung einer örtlichen Überhitzung!) so geführt, daß zuerst der Muffenteil aufgeschumpft wird und danach von der Muffenstirn ausgehend das Einsteckende (Bild 8.38).

Bild 8.38

Durchführung des Aufschrumpfens.



- Der Schrumpfvorgang wird beendet, wenn der Kleber aus beiden Stirnseiten des Schrumpfschlauches nahezu gleichmäßig heraustritt und der Schrumpfschlauch zur besseren Haftung an die Muffenstirn gedrückt wurde (Bild 8.39). **Die Überlappung auf der Werksumhüllung soll mind. 50 mm betragen.**

Bild 8.39

Andrücken des Schrumpfschlauches an die Muffenstirn.



Die Nachumhüllung von Stumpf- und Einsteckschweißmuffen-Verbindungen erfolgt ebenfalls mit Schrumpfschläuchen oder mit montagefertigen Schrumpfmanschetten einschließlich Verschlusslaschen.

Die montagefertigen Einheiten sind für die Schweißverbindungen bis DN 700, für Steckmuffen-Verbindungen bis DN 300 und für Einsteckschweißmuffen-Verbindungen bis DN 800 lieferbar. Sonderanfertigungen bis DN 1400 wurden schon hergestellt und erfolgreich eingesetzt (Bild 8.40), wobei sich bei befahrbaren Rohren der Einsatz von 2 Arbeitskräften beim Schrumpfen als günstig erwiesen hat.

Wichtig ist beim Einsatz von wärmeschrumpfendem Material das Vorwärmen der gesamten Nachumhüllungsstelle auf ca. 60–70 °C, da hiervon wesentlich die Haftung beeinflusst wird.

Bild 8.40

Einsatz einer Schrumpfmanschette zum Nachumhüllen einer Schweißverbindung bei DN 1400.



Alternativ kann die Nachumhüllung von Schweißnahtbereichen mit warm- oder kaltverarbeitbaren Korrosionsschutzbinden, die gleichfalls nach DIN 30672 genormt sind, vorgenommen werden.

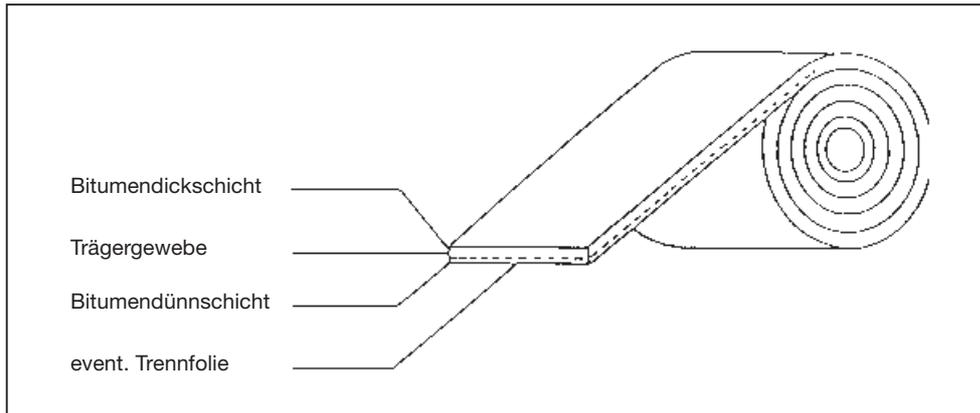
Nach entsprechender Vorbehandlung (Auftragen einer haftvermittelnden Beschichtung entsprechend den Verarbeitungsrichtlinien) erfolgt bei **warmverarbeitbaren Korrosionsschutzbinden** das Verarbeiten in einzelnen Lagen.

Das einzelne Bindenstück wird allgemein 30 mm länger als der Rohrumfang zugeschnitten. Die Binde wird mit dem Propanbrenner so lange erwärmt, bis ca. 1 mm der Bitumendickschicht weich und klebrig wird (Bild 8.41 a). Dann erfolgt mit Zug das faltenfreie Auflegen auf die Rohrverbindung und das manuelle Andrücken (Bild 8.41 b).

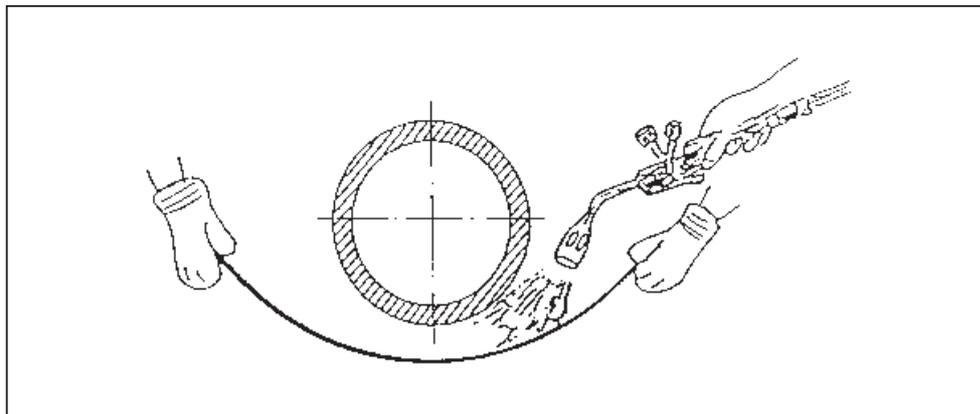
Die Bindenüberlappung soll ca. 30 mm betragen und wird nach nochmaliger Erwärmung mit einem Spachtel gut verstrichen. Eine evtl. vorhandene PE-Trennfolie muß vorher entfernt werden. Die angrenzende PE-Werksumhüllung muß ca. 50 mm in die Umhüllung einbezogen werden. Grundsätzlich wird die Bitumendickschicht erwärmt und die Binde unter dem Rohr durchgezogen, wobei die erwärmte Seite dem Rohr zugewandt ist. Das Prinzip dieser Nachumhüllung ist aus Bild 8.42 ersichtlich.

Bild 8.41 a + b

Anwendung einer warmverarbeitbaren Korrosionsschutzbinde.



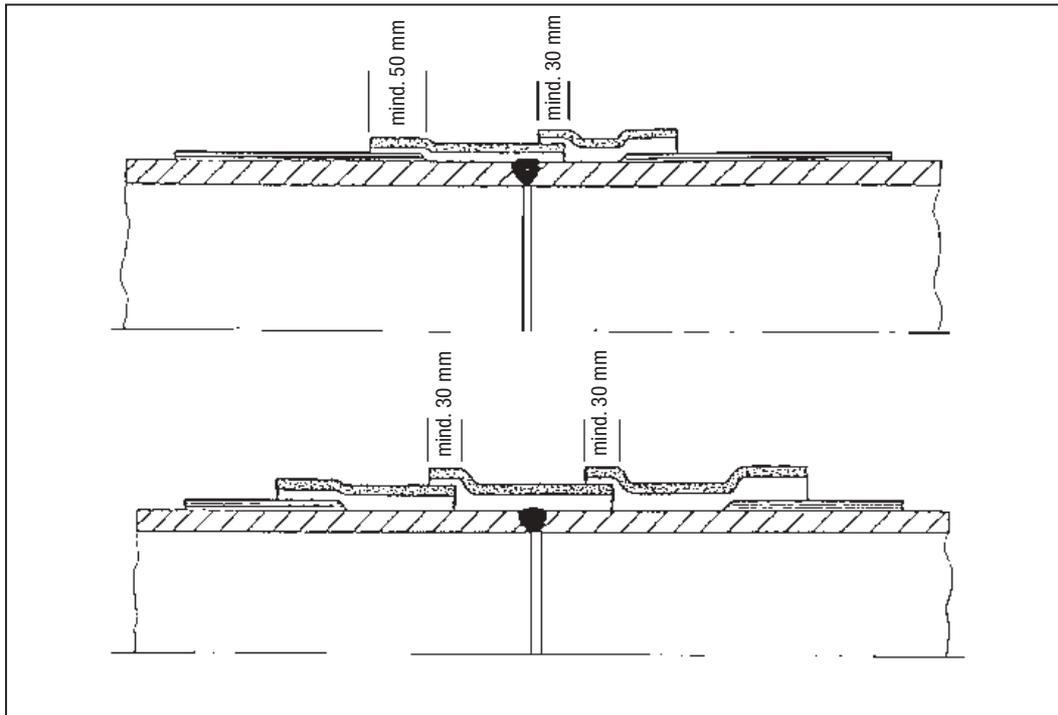
a) Aufbau der Korrosionsschutzbinde.



b) Erwärmen und Auflegen der Korrosionsschutzbinde.

Bild 8.42

Prinzip der Nachumhüllung mit warmverarbeitbaren Korrosionsschutzbinden.



Auch kompliziert geformte Bauteile (z. B. Rohrreinigungskästen) können mit warmverarbeitbaren Korrosionsschutzbinden gut nachumhüllt werden (Bild 8.43).

Bild 8.43

Nachumhüllung eines Rohrreinigungskastens DN 300 mit einer warmverarbeitbaren Korrosionsschutzbinde.



Die Nachumhüllung mit **kaltverarbeitbaren Korrosionsschutz-Systemen** nach DIN 30672 erfolgt entweder durch Einsatz von Dreischichten-Binden, die mehrfach gewickelt werden, oder durch Einsatz eines Zweibinden-Systems.

Nach entsprechender Vorbehandlung (Auftragen einer haftvermittelnden Beschichtung) wird beim Zweibinden-System die 1. Binde (Butyl-Kautschuk-Binde) unter leichtem Zug schraubenlinienförmig mit 50%iger Überlappung gewickelt. Dabei muß die Trennzwichenlage entfernt werden. Die PE-Werksumhüllung wird mindestens 50 mm in die Nachumhüllung einbezogen. Danach erfolgt das Wickeln der PE-Folie (2. Binde) beginnend auf der Werksumhüllung in gleicher Wickelrichtung mit Zug und 50%iger Überlappung. Das Prinzip ist aus Bild 8.44 ersichtlich. Mit Hilfe von Handwickelgeräten kann eine gleichmäßige Wickelspannung und die Einhaltung der Überlappungsbreite erreicht werden. Zur Nachumhüllung von Schweißnähten sind die kaltverarbeitbaren Korrosionsschutz-Systeme auch für größere Nennweiten geeignet (Bild 8.45).

Bild 8.44

Prinzip der überlappten Aufbringung eines kaltverarbeitbaren Korrosionsschutz-Systems (Zweibinden-System).

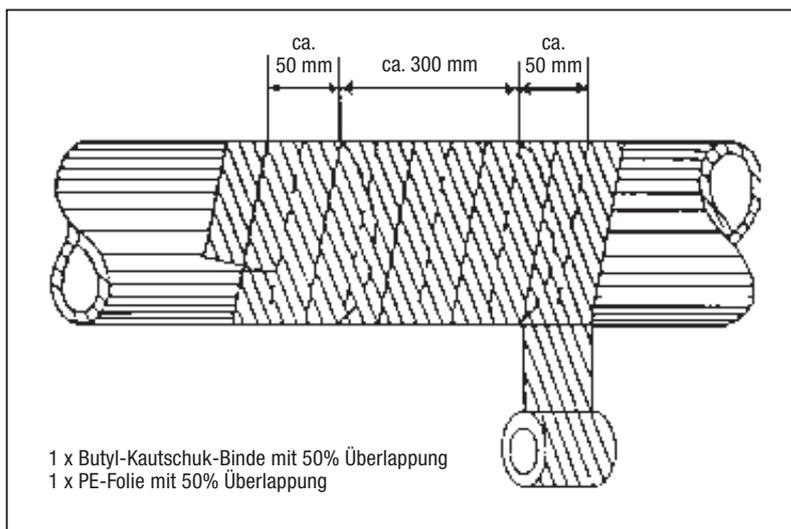


Bild 8.45

Einsatz eines kaltverarbeitbaren Korrosionsschutz-Systems mit Handwickelgerät bei der Nachumhüllung von Schweißnähten.



Rohrbogen und Segmentkrümmer können ebenfalls mit allen Korrosionsschutz-Systemen werkseitig oder auf der Baustelle umhüllt bzw. nachumhüllt werden.

Bei kompliziert geformten Teilen werden dauerplastische, spezialvergütete Füllmassen zum Ausgleich von unebenen Flächen und Hohlräumen angewendet.

Eine Beratung mit den Herstellerfirmen solcher Korrosionsschutz-Systeme ist empfehlenswert.

8.7.2 Prüfung der PE-Umhüllung auf Porenfreiheit

An Stahlleitungsrohren mit PE-Umhüllung ist nach Abschluss der Nachumhüllungsarbeiten vor dem Absenken der Rohre in den Rohrgraben bzw. auch vor dem Verfüllen des Rohrgrabens eine Prüfung der Umhüllung auf Vorhandensein von Defekten vorzunehmen.

Üblicherweise erfolgt die Prüfung außerhalb des Rohrgrabens.

Bei geschweißten Teilsträngen wird der Vorteil der elektrischen Längsleitfähigkeit von Stahlleitungsrohren genutzt, um größere Rohrlängen zu prüfen. Eine weitere Prüfung im Rohrgraben ist üblicherweise nicht erforderlich.

Bei der Prüfung der Umhüllung auf Defekte im Rohrgraben ist darauf zu achten, dass die gesamte Rohroberfläche geprüft werden kann.

