

Technisches Handbuch

FBS-Betonkanalsysteme





Technisches Handbuch

Herausgeber:

Bundesfachverband Betonkanalsysteme e.V. (FBS)
Schloßallee 10
53179 Bonn
Tel.: 0228 - 954 56 54
Fax: 0228 - 954 56 43
E-Mail: info@fbs-beton.de
www.fbs-beton.de

Redaktion/Autorenteam:

Dipl.-Ing. Erich Valtwies
Dr.-Ing. Markus Lanzerath
Dipl.-Ing. Karl Drechsler
Dipl.-Ing. (FH) Andreas Schön
Wolfgang Eiden
Dipl.-Ing. Martin Franz
Dipl.-Ing. (FH) Bernhard Graf
Kevin Keils, MBA
Dipl.-Ing. Hans-Georg Müller
Dipl.-Ing. (FH) Jörg Rinninger
Dipl.-Ing. Carl Ruf
Dr.-Ing. Gerfried Schmidt-Thrö
Dipl.-Ing. (FH) Ralph Thoben

Gestaltung:

Lemm Werbeagentur GmbH
Thomas-Eßer-Straße 86
53879 Euskirchen
E-Mail: info@lemm.de
www.lemm.de

7., grafisch überarbeitete Auflage/angepasstes CD
gegenüber der 6. Auflage wurden keine inhaltlichen Veränderungen vorgenommen

Stand 09/2023

Bundesfachverband Betonkanalsysteme e.V. (FBS)

Seit mehr als 30 Jahren setzen die Mitgliedsfirmen des FBS – allesamt namhafte Hersteller von FBS-Betonkanalsystemen – auf qualitativ hochwertige Produkte zur Sicherstellung einer nachhaltigen Abwasserinfrastruktur. Der vielerorts bestehende defizitäre Zustand der öffentlichen Entwässerungsnetze sowie klimatische Veränderungen erfordern zukunftssträngige, beständige und generationenübergreifende Lösungen. Hier gewinnt die Stellung des FBS eine besondere Bedeutung: Die Mitgliedsfirmen verpflichten sich zur Herstellung von Produkten, die sich von der Konkurrenz sowie den Anforderungen gemäß DIN abheben. FBS-Produkte erfüllen allesamt erhöhte Ansprüche hinsichtlich Maßhaltigkeit, Oberflächenbeschaffenheit, Festigkeit und Wasserdichtheit, ergänzt um hohe Anforderungen an den Einsatz von Dichtungssystemen.

Das eigens entwickelte FBS-Qualitätssicherungssystem®, bestehend aus einem mehrstufigen Qualitätssicherungsprozess, trägt entscheidend zur Sicherstellung der Produktqualität bei. Im Rahmen werkseigener Produktionskontrollen sowie halbjährlicher Prüfungen durch unabhängige, akkreditierte Überwachungs- und Zertifizierungsstellen (Fremdüberwachung) wird die Qualität der FBS-Produkte sichergestellt und lückenlos dokumentiert. Die andauernde Einhaltung der hohen Anforderungen berechtigt die Mitgliedsfirmen zum Führen des Ihnen bekannten FBS-Zeichens. Durch ihre übergeordnete Stellung setzt sich der FBS zudem für die fachgerechte Planung und Bauausführung der unterirdischen Entwässerungsnetze ein und legt damit den Grundstein für den langfristigen Bestand des größten kommunalen Anlagevermögens – das öffentliche Kanalnetz.

Das vorliegende Technische Handbuch gibt Ihnen einen Überblick von der Herstellung und Prüfung von Rohren, Schächten und Formstücken über die Vorgehensweise beim Einbau in offener und geschlossener Bauweise bis hin zur statischen Berechnung etwaiger Verfahren. Sie erhalten mit den zahlreichen Abbildungen und sämtlichen technischen Details ein umfassendes Nachschlagewerk für die qualitativ hochwertige Planung und den Bau von Abwasserleitungen und -kanälen unter Einsatz von FBS-Betonrohren, FBS-Stahlbetonrohren, FBS-Vortriebsrohren und zugehörigen FBS-Formstücken sowie FBS-Schachtfertigteilen und -Schachtbauwerken aus Beton und Stahlbeton.


Prof. Dr. Karsten Körkemeyer
1. Vorsitzender


Dr.-Ing. Markus Lanzerath
Geschäftsführer FBS e.V.

Geschichte der Kanalisation	1
Produktprogramm	2
Herstellung und Prüfung	3
Leitfaden zur Rohrwerkstoffauswahl	4
Anwendungsgebiete	5
Bauausführung in offener Bauweise	6
Bauausführung in geschlossener Bauweise-Rohrvortrieb	7
Statische Berechnung von Rohren für die offene Bauweise	8
Statische Berechnung von Vortriebsrohren	9
Foto- und Bildnachweise	10
Literaturverzeichnis	11

Vorwort	5		
1 Geschichte der Kanalisation	15		
2 Produktprogramm	24		
2.1 Allgemeines	24	2.8.3 Begriffe	44
2.1.1 Vorbemerkungen.....	24	2.8.4 Querschnittsformen	45
2.1.2 Querschnittsformen.....	24	2.8.5 Verbindung	46
2.1.3 Rohr- und Schachtverbindungen	25	2.8.6 Anforderungen	46
2.1.3.1 Allgemeines	25		
2.1.3.2 Rohrverbindungen	29	2.9 FBS-Formstücke aus Beton und Stahlbeton	47
2.1.3.3 Schachtverbindungen.....	30	2.9.1 Allgemeines	47
		2.9.2 FBS-Zuläufe (Abzweige)	47
2.2 FBS-Betonrohre	32	2.9.3 FBS-Krümmen	50
		2.9.4 FBS-Passrohre	50
2.3 FBS-Stahlbetonrohre	35	2.9.5 FBS-Gelenkrohre	51
		2.9.6 FBS-Anschlussrohre	51
2.4 FBS-Vortriebsrohre	38	2.9.7 FBS-Übergangsrohre	51
		2.9.8 FBS-Böschungsröhre	52
2.5 FBS-Hochlastrohre	40		
		2.10 FBS-Schachtfertigteile	52
2.6 Rohre aus Hochleistungsbeton	40	2.10.1 Allgemeines	52
2.6.1 Allgemeines	41	2.10.2 FBS-Schachtunterteile	55
2.6.2 Hochfester Beton	41	2.10.3 FBS-Schachtringe	57
2.6.3 Beton mit erhöhtem Säurewiderstand	42	2.10.4 FBS-Übergangsplatten	58
		2.10.5 FBS-Schachthälse und FBS-Abdeckplatten	58
2.7 FBS-Linerrohre	42	2.10.6 FBS-Auflageringe	60
2.7.1 Allgemeines	42	2.10.7 Schachtabdeckungen	61
2.7.2 Werkstoffe	43	2.10.8 Steiggänge	61
2.8 FBS-Stahlbetonrohre mit Rechteckquerschnitt	43	2.11 FBS-Sonderbauwerke	62
2.8.1 Allgemeines	43	2.11.1 Allgemeines	62
2.8.2 Anwendungsbereiche	43	2.11.2 Lastübertragungssysteme bei Betonschächten	65

3	Herstellung und Prüfung	68
3.1	Werkstoffe	68
3.1.1	Allgemeines	68
3.1.2	Beton	69
3.1.3	Zement	69
3.1.4	Gesteinskörnung (Zuschlag)	70
3.1.5	Wasser	70
3.1.6	Zusatzstoffe	71
3.1.7	Zusatzmittel	71
3.1.8	Betonstahl	71
3.2	Herstellverfahren	71
3.2.1	Allgemeines	71
3.2.2	Rohrherstellung	73
3.2.2.1	Allgemeines	73
3.2.2.2	Sofortentschalung	73
3.2.2.2.1	Allgemeines	73
3.2.2.2.2	Radialpressverfahren/Rollenkopfverfahren	74
3.2.2.2.3	Vibrationsverfahren/Rüttelpressverfahren	75
3.2.2.2.4	Kombinierte Vibrationsverfahren mit steigendem Kern	76
3.2.2.3	Formerhärtung	76
3.2.2.3.1	Allgemeines	76
3.2.2.3.2	Vorteile	78
3.2.3	Herstellung FBS-Schachtfertigteile	78
3.2.3.1	Allgemeines	78
3.2.3.2	FBS-Schachtunterteile mit monolithischem Gerinne	78
3.2.3.3	Schachtunterteile mit konventioneller Gerinneausbildung	79
3.2.3.4	Nachbehandlung	79
3.3	FBS-Qualitätssicherungssystem®	79

4	Leitfaden zur Rohrwerkstoffauswahl	84
4.1	Allgemeines	84
4.2	Tragfähigkeit	84
4.3	Schlagfestigkeit	85
4.4	Dauerschwingfestigkeit, Schwellfestigkeit	85
4.5	Wasserdichtheit	86
4.5.1	Allgemeines	86
4.5.2	FBS-Betonrohre und FBS-Stahlbetonrohre in Wassergewinnungsgebieten	87
4.6	Hydraulische Leistungsfähigkeit – Wandrauheit	90
4.7	Widerstandsfähigkeit gegenüber mechanischen Angriffen	91
4.8	Widerstand gegen Hochdruckreinigung	92
4.9	Widerstand gegen chemische Angriffe	93
4.10	Temperaturverhalten	98
4.11	Umweltverträglichkeit und Ökobilanz	99
4.12	Lebensdauer	99
5	Anwendungsgebiete	102
6	Bauausführung in offener Bauweise	112
6.1	Allgemeines	112
6.2	Begriffe	113
6.3	Vorbereitungen zur Bauausführung	115

6.4	Bestellung, Kontrolle, Transport und Lagerung	116
6.5	Herstellung des Leitungsgrabens	119
6.5.1	Allgemeines	119
6.5.2	Mindestgrabenbreite	119
6.5.3	Geböschte Baugruben und Gräben	122
6.5.4	Verbaute Baugruben und Gräben	124
6.5.5	Wasserhaltung	125
6.5.6	Kurzbaugruben	123
6.6	Bettung	127
6.6.1	Allgemeines	127
6.6.2	Grabensohle	127
6.6.3	Bettung auf vorhandenen Böden	127
6.6.3.1	Allgemeines	127
6.6.3.2	Bettung Typ 1 (Regelausführung nach Arbeitsblatt DWA-A 139)	128
6.6.3.3	Bettung Typ 2 nach DIN EN 1610	130
6.6.3.4	Bettung Typ 3 nach DIN EN 1610	130
6.6.3.5	Betonbettung	131
6.6.3.6	Sonderausführung der Bettung	133
6.7	Einbau und Bettung von FBS-Rohren	134
6.7.1	Herstellen der Rohrverbindung	134
6.7.2	Einbau auf Sand-Kies	137
6.7.3	Einbau auf Beton	138
6.8	Verfüllen der Leitungszone	141
6.8.1	Geeignetes Verfüllmaterial für die Leitungszone	141
6.8.2	Verfüllen der Leitungszone	142
6.9	Ausführung der Hauptverfüllung	147
6.10	Anbauverdichter	148
6.10.1	Allgemeines	148
6.10.2	Einteilung	148

6.10.2.1	Arbeitsweise	148
6.10.2.3	Anforderungen	149
6.11	Bauseits hergestellte Anschlüsse (Abzweige) innerhalb einer Haltung	150
6.12	Anschlüsse an Ortbetonbauwerke oder Fertigteilschächte	151
6.13	Einbau von FBS-Schachtfertigteilen	153
6.13.1	Allgemeines	153
6.13.2	Einbau Schachtunterteil	153
6.13.3	Einbau Tangentialschacht	153
6.13.4	Einbau der Schachtfertigteile	154
6.13.5	Verfüllen des Arbeitsraumes	156
6.14	Dichtheitsprüfung der eingebauten FBS-Rohre und FBS-Schächte	156
6.14.1	Allgemeines	156
6.14.2	Prüfung mit Luftüberdruck	159
6.14.2.1	Allgemeines	159
6.14.2.2	Haltungsweise Prüfung mit Luft	160
6.14.2.3	Prüfung einzelner Rohrverbindungen mit Luft	161
6.14.3	Prüfung mit Luftunterdruck	162
6.14.4	Prüfung mit Wasser	163
6.14.4.1	Allgemeines	163
6.14.4.2	Haltungsweise Prüfung mit Wasser	163
6.14.4.3	Prüfung einzelner Rohrverbindungen mit Wasser	165
6.14.5	Abweichungsbetrachtung bei Einzelverbindungsprüfungen	166
6.14.6	Prüfung von Schächten und Bauwerken	166
6.14.6.1	Allgemeines	166
6.14.6.2	Ablauf der Prüfung	168

7	Bauausführung in geschlossener Bauweise – Rohrvortrieb	172
7.1	Allgemeines	172
7.2	Vorbereitungen zur Bauausführung	174
7.3	Start- und Zielschacht	179

7.4	Grundwasserhaltung	180
7.5	Bodenabbau und Bodenförderung	181
7.6	Vortriebsprotokolle	182
7.7	Sonderfälle des Rohrvortriebes	183
7.8	Halboffene Bauweise	183
8	Statische Berechnung von Rohren für die offene Bauweise	188
8.1	Vorbemerkung	188
8.2	Allgemeines	189
8.3	Ablauf der Rohrberechnung	192
8.4	Rohrwerkstoffe	193
8.5	Lastermittlung	194
8.5.1	Erdlasten	194
8.5.2	Verkehrslasten	198
8.5.3	Flächen- und Bauwerkslasten	198
8.5.4	Innere Lasten	199
8.6	Lastaufteilung und Lastkonzentration	199
8.6.1	Allgemeines	199
8.6.2	Bodenverformungsmoduln	200
8.6.3	Relative Ausladung	202
8.6.4	Gesamtbelastung des Rohres	203
8.6.5	Bettungsreaktion - Lagerungsfälle	203
8.7	Schnittkräfte und Spannungen	204
8.8	Bemessung	204

8.8.1	Bemessung durch Nachweis der zulässigen Spannung	204
8.8.2	Bemessung mit Lastklassen	205
8.9	Statische Berechnungen von Entwässerungsleitungen in Deponien	205
9	Statische Berechnung von Vortriebsrohren	208
9.1	Vorbemerkung	208
9.2	Anwendungsbereich	209
9.3	Konstruktive Besonderheiten unter Bahnanlagen	209
9.4	Einführung von Teilsicherheitsbeiwerten	209
9.5	Lastermittlung	210
9.5.1	Erdlasten	210
9.5.2	Vortrieb im Festgestein	211
9.5.3	Verkehrslasten und weitere Lasten	212
9.6	Bemessung quer zur Rohrachse	213
9.7	Bemessung längs zur Rohrachse	214
9.8	Allgemeine Konstruktionsregeln für Vortriebsrohre	216
10	Foto- und Bildnachweise	218
11	Literaturverzeichnis	220
11.1	Normen, Richtlinien, Arbeits- und Merkblätter	220
11.2	Veröffentlichungen	230

Kapitel 1

Geschichte der Kanalisation

FBS-Betonrohre und FBS-Stahlbetonrohre sind von Natur aus 100% umweltfreundlich: Sie bestehen aus natürlichen Rohstoffen und können energieschonend recycelt werden. **So unterstützen Sie nachhaltig eine saubere Umwelt und schützen die Lebensräume von Mensch und Tier.**



1. Geschichte der Kanalisation

Historie

Bereits vor 5.000 Jahren wurden in den Städten die ersten Abwasserleitungen gebaut. Das wohl heute bekannteste Beispiel ist die „Cloaca Maxima“ in Rom (Bild 1.1), deren Anfänge bis auf 500 v. Chr. zurück gehen. Hierbei wurde zum ersten Mal „Opus Caementitium“ oder auch „Römischer Beton“ verwendet, ein mit einem natürlichen, zementähnlichen Bindemittel vermörteltes Konglomeratgestein (Bild 1.2). Dieses spezielle Bauwerk und auch andere, von den Römern errichtete Be- und Entwässerungsanlagen, sind zum Teil heute noch in Betrieb! Mit dem Untergang des weströmischen Reiches im 5. Jahrhundert n. Chr. verschwanden die Kenntnisse über den Bau solcher Anlagen für lange Zeit aus dem Bewusstsein.