Die Prüfung erfolgt mit Hilfe eines elektrischen Hochspannungsprüfgerätes. Die Prüfspannung beträgt mindestens 5 kV zuzüglich 5 kV je mm PE-Schichtdicke, jedoch maximal 20 kV.

Da gummigedichtete Steckmuffenverbindungen nicht elektrisch längsleitfähig sind, können die Steckmuffenrohre nur einzeln geprüft werden.

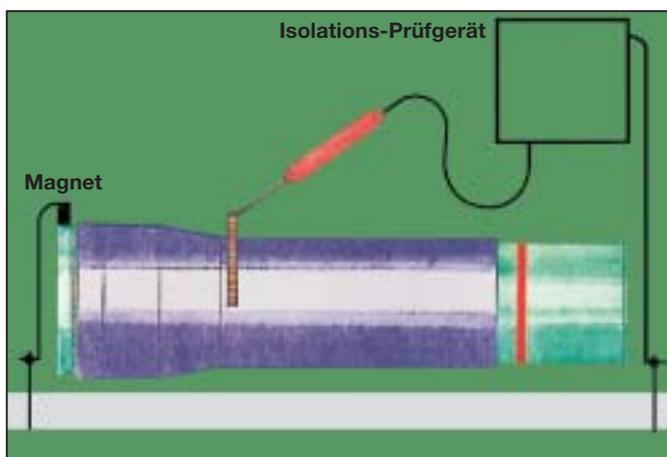
Die Prüfung erfolgt nach folgendem Arbeitsablauf:

- Befestigung je eines Kabels zwischen dem Hochspannungsprüfgerät und der Bürsten- oder Ringelektrode sowie dem Steckmuffenrohr (mittels Magnet oder Klemmvorrichtung) oder Einsatz von 2 Erdkabeln und eines Kabels zwischen Hochspannungsprüfgerät und Bürsten- oder Ringelektrode.
- Prüfung der PE-Umhüllung auf Porenfreiheit bei 20 kV.

Das Prinzip dieser Prüfung ist aus Bild 8.46 ersichtlich.

Bild 8.46

Prüfung der PE-Umhüllung auf Porenfreiheit (schematische Darstellung mit 2 Erdkabeln).



Bei geschweißten Rohrleitungen kann neben der Einzelprüfung der Rohre auch ein Rohrstrang überprüft werden. Hierbei wird zuerst ein Ende des Rohrstranges fest geerdet, und danach wird der Rohrstrang mittels Hochspannungsprüfgerät und eines 2. Erdkabels („Schlepperde“) auf Fehlstellen untersucht. Dabei haben sich Halbrundbürsten- oder Ringelektroden wegen der großen Prüffläche am besten bewährt.

8.7.3 Ausbesserung von Fehlstellen in der PE-Umhüllung

Als Fehlstellen in der PE-Umhüllung werden oberflächliche oder durchgehende Beschädigungen bezeichnet. Während bei oberflächlichen Beschädigungen auf der Baustelle nach Sichtprüfung die Entscheidung einer Ausbesserung getroffen wird, müssen die durchgehenden Beschädigungen ausnahmslos ausgebessert werden. Die Ausbesserung erfolgt nach den Angaben von GW 14.

Dabei wird unterschieden zwischen:

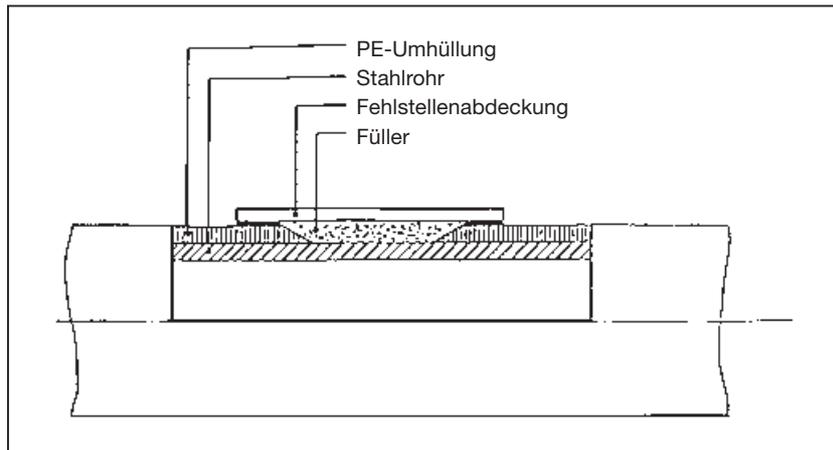
- Verfahren, die auf eine im Aufbau, Werkstoff, Schutzwirkung und Aussehen der ursprünglichen Umhüllung, soweit wie technisch möglich, gleichwerte Ausbesserung abzielen, und
- Reparaturen unter Verwendung von Korrosionsschutzbinden und wärmeschrumpfendem Material nach DIN 30672, wie sie primär für die Umhüllung von Schweißverbindungen von Rohren benutzt werden.

Für die Ausbesserung von durchgehenden Fehlstellen in der PE-Umhüllung haben sich neben den bekannten Nachumhüllungssystemen die Ausbesserungen mit schmelzkleberbeschichteten Materialien als besonders praxisfreundlich erwiesen.

Diese Reparatursysteme bestehen aus Füllkleber und Fehlstellenabdeckung. Sie können hohe Scherkräfte aufnehmen und haften sehr gut auf der PE-Umhüllung (Bild 8.47).

Bild 8.47

Schematischer Aufbau eines Reparatursystems für PE-Umhüllungen.



Die Ausbesserung von Fehlstellen in der PE-Umhüllung erfolgt üblicherweise vor der Verlegung der Rohre in den Rohrgraben oder in das Mantelrohr (nach Sichtprüfung und/oder Prüfung auf Porenfreiheit).

8.7.4 Nachauskleidung der Rohrverbindungen

Die Nachauskleidung ist speziell bei der Stumpfschweißverbindung für befahrbare Rohrleitungen (ab DN 600) durchzuführen. Der nach dem Herstellen der Schweißnaht verbleibende ZM-freie Bereich ist entsprechend DIN 2614 und Anleitungen der Rohrhersteller mit Fugen- oder Reparaturmörtel manuell auszukleiden. Als Reparaturmörtel sollte nur der von den Rohrherstellern lieferbare Originalmörtel für ZM-Nachauskleidung verwendet werden, da ansonsten bezüglich der KTW-Empfehlungen keine Gewährleistung möglich ist.

Bei der Nachauskleidung mit Zementmörtel wird folgende Technologie empfohlen:

- Säuberung der Schweißnahtzone von Schmutz und lose anhaftenden Teilen; Schlacke, Schweißzunder und durchhängende Schweißgut-Tropfen sind zu entfernen, die Rohroberfläche soll fettfrei sein.
- Sämtliche Flächen, auch Stoßkanten der ZM-Auskleidung, auf die der Reparaturmörtel als Spachtelmasse aufgetragen werden soll, sind gründlich mit sauberem Wasser anzufeuchten.
- Entnahme der Trockenmischung aus den Gebinden und Herstellung des spachtelfähigen Reparaturmörtels.
- Verarbeitung des Reparaturmörtels innerhalb von 30 min. durch Ausfüllen des Nahtbereiches, Eindrücken auf das Niveau der vorhandenen ZM-Auskleidung und Glätten der Oberfläche.

Zur Vermeidung von Schrumpfrissen erfolgt das Nachauskleiden von größeren Flächen zweckmäßig durch Auftragen in mehreren (meist 2) Arbeitsgängen.

Im 1. Arbeitsgang wird etwa die halbe Schichtdicke aufgetragen und im 2. Arbeitsgang (nach ca. 24 h) die restliche Schichtdicke. Dabei ist vor dem 1. Auftrag eine Haftschrift (streichfähiger Reparaturmörtel) aufzutragen, die antrocknen soll. Ein nachträgliches Verdünnen der Spachtelmasse oder die Mitverwendung zu neuen Ansätzen ist nicht zulässig.

- Die Erhärtung des Reparaturmörtels erfolgt nur bei Temperaturen größer 0 °C.
- Rohrleitungsabschnitte, an denen Arbeiten mit Reparaturmörtel erfolgen, sind spätestens am täglichen Arbeitsende zu verschließen, damit im Rohrinne eine ausreichende Feuchtigkeit verbleibt und ein schnelles Austrocknen durch Zugluft o. ä. vermieden wird.

Betonverflüssiger oder Kunststoffdispersion dürfen nur nach Abstimmung mit der Bauleitung dem Reparaturmörtel beigegeben werden. Dabei sind die Reparaturanleitungen der Rohrlieferfirmen zu beachten.

Die Bilder 8.48 und 8.49 zeigen die Arbeitsbedingungen in befahrbaren Rohren ab DN 600.

Bild 8.48

Nachauskleidung eines Stahlleitungsrohres mit Reparaturmörtel unter Baustellenbedingungen.



Bild 8.49

Notwendige Nachauskleidung eines Segmentkrümmers auf der Baustelle (DN 700).



Die Nachauskleidung von Stumpfschweißverbindungen bei nicht befahrbaren Stahlleitungsrohren für Trinkwasser ist in der Regel nicht erforderlich („Selbstheilungseffekt“). Analoges trifft für Einsteckschweißmuffen- und Überschiebschweißmuffen-Verbindungen zu (Anwendung für Trinkwasser).

Bei Forderung einer durchgängigen ZM-Auskleidung muß dies schon bei der Herstellung der Rohrverbindung berücksichtigt werden. Hierbei ist der Einsatz von Glättmolchen und Reparaturspachtelmassen unverzichtbar.

8.8 Baustellenseitige Vervollständigung des mechanischen Schutzes von PE-Umhüllungen

Stahlleitungsrohre und Formstücke aus Stahl mit PE-Umhüllung und FZM-Ummantelung müssen auch an den Rohrverbindungen nach Durchführung der Nachumhüllung einen mechanischen Schutz gegen das Eindringen von kantigen Steinen erhalten, sofern nicht für diese Stellen eine Sandeinbettung (mindestens 300 mm dick und 500 mm lang) vorgesehen ist. Die baustellenseitige Vervollständigung des mechanischen Schutzes kann mit Gießmörtel, zementbeschichtetem Bandmaterial oder Rohrschutzmatten erfolgen.

● Einsatz von Gießmörtel

Gießmörtel ist speziell zur Vervollständigung der FZM-Ummantelung bei Stumpfschweißverbindungen vorgesehen. Beim Einsatz dieses speziellen Gießmörtels sollte die Verlegeanleitung bei FZM-ummantelten Stahlleitungsrohren* detailliert beachtet werden.

Gießmörtel kann in 2 Mörtelarten geliefert werden: als Wintermörtel für Temperaturen von + 5 °C bis ca. 15 °C und als Sommermörtel für Temperaturen von ca. 10 °C bis ca. 30 °C.

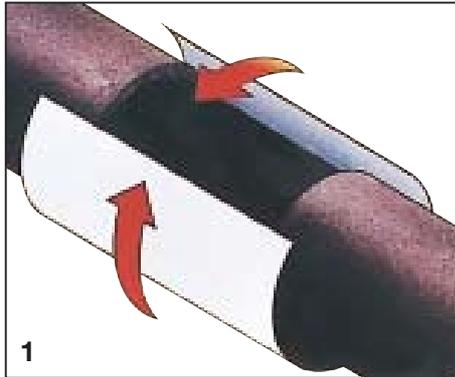
Bei Anwendung bis DN 400 ist die Schalung eine Kartonschalung, ab DN 400 meist eine Folien- oder Stahlblechschalung. Die Stahlblechschalung ist mehrfach verwendbar.

Bei Anwendung einer Kartonschalung ist der Arbeitsablauf entsprechend den Bildern 8.50 und 8.51 durchzuführen.

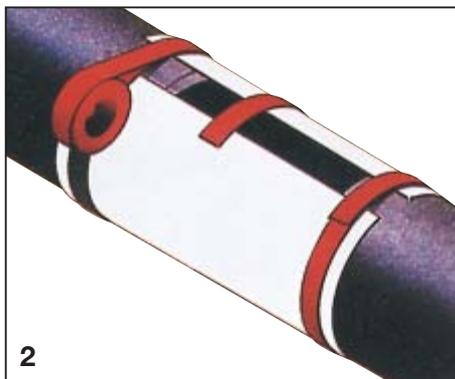
* Z. B. Verlegeanleitung für zementmörtelumhüllte Stahlrohre – Druckschrift der Röhrenwerk Gebr. Fuchs GmbH/ Ausgabe 09.94.

Bild 8.50

Arbeitsablauf beim Einsatz von Gießmörtel (Teil 1: Befestigung der Schalung).



1. Umschlagen der Schalung von der Unterseite des Rohres und Ausrichten.



2. Fixieren durch einen Klebestreifen in der Mitte des Einfüllschlitzes. Hierdurch wird ein gleichmäßiger Ringraum im Einfüllbereich sichergestellt.

Anbringen je eines Klebestreifens zu beiden Seiten der Schalung, mindestens einmal unter kräftigem Zug in Umfangsrichtung mit Überlappung geklebt.

Durch das Anziehen erfolgt die Abdichtung zwischen Kartonschalung und FZM-Ummantelung.

Optische Kontrolle, ob die Schalung über dem gesamten Umfang am Rohr anliegt.