Erst im 19. Jahrhundert erkannten die Städte die Notwendigkeit, für eine systematische Abwasserableitung zu sorgen. Anlass hierzu waren zum einen verheerende Cholera-Epidemien, zum anderen das starke Anwachsen der Industrie. Vorreiter für den Bau durchdachter Kanalsysteme war London. In Deutschland folgten Hamburg, Frankfurt am Main, Berlin, München, Lübeck, Leipzig, Dresden und Köln.

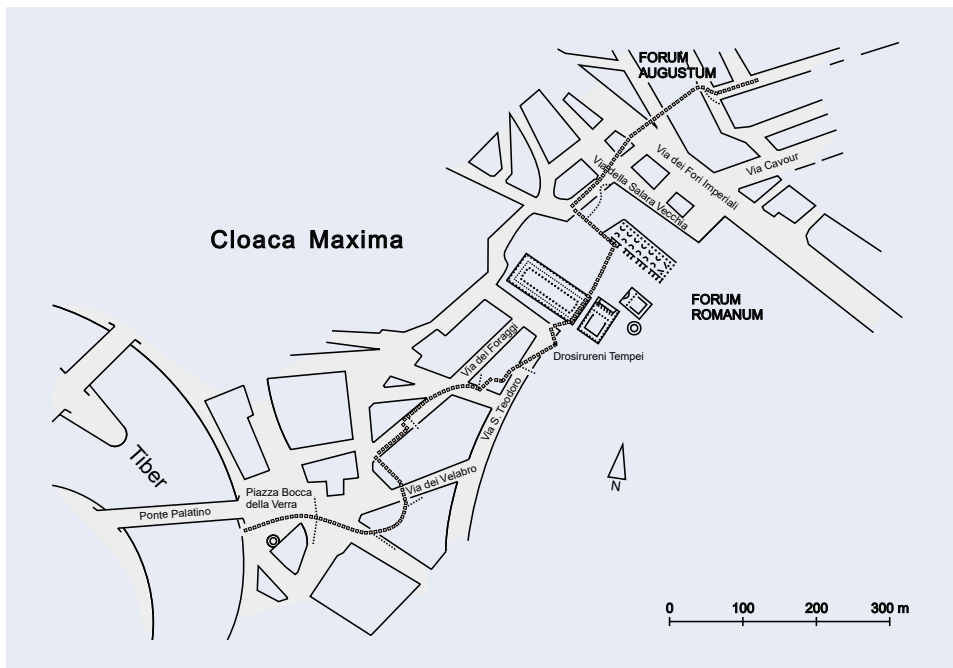


Bild 1.1: Cloaca Maxima

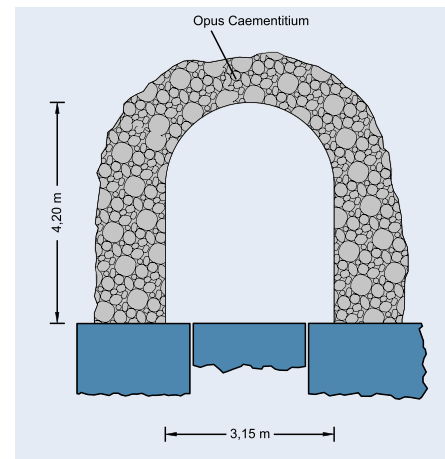


Bild 1.2: Cloaca Maxima. Schnitt Nähe Forum Romanum

Rohre aus Beton und Stahlbeton gibt es in Deutschland seit mehr als 150 Jahren. Mit der industriellen Produktion von Zement begann auch die Geschichte der vorgefertigten Betonrohre. Mitte des 19. Jahrh. wurden die ersten „Cementgussröhren“ hergestellt. Die ersten bewehrten Rohre aus Beton – „Cementgussröhren mit Eisen-einlagen“ oder „Eisenbetonrohre“ – wurden 1889 hergestellt. Dadurch wurde möglich, Rohre auch höheren statischen Erfordernissen anzupassen. Ein Beispiel für eine frühe Lösung zur Sammlung, Ableitung und Behandlung von Abwasser aus dem Jahr 1912 zeigt sich in Bild 1.4

Seit den Anfängen wurden Herstellverfahren, Qualität und Anwendungstechnik von Rohren und Schächten aus Beton und Stahlbeton ständig weiterentwickelt, um den Anforderungen an Abwasserleitungen und -kanäle hinsichtlich Dauerhaftigkeit, Dichtheit, Tragfähigkeit und Funktionssicherheit gerecht zu werden.

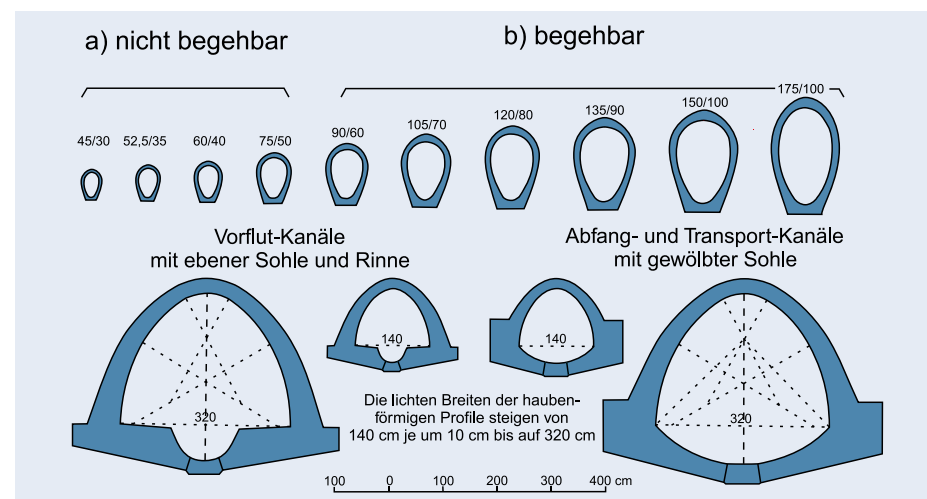


Bild 1.3: Kanalisation der Stadt Dresden um 1912. Kanalquerschnittsformen und -abmessungen

Gegenwart

Heute umfasst das kommunale Abwassernetz eine Länge von ca. 600.000 km. Beton hat einen Anteil von etwa 40 % an den zur Zeit in Deutschland betriebenen Kanalnetzen im Misch- und Trennverfahren und ist damit der am meisten eingesetzte und am vielseitigsten verwendbare Werkstoff.

Normen

Parallel zur Entwicklung der Produkte verlief die Entwicklung der entsprechenden Normen, von der ersten Betonrohrnorm 1923 und der ersten Norm für Stahlbetonrohre von 1939, zu den bis Oktober 2004 gültigen Normen DIN 4032 für Betonrohre und Formstücke, DIN 4035 für Stahlbetonrohre und zugehörige Formstücke sowie DIN 4034-1 für Schächte aus Beton-, Stahlfaserbeton- und Stahlbetonfertigteilen. Seit August 2003 sind DIN EN 1916 Rohre und Formstücke aus Beton, Stahlfaserbeton und Stahlbeton sowie DIN EN 1917 Einsteig- und Kontrollschächte aus Beton, Stahlfaserbeton und Stahlbeton anwendbar. DIN EN 1916 legt Anforderungen und Prüfverfahren für Rohre mit Kreisquerschnitt und Nennweiten bis DN 1750 sowie für Rohre mit Eiquerschnitt mit Nennweiten bis WN/HN 1200/1800 fest, die in chemisch schwach angreifender Umgebung eingebaut werden, DIN EN 1917 für Schachtfertigteil bis zu einer Nennweite von DN 1250.

Aufgrund unterschiedlicher Gegebenheiten in Europa konnte nicht für alle Anforderungen in den einzelnen Ländern Übereinstimmung erzielt werden. Es wurde erforderlich, die nationalen Ergänzungsnormen DIN V 1201 für Rohre, die widerstandsfähig gegen chemisch mäßig angreifende Umgebung sind und DIN 4034-1 für Schachtfertigteile zu erstellen, um das deutsche Sicherheitsniveau zu erhalten.

Seitdem gelten in Deutschland ausschließlich DIN EN 1916 und DIN V 1201 sowie DIN EN 1916 und DIN 4034-1, die stets zusammen angewendet werden müssen. In DIN V 1201 und DIN 4034-1 sind zwei Typen von Rohren und zugehörigen Formstücken bzw. Schachtfertigteilen aus Beton und Stahlbeton genormt:

Rohre und Formstücke bzw. Schachtfertigteile Typ 1 erfüllen die Grundanforderungen nach DIN EN 1916, DIN EN 1917 und die in den deutschen Ergänzungsnormen enthaltenen zusätzlichen Anforderungen entsprechend den Tabellen 1 der DIN EN 1916 und DIN EN 1917. Diese Produkte sind widerstandsfähig gegen chemisch schwach angreifende Umgebung und werden vor allem für den Bau von Regenwasserleitungen eingesetzt (Expositionsklasse XA1).

Rohre und Formstücke bzw. Schachtfertigteile Typ 2 erfüllen nicht nur die Grundanforderungen nach DIN EN 1916, DIN EN 1917 und die in den deutschen Ergänzungsnormen enthaltenen zusätzlichen Anforderungen entsprechend Tabellen 1 der DIN EN 1916 und DIN EN 1917. Diese Produkte sind zudem widerstandsfähig gegen chemisch mäßig angreifende Umgebung und sind besonders für den Bau von Schmutz- und Mischwasserkanälen und -leitungen geeignet (Expositionsklasse XA2).

Kapitel 2

Produktprogramm



Formenvielfalt nach Maß

FBS-Betonrohre und FBS-Stahlbetonrohre bieten Formenvielfalt nach Maß – für perfekte Lösungen bei jeder hydraulischen Anforderung. Das ist FBS-Qualität in ihrer schönsten Form, auch bis ins hohe Alter.

2. Produktprogramm

2.1 Allgemeines

2.1.1 Vorbemerkungen

Für alle Aufgaben der Abwasserableitung, Wasserversorgung, Regenwasserbewirtschaftung, Lüftungsanlagen und Infrastrukturmaßnahmen stehen geeignete FBS-Rohre, zugehörige Formstücke, FBS-Schachtfertigteile und FBS-Schachtbauwerke aus Beton und Stahlbeton zur Verfügung.

Die Anpassung an praktisch alle statischen und betrieblichen Erfordernisse ist ein besonderer Vorzug des Werkstoffes Beton bzw. Stahlbeton. Für spezielle Erfordernisse werden Lösungsansätze in Abschnitt 2.5 ff. dargestellt (siehe ebenso Kapitel 4 „Leitfaden zur Rohrwerkstoffauswahl“, Abschnitt 4.9 „Widerstand gegen chemische Angriffe“).

2.1.2 Querschnittsformen

FBS-Rohre aus Beton und Stahlbeton werden, den hydraulischen und statischen Bedingungen entsprechend, in verschiedenen Querschnittsformen hergestellt. Außer den genormten Kreis- und Eiquerschnitten können für drucklos betriebene Kanäle und Leitungen auch andere Querschnitte nach DIN 4263 ausgeführt werden (Bild 2.1). Beispiele hierfür sind unter anderem:

- Maul- und Rechteckquerschnitte für die Abführung großer Wassermengen bei eingeschränkter Bauhöhe,

Tabelle 2.0: Abkürzungen für Rohrtypen, Querschnittsformen und Rohrverbindungen

Abkürzung	Benennung	Benennung nach
B	Betonrohr	Ausführung
S	Stahlfaserbetonrohr*	
SB	Stahlbetonrohr	
VT	Vortriebsrohr	
K	Kreisquerschnitt ohne Fuß	Querschnittsform
KF	Kreisquerschnitt mit Fuß	
EF	Eiquerschnitt mit Fuß	
RE	Rechteckprofil	
GM	Glockenmuffe	Rohrverbindung
FM	Falzmuffe (Rohrverbindung)	
VM	Vortriebsrohrmuffe mit Führungsring	

*In Deutschland kein übliches Produkt (siehe DIN EN 1916).

- Kreis- und Rechteckquerschnitte mit Trockenwetterrinne,
- Drachenquerschnitte für selbstreinigende Stauraumkanäle.

Darüber hinaus gibt es weitere individuelle Sonderquerschnitte, die nach Bedarf gefertigt werden.

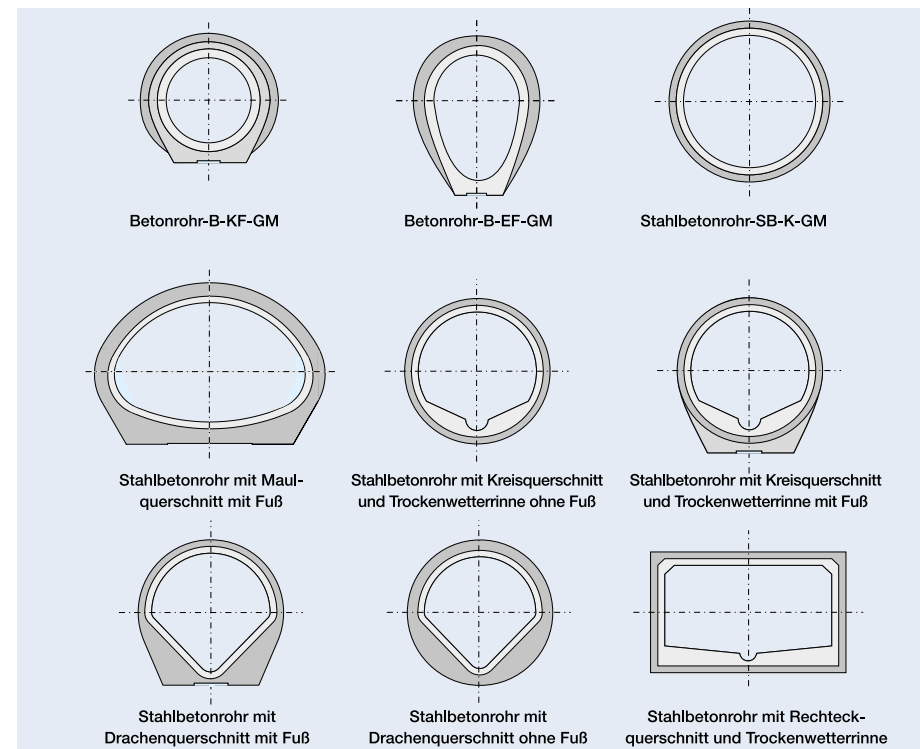


Bild 2.1: Beispiele für Beton- und Stahlbetonrohre mit verschiedenen Querschnittsformen und Abmessungen

2.1.3 Rohr- und Schachtverbindungen

2.1.3.1 Allgemeines

FBS-Rohr- und FBS-Schachtfertigteilverbindungen werden als lösbare, bewegliche Steckverbindungen mit elastomeren Kompressionsdichtungen ausgeführt. Sie übertragen keine Biegemomente und Längskräfte und passen sich in begrenztem Rahmen beabsichtigten oder unbeabsichtigten Lageänderungen an.



Bild 2.2: Einbau eines FBS-Betonrohres

Tabelle 4 WC und ist gegenüber biologischen Einflüssen weitgehend beständig und wird nicht von den in der Abwasserentsorgung zulässigen pflanzlichen, tierischen und mikrobiologischen Organismen angegriffen.

Dichtmittel aus Elastomeren werden in der Regel aus Styrol-Butadien-Kautschuk (SBR), mit einer Härte von 40 bis 50 IRHD, hergestellt. Sie widerstehen den üblichen Beanspruchungen durch Abwässer im pH-Bereich zwischen 2 und 12. Die Dichtmittel weisen eine hohe chemische Beständigkeit auf und sind durch ihre Lage in der Rohrverbindung gegenüber mechanischen und hydromechanischen Beanspruchungen geschützt. Selbst bei extremen Temperaturen von -10°C bis +70°C sind sie funktionssicher.