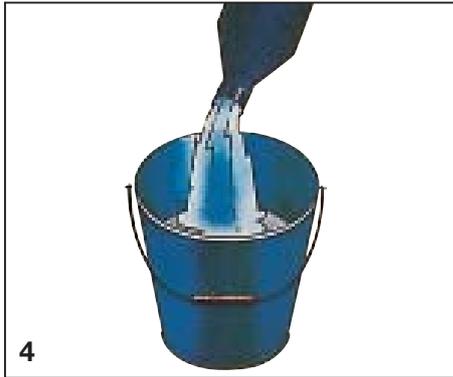
Dabei darauf achten, daß die Schalung beim Anbringen im Einfüllbereich nicht nach innen eingeknickt wurde.



3. In Gefällestrecken muß der Einfüllspalt soweit abgeklebt werden, daß ein Herauslaufen des Gießmörtels aus der Verschalung verhindert wird.

Bild 8.51

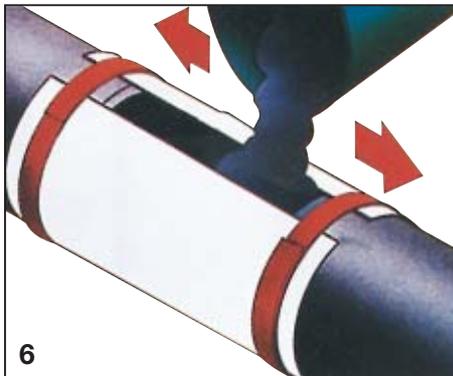
Arbeitsablauf beim Einsatz des Gießmörtels (Teil 2: Herstellung der Gießmörtelummantelung).



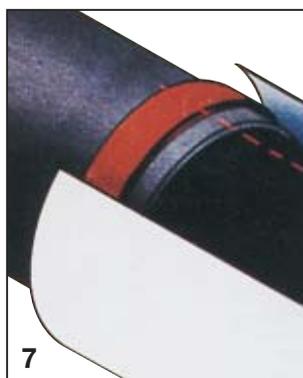
4. Wasserflaschen dem Gebinde entnehmen, öffnen und das Wasser auf den Trockenmörtel gießen.



5. Mit Rührvorsatz gründlich und klumpenfrei verrühren.



6. Nach dem Anrühren wird die Mischung in die Schalung gefüllt. Die Verwendung von Hilfsmitteln (z. B. Trichter) erleichtern das Einfüllen. Nach dem Aushärten ist die Gießmörtelumhüllung fertiggestellt. Der Karton verbleibt als verlorene Schalung auf dem Rohr.



7. Die Schichtdicke der Gießmörtelumhüllung sollte mind. 7 mm betragen. Bei Verwendung von warmverarbeitbaren Korrosionsschutzbinden zur Nachumhüllung der Schweißstellen ist dieses Maß aufgrund der vorgegebenen dickeren Bindenschichten nicht immer gewährleistet. In diesem Fall ist vor Aufbringen der Verschalung eine entsprechende Aufpolsterung auf der FZM-Ummantelung vorzunehmen.

Bei Anwendung von Stahlblechschalungen erfolgt der Arbeitsablauf analog – die Schalung kann bereits nach 30 min entfernt werden. Durch die hohe Frühstandsfestigkeit des Gießmörtels sind die Gießmörtelflächen bereits nach 3 h belastbar.

Auch bei Einsteckschweißmuffen- und Überschiebschweißmuffen-Verbindungen ist Gießmörtel prinzipiell anwendbar. Hierzu ist eine entsprechende Aufpolsterung auf der vorhandenen FZM-Ummantelung vorzunehmen (Punkt 7 – Bild 8.51).

Sofern Formstücke ohne FZM-Ummantelung angeliefert werden, kann neben dem Einsatz von bandbeschichtetem Material auch der Einsatz von kunststoffvergütetem und faserverstärktem Zementmörtel erfolgen.

Ein Beispiel dieser Anwendung ist aus Bild 8.52 ersichtlich, wo der Einschweißbogen für eine Rohretage mit Faserzementmörtel auf der Baustelle gegen mechanische Beschädigungen geschützt wurde.

Bild 8.52

Mechanischer Schutz eines Einschweißbogens in einer Rohretage durch Anwendung von Faserzementmörtel.



- Einsatz von zementbeschichtetem Bandmaterial

Zementbeschichtetes Bandmaterial bietet einen hohen mechanischen Schutz. Es besteht aus einer Kunststoffbinde, die mit Zement beschichtet ist.

Bei Anwendung wird das zementbeschichtete Bandmaterial zuerst mit Wasser durchtränkt. Nach dem leichten Ausdrücken des überschüssigen Wassers erfolgt das überlappende Abwickeln des Bandmaterials über die Nachumhüllungsstelle.

Bei 50 % Überlappung (2 Lagen) ergibt sich eine Schichtdicke von ca. 6 mm und bei 60 % Überlappung (3 Lagen) eine Schichtdicke von ca. 9 mm. Der herausgedrückte Zement wird glatt verstrichen. Nach ca. einer Stunde ist die Nachumhüllungsstelle belastbar. Als vorteilhaft hat sich das Streichen eines dünnflüssig angerührten Spezialmörtels auf die Nachumhüllung erwiesen. Hierdurch erfolgt eine bessere Haftung auf der Nachumhüllung – ein Lösen oder Verschieben des Bandmaterials infolge anderer Baustellenarbeiten wird dadurch weitgehend vermieden.

Zementbeschichtetes Bandmaterial eignet sich aufgrund des guten Anpassungsvermögens sowohl als mechanischer Schutz für alle Rohrverbindungen als auch für Formstücke mit Korrosionsschutzumhüllung (Bild 8.53).

Bild 8.53

Vervollständigung der FZM-Ummantelung bei eingeschweißten Rohrbögen mittels zementbeschichtetem Bandmaterial.



- Einsatz von Rohrschutzmatten

Rohrschutzmatten (Vliesmatten) sind verrottungsfeste, wärmebeständige Matten aus einem feinporigen Chemiefaservlies (Dicke ca. 4 mm).

Bei Anwendung wird die Rohrschutzmatte mittig auf die Nachumhüllungsstelle gelegt, wobei eine Überlappung von ca. 50 mm auf die vorhandene FZM-Umhüllung eingehalten werden sollte. Nach Anschmelzen des Überlappungsbereiches (ca. 30 mm) wird dieser durch leichten Druck verbunden und kann mit Hilfe von Klebebändern zusätzlich gesichert werden (Bild 8.54).

Bild 8.54

Anbringung einer Rohrschutzmatte über die Nachumhüllungsstelle von Rohren.



Um bei steinigen und felsigen Böden ein Durchdrücken von Steinen auszuschließen, kann zusätzlich eine Einbettung mit Sand von ca. 150 mm Dicke um die gesamte Felsschutzmatte erfolgen.

Felsschutzmatten eignen sich für alle Rohrverbindungen.

8.9 Anbohrungen

Anbohrschellen in den handelsüblichen Ausführungen werden direkt auf die PE-Umhüllung gesetzt. Ein vorheriges Entfernen der PE-Umhüllung ist nicht erforderlich. Die Bügelbreite der Schellen darf 20 mm nicht unterschreiten (Flachbügel).

Bei zusätzlicher FZM-Ummantelung werden in der Praxis 2 Möglichkeiten angewendet.

Üblicherweise erfolgt das Entfernen der FZM-Ummantelung in der Breite der Anbohrschelle und das Aufsetzen der Anbohrarmatur auf die PE-Umhüllung.

Daneben besteht die Möglichkeit, direkt auf die FZM-Ummantelung die Anbohrarmatur aufzusetzen und das Stahlleitungsrohr durch den Faserzementmörtel anzubohren. Daneben sind Anbohrarmaturen im Angebot, die durch eine innenliegende Hülse eine direkte Abdichtung gegen das Stahlleitungsrohr ermöglichen.

8.10 Druckprüfung von Wasserleitungen

8.10.1 Allgemeines

Nach Fertigstellung einer Rohrleitung muß die Rohrleitungsbaufirma dem Betreiber der Rohrleitung durch eine Druckprüfung **nachweisen**, daß die Rohrleitung dicht ist. Eine Inbetriebnahme erfolgt bei undichten Leitungen erst nach Beseitigung der undichten Stellen und erneuter Druckprüfung. Bei der Druckprüfung von Wasserleitungen wird als Prüfmedium Wasser angewendet. Bei gleichbleibendem Druck wird die Rohrleitung als dicht betrachtet.

Zu berücksichtigen sind dabei noch die Temperatur des Prüfmediums und der noch nicht verfüllten Leitungsteile, da infolge physikalischer Gesetze bei Temperaturänderungen der Prüfdruck steigen oder fallen kann.

8.10.2 Druckprüfung von verlegten Stahlleitungsrohren

Grundlage für die Druckprüfung von Wasserleitungen aus Stahlrohren bildet DIN EN 805 (s. a. Anmerkungen S. 8.1). Hiernach können verschiedene, bewährte Druckprüfverfahren angewendet werden. Das Prüfverfahren ist vom Planungsingenieur zu bestimmen und darf in bis zu drei Schritten ausgeführt werden:

- Vorprüfung
- Druckabfallprüfung
- Hauptprüfung

Vor Durchführung der Druckprüfung sind einige Grundsätze zu beachten:

- Die Länge der zu prüfenden Rohrleitung ist schon bei der Planung festzulegen. Empfehlenswert ist die Unterteilung von langen Leitungen in Teilstrecken. Dabei muß auf die Füllmöglichkeit der Teilstrecken (möglichst am Tiefpunkt und in der Nähe einer bestehenden Entnahmestelle) geachtet werden. Wichtig ist, daß während des Füllvorganges an den Entlüftungsstellen der Leitungshochpunkte die in der Rohrleitung befindliche Luft leicht entweichen kann (Einsatz von automatischen Be- und Entlüftungsventilen oder Spülhydranten). Dabei ist zu berücksichtigen, daß am höchsten Punkt der Leitung der Prüfdruck mindestens 1,1 x Nenndruck betragen muß. Hauptleitungen sollen bis 1500 m, Abzweigleitungen bis 1000 m und Ortsnetzleitungen bis 500 m langen Teilstrecken geprüft werden. Längere Strecken können geprüft werden, wenn die Möglichkeit besteht, bei Bedarf Blindbleche (Steckscheiben) einzubauen. Bei Fernleitungen mit größeren Durchmessern und höheren Drücken werden Blindflansche oder Klöpperböden eingesetzt.
- Zur Sicherstellung der späteren Freigabe der Wasserleitung hinsichtlich einer hygienisch einwandfreien Beschaffenheit des Trinkwassers ist schon bei der Rohrmontage darauf zu achten, daß keine Verunreinigung (z. B. organische Verwitterungsprodukte, Kleintiere, Schmutzwasser oder Schmutz) in die Rohrleitungen gelangen. Deshalb sind die Verschlusskappen an den Rohrenden erst kurz vor der eigentlichen Montage zu entfernen! Bei befahrbaren Stahlleitungsrohren ist ein Trockenbürsten (Durchziehen von Rohrbürsten) oder ein manuelles Abkehren empfehlenswert! Bei neuverlegten Wasserleitungen wird üblicherweise durch eine Spülung mit Wasser eine Reinigung der Rohrleitung von nicht anhaftenden Fremdkörpern vorgenommen.

Bei der Prüfung von Wasserleitungen sind desweiteren zu beachten:

- Zur Vermeidung von Verschiebungen der Rohrleitung und zwecks Sichtprüfung der Verbindungsstellen sind die einzelnen Rohre auf ca. 2/3 der Rohrlänge durch mindestens 1 m hohe Erdbrücken anzudecken. Bei der Rohrverlegung von Steckmuffenrohren mit TYTON-Dichtringen und/oder TYTON-SIT-Schubsicherungsringen werden oftmals vor der Druckprüfung die Rohre vollständig angedeckt, da der Dichtringsitz mit dem Taster leicht überprüft werden kann und das Dichtsystem mit steigenden Drücken zuverlässig dicht bleibt.
- Nicht längskraftschlüssige Rohrleitungen (Steckmuffen mit TYTON-Dichtringen) sind an Richtungsänderungen, Abzweigungen, Reduzierungen und an den Enden gegen die durch den Innendruck auftretenden Kräfte zu sichern (z. B. Absteifen mit Hartholzverbau). Für die Bemessung der Kräfte ist der Prüfdruck maßgebend. Die Bemessung von Betonwiderlagern erfolgt nach GW 310 – bei längskraftschlüssigen Systemen kann der Einbau dieser Widerlager entfallen, sofern die schubzusichernden Rohrlängen pro Einbaufall nach GW 368 (siehe Abschnitt 7) eingehalten werden.
Sämtliche Abzweigungen sowie Stutzen mit Schiebern sind abzuf lanschen. Während der Druckprüfung müssen die Schieber offen sein – eine Druckprüfung gegen geschlossene Schieber ist zu vermeiden.
- Beim Einsatz von Stahlleitungsrohren mit ZM-Nachauskleidung sollte die Füllung mit Wasser frühestens nach ca. 3 Tagen erfolgen.
- Ein Problem in der Praxis stellt die Wassersättigung der ZM-Auskleidung dar, da diese entsprechend den Erfahrungen bei Druckprüfungen nicht in jedem Fall nach 24 h abgeschlossen ist. Deshalb hat es sich als vorteilhaft erwiesen, zwecks schnellerer Wassersättigung, den Prüfdruck anfangs um ca. 3 bar zu erhöhen.
- Für Trinkwasserleitungen hat sich die Kombination 1. Desinfektion + Druckprüfung bewährt.
- Es wird empfohlen, eine Füllgeschwindigkeit von ca. 0,05 m/s anzustreben, so daß sich die in Tabelle 8.4 dargestellten Werte für den Füllvolumenstrom ergeben.

Tabelle 8.4

Füllvolumenstrom in Abhängigkeit von der Nennweite (Empfehlung).

DN	100	200	400	600	800	1000	1200	1400
Füllvolumenstrom Q_F [l/s]	0,4	1,5	6,2	14,1	25,1	39,3	56,5	77,0

Die Füllzeit einer Teilstrecke läßt sich über den Rohrleitungsinhalt leicht ermitteln, wenn der spezifische Rohrleitungsinhalt (l/m) nach Tabelle 8.5 zugrunde gelegt wird.

Tabelle 8.5

Spezifischer Rohrleitungsinhalt in Abhängigkeit von der Nennweite.

DN	100	200	400	600	800	1000	1200	1400
spez. Rohrleitungsinhalt Q' [l/m]	7,9	31,4	125,6	283	503	785	1131	1539

Die Füllzeit t_F ergibt sich über die Rohrleitungslänge l [m] zu:

$$t_F = \frac{Q' \cdot l}{60 \cdot Q_F} [\text{min}]$$

und kann mehrere Stunden betragen.

- Das nachzupumpende Wasservolumen je bar Drucksteigerung ist etwa konstant.
Es kann theoretisch unter Berücksichtigung der geringen Kompressibilität des Wassers und des elastischen Verhaltens der Rohre berechnet werden.

Zwecks Erreichung des Prüfdruckes gilt näherungsweise folgende Gleichung:

$$\Delta V = V_R \cdot \Delta p_p \cdot K_W \cdot f_K$$

Dabei bedeuten:

ΔV ... nachzupumpendes Wasservolumen [l]

V_R ... Rohrleitungsvolumen [m³]

Δp_p ... Druckdifferenz zwischen Prüf- und Ausgangsdruck [bar]

K_W ... Dimensionskonstante [0,05 l/(m³ · bar)]

f_K ... Korrekturfaktor für Lufteinschlüsse [-]

($f_K = 1,5 \dots 2,0$)

Aufgrund dieser Zusammenhänge sind nur für kurze Strecken Handpumpen sinnvoll. In der Praxis des Rohrleitungsbaus sind deswegen mobile Motorpumpen für Druckprüfungen üblich. Die mobilen Motorpumpen (Dieselmotor und Druckerhöhungspumpe auf einem Fahrgestell) bilden das Bindeglied zwischen der Wasserentnahmestelle (z. B. Vorratsbehälter) und der Druckprüfeinrichtung (Bild 8.55).

Das für die Druckprüfung verwendete Druckmeßgerät muß im Bereich des Prüfdruckes noch ein Ablesen von 0,1 bar Druckänderung ermöglichen. Es empfiehlt sich, ein schreibendes Druckmeßgerät der Klasse 0,6 und ein zusätzliches Kontrollgerät (z. B. Feinmeßmanometer) einzusetzen.

Bild 8.55

Mobile Motorpumpe für Druckprüfung.



Da Lufteinschlüsse in den Rohr- und Formstück-Verbindungen praktisch unvermeidbar sind und die Wassertemperatur in der verlegten Leitung sich nur langsam der Erdtemperatur angleicht, können beide Einflüsse die Druckprüfung erheblich beeinflussen.

Die Vorprüfung nach DIN EN 805 wird durchgeführt, um den zu prüfenden Rohrleitungsabschnitt zu stabilisieren bzw. um der Zementmörtelauskleidung der Rohre ausreichend Zeit zu geben, sich mit Wasser zu sättigen.

Die eventuell nachfolgend durchzuführende Druckabfallprüfung dient dazu, die Restmenge an Luft in der Leitung zu bestimmen.

Nach Durchführung der Vor- und Druckabfallprüfung wird die Hauptprüfung nach zwei unterschiedlichen Verfahren durchgeführt:

- Wasserverlustverfahren
- Druckverlustverfahren

Teilgeprüfte Strecken werden nach Herstellung der Gesamtstrecke einer Gesamtdruckprüfung unterworfen, um die restlichen Verbindungsstellen bei Nenndruck zu prüfen (Prüfdauer 2 h). Die Verbindungsstellen werden durch Sichtkontrolle auf Undichtheiten überprüft. Über die Prüfung ist ein Prüfbericht anzufertigen und dem Betreiber zu übergeben.

Analog den Druckleitungen für Wasser erfolgt auch die Druckprüfung von Abwasser-Druckleitungen.

8.11 Wiederherstellung der Oberflächen

8.11.1 Allgemeines

Um eine fachgerechte Wiederherstellung der Oberflächen zu gewährleisten, sind schon bei der Aufgrabung, Einbettung, Verfüllung und Verdichtung 2 Voraussetzungen zu beachten:

- Im Bereich der Leitungszone und im übrigen Grabenbereich muß eine den Anforderungen und Gegebenheiten entsprechende Verdichtung erfolgen.
- Die Arbeiten dürfen nur von dafür geeigneten Tiefbauunternehmen ausgeführt werden.

Bei Aufgrabungen in Verkehrsflächen sind besondere Vorschriften zu beachten, damit nach dem Verfüllen des Rohrgrabens Straßenschäden infolge Bodensenkung vermieden werden.

Die „**Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen**“ (ZTVA – StB 89) sollten deshalb in allen Bauverträgen, die Aufgrabungen in Verkehrsflächen betreffen, Vertragsbestandteil als ZTV im Sinne der VOB/B sein.

8.11.2 Einbettung und Verfüllung des Rohrgrabens

Durch die Einbettung der Rohrleitung wird wesentlich die Last- und Spannungsverteilung am Rohrumfang bestimmt. Die Einbettung (Abstand zwischen Auflager und 30 cm über Rohrscheitel) wird nach Fertigstellung der Rohrleitung auf dem Auflager hergestellt, wobei für nicht-ummantelte Rohre und Formstücke geeigneter, die Umhüllung und die Rohrleitungsteile nicht schädigender steinfreier Boden oder Sand beiderseits der Rohrleitung und bis zu einer Höhe 30 cm über Rohrscheitel lagenweise eingebaut und ausreichend verdichtet wird.

Die Höhe der zu verdichtenden Lagen wird vor Ort festgelegt – in Vegetationsflächen kann teilweise auf das lagenweise Einbringen und Verdichten verzichtet werden. Bei Rohrleitungen, die durch Aufschwimmen gefährdet sind, müssen Auftriebssicherungen entsprechend der Planung vorgesehen werden.

Bei FZM-Ummantelungen kann in der Regel der vorhandene Aushub zur Einbettung verwendet werden.

Für den zu erreichenden Verdichtungsgrad im Leitungsgaben von Straßen gelten die „Zusätzlichen Technischen Vorschriften für Erdarbeiten im Straßenbau“ (ZTVE – StB 76). Die einzuhaltenden Mindestanforderungen für den Verdichtungsgrad (Proctordichte D_{Pr}) der Böden im Untergrund und im Oberbau sind diesen Vorschriften zu entnehmen und vor Ort durch Nachprüfung zu kontrollieren.

Die restliche Verfüllung der noch verbleibenden Grabenhöhe (Bodenoberfläche minus Einbettungsfläche bzw. Überdeckungshöhe minus 30 cm) erfolgt üblicherweise mit dem vorhandenen Aushub. Die Verdichtung der Verfüllung erfolgt meist mit zweckentsprechenden Vibrationsgeräten. In Vegetationsflächen ist als oberste Schicht (ca. 30 cm) der ehemals vorhandene Mutterboden (Humusschichten) wieder einzubringen, um Aufwuchsschäden zu vermeiden (keine Verdichtung!).

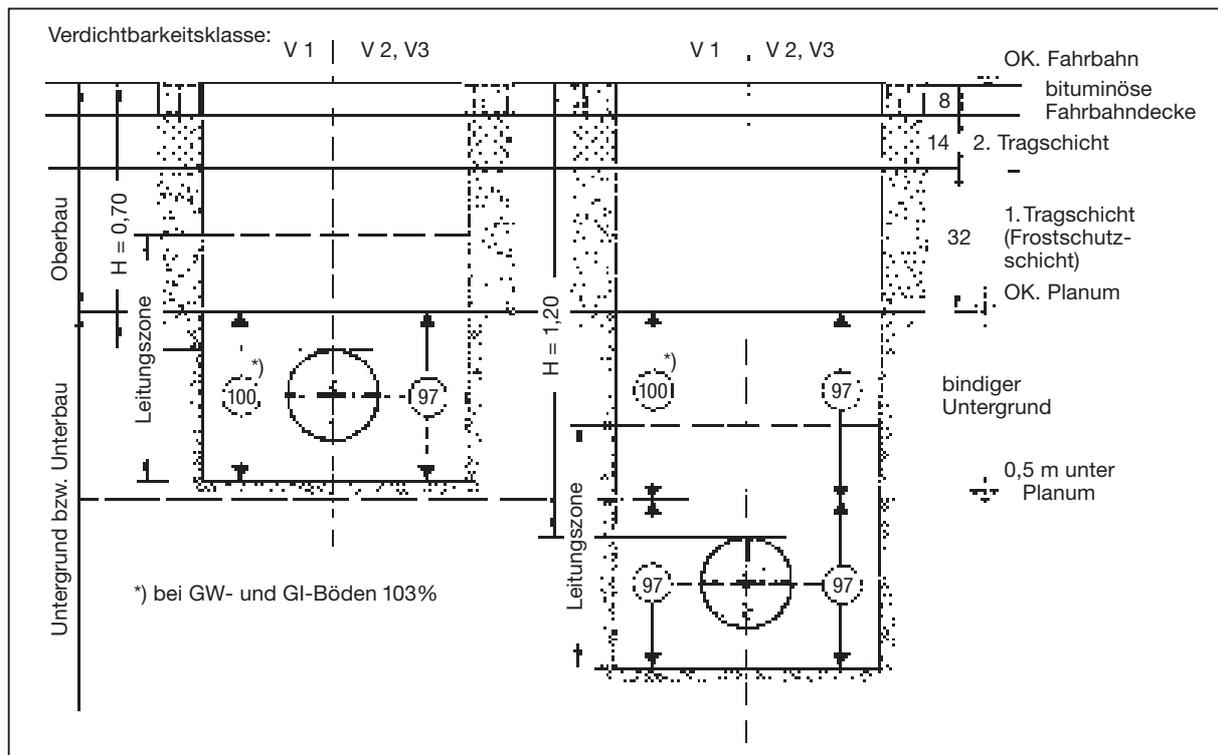
8.11.3 Verkehrsflächenbefestigung

Die oberhalb des verdichteten Planums liegenden Tragschichten haben die Aufgabe, die Verkehrslasten auf den Untergrund zu übertragen und zu verteilen sowie einen sicheren Schutz gegen Frost- und Tauschäden zu gewährleisten. In Bild 8.55/1 sind zwei Beispiele für den zu erreichenden Verdichtungsgrad nach ZTVE – StB 76 für die Bauklasse III (Anzahl der LKW mit mehr als 5 t Nutzlast und der Busse in 24 h zwischen 500 und 1500 Stück) dargestellt. Die an die Tragschichten zu stellenden Anforderungen sind in den „Zusätzlichen Technischen Vorschriften für Tragschichten im Straßenbau“ (ZTVT – StB 86) festgelegt.

Die über den Tragschichten liegenden Binder- und Deckschichten bestehen zu ca. 80% bei den Straßen aus bituminösen Materialien, für die die „Zusätzlichen Technischen Vorschriften und Richtlinien für den Bau bituminöser Fahrbahndecken (ZTV bit – StB 84) gelten.

Bild 8.55/1

Beispiele für den zu erreichenden Verdichtungsgrad nach ZTVE – StB 76 (Bauklasse III).



Da der Straßenbau ein umfangreiches Fachgebiet darstellt, können im Rahmen des Anwenderhandbuches nur Hinweise gegeben werden (siehe z. B. /32/).

Besonders bei Großrohren können Sonderbedingungen gelten, da die Einhaltung der Proctordichte zu kontrollieren ist, um u. a. die Beulsicherheit zu garantieren.

Da die Rohrleitung und die Verfüllung zusammenwirken, müssen sie auch einheitlich betrachtet werden.

8.12 Inbetriebnahme von Wasserleitungen (Desinfektion und Spülung)

Nach DIN 2000 ist Trinkwasser das wichtigste Lebensmittel, welches durch andere Stoffe nicht ersetzt werden kann. Nach der Trinkwasserverordnung muß Trinkwasser rein und vor allem frei von Krankheitskeimen und gesundheitsschädlichen Stoffen sein. Deshalb muß vor Freigabe von Wasserleitungen eine mikrobiologische Unbedenklichkeit auf Grund von entsprechenden Untersuchungen nachgewiesen werden. Die Entkeimung von Wasserleitungen aus Stahlleitungsrohren erfolgt durch Desinfektion mit anschließender Spülung.