Enthält das Abwasser weitere Inhaltsstoffe wie z. B. Leichtflüssigkeiten (Öl, Benzin, Dieseltreibstoff u.a.), Säuren oder Laugen, ist eine Abstimmung mit dem Hersteller erforderlich. Hinweise zu den Anwendungsbereichen enthält Tabelle 2.1.

Dichtmittel aus Elastomeren mit dichter Struktur besitzen eine hohe Elastizität und besitzen dadurch bedingt einen hohen Widerstand gegenüber plastischen Verformungen. Die für die Dichtwirkung maßgebende Rückstellkraft bleibt über die Nutzungsdauer des Kanals erhalten.

Rohr und Dichtmittel bilden somit eine Einheit.

Als Dichtmittel werden ausschließlich Elastomere mit dichter Struktur und hohlraumfreiem Querschnitt nach DIN EN 681-1 und DIN 4060 verwendet. Die Dimensionierung erfolgt unter Zugrundelegung der jeweiligen Muffenspaltweiten. Zugleich werden alle möglichen Grenzabmaße bei Einhaltung der vorgeschriebenen Mindestverpressung von 25 % und der zulässigen Höchstverpressung von 50 % berücksichtigt.

Das Material der Dichtmittel entspricht den Anforderungen der DIN EN 681-1:2006-11,

Tabelle 2.1: Eigenschaften von Elastomervulkanisaten in erdverlegten Rohr- und Schachtverbindungen

	Bezeichnung	Normalausführung	Für erhöhte Beanspruchungen		
		SBR ¹	EPDM ²	NBR ³	NBR-F ⁴
Härte Shore A	Härtebereich, vorhanden	38-65	38-90	45	45
	Härtebereich, möglich	30-80	30-90	30-60	30-60
Beständigkeit gegenüber	Alterung (im verbauten Zustand)	+++	+++	++	++
	Säuren	+	+++	+	+
	Laugen	+	+++	+	+
	Benzin	+	+	+++	++
	Mineralöl	+	+	+++	+++
	Flugzeug-Treibstoff	+	+	+	+++
	Flugzeug-Enteisungsmittel	+	+	+	+++
	Geeignet für den Einsatz bei Flughäfen sowie LAU-Anlagen (gemäß Zul. DIBt)	+	+	+	+++
	pH-Wert 2-12 (häusliches u. gewerbliches Abwasser)	+++	+++	+++	+++
Thermisches Verhalten	Kälteflexibilität	+++	+++	++	++
	Tief-Temperaturbereich				
	dauerhaft	-30°C	-20°C	-20°C	-20°C
	kurzfristig	-40°C	-40°C	-25°C	-25°C
	Hoch-Temperaturbereich				
	dauerhaft	70°C	90°C	80°C	80°C
	kurzfristig	90°C	130°C	100°C	100°C
Mechanische Eigenschaften	Reißfestigkeit	+++	++	+++	+++
	Reißdehnung	+++	++	+++	+++
	Rückprall-, Stoßelastizität	+++	+++	++	++
	Weiterreißwiderstand	++	++	++	++
	Druckverformungsrest	++	++	++	++
	Abriebswiderstand	+++	++	+++	+++

Legende: +++ = hoch, ++ = mittel, + = niedrig (bei dauerhafter Beanspruchung)

Bezeichnung:

¹ SBR Styrol-Butadien-Kautschuk

² EPDM Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk (hoher Temperaturbereich)

³ NBR Nitril-Butadien-Kautschuk (Treibstoff, Öl, Fett)

⁴ NBR-F Nitril-Butadien-Kautschuk für Flughäfen (Kerosin, Enteisungsmittel, usw.)

Das für die Montage verwendete Gleitmittel ist vom Rohr- oder Schachthersteller mitzuliefern. Eine Verträglichkeitsprüfung der Dichtung mit dem Gleitmittel ist vom Dichtmittelhersteller durch eine Langzeiteinlagerung nachzuweisen. Die vom Dichtmittelhersteller geprüften Gleitmittel garantieren eine langlebige Rohr- und Schachtverbindung. Hinweise auf der Verpackungseinheit hinsichtlich biologischer Abbaubarkeit beziehen sich ausschließlich auf das Gleitmittel und nicht auf die Verträglichkeit mit der Dichtung.

Um die Wasserdichtheit zu gewährleisten, werden die Rohrverbindungen in Erstprüfungen, aber auch im Rahmen der werkseitigen Produktionskontrolle (WPK) und der Fremdüberwachung, strengen Prüfungen unterworfen (siehe Kapitel 3 "Herstellung und Prüfung"). FBS-Rohr- und Schachtverbindungen sind wurzelfest. Untersuchungen haben nachgewiesen, dass Elastomerdichtungen im Verformungsbereich von 25 % bis 60 % sicher vor Wurzeleinwuchs schützen.

Elastomerdichtungen können sowohl werkseitig in der Muffe (integriert) als auch lose auf dem Spitzende aufgezogen werden. Mit den werkseitig eingebauten Dichtungen werden Verwechslungen und Montagefehler auf der Baustelle ausgeschlossen. Bei allen FBS-Rohren und FBS-Schachtfertigteilen ist die Lage des Dichtmittels im Gegensatz zu Rollringdichtungen festgelegt und gesichert.

Rollringdichtungen sind für FBS-Rohre und FBS-Schachtfertigteile wegen möglicher Einbaufehler grundsätzlich nicht zugelassen.

FBS-Rohre und FBS-Schachtfertigteile werden mit folgenden Dichtungstypen gefertigt:

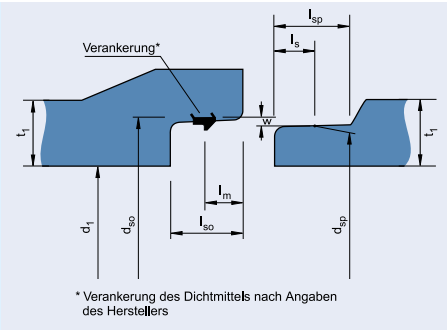


Bild 2.3: FBS-Rohrverbindung mit fest in der Muffe eingebauter Gleitringdichtung (Beispiel)

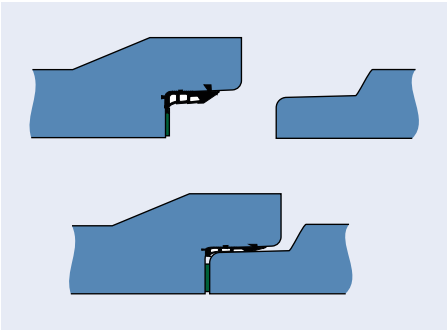


Bild 2.4: FBS-Rohrverbindung mit fest in der Muffe eingebauter Gleitringdichtung (Beispiel)

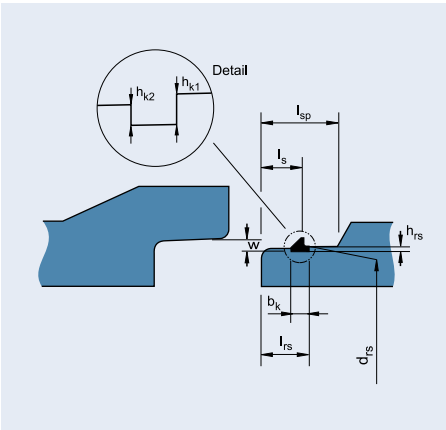


Bild 2.5: FBS-Rohrverbindung mit Kammerausbildung am Spitzende (Beispiel)

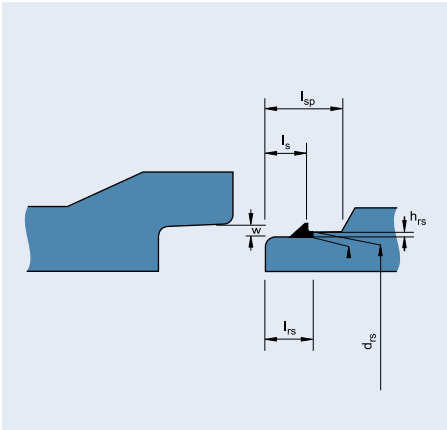


Bild 2.6: FBS-Rohrverbindung mit Stufenausbildung am Spitzende (Beispiel)

2.1.3.2 Rohrverbindungen

Nachfolgende Rohrverbindungen existieren:

- a) werkseitig fest in der Muffe eingebaute Gleitringdichtung (Bild 2.3/Bild 2.4)
- b) werkseitig auf dem Spitzende in einer Kammer eingebaute Gleitringdichtung (Bild 2.5)
- c) werkseitig auf dem Spitzende vor einer Schulter aufgetragene Gleitringdichtung mit Stufenausbildung (Bild 2.6)

Tabelle 2.2: Verbindungen für FBS-Beton- und Stahlbetonrohre (Maße in mm)

Rohrverbindungen					
FBS-Produkte	Nennweite	Bild 2.3	Bild 2.4	Bild 2.5	Bild 2.6
Betonrohre	≤ 1200	•	•		
	> 1200	•	•	•	•
Stahlbetonrohre	≤ 1200	•	•	•	
	> 1200	•	•	•	•
Vortriebsrohre	alle DN			•	•

2.1.3.3 Schachtverbindungen

Schachtverbindungen können nachfolgende Ausführungen aufweisen:

- werkseitig fest in der Muffe eingebaute Dichtung mit losem Lastausgleichselement auf dem äußeren Spitzendspiegel (Bild 2.7)
- werkseitig fest in der Muffe eingebaute Dichtung mit fest im Muffenspiegel eingebautem Lastausgleichselement (Bild 2.8)
- werkseitig fest in der Muffe eingebaute Dichtung mit fest eingebautem Lastausgleichselement auf der äußeren Muffenstirnfläche (Bild 2.9)
- Gleitringdichtung auf dem Spitzende mit losem Lastausgleichselement auf dem äußeren Spitzendspiegel (Bild 2.10)
- Gleitringdichtung auf dem Spitzende mit anvulkanisiertem Lastausgleichselement auf der inneren Spitzendstirnfläche (Bild 2.11)

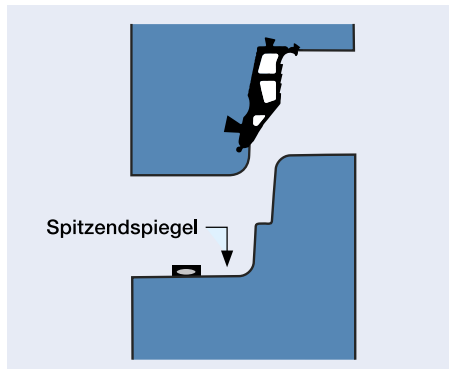


Bild 2.7: Schacht mit fest in der Muffe eingebauter Dichtung, mit losem Lastausgleichselement auf dem äußeren Spitzendspiegel

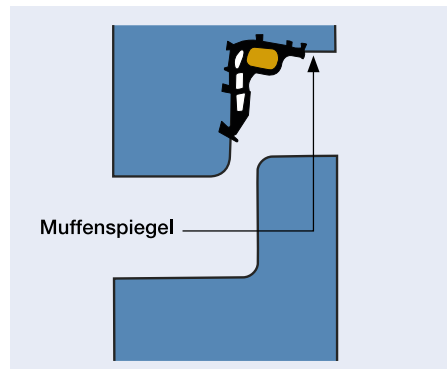


Bild 2.8: Schacht mit fest in der Muffe eingebauter Dichtung, mit fest im Muffenspiegel eingebautem Lastausgleichselement

Tabelle 2.3: Verbindungen für FBS-Schachtfertigteile

FBS-Schachtfertigteilverbindungen					
Nennweite	Bild 2.7	Bild 2.8	Bild 2.9	Bild 2.10	Bild 2.11
800	•	•	•	•	•
1000	•	•	•	•	•
1200	•	•	•	•	•
1500	•	•	•	•	•
2000	•	•	•	•	•

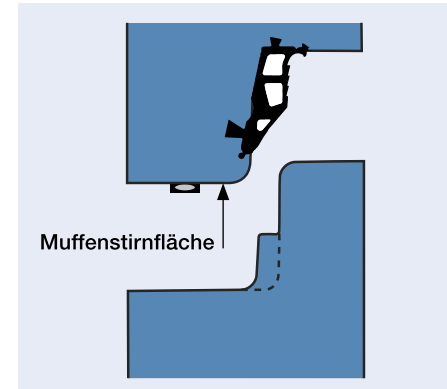


Bild 2.9: Schacht mit fest in der Muffe eingebauter Dichtung, mit fest eingebautem Lastausgleichselement auf der äußeren Muffenstirnfläche (mit oder ohne Stützsulzer)

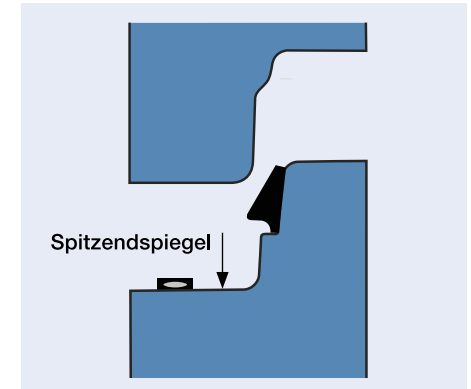


Bild 2.10: Schacht mit Gleitringdichtung auf dem Spitzende, mit losem Lastausgleichselement auf dem äußeren Spitzendspiegel

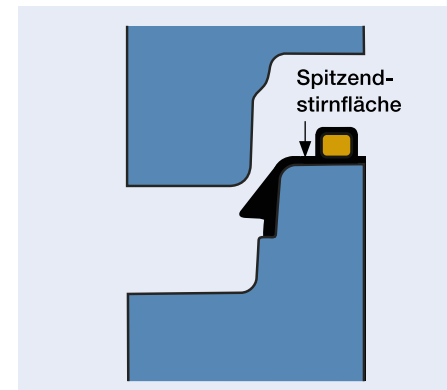


Bild 2.11: Schacht mit Gleitringdichtung auf dem Spitzende, mit anvulkanisiertem Lastausgleichselement auf der inneren Spitzendstirnfläche

Zur Reduzierung von Einbaufehlern hat sich eine fest in der Muffe eingebaute Schachtringdichtung – verbunden mit einem fest eingebauten oder losen Lastausgleichselement – in der Praxis durchgesetzt.

2.2 FBS-Betonrohre

FBS-Betonrohre werden nach DIN EN 1916 und DIN V 1201 sowie den erhöhten Anforderungen der FBS-Qualitätsrichtlinie Teil 1 gefertigt. Sie werden vorwiegend zum Bau von Kanälen und Leitungen für Wasser und Abwasser, die als Freispiegelleitungen betrieben werden, sowie für sonstige Leitungen aller Art verwendet.

FBS-Betonrohre haben in der Regel Kreis- oder Eiquerschnitt. Andere Querschnittsformen, z. B. Maulquerschnitt oder Rechteckquerschnitt nach DIN 4263, können ebenfalls ausgeführt werden.

FBS-Betonrohre mit Kreisquerschnitt werden im Nennweitenbereich von DN 300 bis DN 1500 ohne Fuß - Form K - (Bild 2.12/Bild 2.13) und mit Fuß - Form KF - (Bild 2.14/Bild 2.15) hergestellt. Für FBS-Betonrohre $\leq$ DN 1200 sind nur werkseitig fest in der Muffe eingebaute Gleitringdichtungen zugelassen.

Maße und Grenzabmaße von FBS-Betonrohren mit Kreisquerschnitt können Tabelle 2.4 entnommen werden. Für FBS-Betonrohre mit werkseitig fest in der Muffe eingebauter Dichtung gilt Tabelle 2.6.