Grundlage der Desinfektion von Wasserleitungen bildet W 291. Als Desinfektionsmittel können Chlor, Natriumhypochlorit, Calciumhypochlorit, Chlordioxid, Kaliumpermanganat, Ozon und Wasserstoffperoxid angewendet werden.

Als Verfahren wird üblicherweise das **Standverfahren** angewendet, bei der die neuverlegte Rohrleitung mit Wasser gefüllt wird, dem in konstantem Verhältnis z. B. über einen Hydranten mit einer entsprechenden Dosiereinrichtung das Desinfektionsmittel in der vorgeschriebenen

Konzentration zugemischt wird. Bei Gefälleleitungen erfolgt das Spülen vom Hochpunkt zum Tiefpunkt, bei der Desinfektion erfolgt das Füllen vom Tiefpunkt aus.

Bei der Desinfektion muß sichergestellt sein, daß keine Desinfektionslösung in das in Betrieb befindliche Rohrnetz gelangen kann (Dichtheitsprüfung von Absperrorganen). Während der Standzeit müssen die in der Rohrleitung vorhandenen Armaturen und Hydranten betätigt werden, um auch diese zu desinfizieren.

Da die Standzeit mehrere Stunden beträgt, erfolgt üblicherweise eine Kombination von Druckprobe und Desinfektion.

Von den 3 Faktoren – Zeitaufwand, Wahl des Desinfektionsmittels nach der Trinkwasserbeschaffenheit und schadlose Beseitigungsmöglichkeit des mit Desinfektionsmitteln behafteten Wassers – ist besonders der letztgenannte Faktor zu beachten.

Beim Einsatz von Chlor muß deswegen eine Neutralisierung vor der Einleitung in den Vorfluter erfolgen.

Ab ca. 1990 hat die Anwendung von Wasserstoffperoxid (H_2O_2) an Bedeutung gewonnen, da die Desinfektionslösung direkt in Abwasserleitungen und -kanäle eingeleitet werden kann. Besondere Genehmigungen bei direkter Einleitung in den Vorfluter sind z. Z. nicht notwendig. Nach Schlicht /33/ erfolgt die Zugabe der üblichen 1,5%igen Wasserstoffperoxid-Arbeitslösung mengenproportional dem Füllwasser so, daß eine H_2O_2 -Konzentration in der Rohrleitung von 150 mg/l vorhanden ist.

Die Standzeit beträgt üblicherweise 24 Stunden. Bei den handelsüblichen und leicht einstellbaren Dosiereinrichtungen (Dosierkoffer) ist die Kontrolle der richtigen Dosierung über den Verbrauch leicht möglich. Mit Teststäbchen kann die Lösung am Rohrende problemlos überprüft werden.

Zur Ermittlung des Volumens der Arbeitslösung ist die Kenntnis der Rohrleitungsvolumens Q [l] notwendig:

$$Q = Q' \cdot l \quad [l]$$

Mit Hilfe der Tabelle 8.5 kann Q' und mittels der Rohrleitungslänge l [m] der Wert Q errechnet werden.

Nach der Standzeit erfolgt das Ausspülen der Wasserstoffperoxidlösung und die einfache Erneuerung des Rohrleitungsinhaltes.

Beim Spülen ist darauf zu achten, daß das Spülwasser nicht in das in Betrieb befindliche Rohrnetz gelangt.

Zwecks Entnahme der Wasserproben für die mikrobiologischen Untersuchungen müssen spezielle Entnahmeventile nach W 291 an den Spülstandrohren angebracht sein. Die für Wasseruntersuchungen notwendigen Maßnahmen sind zu beachten.

Nach den Untersuchungen der Proben durch die zuständigen Hygieneeinrichtungen erfolgt eine schriftliche Freigabe. Unter Umständen muß die Desinfektion wiederholt werden.

Unabhängig von diesen mikrobiologischen Untersuchungen ist bei Inbetriebnahme von Trinkwasserleitungen anfänglich eine erhöhte Chlorzehrung und eine Alkalisierung des Wassers vorhanden.

Durch entsprechende Maßnahmen (z. B. Hochchlorierung und ausreichend harte Spül- und Einfahrwässer) können beide Effekte vermindert oder aufgehoben werden. Weitere Hinweise sind W 346 zu entnehmen.

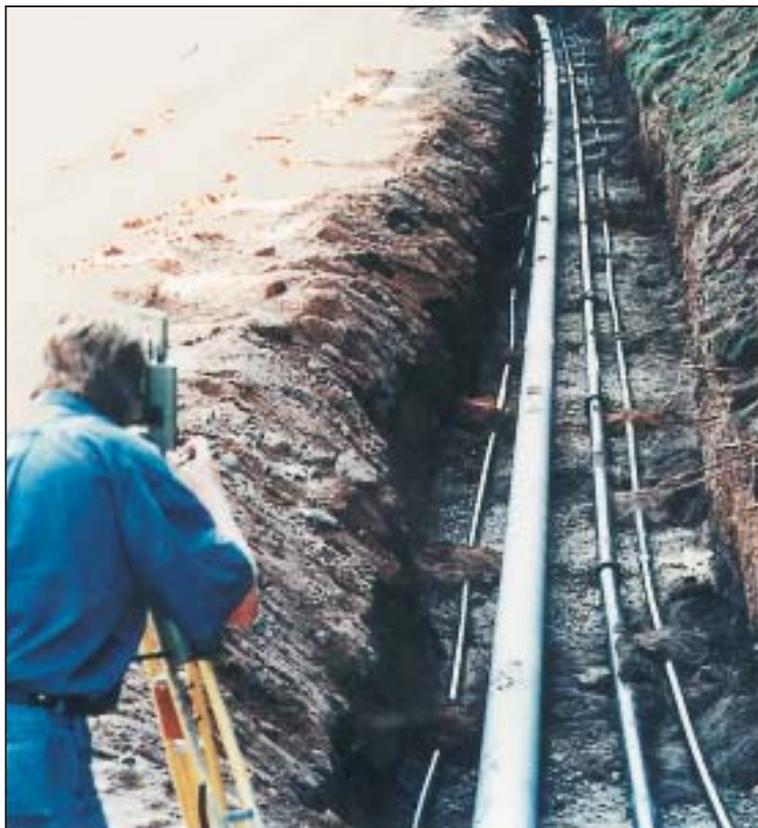
8.13 Einmessen und Bestandspläne

Die eingebauten Rohrleitungsteile sind einzumessen und in einen Bestandsplan nach DIN 2425 T1 oder T3 einzutragen. Eine ausführliche Erläuterung dieser Norm enthält GW 120.

Am günstigsten ist die Einmessung bei noch offenem Rohrgraben, da hierbei die Lage und Tiefe einer Rohrleitung einschließlich der Meß- und Steuerkabel exakt ermittelt werden können (Bild 8.56). Bei Fernleitungen sind je nach Bedeutung der Wasserleitungen größere Strecken oder jede Rohrverbindung einzumessen. Richtungsänderungen sind ebenfalls zu kennzeichnen.

Bild 8.56

Einmessen einer Rohrleitung.



In DIN 2425 T1 (Ausgabe 08.75) sind die Kurzzeichen für Rohrleitungen, Werkstoffe, Rohrschutz und Verbindungen zusammengestellt.

Die wichtigsten Kennzeichen sind:

ZW	Zubringerleitung für Wasser
HW	Hauptleitung für Wasser
VW	Versorgungsleitung für Wasser
AW	Anschlußleitung für Wasser
St	Stahl als Rohrwerkstoff
Ka	Kunststoffumhüllung
Zm	Zementmörtelauskleidung
Sm	Steckmuffenverbindung
Sw	Schweißverbindung
FL	Flanschverbindung

Beispiel: Hauptleitung für Wasser DN 300 aus Stahl mit Kunststoffumhüllung und Zementmörtelauskleidung und Schweißverbindung:

Über die Rohrleitung werden folgende Angaben geschrieben:

HW 300 St KaZmSw.

Analog folgt für eine Steckmuffenverbindung:

HW 300 STKaZmSm.

8.14 Kennzeichnung der Rohrleitungsteile

Zur Kennzeichnung der für den Betrieb notwendigen Armaturen und des Verlaufs von Rohrleitungen sind Hinweisschilder vorzusehen.

Hinweisschilder für Wasserleitungen: DIN 4067

Hinweisschilder für Abwasserleitungen: DIN 4068

Verstärkt hat sich auch der Einsatz von Warn- und Trassenwarnbändern durchgesetzt (Wasser: blau), die neben oder über den Rohrleitungen im Erdreich mitverlegt werden.

Zur Kennzeichnung der Rohrleitung außerhalb des Erdreiches werden Hinweissteine (z. B. bei Beginn und Ende eines Dükers) und Hinweispfähle verwendet. Zur Lufterkennung werden Hinweistafeln aufgestellt.

8.15 Beispiele für besondere Baumaßnahmen

Besondere Baumaßnahmen sind – soweit erkennbar – **vor dem Bau** in der Ausführungsplanung festzulegen. Während des Baus auftretende besondere Probleme sind entsprechend den Festlegungen des Bauherrn vom Baubetrieb oder in Abstimmung zwischen Bauleitung und Baufirma durch besondere Baumaßnahmen zu lösen.

Einige Beispiele für besondere Baumaßnahmen sind in den folgenden Bildern dargestellt.

Bild 8.57

Ausbildung der Pfahlköpfe beim Einsatz von Pfählen in nicht tragfähigen Böden.



Bild 8.58

Sicherung von Rohrleitungen gegen Auftrieb durch Auflage von Betonplatten.



Bild 8.59

Gestaltung einer Rohrbrücke.



Bild 8.60

Verlegung von Dükern.

a) Eingeschwenkter Düker im vorbereiteten Kanalstück.

b) Fertiggestellter Großrohrdüker.

a)



b)



Bild 8.61

Verlegung von Stahlrohren bei Außentemperaturen unter 0 °C.

a) Einsatz von Steckmuffenrohren DN 200 bis DN 300.

b) Schweißen von Großrohren.



Bild 8.62

Einziehen eines Rohrstranges aus Stahlleitungsrohren unter einen Kanal
(Horizontal Directional Drilling-Verfahren).



9 Normen, Richtlinien und Vorschriften

9.1 DIN ISO-, DIN EN ISO- und DIN EN-Normen*

DIN ISO- bzw. DIN EN-Teil – Erscheinungsjahr – Monat

DIN ISO 4200**	1981 – 02	Nahtlose und geschweißte Stahlrohre; Übersicht über Maße und längenbezogene Massen
DIN ISO 228-1	1994 – 12	Rohrgewinde für nicht im Gewinde dichtende Verbindungen T1: Maße, Toleranzen und Bezeichnung (bisher DIN 259)
DIN EN 287-1	1992 – 04	Prüfung von Schweißern; Schmelzschweißen; Teil 1: Stähle (bisher DIN 8560)
DIN EN 499	1995 – 01	Umhüllte Stabelektroden zum Lichtbogenhandschweißen von unlegierten Stählen und Feinkornstählen (bisher DIN 1913)
DIN EN ISO 9000	1994 – 08	Normen zum Qualitätsmanagement und zur Qualitätssicherung/QM-Darlegung; Teil 1: Leitfaden zur Auswahl und Anwendung
DIN ISO 9000-2 (Entwurf)	1992 – 03	Qualitätsmanagement und Qualitätssicherungsnormen; Allgemeiner Leitfaden zur Anwendung von ISO 9001 bis 9003
DIN ISO 9000-3	1992 – 06	Qualitätsmanagement und Qualitätssicherungsnormen; Leitfaden für die Anwendung von ISO 9001 auf die Entwicklung, Lieferung und Wartung von Software
DIN ISO 9000-4	1994 – 06	Normen zum Qualitätsmanagement und zur Darlegung von Qualitätsmanagementsystemen; Leitfaden zum Management von Zuverlässigkeitsprogrammen
DIN EN ISO 9001	1994 – 08	Qualitätsmanagementsysteme – – Modell zur Qualitätssicherung/QM-Darlegung in Design, Entwicklung, Produktion, Montage und Wartung
DIN EN ISO 9002	1994 – 08	Qualitätsmanagementsysteme – Modell zur Qualitätssicherung/QM-Darlegung in Produktion, Montage und Wartung
DIN EN ISO 9003	1994 – 08	Qualitätsmanagementsysteme – Modell zur Qualitätssicherung/QM-Darlegung bei der Endprüfung
DIN EN ISO 9004-1	1994 – 08	Qualitätsmanagement und -elemente eines QM-Systems; Teil 1: Leitfaden
DIN EN ISO 9004-2	1992 – 06	Qualitätsmanagement und -elemente eines QM-Systems; Leitfaden für Dienstleistungen

*pr EN-Entwurf; V – Vornorm

**zwar noch gültig – zur Anwendung wird DIN V EN V 10 220 empfohlen

DIN EN ISO 9004-3 (Entwurf)	1992 – 07	Qualitätsmanagement und -elemente eines QM-Systems; Leitfaden für verfahrenstechnische Produkte
DIN EN ISO 9004-4 (Entwurf)	1992 – 07	Qualitätsmanagement und -elemente eines QM-Systems; Leitfaden für Qualitätsverbesserungen
DIN EN 805	2000-03	Anforderungen an Wasserversorgungssysteme und deren Bauteile außerhalb von Gebäuden
DIN EN 10204	1995 – 08	Metallische Erzeugnisse Arten von Prüfbescheinigungen
DIN EN 10208-2	1996 – 08	Stahlrohre für Rohrleitungen für brennbare Medien, Technische Lieferbedingungen, Rohre der Anforderungs- klasse B (Ersatz für DIN 17172)
DINV ENV 10220	1994 – 02	Nahtlose und geschweißte Stahlrohre, Maße und längenbezogene Masse
pr EN 10224	1995 – 05	Stahlrohre, Rohrverbindungen und Fittings für den Transport wäßriger Flüssigkeiten einschließlich Trinkwasser
DIN EN 24014	1992 – 02	Sechskantschrauben mit Schaft; Produktklassen A und B (bisher DIN 931)
DIN EN 24016	1992 – 02	Sechskantschrauben mit Schaft; Produktklasse C (bisher DIN 601)
DIN EN 24032	1992 – 02	Sechskantmutter; Typ 1; Produktklassen A und B (bisher DIN 934)
DIN EN 24034	1992 – 02	Sechskantmutter; Produktklasse C (bisher DIN 601)
DIN EN 25817	1992 – 09	Lichtbogenschweißverbindungen an Stahl – Richtlinie für die Bewertungsgruppen von Unregelmäßigkeiten

9.2 DIN-Normen

DIN-Nr. – Ausgabe – Bezeichnung

DIN 126	3.90	Scheiben
DIN 1072	12.85	Straßen- und Wegbrücken; Lastannahmen
DIN 1164 T1	10.94	Zement-Zusammensetzung, Anforderungen
DIN 1164 T2	03.90	Portland-, Eisenportland-, Hochofen- und Traßzement; Überwachung

DIN 1626	10.84	Geschweißte kreisförmige Rohre aus unlegierten Stählen für besondere Anforderungen; Technische Lieferbedingungen
DIN 1628	10.84	Geschweißte kreisförmige Rohre aus unlegierten Stählen für besonders hohe Anforderungen; Technische Lieferbedingungen
DIN 1998	05.78	Unterbringung von Leitungen und Anlagen in öffentlichen Flächen; Richtlinien für die Planung
DIN 2000	11.73	Zentrale Trinkwasserversorgung; Leitsätze für Anforderungen an Trinkwasser, Planung, Bau und Betrieb der Anlagen
DIN 2413 T1	10.93	Stahlrohre; Berechnung der Wanddicke von Stahlrohren gegen Innendruck
DIN 2413 T2	10.93	Stahlrohre; Berechnung der Wanddicke von Rohrbögen gegen Innendruck
DIN 2425 T1	08.75	Planwerke für die Versorgungswirtschaft, die Wasserwirtschaft und für Fernleitungen; Rohrnetzpläne der öffentlichen Gas- und Wasserversorgung
DIN 2425 T3	05.80	Planwerke für die Versorgungswirtschaft, die Wasserwirtschaft und für Fernleitungen; Pläne für Rohrfernleitungen
DIN 2440	06.78	Stahlrohre; Mittelschwere Gewinderohre
DIN 2441	06.78	Stahlrohre; Schwere Gewinderohre
DIN 2442	08.63	Gewinderohre mit Gütevorschrift; Nenndruck 1 bis 180
DIN 2448	02.81	Nahtlose Stahlrohre; Maße; längenbezogene Massen
DIN 2458	02.81	Geschweißte Stahlrohre; Maße; längenbezogene Massen
DIN 2460	01.92	Stahlrohre für Wasserleitungen
DIN 2559 T1	05.73	Schweißnahtvorbereitung – Richtlinien für Fugenformen, Schmelzschiessen von Stumpfstoßen an Stahlrohren
DIN 2501 T1	02.72	Flansche, Anschlußmaße
DIN 2605 T1	02.91	Formstücke zum Einschweißen; Rohrbogen; verminderter Ausnutzungsgrad
DIN 2605 T2	02.91	Formstücke zum Einschweißen; Rohrbogen; voller Ausnutzungsgrad
DIN 2614	02.90	Zementmörtelauskleidungen für Gußrohre, Stahlrohre und Formstücke; Verfahren, Anforderungen, Prüfungen

DIN 2615 T1	05.92	Formstücke zum Einschweißen; T-Stücke; verminderter Ausnutzungsgrad
DIN 2615 T2	05.92	Formstücke zum Einschweißen; T-Stücke, voller Ausnutzungsgrad
DIN 2616 T1	02.91	Formstücke zum Einschweißen; Reduzierstücke; verminderter Ausnutzungsgrad
DIN 2616 T2	02.91	Formstücke zum Einschweißen; Reduzierstücke; voller Ausnutzungsgrad
DIN 2632	03.75	Vorschweißflansche, Nenndruck 10
DIN 2633	03.75	Vorschweißflansche, Nenndruck 16
DIN 2634	03.75	Vorschweißflansche, Nenndruck 25
DIN 2635	03.75	Vorschweißflansche, Nenndruck 40
DIN 2999 T1	07.83	Whitworth – Rohrgewinde für Gewinderohre und Fittings; Zylindrisches Innengewinde und kegeliges Außengewinde; Gewindemaße
DIN 4060 T1	12.88	Dichtmittel aus Elastomeren für Rohrverbindungen von Abwasserkanälen und -leitungen; Anforderungen und Prüfungen
DIN 4067	11.75	Wasser; Hinweisschilder, Orts-Wasserverteilungs- und Wasserfernleitungen
DIN 4068	11.75	Abwasser; Hinweisschilder
DIN 4124	08.81	Baugruben und Gräben; Böschungen, Arbeitsraumbreiten, Verbau
DIN 4279 T1	11.75	Innendruckprüfung von Druckrohrleitungen für Wasser; Allgemeine Angaben
DIN 4279 T3	06.90	Innendruckprüfung von Druckrohrleitungen für Wasser; Druckrohre aus duktilem Gußeisen und Stahlrohre mit Zementmörtelauskleidung
DIN 4279 T9	11.75	Innendruckprüfung von Druckrohrleitungen für Wasser; Muster für Prüfbericht
DIN 4279 T10	11.77	Innendruckprüfung von Druckrohrleitungen für Wasser; Übersicht
DIN 8528 T1	06.73	Schweißbarkeit; metallische Werkstoffe, Begriffe

DIN 8528 T2	03.75	Schweißbarkeit; Schweißbeignung der allgemeinen Baustähle zum Schmelzschweißen
DIN 17172	05.78	Stahlrohre für Fernleitungen für brennbare Flüssigkeiten und Gase; Technische Lieferbedingungen
DIN 18300	12.92	VOB Verdingungsordnung für Bauleistungen; Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV), Erdarbeiten
DIN 18920	09.90	Vegetationstechnik im Landschaftsbau; Schutz von Bäumen, Pflanzenbeständen und Vegetationsflächen bei Bau-maßnahmen
DIN 19630	08.82	Richtlinien für den Bau von Wasserrohrleitungen; Technische Regel des DVGW
DIN 20002 T1	11.89	Rohrleitungen für den Bergbau; Stahlrohre mit losen Flanschen und glatten Bunden; Nenndruck 10
DIN 20002 T2	11.89	Rohrleitungen für den Bergbau; Stahlrohre mit losen Flanschen und Vor- und Rücksprungbund; Nenndruck 6
DIN 20002 T3	11.89	Rohrleitungen für den Bergbau; Stahlrohre mit losen Flanschen und glatten Bunden; Nenndruck 40
DIN 28601 T1	03.76	Druckrohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen für Gas- und Wasserleitungen; Schraubmuffen-Verbindungen, Zusammenstellung, Muffen, Schraubringe
DIN 28601 T2	03.76	Druckrohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen für Gas- und Wasserleitungen; Schraubmuffen-Verbindungen, Dichtringe
DIN 28603	11.82	Rohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen; Steckmuffenverbindungen; Anschlußmaße und Massen
DIN 28617	05.76	Dichtringe für Druckrohre und Formstücke aus Gußeisen für Wasserleitungen; Anforderungen und Prüfung
DIN 30670	04.91	Umhüllung von Stahlrohren und -formstücken mit Polyethylen
DIN 30671	06.92	Umhüllung (Außenbeschichtung) von erdverlegten Stahlrohren mit Duroplasten
DIN 30672-1	09.91	Umhüllungen aus Korrosionsschutzbinden und wärmeschrumpfendem Material für Rohrleitungen für Dauerbetriebstemperaturen bis 50 °C

DIN 30675 T1	09.92	Äußerer Korrosionsschutz von erdverlegten Rohrleitungen; Schutzmaßnahmen und Einsatzbereiche bei Rohrleitungen aus Stahl
DIN 30675 T2	04.93	Äußerer Korrosionsschutz von erdverlegten Rohrleitungen; Schutzmaßnahmen und Einsatzbereiche bei Rohrleitungen aus duktilem Gußeisen
DIN 30676	10.85	Planung und Anwendung des kathodischen Korrosionsschutzes für den Außenschutz
DIN 30678	10.92	Umhüllung von Stahlrohren mit Polypropylen
DIN 50900 T1	04.82	Korrosion der Metalle; Begriffe; Allgemeine Begriffe
DIN 50900 T2	01.84	Korrosion der Metalle; Begriffe; Elektrochemische Begriffe
DIN 50925	10.92	Korrosion der Metalle; Nachweis der Wirksamkeit des kathodischen Korrosionsschutzes erdverlegter Anlagen
DIN 50929 T3	09.85	Korrosion der Metalle – Korrosionswahrscheinlichkeit metallischer Werkstoffe bei äußerer Korrosionsbelastung – Rohrleitungen und Bauteile in Böden und Wässern
DIN 50930 T1	02.93	Korrosion der Metalle; Korrosion metallischer Werkstoffe im Innern von Rohrleitungen, Behältern und Apparaten bei Korrosionsbelastung durch Wässer; Allgemeines
DIN 50930 T2	02.93	Korrosion der Metalle; Korrosion metallischer Werkstoffe im Innern von Rohrleitungen, Beurteilung der Korrosionswahrscheinlichkeit unlegierter und niedriglegierter Eisenwerkstoffe
DIN 50976	05.89	Korrosionsschutz; Feuerverzinken von Einzelteilen (Stückverzinken); Anforderungen und Prüfung
DIN 55928 T4	05.91	Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungen und Überzüge; Vorbereitung und Prüfung der Oberflächen
DIN VDE 0100 Teil 410	11.83	Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen 1000 V; Schutzmaßnahmen; Schutz gegen gefährliche Körperströme
DIN VDE 0150	04.83	Schutz gegen Korrosion durch Streuströme auf Gleichstromanlagen (einschließlich Nachtrag A1 – 1.90 als Entwurf)

Bestelladresse

Beuth Verlag GmbH
Burggrafenstraße 4–10
10787 Berlin

9.3 DVGW-Regelwerk

A = Arbeitsblatt, E = Entwurf, M = Merkblatt, H = Hinweis
4/83 gültige Ausgabe

9.3.1 Wasser

W 270	A	12/90	Vermehrung von Mikroorganismen auf Materialien für den Trinkwasserbereich; Prüfung und Bewertung
W 291	A	4/86	Desinfektion von Wasserversorgungsanlagen (z. Z. in Überarbeitung)
W 302	A	8/81	Hydraulische Berechnung von Rohrleitungen und Rohrnetzen; Druckverlust – Tafeln für Rohrdurchmesser von 40–2000 mm (mit Ergänzungsblatt vom 1. 6. 1985)
W 303	M	9/94	Dynamische Druckänderungen in Wasserversorgungsanlagen
W 305	A	8/81	Prinzipskizzen und Musterentwürfe für die Kreuzung von DB-Gelände mit Wasserleitungen (z. Z. in Überarbeitung)
W 306	H	10/86	Prinzipskizzen und Musterentwürfe für die Kreuzung von NE-Gelände mit Wasserleitungen; mit den NE-Wasserkreuzungsrichtlinien, Ausgabe 1984
W 307	A	9/77	Richtlinien für das Verfüllen des Ringraumes zwischen Druckrohr und Mantelrohr bei Wasserleitungskreuzungen mit Bahngelände (z. Z. in Überarbeitung – wird GW 307)
W 309	H	8/81	DVGW/ATV-Standardleistungsbuch für das Bauwesen (StLB); Leistungsbereich 911 Rohrvortrieb, Durchpressungen
W 331	A	2/83	Hydranten
W 332	A	2/68	Hinweise und Richtlinien für Absperr- und Regelarmaturen in der Wasserversorgung (z. Z. in Überarbeitung)
W 333	E	11/94	Anbohrarmaturen und Anbohrvorgang in der Wasserversorgung
W 346	A	2/95	Guß- und Stahlleitungsteile mit ZM-Auskleidung, Handhabung
W 351	A	8/79	Quellfassungen, Sammelschächte, Druckunterbrechungsschächte (z. Z. in Überarbeitung)
W 355	A	8/79	Leitungsschächte
W 356	A	8/79	Auslaufbauwerke

W 403	M	1/88	Planungsregeln für Wasserleitungen und Wasserrohrnetze
W 404	E	11/94	Wasseranschlußleitungen, Planung und Errichtung
W 405	A	7/78	Bereitstellung von Löschwasser durch die öffentliche Trinkwasserversorgung
W 410	M	1/95	Wasserbedarfszahlen
W 343	A	12/81	Zementmörtelauskleidung von erdverlegten Guß- und Stahlrohrleitungen; Einsatzbereiche, Anforderungen und Prüfungen