Die Bezeichnung eines FBS-Betonrohres (B) vom Typ 2, mit Kreisquerschnitt, ohne Fuß (K), mit Glockenmuffe (GM), Nennweite DN 1000 und Baulänge $l=3000$ mm lautet:

FBS-Betonrohr DIN V 1201 - Typ 2 - B - K - GM - 1000 x 3000

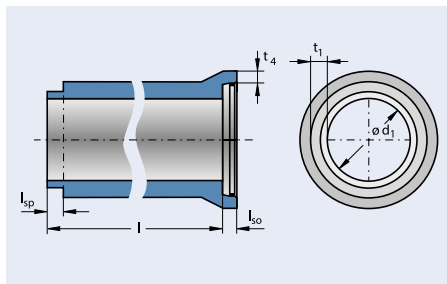


Bild 2.12: FBS-Betonrohr mit Kreisquerschnitt ohne Fuß, mit Glockenmuffe



Bild 2.13: FBS-Betonrohre mit werkseitig fest in der Muffe eingebauter Gleitringdichtung

Die Bezeichnung eines FBS-Betonrohres (B) vom Typ 2, mit Kreisquerschnitt, mit Fuß (KF), mit Glockenmuffe (GM), Nennweite DN 600 und Baulänge $l=3000$ mm lautet:

FBS-Betonrohr DIN V 1201 - Typ 2 - B - KF - GM - 600 x 3000

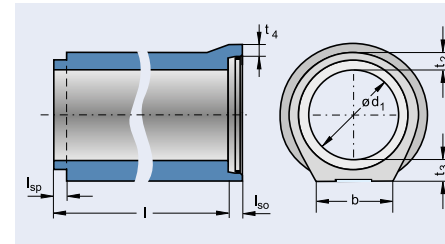


Bild 2.14: FBS-Betonrohr mit Kreisquerschnitt mit Fuß, mit Glockenmuffe



Bild 2.15: FBS-Betonrohr mit Fuß

FBS-Betonrohre mit Eiquerschnitt (Bild 2.16/Bild 2.17) werden im Nennweitenbereich WN/HN 300/450 bis WN/HN 1200/1800 mit Fuß und mit werkseitig fest in der Muffe eingebauter Gleitringdichtung, mit werkseitig auf dem Spitzende in Kammern eingebauter Gleitringdichtung oder vor einer Schulter werkseitig aufgetragener Gleitringdichtung hergestellt (Maße und Grenzabmaße siehe Tabelle 2.5). Diese Rohre werden in der Form erhärtend hergestellt.

Die Bezeichnung eines FBS-Betonrohres (B) vom Typ 2, mit Eiquerschnitt, mit Fuß (EF), mit Glockenmuffe (GM), Nennweite WN/HN 1000/1500 und Baulänge $l=2500$ mm lautet:

FBS-Betonrohr DIN V 1201 - Typ 2 - B - EF - GM - 1000/1500 x 2500

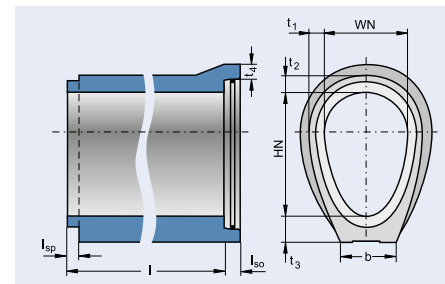


Bild 2.16: FBS-Betonrohr mit Eiquerschnitt mit fest in der Muffe eingebauter Gleitringdichtung



Bild 2.17: FBS-Betonrohr mit Eiquerschnitt

Tabelle 2.4: Maße und Grenzabmaße von FBS-Betonrohren mit Kreisquerschnitt (Maße in mm)

Nennweite DN	Innendurchmesser d _i		Abweichung von der Paralle- lität der Stirn- flächen	Fußbreite für Rohre mit Fuß min b	Wanddicke der Glockenmuffe min t _s ^a
	Nennmaß	Grenzabmaße			
300	300	± 3	5	240	50
400	400	± 4	6	320	55
500	500	± 4	6	400	60
600	600	± 5	8	450	70
700	700	± 6	8	500	80
800	800	± 6	9	550	85
900	900	± 7	9	600	95
1000	1000	± 7	10	650	100
1100	1100	± 8	10	680	115
1200	1200	± 8	10	730	125
1300	1300	± 8	10	780	135
1400	1400	± 10	12	840	140
1500	1500	± 10	12	900	140

^a Die Wanddicke der Glockenmuffe t_s darf bei Rohren mit Fuß im Fußbereich unterschritten werden.
Abweichungen für Sonderlösungen möglich

Tabelle 2.5: Maße und Grenzabmaße von FBS-Beton und FBS-Stahlbetonrohren mit Eiquerschnitt und fest in der Muffe eingebauter Dichtung (Maße in mm)

Nennweite WN/HN	Innendurchmesser WN/HN		d _{sp} ¹⁾ min	Abweichung- von der Pa- rallelität der Stirnflächen	Fußbreite b min	Muffen- spaltweite w min	I _{so} ^{2,3)} min
	Nennmaß	Grenzabmaße					
300/450	300/450	± 4	430	5	260	11,7 ± 1,8	120
400/600	400/600	± 5	530	6	285	11,7 ± 1,8	120
500/750	500/750	± 5	640	6	320	14,3 ± 2,2	130
600/900	600/900	± 6	740	8	375	14,3 ± 2,2	130
700/1050	700/1050	± 6	860	8	430	14,3 ± 2,2	130
800/1200	800/1200	± 7	980	10	490	14,3 ± 2,2	130
900/1360	900/1360	± 7	1090	10	545	16,9 ± 2,6	150
1000/1500	1000/1500	± 8	1210	12	600	16,9 ± 2,6	150
1200/1800	1200/1800	± 10	1450	14	720	16,9 ± 2,6	150
1400/2100	1400/2100	± 12	1660	16	840	16,9 ± 2,6	150

¹⁾ Das Maß d_{sp} bezieht sich auf den horizontalen Durchmesser.

²⁾ Maß I_{so} nach Angabe des Herstellers

³⁾ Maß Spitzende I_{sp} ≥ vorh. I_{so} + 5 mm

Tabelle 2.6: Maße und Grenzabmaße von FBS-Betonrohren und FBS-Stahlbetonrohren mit Kreisquerschnitt und fest in der Muffe eingebauter Dichtung (Maße in mm)

Nennweite DN	Innendurch- messer d _i	Empfehlung für Spitzenddurch- messer ^{b)} Nennmaß d _{sp}	Muffenspalt- weite ^{a)} w min	Länge vom Spitzendspiegel bis zum Sitz des Dichtringes I _s min	Muffen- länge ^{c)} I _{so} min
300	300	386 ^{c)}	7,8 ± 1,2	39	80
		426 ^{d)}	7,8 ± 1,2	39	80
400	400	496 ^{c)}	9,1 ± 1,4	43	80
		526 ^{d)}	9,1 ± 1,4	43	80
500	500	610 ^{c)}	9,1 ± 1,4	43	90
		626 ^{d)}	9,1 ± 1,4	43	90
600	600	726	9,1 ± 1,4	43	90
700	700	844	11,7 ± 1,8	47	90
800	800	962	11,7 ± 1,8	47	90
900	900	1080	11,7 ± 1,8	47	100
1000	1000	1198	11,7 ± 1,8	47	100
1100	1100	1316	11,7 ± 1,8	47	100
1200	1200	1434	11,7 ± 1,8	47	100
1300	1300	1552	14,3 ± 2,2	58	110
1400	1400	1670	14,3 ± 2,2	58	110
1500	1500	1788	14,3 ± 2,2	58	110

^{a)} w = 0,5 (d_{so} – d_{sp}), dabei sind d_{so} und d_{sp} Mittelwerte, die aus den unter Erfassung der Mindest- und Höchstwerte am Rohr gemessenen Werten d_{so} und d_{sp} gebildet werden.

^{b)} Die Grenzabmaße ergeben sich aus den entsprechenden Maßen der Muffeninnendurchmesser und den Maßen und Grenzabmaßen der Muffenspaltweiten.

^{c)} Mindestmaße für Betonrohre und Stahlbetonrohre mit unbewehrtem Spitzende

^{d)} Mindestmaße für Stahlbetonrohre mit bewehrtem Spitzende. Mit diesen Maßen können auch Betonrohre und Stahlbetonrohre mit unbewehrtem Spitzende hergestellt werden.

^{e)} I_{sp} ≥ vorh. I_{so} + 5 mm

*Abweichungen für Sonderlösungen möglich

2.3 FBS-Stahlbetonrohre

FBS-Stahlbetonrohre nach DIN EN 1916 und DIN V 1201 sowie der FBS-Qualitätsrichtlinie Teil 1 werden zum Bau von drucklos betriebenen Kanälen und Leitungen – Freispiegelleitungen – für Wasser und Abwasser, aber auch für sonstige Leitungen aller Art, z. B. begehbare Leitungsgänge und Lüftungskanäle verwendet. Sie eignen sich besonders für hohe Belastungen, z. B. bei hohen Erdüberschüttungen oder dynamischen Beanspruchungen aus schwerem Verkehr bei geringen Erdüberdeckungen, darüber hinaus für besondere Einbaubedingungen, wie den Rohrvortrieb etc. Rohre für die offene Verlegung werden nach Arbeitsblatt DWA-A 127, Vortriebsrohre nach Arbeitsblatt DWA-A 161, aufgrund der jewei-

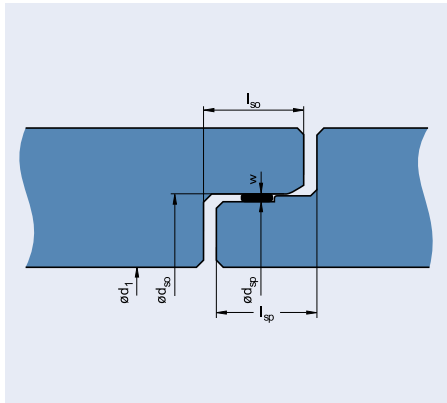


Bild 2.18: Falzverbindung mit werkseitig auf dem Spitzende von einer Schulter aufgespannter Gleitringsdichtung (Beispiel)



Bild 2.19: Herstellung eines Bewehrungskorbs

ligen Belastungs- und Einbaubedingungen, statisch berechnet nach den Regeln des Stahlbetonbaus und den Festlegungen von DIN V 1201 und DIN V 1202 bemessen und bewehrt und nach den erhöhten Anforderungen der FBS-Qualitätsrichtlinie Teil 1 ausgeführt. Grundlage der Ausführung sowie der Konformität sind daher stets die bautechnischen Unterlagen.

FBS-Stahlbetonrohre mit Kreisquerschnitt werden im Nennweitenbereich von DN 300 bis DN 4000 und größer ohne und mit Fuß sowie mit Glockenmuffe (Bilder 2.3 bis 2.6) oder Falzmuffe (Bild 2.18) hergestellt. Andere Querschnittsformen nach DIN 4263 können ebenfalls ausgeführt werden.

FBS-Stahlbetonrohre $\leq$ DN 1200 werden mit werkseitig fest in der Muffe eingebauten oder werkseitig auf dem Spitzende in einer Kammer aufgetragenen Gleitringsdichtungen geliefert. Für FBS-Stahlbetonrohre $>$ DN 1200 sind werkseitig fest in der Muffe eingebaute, werkseitig auf dem Spitzende in einer Kammer oder vor einer Schulter aufgetragene Gleitringsdichtungen zugelassen. Bei Gleitringsdichtungen auf dem Spitzende vor einer Schulter muss der Gleitring Keilquerschnitt haben.

Maße und Grenzabmaße von FBS-Stahlbetonrohren mit Kreisquerschnitt können Tabelle 2.7 entnommen werden. Für FBS-Stahlbetonrohre mit werkseitig fest in der Muffe eingebauter Dichtung gilt Tabelle 2.6.

Tabelle 2.7: Maße und Grenzabmaße von FBS-Stahlbetonrohren mit Kreisquerschnitt (Maße in mm)

Nennweite DN	Innendurchmesser d_1		Abweichung von der Parallelität der Stirnflächen
	Nennmaß	Grenzabmaße	
250	250	± 3	4
300	300	± 3	5
400	400	± 4	6
500	500	± 4	6
600	600	± 5	8
700	700	± 6	8
800	800	± 6	9
900	900	± 7	9
1000	1000	± 7	10
1100	1100	± 8	10
1200	1200	± 8	10
1300	1300	± 8	10
1400	1400	± 10	12
1500	1500	± 10	12
1600	1600	± 10	12
1800	1800	± 12	12
2000	2000	± 12	14
2200	2200	± 14	14
2500	2500	± 14	16
2800	2800	± 15	16
3000	3000	± 15	18
3200	3200	± 15	18
3500	3500	± 15	20
4000	4000	± 15	20

Die Bezeichnung eines FBS-Stahlbetonrohres (SB) vom Typ 2, mit Kreisquerschnitt (K), mit Glockenmuffe (GM), Nennweite DN 1000 und Baulänge $l=3000$ mm lautet:

FBS-Stahlbetonrohr DIN V 1201 - Typ 2 - SB - K - GM - 1000 x 3000

Die Bezeichnung eines FBS-Stahlbetonrohres (SB) vom Typ 2, mit Kreisquerschnitt (K), mit Falzmuffe (FM), Nennweite DN 2000 und Baulänge $l=2500$ mm lautet:

FBS-Stahlbetonrohr DIN V 1201 - Typ 2 - SB - K - FM - 2000 x 2500

FBS-Stahlbetonrohre mit eiförmigem Durchflussquerschnitt werden im Nennweitenbereich

WN/HN 300/450 bis WN/HN 1400/2100 mit Fuß und fest in der Muffe eingebauter Dichtung oder Gleitringdichtung auf dem Spitzende – in einer Kammer oder vor einer Schulter – hergestellt. Die Fertigung erfolgt in Stahlschalungen, in denen sie auch erhärten (Maße und Grenzabmaße siehe Tabelle 2.5).

Für kreisförmige Stahlbetonrohre finden sowohl einlagige als auch mehrlagige Bewehrungen Verwendung. Die nach den Regeln des Stahlbetons bemessene Ringbewehrung besteht gewöhnlich aus maschinell zu Bewehrungskörben verschweißtem, profiliertem Bewehrungsstahl B500A (Werkstoff 1.0438). In gleichmäßig verteilten Abständen von höchstens 150 mm wird sie über die gesamte Rohrlänge einschließlich der Muffe angeordnet. Durchgehende, gerade, ggf. in der Muffe aufgebogene Längsstäbe halten die meist wendelförmige Ringbewehrung. Sie sind in den Kreuzungspunkten mit der Ringbewehrung durch Widerstandspunktschweißung verbunden (Bild 2.19). FBS-Stahlbetonrohre mit Wanddicken ab 140 mm werden zweilagig bewehrt, wenn zwischen den Ringbewehrungen mindestens ein Abstand von nominal 40 mm vorhanden ist. (siehe Kapitel 3 „Herstellung und Prüfung“)

FBS-Stahlbetonrohre können ebenfalls zum Bau von Wasser- und Abwasserdruckleitungen mit niedrigen Betriebsdrücken, von Staukanälen und Rückhaltebecken mit zeitweisem Überstau sowie von Abwasserleitungen in Wassergewinnungsgebieten der Schutzzone II eingesetzt werden.

2.4 FBS-Vortriebsrohre

FBS-Vortriebsrohre werden im Allgemeinen bewehrt – in Ausnahmefällen unbewehrt – nach DIN EN 1916 und DIN V 1201, Typ 2 sowie den erhöhten Anforderungen der FBS-Qualitätsrichtlinie Teil 1 gefertigt.

Vortriebsrohre finden überall dort Anwendung, wo der übliche Einbau von FBS-Rohren in offener Bauweise technisch nicht möglich oder unwirtschaftlich ist.

FBS-Vortriebsrohre aus Stahlbeton verfügen über hohe Lastaufnahmereserven. Aus diesem Grund sind sie u.a. für sehr lange Vortriebsstrecken, für planmäßige Kurvenfahrten oder für den Vortrieb unter Druckluft besonders geeignet. Sie werden im Nennweitenbereich von DN 300 bis DN 4000 und größer hergestellt und erfolgreich eingesetzt.

Neben dem am häufigsten genutzten kreisförmigen Abflussquerschnitt sind auch andere Querschnitte, z. B. mit Trockenwetterrinne und Drachenquerschnitt, herstellbar. Die Bezeichnung eines FBS-Stahlbeton-(SB)Vortriebsrohres (VT) nach DIN V 1201 vom Typ 2, mit Kreisquerschnitt und Stahlführungsring (VM), Nennweite DN 2400 und Baulänge $l=3000$ mm lautet:

FBS-Stahlbeton-Vortriebsrohr DIN V 1201 - Typ 2 - SB - VT - VM - 2400 x 3000

Die statische Berechnung von Vortriebsrohren erfolgt nach dem Arbeitsblatt DWA-A 161 „Statische Berechnung von Vortriebsrohren“ für die jeweiligen Belastungs- und Einbaubedingungen (siehe Kapitel 9 „Statische Berechnung von Vortriebsrohren“). Zudem ist das Arbeitsblatt DWA-A 125 „Rohrvortrieb und verwandte Verfahren“ zu berücksichtigen.

Als Rohrverbindung für FBS-Vortriebsrohre wird ein fest eingebauter Stahlführungsring (Bild 2.20) in Verbindung mit einer Keilgleitdichtung aus Elastomeren nach DIN EN 681-1 verwendet. Der Dichtring wird werkseitig auf das Spitzende in einer Kammer oder vor einer Stufe aufgebracht. Der Stahlführungsring besteht aus normalem oder aus korrosionsbeständigem Stahl. Wichtig ist eine geeignete Sicherung gegen Wassermüdigkeit. Eine mögliche Ausführungsart zeigt das aus Arbeitsblatt DWA-A 125 entnommene Bild 2.21. Bei Einsatz von Bentonit als Schmier- und Stützmittel ist der auftretende äußere Druck für die Ausbildung der Rohrverbindung zu berücksichtigen. Falls erforderlich wird bei begehbaren Querschnitten nach Beenden des Vorpressvorganges zusätzlich die Rohrstoßfuge von innen abgedichtet.



Bild 2.20: FBS-Vortriebsrohre

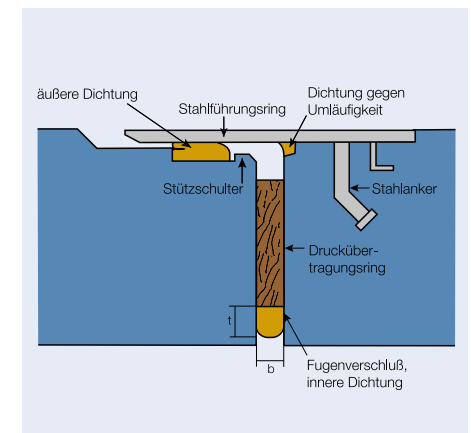


Bild 2.21: Rohrverbindung für Vortriebsrohre und optionaler innerer Dichtung

Tabelle 2.8: Grenzabmaße von FBS-Vortriebsrohren gem. DIN V 1201 und DWA-A 125

Nennweite DN	Grenzabmaße	
	Abweichung Rohraußendurchmesser [mm]	Abweichung von der Rechtwinkligkeit der Stirnflächen [mm]
≤ 300	+0/-8	4
> 300 bis ≤ 1000		6
> 1000 bis ≤ 2800	+0/-14	8
> 2800	+0/-20	10

Hierfür ist das nachträgliche Einbringen von elastomeren Dichtprofilen besonders zu empfehlen. In der Praxis ist die Ausführung von Sonderrohren, wie z. B. Anfangsrohre, Dehner-Vorlauf- oder Dehner-Nachlaufrohre sowie Rohre mit Injektionsstutzen gängig, die meist zwischen bauausführender Firma und Rohrhersteller abgestimmt werden.

Von besonderer Bedeutung sind die Maßgenauigkeit des Außendurchmessers der Vortriebsrohre sowie die planparallele und rechtwinklige Ausführung der Stirnflächen (Tabelle 2.8).

2.5 FBS-Hochlastrohre

FBS-Hochlastrohre bestehen aus kreisförmigen, wandverstärkten Stahlbetonrohren mit Formstücken gem. Abschnitt 2.9. „FBS-Formstücke aus Beton und Stahlbeton“. Die Rohre werden mit einer innenliegenden Muffenverbindung (Falzmuffe), hergestellt. Die Rohrbettung erfolgt gleichmäßig über die gesamte Länge. Vertiefungen für die Glockenmuffe, die bei einer zu geringen Ausnehmung zu Lastkonzentrationen führen können, entfallen. Mit



Bild 2.22: FBS-Hochlastrohr mit werkseitig fest in der Muffe eingebauter Gleitringdichtung

erhöhter Wanddicke bei entsprechender Bewehrung bietet das FBS-Hochlastrohr hohe Traglastreserven. Dieses eignet sich besonders für Lastfälle, die über die üblichen Beanspruchungen hinausgehen, wie beispielsweise der Einsatz unter stark belasteten Verkehrsflächen (Flughäfen, Schwerindustrie, Hafenanlagen, etc.) oder bei geringen Überdeckungshöhen. Auch bei ungeplanten Einwirkungen (wechselnde Bodenverhältnisse, Rohrverlegung), wie sie in Rohrlängsrichtung auftreten können oder bei Anbohrungen, wird insbesondere bei kleinen Nennweiten der Längsbiegezugwiderstand erhöht.

FBS-Hochlast-Rohre werden werkseitig mit einer fest in der Muffe eingebauten Gleitringdichtung (Bild 2.3/2.4/2.22) bis DN 1200 und ab DN 1300 mit werkseitig auf dem Spitzende in einer Kammer (Bild 2.5) oder von einer Schulter (Bild 2.6) aufgespannten Gleitringdichtung hergestellt.

2.6 Rohre aus Hochleistungsbeton

2.6.1 Allgemeines

Hochleistungsbetone werden vorrangig dort eingesetzt, wo besondere Anforderungen an die

- Tragfähigkeit,
- Dauerhaftigkeit,
- Chemische Widerstandsfähigkeit,
- Mechanische Widerstandsfähigkeit,
- Reduzierung der Wassereindringtiefe gestellt werden.

In der Praxis häufig angewendet:

- Hochfester Beton,
- Beton mit erhöhtem Säurewiderstand.

2.6.2 Hochfester Beton

Hochfester Beton wird dort eingesetzt, wo besondere Anforderungen an die Festigkeit und Tragfähigkeit gestellt werden, z. B. bei Vortriebsrohren.

2.6.3 Beton mit erhöhtem Säurewiderstand

Für Abwässer, die in ein Kanalnetz eingeleitet werden, existieren strenge Einleitungsvorschriften, u. a. um die Reinigungsleistung einer Kläranlage nicht zu beeinträchtigen (Arbeitsblatt DWA-A 115). In Sonderfällen können zudem andere Abwasserinhaltsstoffe und äußere Einflüsse durch belastete Grundwässer und Böden zu einem chemischen Angriff auf den Rohrbeton führen. Die Einteilung von natürlichen Wässern und Böden erfolgt nach DIN EN 206-1/DIN 1045-2 und die von Abwasserinhaltsstoffen nach Merkblatt DWA-M 168. In Abwassersystemen kann die Korrosionsbeanspruchung durch planerische Maßnahmen, z. B. durch gezielte Be- und Entlüftung, erheblich herabgesetzt werden. Für die Herstellung von Beton mit erhöhtem Säurewiderstand gelten zusätzliche Anforderungen an die Betonausgangsstoffe und die Betonzusammensetzung. Ziel ist es, ein dichtes Gefüge herzustellen, welches das Eindringen von schädlichen Substanzen bestmöglich verhindert.

Zur Gewährleistung und Sicherstellung der geforderten Eigenschaften eines Betons mit erhöhtem Säurewiderstand sind Erstprüfungen und vorlaufende sowie baubegleitende Maßnahmen zur Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung erforderlich. Der einzusetzende Beton ist in Übereinstimmung mit DIN EN 206, DIN 1045-2 und DIN 1045-3 als Beton nach besonderen Eigenschaften zu entwerfen, herzustellen und einzubauen. Die Anforderungen an den Beton werden durch den Auftraggeber festgelegt.

2.7 FBS-Linerrohre

2.7.1 Allgemeines

FBS-Linerrohrsysteme bestehen aus Beton- und Stahlbetonrohren mit den unterschiedlichsten Querschnitten, deren Formstücken und Schachtfertigteilen, die zusätzlich von innen, und falls erforderlich von außen, mit einem Liner ausgestattet sind. Neben ihrer klassischen Formstabil-



Bild 2.23: FBS-Linerrohr



Bild 2.24: FBS-Linerrohr

tät sind FBS-Linerrohre, -schachtfertigteile und -formstücke korrosionsbeständig im pH-Bereich von 1,0 bis 14,0 (beispielsweise bei Angriffen von innen durch biogene Schwefelsäure und gegenüber Angriffen von außen gemäß DIN 4030-1). Die Tragfähigkeit von FBS-Linerrohren, -schachtfertigteilen und -formstücken basiert auf den Anforderungen der DIN EN 1916, DIN V 1201 bzw. DIN EN 1917, DIN 4034-1 und den FBS-Qualitätsrichtlinien. Bezüglich ihrer Innen- und/oder Außenverkleidung gelten zusätzliche Systemanforderungen. Gegebenenfalls ist eine bauaufsichtliche Zulassung erforderlich.

2.7.2 Werkstoffe

Der Liner besteht in der Regel aus einem Polymer. Es können aber auch andere Werkstoffe, wie Glas oder Keramik zum Einsatz kommen. Der Liner umschließt den gesamten inneren und falls erforderlich auch den äußeren Querschnitt einschließlich der Verbindung. Das Linerrohr sowie die zugehörigen Dichtungen sind auf den jeweiligen Anwendungsfall abzustimmen. Sie müssen mindestens den Anforderungen von DIN EN 681-1 in Verbindung mit DIN 4060 entsprechen.

2.8 FBS-Stahlbetonrohre mit Rechteckquerschnitt

2.8.1 Allgemeines

FBS-Stahlbetonrohre mit Rechteckquerschnitt werden im gesamten Bereich der Abwasserab- und -behandlung eingesetzt. Sie bieten eine optimale Anpassung des Querschnitts bei Trassierungszwangspunkten, bei eingeschränkter Bauhöhe und -breite. Die Fertigung von FBS-Stahlbetonrohren mit Rechteckquerschnitt erfolgt in der Regel schalungserhärtend.

2.8.2 Anwendungsbereiche

FBS-Stahlbetonrohre mit Rechteckquerschnitt werden beim Bau von

- Schmutz-, Regen- und Mischwasserkanälen,
- Stauraumkanälen,
- Rückhaltebecken,
- Pumpstationen vertikal,
- Schachtbauwerken usw. eingesetzt.
- Absetzbecken,
- Löschwasserbehältern,
- Infrastrukturkanälen,
- Durchlässen,
- Schachtbauwerken usw.



Bild 2.25: FBS-Stahlbetonrohr mit Rechteckquerschnitt

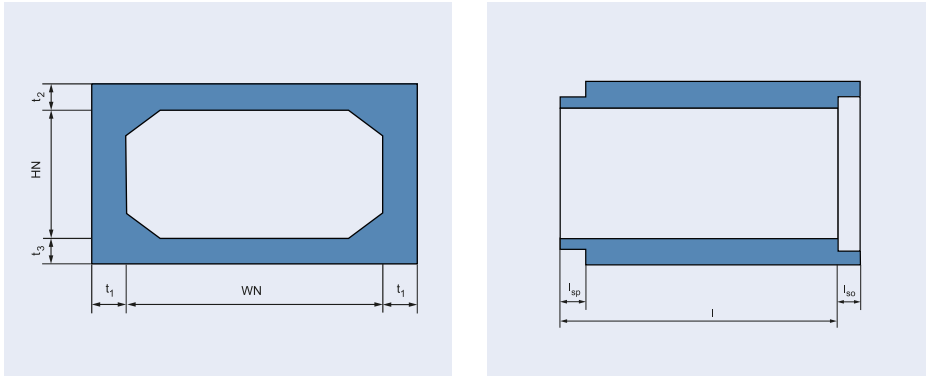
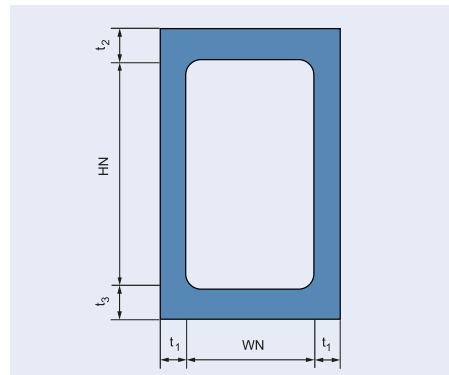


Bild 2.26: FBS-Stahlbetonrohr mit Rechteckquerschnitt mit Vouten eckig oder gerundet



Bild 2.27: FBS-Stahlbetonrohr mit Rechteckquerschnitt mit Vouten gerundet



2.8.3 Begriffe

WN = Weite (Breite) nominal

HN = Höhe nominal

l = Baulänge l (gemessen vom Ende des Spitzendes bis zum Anschlag der Muffe) (Bild 2.26)

Stiele/Wand t_1

Decke t_2

Sohle t_3

Vouten: eckig oder gerundet (Bilder 2.26 und 2.27)

TWR= Trockenwetterrinne

r_{Ri} = Radius Trockenwettergerinne

H_{Ri} = Höhe Trockenwettergerinne

1:n = Bermenneigung

b_B = Breite Berme

h_B = Höhe Berme

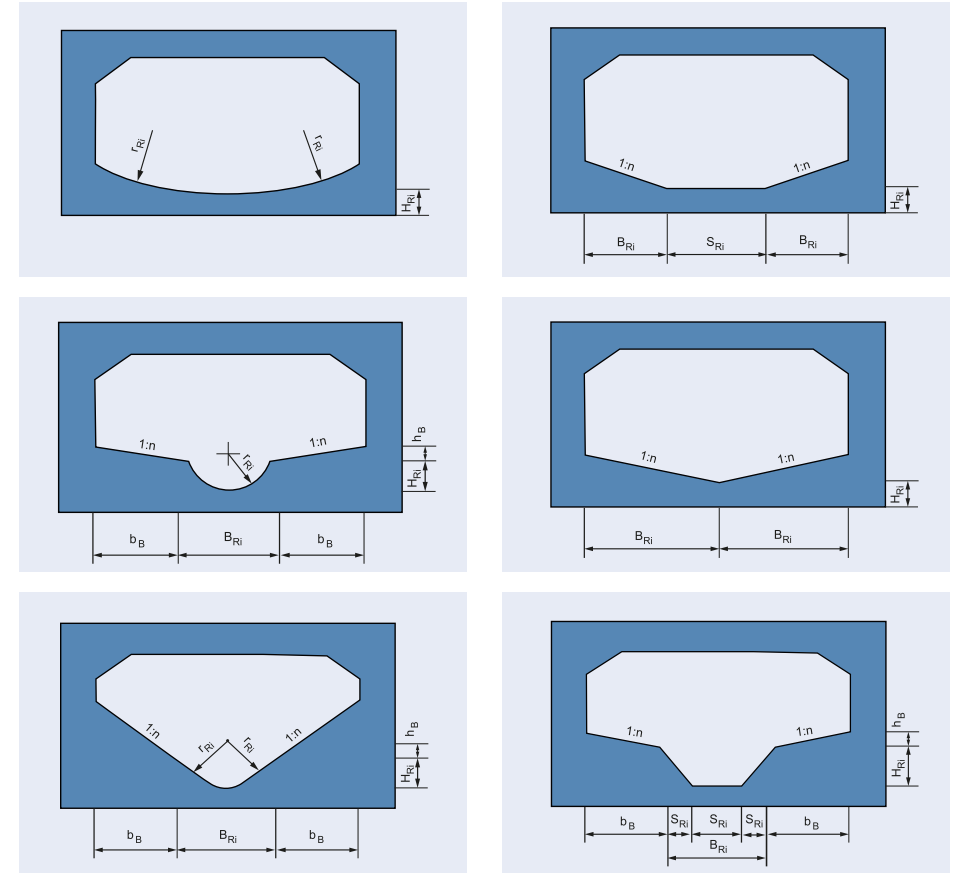


Bild 2.28: FBS-Stahlbetonrohre mit Rechteckquerschnitt und verschiedenen Querschnittsformen

2.8.4 Querschnittsformen

FBS-Stahlbetonrohre mit Rechteckquerschnitt werden den statischen und hydraulischen Anforderungen angepasst. Neben dem Normalprofil sind bei besonderen hydraulischen Erfordernissen folgende Trockenwetterrinnen ausführbar (Bild 2.28):

- Normalprofil, rechteckig mit Vouten bzw. Radien in den Ecken,
- Gerinne mit Berme, Bermenneigung 1:20 bis 1:3,
- kreissegmentförmig,
- trapez- oder dreiecksförmig,
- drachenförmig.