9.3.2 Gas und Wasser

GW 1	A	5/84	Zerstörungsfreie Prüfung von Baustellenschweißnähten an Stahlleitungsrohren und ihre Beurteilung
GW 4	A	3/86	Straßenkappen
GW 9	A	3/86	Beurteilung von Böden hinsichtlich ihres Korrosionsverhaltens auf erdverlegte Rohrleitungen und Behälter aus unlegierten und niedriglegierten Eisenwerkstoffen
GW 10	A	4/84	Inbetriebnahme und Überwachung des kathodischen Korrosionsschutzes erdverlegter Lagerbehälter und Stahlrohrleitungen
GW 10	E	2/93	Kathodischer Korrosionsschutz erdverlegter Lagerbehälter und Stahlrohrleitungen; Inbetriebnahme und Überwachung
GW 11	M	6/75	Verfahren für die Erteilung der DVGW-Bescheinigung für Fachfirmen auf dem Gebiet des kathodischen Korrosionsschutzes
GW 12	A	4/84	Planung und Errichtung kathodischer Korrosionsschutzanlagen für erdverlegte Lagerbehälter und Stahlrohrleitungen
GW 14	M	11/89	Ausbesserung von Fehlstellen in Korrosionsschutzumhüllungen von Rohren und Rohrleitungsbauteilen aus Eisenwerkstoffen
GW 15	M	11/89	Nachumhüllung von Rohren, Armaturen und Formteilen, Ausbildungs- und Prüfplan
GW 120	H	4/80	Planwerke für die Rohrnetze der öffentlichen Gas- und Wasserversorgung
GW 125	H	3/89	Baumpflanzungen im Bereich von unterirdischen Versorgungsanlagen

GW 301	A	8/77	Verfahren für die Erteilung der DVGW-Bescheinigung für Rohrleitungsbauunternehmen
GW 303	A	12/86	Berechnung von Rohrnetzen mit elektronischen Datenverarbeitungsanlagen
GW 304 (neuer Entwurf 9/93)	M	12/75	Rohrvertrieb
GW 310/I	M	7/71	Hinweise und Tabellen für die Bemessung von Betonwiderlagern an Bogen, Abzweigen und Reduzierstücken mit nicht längskraftschlüssigen Rohrverbindungen, Teil I (z. Z. in Überarbeitung)
GW 312	M	1/90	Statische Berechnung von Vortriebsrohren (identisch mit ATV-Arbeitsblatt A 161)
GW 315	H	5/79	Maßnahmen zum Schutz von Versorgungsanlagen bei Bauarbeiten
GW 368	H	4/73	Hinweise für Herstellung und Einbau von zugfesten Verbindungsteilen zur Sicherung nicht längskraftschlüssiger Rohrverbindungen

Bestelladresse

Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH
 Zentrale: Postfach 14 01 51
 53056 Bonn
 Büro Leipzig: Bahnhofstraße 48–50
 04439 Engelsdorf/Leipzig

9.4 ATV-Arbeitsblätter

A 110	A	8/88	Richtlinien für die hydraulische Dimensionierung und den Leistungsnachweis von Abwasserkanälen und -leitungen
A 115	A	10/94	Einleiten von nichtöffentlichem Abwasser in eine öffentliche Abwasseranlage
A 127	A	12/88	Richtlinie für die statische Berechnung von Entwässerungskanälen und -leitungen

Bestelladresse

Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e. V. (GFA)
 Markt 71
 53757 St. Augustin

9.5 Sonstige Vorschriften/Verordnungen

ZTVA-StB 89	Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen, Ausgabe 1989
ZTVE-StB 76	Zusätzliche Technische Vorschriften und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, Berichtigte Ausgabe 1978
ZTVT-StB 86	Zusätzliche Technische Vorschriften und Richtlinien für Tragschichten im Straßenbau, Ausgabe 1986
ZTVbit-StB 84	Zusätzliche Technische Vorschriften und Richtlinien für den Bau bituminöser Fahrbahndecken, Ausgabe 1984
RAS-LG 4	Richtlinien für die Anlage von Straßen (RAS) Teil: Landschaftsgestaltung (RAS-LG) Abschnitt 4: Schutz von Bäumen und Sträuchern im Bereich von Baustellen (RAS-LG 4), Ausgabe 1996

Bestelladresse

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
Alfred-Schütte-Allee 10
50679 Köln

RI-LEI-BRÜ	Bundesministerium für Verkehr: Richtlinien für das Verlegen und Anbringen von Leitungen an Brücken Ausgabe 1994
------------	---

Bestelladresse

Verkehrsblatt-Verlag
Hohe Straße 39
44139 Dortmund

VdTÜV-Merkblätter

VdTÜV-Merkblatt 1060	Richtlinien für die Durchführung des Streßtests Ausgabe August 1977
VdTÜV-Merkblatt 1063	Technische Richtlinie zur statischen Berechnung eingedeter Stahlrohre Ausgabe Mai 1978

Bestelladresse
Verlag TÜV Rheinland GmbH
Viktoriastraße 26
51149 Köln

AfK-Empfehlungen

AfK-Empfehlung Nr. 10
Entwurf 5/93

Verfahren zum Nachweis der Wirksamkeit des kathodischen
Korrosionsschutzes an erdverlegten Rohrleitungen

Bestelladresse

Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH

Zentrale: Postfach 14 01 51

53056 Bonn

Büro Leipzig: Bahnhofstraße 48–50

04439 Engelsdorf/Leipzig

10 Literaturverzeichnis

- /1/ Kottmann, A. Werkstoff-Fragen bei erdverlegten Druckrohrleitungen, gwf – gas/erdgas 112 (1971), Heft 10, S. 474–481
- /2/ Schwenk, W. Korrosionsverhalten metallischer Werkstoffe im Erdboden, 3 R international 18 (1979), S. 524–531
- /3/ Zementmörtelauskleidung für Abwässerkanäle aus duktilem Gußeisen, FGR-Merkblatt 2/90
- /4/ Nissing, W. Klein, N. pH-Wert-Erhöhung bei der Inbetriebnahme von Guß- und Stahlrohrleitungen mit Zementmörtel-Auskleidungen bbr 47 (1996), Heft 2, S. 26–31
- /5/ Mutschmann, J. Stimmelmayer, F. Taschenbuch der Wasserversorgung Franckh-Kosmos-Verlag Stuttgart, 10. Auflage 1991
- /6/ Grombach, P. Haberer, K. Trüb, E. Handbuch der Wasserversorgungstechnik R. Oldenbourg Verlag, 1992
- /7/ Stahlrohr-Handbuch, Vulkan-Verlag Essen, 12. Auflage 1995
- /8/ v. Baekmann, W. Schwenk, W. Handbuch für den kathodischen Korrosionsschutz, Verlag Chemie Weinheim, 3. Auflage 1989
- /9/ Hähmig, W. Fleig, W. Ringraumverfüllung zwischen Druck- und Mantelrohr – Bau- und korrosionstechnische Aspekte, 3 R international 30 (1992), Heft 5, S. 279–286
- /10/ Hähmig, W. Kriterien für die Verfüllung des Ringraumes zwischen Produkten- und Mantelrohr Wasserfachliche Aussprachetagung Berlin 1989 – Wasserverteilung, DVGW Schriftenreihe Wasser Nr. 64, S. 121–139
- /11/ Riege, D. Verlegetiefe von Wasserrohrleitungen, 3 R international 30 (1991), Heft 4, S. 165–169
- /12/ Köhler, R. Anwendung der DIN 4124 für Rohrgräben bis 1,75 m Tiefe, Technische Mitteilung Nr. 2/91 des RBV Sonderdruck aus bbr 4/91
- /13/ Anwendung der DIN 4124 für nicht verbaute Gräben bis 1,75 m Tiefe betrifft: Sicherheit 2/92, S. 12–13
- /14/ Steuerbare, grabenlose Rohrverlegeverfahren, Gas/Wasser-Information Nr. 7, 11/94

- /15/ van Heyden, L.
Weßing, W. Systemübersicht grabenloser, richtungskontrollierter Rohrlegeverfahren für Verteilungsnetze, 3 R international 30 (1991), Heft 6/7, S. 355–360
- /16/ Horizontal Drilling, Kapitel V aus Band 10 der Schriftenreihe aus dem Institut für Rohrleitungsbau an der FH Oldenburg „Sichere Ver- und Entsorgung durch Rohrleitungen“, Vulkan-Verlag Essen 1996
- /17/ Naujoks, G. Underground-Technik für eine verbesserte Umwelt, Neue DELIWA-Zeitschrift, Heft 6/95, S. 239–240
- /18/ Knothe, R. 5. Übungskurs Siedlungswasserwirtschaft an der TU Berlin Kursteil Sanierungsverfahren für die Kanalisation, 24. April 1991
- /19/ Rohrumhüllungen für besondere Belastungen, 3 R international 34 (1995), Heft 4, S. 189–190
- /20/ Jung, M. Beton-Widerlager für erdverlegte Druckrohrleitungen, Sonderdruck aus bbr Heft 10/94
- /21/ Buttchereit, W. Stahlmuffenrohre mit Steckverbindung für die Wasserversorgung, gwf – wasser/abwasser 127 (1986), Heft 10, S. 510–514
- /22/ Igelbrink, A. Erkenntnisse und Erfahrungen für das Stumpfschweißen von Stahlrohren mit Zementmörtelauskleidung bis zum Rohrende, Vortrag anlässlich WASSER BERLIN '89
- /23/ Hildebrand, H.
Schulze, M. Korrosionsschutz durch Zementmörtelauskleidung in Rohren, 3 R international 25 (1986), Heft 5, S. 242–245
- /24/ Schumacher, H. Korrosionsverhalten an Stumpfschweißverbindungen und Spalten bei ZM-Stahlrohren, Vortrag anlässlich WASSER BERLIN '89
- /25/ v. Baeckmann, W.
Jakob, R. Korrosionsschutz von Gas- und Wasserrohrleitungen, Vulkan-Verlag Essen, 1995
- /26/ Schwenk, W.
Prinz, W. Sicherung des Betriebes erdverlegter Rohrleitungen durch inneren und äußeren Korrosionsschutz, Auszug aus „Sicherheit in der Rohrleitungstechnik“, Vulkan-Verlag Essen, 1993
- /27/ Böhme, A. Qualitätssicherung im erdverlegten Rohrleitungsbau, Sonderdruck aus bbr 5/90
- /28/ Köhler, R. Tiefbauarbeiten für Rohrleitungen, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH, 3. Auflage 1991
- /29/ Rudolph, W. Das Schweißen von Stahlrohren mit Zementmörtelauskleidung,

3 R international 15 (1976), Heft 2/3, S. 73–76

- /30/ Mitteilung des DVGW Fachausschusses „Rohre und Rohr-
verbindung in der Wasserverteilung“ zum Stumpfschweißen von
Stahlrohren mit Zementmörtel-Auskleidung,
Neue DELIWA Zeitschrift, 1984, Heft 10, S. 448–449
- /31/ Köhler, R. Schweißarbeiten auf Rohrleitungsbaustellen für Stahl,
Gußeisen und Kunststoff, Sonderdruck aus
3 R international 25 (1986), Heft 10
- /32/ Köhler, R. Die Anwendung der Technischen Regeln bei Tiefbauarbeiten
für Rohrleitungen
Technische Mitteilung Nr. 3/91 des RBV,
Sonderdruck aus bbr 10/91
- /33/ Schlicht, R. Erfahrungen mit dem Einsatz von Wasserstoffperoxid bei
der Entkeimung von Wasserversorgungsanlagen,
bbr 1992, Heft 2, S. 65–69
- /34/ Kleiser, K. Der grabenlose Leitungsbau
Bayer, H.-J. Vulkan-Verlag Essen, 1996
- /35/ Kottmann, A. Planung und Bau von Wasserrohrleitungen und Wasserrohrnetzen
Vulkan-Verlag Essen 2001, S. 26

Bildquellennachweis

Unternehmen der Fachgemeinschaft PRO AQUA STAHLROHRE e.V.:	2.2, 2.3, 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7, 5.8, 5.9, 5.10, 5.11, 5.12, 5.14, 7.10, 7.12, 7.13, 8.2, 8.3, 8.16, 8.21, 8.31, 8.32, 8.33, 8.34, 8.35, 8.47, 8.48, 8.49, 8.50, 8.51, 8.62
Uferer	8.4, 8.11, 8.12, 8.17, 8.20, 8.22, 8.23, 8.24, 8.36, 8.37, 8.38, 8.39, 8.43, 8.52, 8.54, 8.55, 8.60 a, 8.61 a
Hähnig	8.1, 8.18, 8.57, 8.58, 8.61 b
Bodensee-Wasserversorgung (Archiv)	7.1, 7.2 a, 7.2 b, 7.15, 8.56, 8.59, 8.60 b
Raychem GmbH	8.40
DENSO-CHEMIE GmbH	8.45
RAINER HERMES GmbH & Co. KG	8.53

Bei der auszugsweisen Wiedergabe von DIN-Normen in Form von Bildern oder Tabellen ist zu beachten:

„Wiedergegeben mit Erlaubnis des DIN Deutsches Institut für Normung e.V. Maßgebend für

das Anwenden der Norm ist deren Fassung mit dem neuesten Ausgabedatum, die bei der Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin, erhältlich ist.“

Stichwortverzeichnis

A

Abstände der Baufahrzeuge vom Rohrgraben	8.8. u. f.
Anbohrungen	8.50
Anwendungsbereich von Stahlleitungsrohren	2.7
Arbeitsvermögen von Stahlrohren	2.6
Auflager, Begriff	7.18
Auflager, Gestaltung	8.13
Ausbildung von Stufengräben	8.9
Ausgangswerkstoffe für Stahlleitungsrohre	2.1
Ausheileffekt bei Schweißnähten (innen)	7.51 u. f.
Aushub des Rohrgrabens	8.10
Auskleidungen, Begriff	3.8
Auskleidungen, Zweck	3.8
Auslegen der Rohre	8.5

B

Bau von Wasserleitungen, Technische Regeln	8.1
Bau von Wasserleitungen, Qualitätssicherung	8.1
Befördern von Rohren auf der Baustelle	8.4
Beispiele für besondere Baumaßnahmen	8.59 u. f.
Berechnung, Betonwiderlager	7.34 u. f.
Berechnung, Rohrdurchmesser	7.26 u. f.
Berechnung, Wanddicke	7.30 u. f.
Berechnung, zu sichernde Rohrlänge	7.31 u. f.
Bescheinigung von Rohrleitungsbaufirmen	8.1
Bescheinigung von Schweißerprüfungen	8.15
Bestandspläne	8.58
Bestätigungen für Rohrhersteller	5.14
Be- und Entladen von Rohren	8.2
Bezeichnung der Stahlsorten	2.2 u. f.
Bodenaggressivität	3.1
Bodenklasse	3.2

D

Desinfektion von Rohrleitungen	8.56
Druckprüfung, Durchführung	8.51 u.f.