2.8.5 Verbindung

FBS-Stahlbetonrohre mit Rechteckquerschnitt werden üblicherweise mit folgenden Dichtungstypen gefertigt:

- a) werkseitig auf dem Spitzende vor einer Schulter aufgebraute Keilgleitringdichtung,
- b) werkseitig auf dem Spitzende vor einer Schulter aufgebraute Doppelkeilgleitringdichtung mit oder ohne Prüfrohr,
- c) werkseitig auf dem Spitzende in einer Kammer eingebaute Keilgleitringdichtung.

Für die Verbindungen von FBS-Stahlbetonrohren mit Rechteckquerschnitten gelten die Anforderungen gem. Abschnitt 2.1.3 „Rohr- und Schachtverbindungen“.

2.8.6 Anforderungen

Die Herstellung und Fertigung erfolgt nach DIN V 1201, DIN 1045-2 bis DIN 1045-4 und DIN EN 206-1/DIN 1045-2. Die FBS-Stahlbetonrohre mit Rechteckquerschnitt werden nach den Regeln des Stahlbetonbaus, unter Berücksichtigung der Einwirkungen nach DIN EN 1991 und nach DIN EN 1992-1 (EC 2) bemessen und bewehrt.



Bild 2.29: FBS-Stahlbetonrohr mit Rechteckquerschnitt (Beispiel: Doppelkanal)

FBS-Stahlbetonrohre mit Rechteckquerschnitt werden in der Regel im Nennweitenbereich von WN/HN 1000/500 bis WN/HN 6500/4000 mit einem Rastermaß von 250 mm gefertigt. Zwischenmaße sind möglich. Die Wanddicke beträgt je nach Einwirkungen und Profilgröße 200 bis 450 mm bei einem Rastermaß von 50 mm. Die Standardbaulänge beträgt in Abhängigkeit vom Gewicht und den Transportmaßen 2,0 m bzw. 3,0 m.

Die Bezeichnung eines FBS-Stahlbetonrohr mit Rechteckquerschnitt, Normalprofil, Nennweite WN/HN 2000/1500 und Baulänge $l = 3,00$ m lautet:

FBS-Stahlbetonrohr mit Rechteckquerschnitt DIN V 1201 - SB - RE - FM - 2000/1500 x 3000

2.9 FBS-Formstücke aus Beton und Stahlbeton

2.9.1 Allgemeines

In Ergänzung zu den Rohren aus Beton und Stahlbeton haben die FBS-Mitgliedsfirmen ein umfassendes Formstückprogramm entwickelt. Hierzu gehören Zuläufe (Abzweige), Krümmer, Passrohre, Gelenkrohre (Bild 2.31), Anschlussrohre für den gelenkigen An-



Bild 2.30: Anschluss FBS-Schachtunterteil

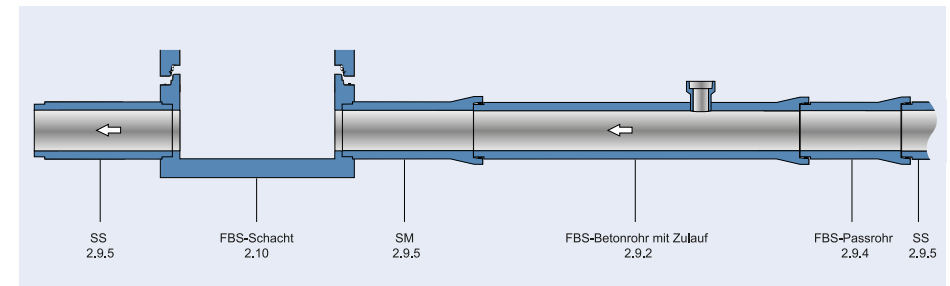


Bild 2.31: FBS-Haltung mit Schächten (Beispielhafte Systemskizze einer Haltung mit den entsprechenden Formteilen und deren Bezeichnung)

schluss, z. B. an Bauwerke, an Rohre aus anderen Werkstoffen u.a., Übergangs-/Reduzierrohre sowie Böschungrohre, die in vielfältiger Form allen Anforderungen angepasst werden können.

2.9.2 FBS-Zuläufe (Abzweige)

FBS-Zuläufe (Abzweige) werden in Nennweiten von DN 100 bis DN 250 und größer als Anschlussformstücke aus Beton oder anderen genormten bzw. bauaufsichtlich zugelassenen Werkstoffen werkseitig oder bauseits in FBS-Rohre aus Beton oder Stahlbeton eingebaut. In der Regel werden



Bild 2.32: FBS-Kurzrohr mit integriertem Anschluss

die Zuläufe in der oberen Hälfte des Rohrumfangs zwischen Scheitel und Kämpfer angeordnet, wobei je nach Ausführungsart die Achse des Zulaufs mit der Achse des durchgehenden Rohres einen Winkel von 45° oder 90° bildet.

Bei nicht begehbaren Kanälen bis DN 800 sollte in der Regel der Anschlusspunkt an dem Hauptrohr aus hydraulischen Gründen zwischen Kämpfer und Scheitel des Hauptrohres liegen. Bei begehbaren Kanälen ohne Berme sollte der Anschlusspunkt am Hauptrohr ca. 35 cm über der Sohle, mindestens jedoch über dem Trockenwetterabfluss liegen. Ist eine Berme vorhanden, so sollte der Anschlusspunkt etwa in Bermenhöhe liegen und zwar so, dass in der Berme noch ein Gerinne ausgebildet werden kann.

Nachträglich hergestellte Anschlussöffnungen an Beton- und Stahlbetonrohren können werkseitig mit einem geeigneten Kernbohrgerät mit passender Bohrkronen hergestellt werden. Durch die Bohrung freigelegter Bewehrungsstahl wird durch geeignete Maßnahmen vor Korrosion geschützt. Der Nenndurchmesser des Zulaufs ist nicht größer als 50 % des durchgehenden Rohrdurchmessers.

Im Bereich der Glocken- oder Falzmuffen beträgt der Abstand zu den Rohrenden mindestens dem 2-fachen Borlochdurchmesser. Der Bohrlochrandabstand zwischen zwei Zuläufen unterschreitet in keiner Richtung 1,00 m. Bei Rohren $\leq$ DN 400 bzw. $\leq$ WN/HN 400/600 und einer Baulänge $\geq$ 2,5 m werden Anschlussöffnungen im ersten und/oder im letzten Drittel des durchgehenden Rohres angeordnet.



Bild 2.33: Gelenkrohr mit Zulauf

Abweichungen von den vorgenannten Festlegungen erfordern besondere Maßnahmen und können nur in enger Abstimmung mit dem Besteller vorgenommen werden, um konstruktive und statistische Details abzustimmen.

Die Vorgabe der Lage der Anschlussöffnungen vermindern die Gefahr einer Radialrissbildung in Folge einer unsachgemäßen Bettung des Rohres beim Rohreinbau (siehe auch 6.11 „Bauseits hergestellte Anschlüsse

(Abzweige) innerhalb einer Haltung“).

Hinsichtlich der Ausführung der Zuläufe existieren die folgenden Varianten:

Werkseitig bei der Rohrherstellung angeformte oder eingebaute Zuläufe

Zuläufe aus Beton werden in speziellen Rohrformen gleichzeitig mit dem durchgehenden Rohr aus einem Guss hergestellt. Alternativ können auch Anschlussstücke aus anderen Werkstoffen direkt einbetoniert werden.

Werkseitig nachträglich eingebaute Zuläufe

Anschlussformstücke aus Beton oder anderen genormten oder bauaufsichtlich zugelassenen Werkstoffen werden in eine Öffnung des durchgehenden Rohres einbetoniert.

Werkseitig in Bohrungen eingesetzte Zuläufe

Genormte oder bauaufsichtlich zugelassene Anschlussformstücke mit speziellen Dichtungen werden in nachträglich mit Kernbohrgeräten hergestellte Öffnungen der Beton- und Stahlbetonrohre eingebaut (Bild 2.34).



Bild 2.34: Bohrgerät mittels Vakuumplatte an einem Rohr DN $\leq$ 600 befestigt

Bauseits in Bohrungen eingesetzte Zuläufe

Aus Transportgründen können Rohre aus Beton oder Stahlbeton auch mit werkseitigen Bohrungen und losen Anschlussformstücken geliefert werden.

2.9.3 FBS-Krümmen

FBS-Krümmen dienen zur Richtungsänderung in horizontaler und/oder vertikaler Richtung. Sie werden einschnittig aus zwei Rohrsegmenten oder zweisechnittig aus drei Segmenten hergestellt (Bild 2.35/Bild 2.36). Aus hydraulischen Gründen sollte die Abwinklung am Segmentstoß 25 gon (22,5°) nicht überschreiten. Bei größeren Abwinklungen müssen unter Umständen mehrere FBS-Krümmen hintereinander angeordnet werden. Die Achslänge eines FBS-Krümmers ist in der Regel gleich der Baulänge des Rohres. Je nach baulichen Erfordernissen werden aber auch Sonderlängen gefertigt.

Bei der Herstellung sollte als Verlegehilfe eine Scheitel- oder Kämpfermarkierung innen an den Rohrenden angebracht werden.

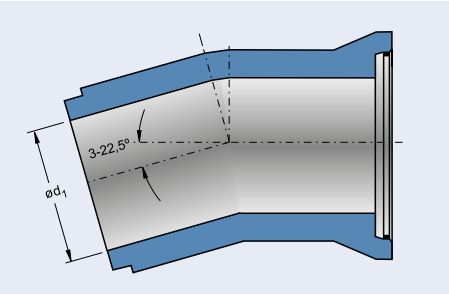


Bild 2.35: FBS-Krümmen, einschnittig aus zwei Rohrsegmenten



Bild 2.36: FBS-Krümmen

2.9.4 FBS-Passrohre

FBS-Passrohre sind Rohre aller Nennweiten, deren Baulängen und Rohrenden den örtlichen Situation angepasst sind. (Bild 2.37)



Bild 2.37: FBS-Passrohr

Tabelle 2.9: Baulänge von Gelenkrohren

Durchmesser	Baulänge
$\leq \text{DN } 600$	$l \leq 1,00 \text{ m}$
DN 700 bis DN 1200	$l \leq 1,50 \text{ m}$
$\geq \text{DN } 1300$	$l = \text{Regelbaulänge}$

2.9.5 FBS-Gelenkrohre

FBS-Gelenkrohre aus Beton und Stahlbeton aller Nennweiten werden mit Muffe und Spitzende oder mit zwei Spitzenden hergestellt. Sie werden zwischen der ankommenden und abgehenden Rohrleitung und den Schachtanschlussrohren, bzw. den angeformten Muffen der Schachtbauwerke eingebaut, um Zwängungsbeanspruchungen aus unterschiedlichen Setzungen von Rohrleitungen und Schächten zu vermeiden. Nach DIN V 1202 gelten für Gelenkrohre Baulängen nach Tabelle 2.9.



Bild 2.38: FBS-Gelenkrohr (Spitz-Spitz)

2.9.6 FBS-Anschlussrohre

FBS-Anschlussrohre sind in die Schachtwand fest eingebaute Formteile (Muffe oder Spitzende) zum Anschluss von Gelenkrohren. Die maximale Baulänge eines in einem Schachtunterteil oder einem Bauwerk fest eingebauten Anschlussrohres muss gleich der Wanddicke zuzüglich höchstens der halben Nennweite des Rohres in Millimetern, maximal aber 1,0 m sein.



Bild 2.39: FBS-Anschlussrohr (Muffe-Stumpf)

2.9.7 FBS-Übergangsrohre

FBS-Übergangsrohre dienen zur Reduzierung oder Aufweitung der Nennweiten innerhalb einer Rohrleitung oder zum Anschluss an Rohre aus anderen Werkstoffen. Der Übergang

kann sohl-, scheidel- oder achsgleich ausgeführt werden. Üblich sind Nennweitsprünge über ein bis zwei Nennweiten. Die Herstellung erfolgt meist aus zwei Rohrhälften (Muffen- und Spitzende verschiedener Nennweiten), die an der Übergangsstelle kraftschlüssig miteinander verbunden werden.



Bild 2.40: FBS-Übergangsrohr

2.9.8 FBS-Böschungsrohre

FBS-Böschungsrohre sind Rohre, die zur Angleichung an vorhandene Böschungen einseitig abgeschrägt werden (Bild 2.41/Bild 2.42). Böschungsrohre können für alle Querschnittsformen in allen Nennweiten gefertigt werden. Die Regelneigungen betragen 1:1, bis 1:1.5. Andere Neigungen können ebenfalls hergestellt werden.

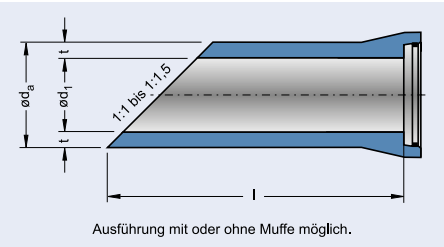


Bild 2.41: Beispiel eines FBS-Böschungsrohres



Bild 2.42: FBS-Böschungsrohr

2.10 FBS-Schachtfertigteile

2.10.1 Allgemeines

FBS-Schachtfertigteile aus Beton und Stahlbeton mit Kreisquerschnitt zum Bau von Schächten für erdverlegte Abwasserleitungen und -kanäle sind in DIN EN 1917 und DIN 4034-1 in den Nennweiten DN 800, DN 1000, DN 1200, DN 1500 und DN 2000 genormt und erfüllen die erhöhten Anforderungen der FBS-Qualitätsrichtlinie Teil 2. Sie werden mit Muffe und Spitzende zur Verwendung von Dichtmitteln aus Elastomeren nach DIN EN 681-1 und DIN 4060 hergestellt. FBS-Schachtfertigteile mit anderem Querschnitt (z. B. mit Rechteckquerschnitt) können sinngemäß ausgeführt werden.

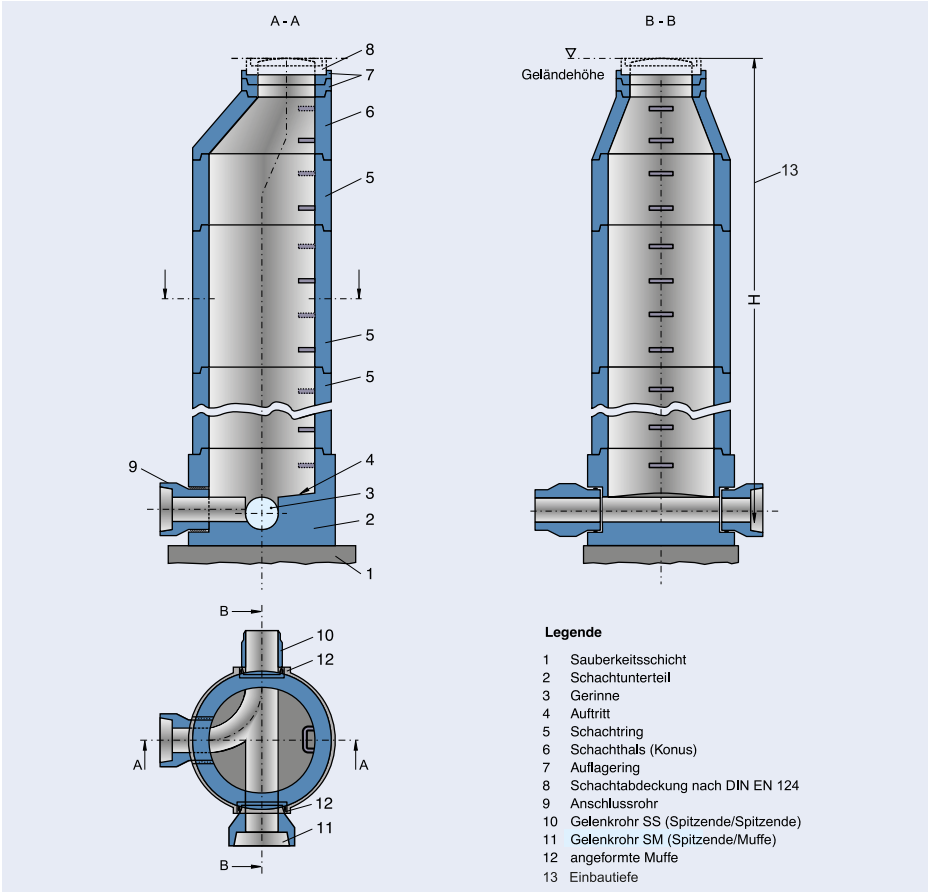


Bild 2.43: FBS-Schacht aus Beton- und Stahlbetonfertigteilen

Tabelle 2.10: Abkürzungen für Schachtfertigteile

Abkürzung	Benennung
SU-M	Schachtunterteil mit Muffe
FAR-M	Fußauflagering mit Muffe
SR-M	Schachtring mit Muffe
UEP-M	Übergangsplatte mit Muffe
SH-M	Schachthals mit Muffe
AP-M	Abdeckplatte mit Muffe
AR-V	Auflagering verschiebesicher
SS	Gelenkrohr mit zwei Spitzenden
SM	Gelenkrohr mit Muffe und Spitzende

Brunnen- und Sickerschächte nach DIN 4034-2 sind für die Verwendung in Abwasserkanälen nicht zugelassen!

Schächte für erdverlegte Abwasserleitungen und -kanäle dienen in erster Linie dem Zugang zur Kanalisation zum Zwecke der Kontrolle, Wartung, Reinigung sowie der Be- und Entlüftung. Darüber hinaus werden sie auch zur Zusammenführung, Richtungs-, Neigungs- und Querschnittsänderung der Rohrleitungen genutzt. Die größte Einbautiefe für Schächte bis DN 1500 beträgt ohne weiteren Nachweis 10 m ab Oberkante Fließsohle, für Schächte ab DN 2000 6,50 m, bei einer Verkehrslast LM 1 nach DIN EN 1991-2.

Der Abstand der Schächte richtet sich nach arbeits- und sicherheitstechnischen Gesichtspunkten und ist davon abhängig, ob es sich um Schmutz-, Misch- oder Regenwasserkanäle handelt. Die Notwendigkeit der Belüftung ist situativ zu prüfen.

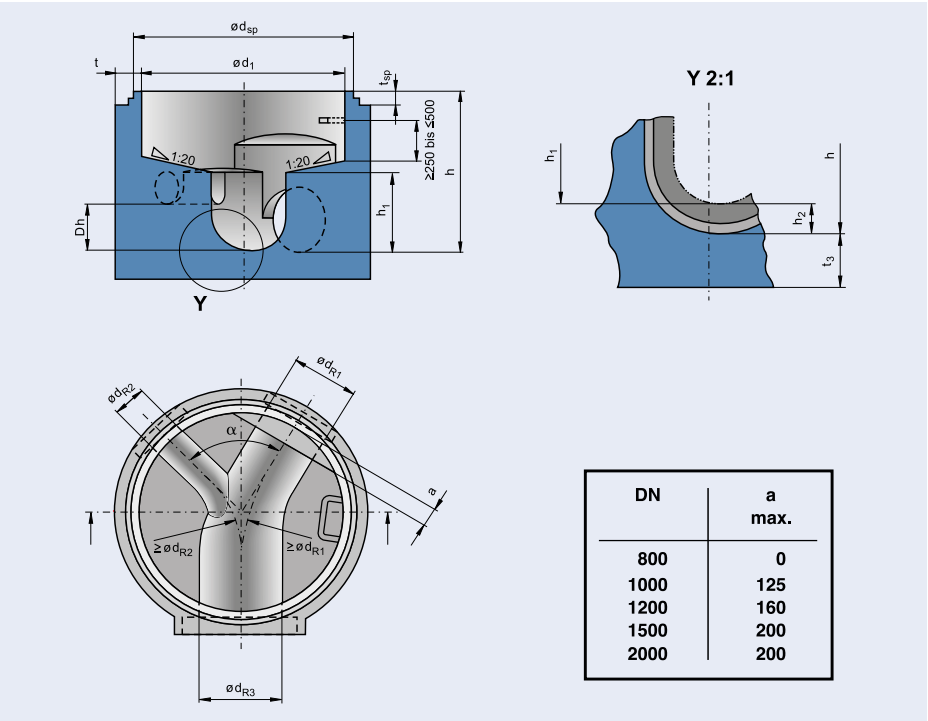


Bild 2.44: FBS-Schachtunterteil (SU-M) mit integrierten Rohranschlussmuffen, mit Richtungs- und Dimensionswechsel und einem Zulauf



Bild 2.45: FBS-Schachtunterteil



Bild 2.46: Monolithisches FBS-Schachtunterteil

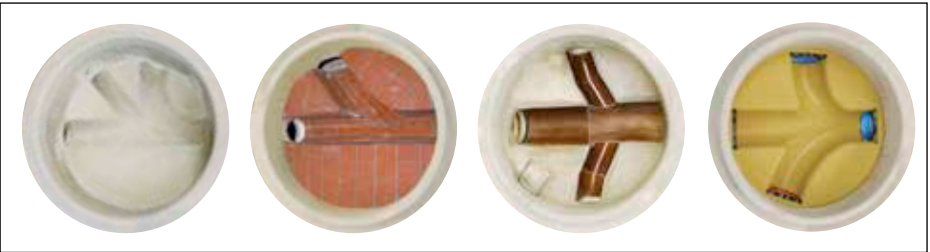


Bild 2.47: FBS-Schachtunterteil mit verschiedenen Gerinneausbauten

Zur Reduzierung der Baukosten können zwischen den begehbaren Schächten auch kleinere Inspektions-, Reinigungs- und Lüftungsschächte aus Beton im Nennweitenbereich von DN 400 bis DN 800 eingebaut werden.

Der besondere Vorteil der FBS-Schachtfertigteile besteht im schnellen und nahezu ortsunabhängigen Einbau. Daraus resultieren Bauzeitverkürzungen, die zu Kosteneinsparungen beitragen.

Ein kompletter FBS-Schacht besteht in der Regel aus den im Bild 2.43 dargestellten Fertigteilen.

2.10.2 FBS-Schachtunterteile

FBS-Schachtunterteile (SU-M) bestehen aus Sohlplatte, Gerinne, Auftritt, Schachtwand mit in der Regel integrierten Rohranschlussmuffen (Bild 2.44) zum Anschluss von Gelenkrohren, Dichtmittel und ggf. Steighilfen. Bei größerem Gefälle der ankommenden bzw. abgehenden Leitungen oder bei Abstürzen kann die Ausführung mit nachträglich eingebauten Anschlussrohren oder Sonderkonstruktionen erforderlich sein.

Tabelle 2.11: Maße für FBS-Schachtunterteile (SU-M, Maße in mm)

DN	d ₁	t min	d _R ^a max	h ₁	h _{min} ^d	t ₃ min
800	800 ± 8	150	150	150	500	150
1000	1000 ± 8		200	200	500	
1200	1200 ± 10		250	250	600	
			300	300	700	
			400	400	800	
1000	1000 ± 8	150	500	500	900	
1200	1200 ± 10		600	500	1000	
1200	1200 ± 10	150	700	500	1100	200
			800	500	1200	
1500	1500 ± 10	150	900	500	1300	200 ^b 250 ^c
			1000	500	1400	
2000	2000 ± 10	170	1100	550	1500	
			1200	600	1600	
			1300	650	1700	
			1400	700	1800	

- a Für Abwasserleitungen und -kanäle mit $d_R \geq 700$ mm können Tangentialschächte angeordnet werden.
b Ein statischer Nachweis ist erforderlich.
c Für den Einbau ist eine Musterbewehrung nach DIN 4034-1 oder ein statischer Nachweis erforderlich.
d Wenn örtliche Gegebenheiten es erfordern, darf h_{min} unterschritten werden. In diesem Fall ist ein statischer Nachweis erforderlich.

Im Regelfall werden Gerinne und Auftritt entweder monolithisch mit Schachtboden und Schachtwand oder nachträglich in Beton hergestellt. Weitere Möglichkeiten sind Kanalklinker, Steinzeugsohlschale oder Kunststoffgerinne. Die lichten Abmessungen des Schachtunterteils richten sich nach Anzahl und Größe der ankommenden und abgehenden Kanäle.

FBS-Schachtunterteile werden in der Regel in den Nennweiten DN 800, 1000, 1200, 1500 und 2000 hergestellt (Tabelle 2.11).

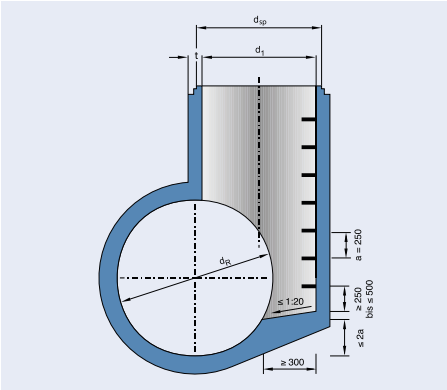


Bild 2.48: FBS-Tangentialschacht mit einseitigem Auftritt (Beispiel)



Bild 2.49: FBS-Tangentialschacht auf der Baustelle

Die Bezeichnung eines FBS-Schachtunterteils (SU) Typ 2, mit Muffenverbindung (M), Nennweite DN 1000, Bauhöhe $h = 800$ mm lautet:

FBS-Schachtunterteil DIN 4034-1 - Typ 2 - SU - M - 1000 x 800

Bei FBS-Beton- und Stahlbetonrohren mit Nennweiten $\geq$ DN 700 können Schachtunterteile auch seitlich an die Rohre angeformt werden. Dieses Bauteil wird als Tangentialschacht bezeichnet (Bild 2.48/Bild 2.49). Beim Tangentialschacht wird die Rohrbettung nicht unterbrochen und es sind keine Gelenkrohre erforderlich.

Der Auftritt von Schachtunterteilen ist bei einem Durchmesser des abgehenden Kanales bis DN 500 aus hydraulischen Gründen beidseitig auf Scheitelhöhe hochzuziehen. Bei größeren Querschnitten soll die Auftrittshöhe mindestens 500 mm betragen. Die Breite des Auftrittes darf 200 mm nicht unterschreiten. Bei Nennweiten über DN 600 soll an der Einsteigseite eine Auftrittstiefe von mindestens 300 mm vorhanden sein. Die Neigung der Auftrittsflächen darf nicht steiler als 1:20 sein (sonst Rutschgefahr). Bei Auftrittshöhen über 500 mm sind aus Sicherheitsgründen Steigkästen oder Stufen in Verbindung mit Haltehilfen anzubringen.

Das Gerinne im Schacht sollte ein gleichmäßiges Gefälle aufweisen. Zusätzliche Zuläufe sind so einzubauen, dass bei Trockenwetterabfluß kein Rückstau entstehen kann. Bei der Herstellung sollte eine Scheitel- oder Kämpfermarkierung innen an den Rohrenden als Vergehilfe angebracht werden.

2.10.3 FBS-Schachtringe

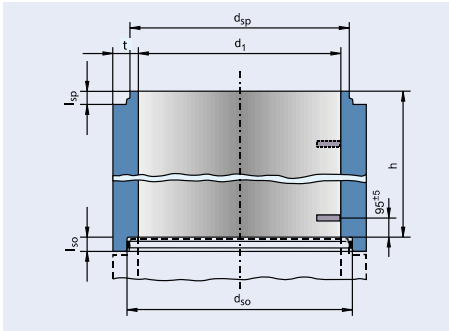


Bild 2.50: FBS-Schachtring mit Muffe (SR-M)



Bild 2.51: FBS-Schachthals (Konus)

FBS-Schachtringe (SR-M), (Bild 2.50) werden mit Muffe und Spitzende zur Verwendung von Dichtmitteln aus Elastomeren in Nennweiten von DN 800, 1000, 1200, 1500 und 2000 mit Mindestwanddicken hergestellt (Bild 2.50/Tabelle 2.12). Die Regelbauhöhen betragen 500, 750 und 1000 mm. Zur Anpassung an örtliche Geländehöhen können auch dem Steigmaß angepasste Bauhöhen (z. B. Schachtrohr) geliefert werden.

Tabelle 2.12: Maße für FBS-Schachtringe mit Muffe (SR-M, Maße in mm)

DN	d ₁	d _{sp}	t _{min}	l _{sp}	l _{so}	l _s
800	800 ± 8	890 ± 2,0	120	65 ± 2,0	70 ± 1,0	26
1000	1000 ± 8	1090 ± 2,0	120	65 ± 2,0	70 ± 1,0	26
1200	1200 ± 10	1300 ± 3,0	135	75 ± 3,0	80 ± 1,0	32
1500	1500 ± 11	1620 ± 3,5	150	85 ± 3,0	90 ± 1,5	36
2000	2000 ± 12	2120 ± 3,5	150	85 ± 3,0	90 ± 1,5	36

2.10.4 FBS-Übergangsplatten

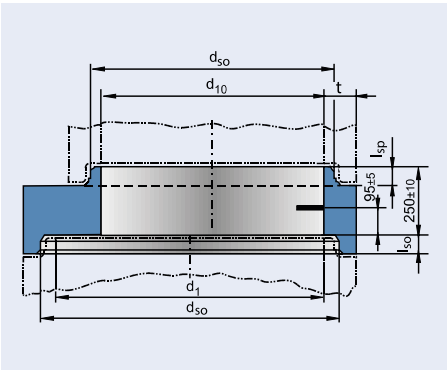


Bild 2.52: FBS-Übergangsplatte mit Muffenverbindung (UEP-M)

Der Übergang zwischen FBS-Schachtfertigteilen der Nennweiten DN 800, 1000, 1200, 1500, 2000 wird mit FBS-Übergangsplatten (UEP-M) ausgeführt (Bild 2.52).

FBS-Übergangsplatten haben eine Mindestbauhöhe von 250 mm, für die eine statische Berechnung entsprechend DIN 4034-1 erforderlich ist. FBS-Übergangsplatten können auch mit angeformtem Schachtring gefertigt werden.

2.10.5 FBS-Schachthäule und FBS-Abdeckplatten

Zum Übergang von den Schachtringen zur Schachtabdeckung stehen FBS-Schachthäule (SH-M), auch als Konen bezeichnet (Bild 2.54), FBS-Schachthäule mit angeformten Schach-

tringen und bei niedriger Bauhöhe FBS-Abdeckplatten (AP-M, Bild 2.55) zur Verfügung.