E

Einbettung, Begriff	7.18
Einbettung, Herstellung	8.54
Einmessen	8.58

Einsteckschweißmuffen-Verbindung, Einstecktiefe	4.7
Einsteckschweißmuffen-Verbindung, Montage	8.19 u. f.
Einsteckschweißmuffen-Verbindung, Muffenspiel	4.7
Einsteckschweißmuffen-Verbindung, Prinzip	4.5
Einsteckschweißmuffen-Verbindung, Rohrendenausführung	4.5 u. f.
Endenausführung, PE-Umhüllung	4.1 u. f.
Endenausführung, Stahlleitungsrohr	4.1
Endenausführung, Ummantelung	4.2
Endenausführung, ZM-Auskleidung	4.1
Entwicklung der Stahlleitungsrohre	1.1
Erwerb von Leitungsrechten	7.14

F

Faserzementmörtel (Ummantelungen)	3.6 u. f.
Fehlstellen-Ausbesserung (PE-Umhüllung)	8.42 u. f.
Flanschrohre	4.8 u. f.
Flanschverbindung, Ausführungen	4.8 u. f.
Flanschverbindung, Montage	8.27
Forderungen an Stahlleitungsrohre	2.1
Formstücke aus Stahl, Montage	8.28 u. f.
Formstücke aus Stahl, nach DIN	6.6, 7.43
Formstücke aus Stahl, nach Werknorm, Bestellangaben	6.7 u. f.
Formstücke aus Stahl, nach Werknorm, Maße und Massen	6.9 u. f.
Formstücke aus duktilem Gußeisen, Montage	8.28
Formstücke aus duktilem Gußeisen, nach DIN	7.45
Formstücke aus duktilem Gußeisen, nach Werknorm	7.46

G

Gewindeverbindungen	4.9
Gießmörtel, Einsatz	8.45 u. f.
Glatte Rohrenden	4.9

H

Herstellung, FZM-Ummantelung	5.8 u. f.
Herstellung, PE-Umhüllung	5.7 u. f.
Herstellung, Rohrverbindungen	8.14
Herstellung, Stahlrohre	5.1 u. f.
Herstellung, ZM-Auskleidung	5.10 u. f.
Hinweise für Anlagenteile	7.26

K

Kaltverarbeitbare Korrosionsschutz-Systeme, Montage	8.40 u. f.
Kaltverarbeitbare Korrosionsschutz-Systeme, Planung	7.49 u. f.
Kathodischer Korrosionsschutz, allgemein	7.53
Kathodischer Korrosionsschutz, Beeinflussung von Objekten	7.69 u. f.
Kathodischer Korrosionsschutz, bei Streustrombeeinflussung	7.62 u. f.
Kathodischer Korrosionsschutz, Fremdstromanoden	7.62

Kathodischer Korrosionsschutz, galvanische Anoden	7.59 u. f.
Kathodischer Korrosionsschutz, Gleichstromquellen	7.60 u. f.
Kathodischer Korrosionsschutz, Grundlagen	7.56 u. f.
Kathodischer Korrosionsschutz, konstruktive Voraussetzungen	7.65 u. f.
Kathodischer Korrosionsschutz, Meßstellen	7.67 u. f.
Kathodischer Korrosionsschutz, Planung	7.70 u. f.
Kathodischer Korrosionsschutz, Potential	7.55
Kathodischer Korrosionsschutz, Schutzbereich	7.58
Kathodischer Korrosionsschutz, Streustromableitung	7.64
Kathodischer Korrosionsschutz, Streustromabsaugung	7.64
Kathodischer Korrosionsschutz, Stromdichte	7.57
Kennwerte der Stahlsorten, allgemein	2.3
Kennwerte der Stahlsorten, mechanische	2.3 u. f.
Kennzeichnung der Rohrleitungsteile	8.59
Korrosion metallischer Werkstoffe, allgemein	7.53 u. f.
Korrosion metallischer Werkstoffe, außen	7.54
Korrosion metallischer Werkstoffe, elektrochemische	7.53,
7.55 u.f.	
Korrosion metallischer Werkstoffe, innen	3.8
Korrosion metallischer Werkstoffe, Ursachen	7.53 u. f.
Korrosionsschutz, äußerer	3.1
Korrosionsschutz, innerer	3.8
Korrosionsschutz, werkseitiger durch Auskleidungen	3.8 u. f.
Korrosionsschutz, werkseitiger durch Umhüllungen	3.1 u. f.
Kreuzungen, allgemein	7.4 u. f.
Kreuzungen, von Eisenbahnen	7.6
Kreuzungen, von Flußdeichen	7.8
Kreuzungen, von Gewässern	7.7 u. f.
Kreuzungen, von Küstenschutzanlagen	7.9
Kreuzungen, von Straßen	7.7
Kurzzeichen für Rohrleitungen, Bestandspläne	8.58 u. f.
Kurzzeichen für Rohrleitungen, Bestellangaben	6.1

L

Lagerung von Rohren	8.4 u. f.
Leitungen an Brücken	7.8
Leitungsführung, Grundriß	7.2
Leitungsführung, Längsschnitt	7.3
Leitungszone, Begriff	7.18
Liefersortiment von Stahlleitungsrohren	6.1 u. f.
Liefersortiment, Auskleidungen	6.4
Liefersortiment, Bestellangaben	6.1, 6.3
Liefersortiment, Längenarten	6.3
Liefersortiment, längenbezogene Massen	6.6 u. f.
Liefersortiment, Übersicht	6.2
Liefersortiment, Umhüllungen	6.4
Liefersortiment, Ummantelungen	6.4

M

Materialprüfungen	5.12
Mindest- (Schutz) Abstände	7.12

N

Nachauskleidung, Begriff	7.48
Nachauskleidung, Technologie	8.43 u. f.
Nachauskleidung, von Schweißverbindungen	7.49 u. f.
Nachumhüllung, Ausführung	8.34 u. f.
Nachumhüllung, Begriff	7.48
Nachumhüllung, Grundsätzliches	7.48
Nachumhüllung, von Formteilen und Rohrverbindungen	7.50
Nachumhüllung, von Stumpfschweißverbindungen	7.49 u. f.
Nenndrücke bei Steckmuffenrohren	2.9
Nenndrücke von Wasserleitungen	2.8

P

PE-Umhüllungen	3.2 u. f.
Planung von Rohrleitungen, Grundsätze	7.1
Porenfreiheit, Prüfung	8.41 u. f.
Prüfbescheinigungen, mögliche Arten	5.14
Prüfbescheinigungen, Vergleich	5.13
Prüfbescheinigungen, Zusammenstellung	5.13

Q

Qualitätsmanagementsystem	5.15 u. f.
---------------------------	------------

R

Rohrbrücken	7.8
Rohrgrabengestaltung, Begriffe	7.17
Rohrgrabengestaltung, offene Rohrverlegung	7.18 u. f.
Rohrleitungen in Hang- und Steilstrecken	7.15 u. f.
Rohrschutzmatten, Einsatz	8.49 u. f.
Rohrverbindungen, Anwendungen	4.9 u. f.
Rohrverbindungen, bei Stahlleitungsrohren	4.1
Rohrverbindungen, Eigenschaften	4.11
Rohrverlegung, Anwendungsbereich	7.22
Rohrverlegung, grabenlose	7.21 u. f.
Rohrverlegung, Horizontal-Spülbohrverfahren	7.23 u. f.

S

Schweißen von Stahlleitungsrohren	7.47
Schweißen von Stahlleitungsrohren, nicht befahrbare Rohre	7.47
Schweißen von Stahlleitungsrohren, befahrbare Rohre	7.47
Sicherheitsstreifen, Arbeitsstreifen	7.9 u. f.
Sicherheitsstreifen, Schutzstreifen	7.11 u. f.
Sicherung, gegen Auftrieb	7.14

Sicherung, gegen bergbauliche Einflüsse	7.16
Sicherung, in wenig tragfähigem Boden	7.14 u. f.
Spülung von Rohrleitungen	8.56 u. f.
Stahlleitungsrohre, Einsatzkriterien	7.36 u. f.
Stahlleitungsrohre, technische Besonderheiten	7.38
Stahlleitungsrohre, technisch-wirtschaftliche Gesichtspunkte	7.36 u. f.
Stahlleitungsrohre, Vorteile	7.38
Stahlsorten für Stahlleitungsrohre	2.2
Steckmuffenverbindung, Maße für Rohrendenausführung	4.3
Steckmuffenverbindung, Montage	8.22 u. f.
Steckmuffenverbindung, Prinzip	4.2 u. f.
Stumpfschweißverbindung, Ausführungen	4.3 u. f.
Stumpfschweißverbindung, Maße für Rohrendenausführung	4.4 u. f.
Stumpfschweißverbindung, Montage	8.14 u. f.

T

Transport von Rohren	8.3 u. f.
Trennen von Stahlleitungsrohren, mit PE-Umhüllung	8.30
Trennen von Stahlleitungsrohren, mit PE-Umhüllung und FZM-Ummantelung	8.33
TYTON-Dichtring, Montage	8.22 u. f.
TYTON-Dichtring, Nenndrücke	2.9
TYTON-SIT-Schubsicherungsring, Montage	8.25
TYTON-SIT-Schubsicherungsring, Nenndrücke	2.9

U

Überdeckungshöhe, Begriff	7.18
Überschiebschweißmuffen-Verbindung, Montage	8.21
Überschiebschweißmuffen-Verbindung, Prinzip	4.7
Umhüllungen, Anforderungen	3.1
Umhüllungen, Anwendungsbereich	3.2
Umhüllungen, Begriff	3.1
Umhüllungen, nach Kundenspezifikation	3.6
Umhüllungen, Polyethylen	3.2 u. f.
Umhüllungen, Polyethylen, Kennwerte	3.4
Umhüllungen, Schlagbeständigkeit	3.8
Umhüllungen, spezielle PE-Umhüllungen	3.5
Ummantelungen, Ausführungen	3.6 u. f.
Ummantelungen, baustellenseitige Vervollständigung	8.45 u. f.
Ummantelung, Begriff	3.6
Ummantelung, Scherfestigkeit	3.8
Ummantelung, Schlagbeständigkeit	3.8

V

Verbandszeichen von PRO AQUA Stahlleitungsrohren	5.17
Verfüllung, Herstellung	8.54
Vergleich der Kurznamen von Stahlsorten	2.2
Verkehrsflächenbefestigung	8.55
Vorschweißflansche	4.8

W

warmschrumpfendes Material, Montage	8.34
warmschrumpfendes Material, Planung	7.50
warmverarbeitbare Korrosionsschutzbinden, Montage	8.37
warmverarbeitbare Korrosionsschutzbinden, Planung	7.49
wechselnde Auflagerbedingungen	7.15
Weg-Zeit-Diagramm	8.12
Wiederherstellung der Oberflächen	8.54

Z

zementbeschichtetes Bandmaterial, Einsatz	8.49
Zementmörtelauskleidungen, Anwendungsbereiche	3.12
Zementmörtelauskleidungen, Kennzeichnung	3.11
Zementmörtelauskleidungen, Schichtdicken	3.10
Zementmörtelauskleidungen, Temperaturverhalten	3.14
Zementmörtelauskleidungen, Verfahren	3.9 u. f.
Zementmörtelauskleidungen, Verhalten gegenüber Medien	3.13 u. f.
Zementmörtelauskleidungen, Zementbezeichnungen	3.11 u. f.
Zertifizierung von QM-Systemen	5.15 u. f.
Zertifikate von QM-Systemen	5.16
Zulässige Berechnungsspannungen bei Schweißverbindungen	2.9
Zulässige Erdaufschüttungen	8.7
Zulässige Lagerung des Bodenaushubes	8.7
Zulässige Stapellasten	8.7