Die Bezeichnung eines FBS-Schachthalses (Konus) Typ 2, mit Muffe (SH-M), Nennweite DN 1000/DN 625 und Bauhöhe h = 600 mm lautet:

FBS-Schachthals DIN 4034-1 - Typ 2 - SH - M 1000/625 x 600

FBS-Schachthäule werden in den Nennweiten DN 800, 1000, 1200 und 1500 mit Einstiegsöffnungen von 625 mm und 800 mm in Regelbauhöhen von 600 mm, Schachthäule mit angeformten Schachtringen in Regelbauhöhen von 850 mm und zusätzlich einem Vielfachen von 250 mm hergestellt.

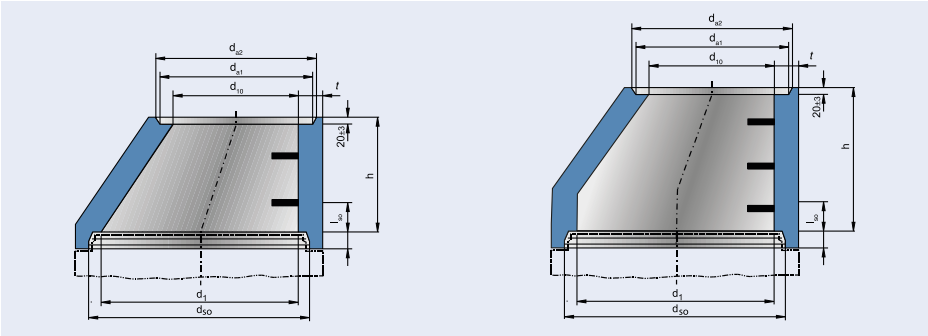


Bild 2.53: FBS-Schachthals (SH-M, Konus) und FBS-Schachthals mit angeformtem Schachtring

Tabelle 2.13: Maße für Auflageflächen der Auflageringe von Schachthäulen mit Muffenverbindung (Maße innen in mm)

DN	d ₁	d ₁₀	d _{a1}	d _{a2}
800/625	800 ± 8	625 ± 6	795 ± 6	805 ± 6
1000/625	1000 ± 8	625 ± 6	795 ± 6	805 ± 6
1000/800	1000 ± 8	800 ± 8	970 ± 8	980 ± 8
1200/625	1200 ± 10	625 ± 6	795 ± 6	805 ± 6
1200/800	1200 ± 10	800 ± 8	970 ± 8	980 ± 8
1500/625	1500 ± 10	625 ± 6	795 ± 6	805 ± 6
1500/800	1500 ± 10	800 ± 8	970 ± 8	980 ± 8



Bild 2.54: FBS-Schachthals (Konus)

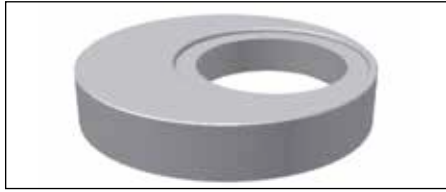


Bild 2.55: FBS-Abdeckplatte

In Ausnahmefällen werden auch Schachthälsen in der Nennweite DN 1000 mit Einstiegsöffnungen von 625 mm und 800 mm mit Bauhöhen von ≥ 300 mm – sogenannte Minikonen – hergestellt. Es gelten die Anforderungen nach DIN EN 1917 und DIN 4034-1 Abschnitt 4.3.6 und 5.2.4 sowie die erhöhten Anforderungen der FBS-Qualitätsrichtlinie 2-1.

Im Gegensatz zu den Festlegungen nach DIN EN 1917 muss die vertikale Mindestbruchlast F_v für FBS-Übergangsringe und FBS-Schachthälsen, die für den Einbau in Straßenverkehrsflächen vorgesehen sind, 400 kN betragen.

FBS-Abdeckplatten (Bild 2.55) werden verwendet, wenn infolge niedriger Schachthöhe der Einbau eines FBS-Schachthalses nicht möglich ist. FBS-Abdeckplatten werden in allen Nennweiten DN 800/625, bzw. DN 800, DN 1000/625, bzw. DN 800, DN 1200/625, bzw. DN 800, DN 1500/625, bzw. DN 800 und DN 2000/625, bzw. DN 800 hergestellt.

FBS-Abdeckplatten haben eine Bauhöhe von mindestens 200 mm und werden mit Muffen passend zu den Schachtringen gefertigt. Eine statische Berechnung entsprechend DIN 4034-1 ist erforderlich. Abdeckplatten können auch mit angeformtem Schachtring geliefert werden.

2.10.6 FBS-Auflageringe

Zum Ausgleich von geringen Höhendifferenzen zwischen Schachthals bzw. Abdeckplatte und Schachtabdeckung werden verschiebesichere FBS-Auflageringe (AR-V) in Höhen von 60, 80 oder 100 mm eingebaut. Die Gesamthöhe der verbauten Auflageringe darf 240 mm nicht überschreiten.

Für den Übergang von bauseits erstellten Schachtunterteilen auf Schachtfertigteile können FBS-Fußauflageringe (FAR-M) verwendet werden. Diese sind ebenso Bestandteil der DIN 4034-1.

2.10.7 Schachtabdeckungen

Schachtabdeckungen – als oberer Abschluss der Schächte – bestehen aus einem Rahmen, Schmutzfänger und Deckel. Sie sind prüfzeichenpflichtig und müssen den Anforderungen nach DIN EN 124 entsprechen. Für Fahrbahnen von Straßen, Parkflächen und vergleichbar befestigten Verkehrswegen sind Abdeckungen der Klasse D zu verwenden. Zur besseren Be- und Entlüftung der Kanäle sollen sie Entlüftungsöffnungen aufweisen. Werden Schachtabdeckungen ohne Entlüftungsöffnungen eingesetzt, muss die Be- und Entlüftung der Kanäle durch andere Maßnahmen, z. B. durch Steigrohre, sichergestellt werden. Bei zu erwartendem Rückstau aus dem Kanalnetz sind rückstausichere Schachtabdeckungen zu verwenden.

2.10.8 Steiggänge

Steighilfen sind in vielfältigen Ausführungen vorhanden, die sich wie folgt unterscheiden lassen:

- Einläufig mit Steigbügeln nach DIN 19555,
- Steigleitern nach DIN EN 14396,
- Zweiläufig mit Steigeisen nach DIN 1212,
- Steigkästen in Anlehnung an DIN EN 14396 und DIN 19555.

Der FBS empfiehlt die Verwendung von einläufigen Steigbügeln nach DIN 19555.



Bild 2.56: Steigbügel für einläufige Steiggänge, Form A (links) und Form B (rechts)

Des Weiteren werden in Betonschächten noch weitere Steighilfen verbaut. Dazu gehören:

- Steigbügel (Bild 2.56) nach DIN EN 13101 und nach DIN 19555 mit PP-Beschichtung (Form A/Form B) Stahl und Edelstahl mit PP-Ummantelung. Die Materialart wird farblich unterschieden, in der Regel schwarz für Stahl und orange für Edelstahl. Die Steigbügel werden in der Regel in die Bauteile werkseitig eingebaut. Sie können auch nachträglich bauseits montiert werden.

- b) Steigleitern nach DIN EN 14396 sind aus nicht rostendem Stahl hergestellt und bestehen aus Holm(en) und Sprossen. Die Leitern sind im Schacht fest installiert und müssen ab einer Absturzhöhe von 5 m mit Einrichtungen zum Schutz gegen Absturz von Personen ausgestattet sein.
- c) Steigseisen nach DIN EN 13101 und nach DIN 1212 (mit Aufkantung) werden aus Gusseisen gefertigt und gehören zu den zweiläufigen Steiggängen. Die Steigseisen werden in der Regel in die Bauteile werkseitig eingebaut. Sie können auch nachträglich bauseits montiert werden.
- d) Steigkästen bestehen aus Edelstahl oder Polypropylen. Sie werden üblicherweise dort eingesetzt, wo keine Einbauteile in das Gerinne hineinragen dürfen, z. B. bei Gerinnehöhen über 500 mm.

Bei allen aufgeführten Steiggängen ist die GUV-R 177 „Steiggänge für Behälter und umschlossene Räume“ zu beachten.

2.11 FBS-Sonderbauwerke

2.11.1 Allgemeines

Für Sonderbauwerke der Ortsentwässerung – z. B. Vereinigungsbauwerke (Bild 2.58), Kreuzungsbauwerke, Absturzbauwerke (Bild 2.59/Bild 2.60), Ein- und Auslaufbauwerke, Sandfänge, Regenüberlaufbauwerke, Schieberschächte, Pumpanlagen – hat sich die Verwendung von Beton- und Stahlbetonfertigteilen durchgesetzt. Sie werden nach baulichen und betrieblichen Erfordernissen individuell konstruiert. Komplizierte Schalungs- und Bewehrungsarbeiten werden von der Baustelle ins Betonwerk verlagert. Exakte Ausführung, hohe Betonqualität, fristgerechte Lieferung, Verkürzung der Bauzeit und damit verbundene Wirtschaftlichkeit sind die Hauptargumente, die für eine Vorfertigung sprechen.



Bild 2.57: FBS-Schachtbauwerk

Zum Bau dieser Anlagen werden entweder großformatige Stahlbetonrohre (> DN 1500) oder Stahlbetonfertigteile mit Rechteck- oder Vieleckform eingesetzt. Die kraftschlüssige und wasserdichte Montage erfolgt je nach Gewicht entweder im Betonwerk oder auf der Baustelle, wobei die Verbindung der einzelnen Schachtbauelemente entweder mit Vergussfugen be-

grenzter Breite mittels speziellem Vergussbeton oder als Kontaktlagerfugen unter Verwendung von Epoxidharzmörtel erfolgt. Ggf. werden Fugenbänder, Fugenbleche, Injektionsschläuche oder Quellschläuche eingebaut oder die Bauteile miteinander verschraubt bzw. verspannt. Die Abmessungen sind variabel und können den örtlichen Verhältnissen angepasst werden. Statische Berechnungen und Ausführungspläne werden werkseitig mitgeliefert.

Für die Herstellung und Lieferung von Stahlbetonfertigteilen gilt DIN 1045-4.

Bauwerke können in den folgenden Bauweisen hergestellt werden:

- Monolithbauweise: Die Herstellung von Unterteil, Wänden und Sohle erfolgt in einem Arbeitsgang als Monolith. Die Stahlbetonübergangsplatte oder Abdeckplatte wird nachträglich aufgelegt.



Bild 2.58: Beispiel eines Vereinigungsbauwerkes in Kompaktbauweise

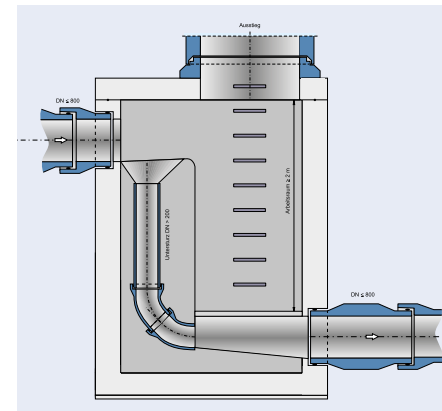


Bild 2.59: Beispiel eines Absturzbauwerkes mit Absturz innenliegend

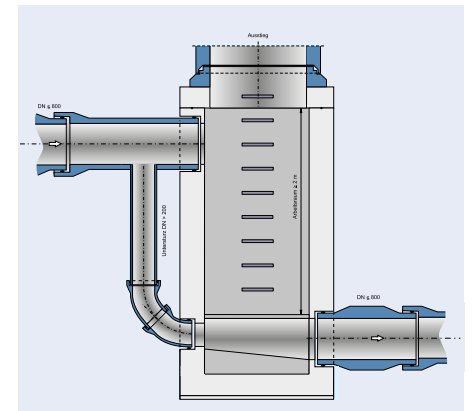


Bild 2.60: Beispiel eines Absturzbauwerkes mit Absturz außenliegend

- **Kompaktbauweise:** Die Herstellung erfolgt in mehreren Arbeitsphasen im Fertigteilwerk. Das Bauwerk wird aus einzelnen Wandelementen mit nachträglich betonierter Sohle zusammengesetzt. Die Verbindung der einzelnen Bauteile erfolgt durch übergreifende Anschlussbewehrung und Ausbetonieren der Arbeitsfugen oder auch mit Verschraubungen und Fugenverbindungen in Epoxidharzmörtel. Die Stahlbetonübergangsplatte oder Abdeckplatte wird nachträglich aufgelegt.
- **Mischbauweise:** Die Mischbauweise stellt eine Kombination von Fertigteil- und Ortbetonbauweise dar. Dabei werden werkseitig vorgefertigte Wand-, Decken- oder Sohlelemente vor Ort montiert und durch Ortbeton ergänzt und verstärkt. Die Verbindung der Fertigteilelemente erfolgt nach statischen und konstruktiven Erfordernissen durch übergreifende Anschlussbewehrung. Folgende Ausführungsformen sind möglich:
 - Ortbetonsohle mit aufgesetzten Wandelementen und Übergangsplatten
 - Wandelemente als Schalung für die Sohle und Übergangsplatten
 - Ortbetonbauwerk mit aufgelegter Fertigteilübergangsplatte, evtl. mehrteilig.

Die Verbindung zwischen Schachtunterteil und Übergangsplatte muss verschiebesicher sein. Die Lastübertragung erfolgt durch ein gleichmäßig aufgebrachtes Mörtelbett oder durch Verklebung mit Epoxidharzmörtel.

Als Verbindung kommen folgende Varianten in Frage:

- Falzverbindung,
- Dollen,
- Nut und Feder,
- Anschlussbewehrung mit Ortbetonverguss.

Falls erforderlich erfolgt die Abdichtung der Fuge Wand/Decke mit:

- elastisch-plastischen Vergussmassen,
- Epoxidharzmörtel, dient auch zur Lastübertragung,
- elastomeren Kompressionsdichtungen,
- äußerer Abklebung der Deckenfuge mit Polymerbitumenbahn.

Wird die Übergangsplatte/Abdeckplatte bei Sonderbauwerken nach der Verfüllung der Baugrube aufgelegt, ist für diesen Lastfall ein gesonderter statischer Nachweis zu führen.

2.11.2 Lastübertragungssysteme bei Betonschächten

Schachtbauwerke sind unter Berücksichtigung von DIN EN 1610, Arbeitsblatt DWA-A 139 und DWA-A 157 herzustellen. Es ist auf eine gleichmäßige, vertikale Lastübertragung zwischen allen Schachtfertigteilen zu achten. Unebenheiten in Bettungsbereichen sind auszugleichen. Dies kann z. B. durch folgende Maßnahmen erreicht werden:

- Lastübertragungselemente als geschlossener Schlauchring aus Elastomeren, mit Feinsand gefüllt,
- Lastübertragungselemente aus plastischem Elastomer oder Kunststoff, ohne Sandfüllung,
- Frischmörtelschicht nach DIN 19573 auf der Aufstandsfläche.

Lastübertragungselemente sind vom Hersteller mitzuliefern, entweder im Bauteil eingebaut oder lose. Die Lastübertragung muss so gestaltet sein, dass ein Abstand der Schachtfertigteile von 15 mm an der Innenseite nicht überschritten wird.

Der Hersteller von Lastübertragungselementen (Tabelle 2.3), die auch mit dem mitzuliefernden Dichtmittel verbunden sein können, muss für jede Bauart die sichere Übertragung aller senkrechten Lasten mit einer maximalen Rückverformung von 2 mm je Fuge durch eine geprüfte statische Berechnung am Gesamtbauwerk und durch eine Prüfung gem. DIN 4034-1, Anhang B nachweisen.

Für die Montage der Bauteile sind vom Bauteilhersteller geeignete Einbauanleitungen zur Verfügung zu stellen.

Kapitel 3

Herstellung und Prüfung

FBS-Betonrohre und FBS-Stahlbetonrohre sind von Natur aus umweltfreundlich: Sie bestehen aus natürlichen, überall verfügbaren heimischen Rohstoffen und können energieschonend weiterverarbeitet und wiederverwendet werden.

DIN V 1201
EN 1916



3.1 Werkstoffe

3.1.1 Allgemeines

Die besonderen Eigenschaften der FBS-Betonrohre, FBS-Stahlbetonrohre und FBS-Schachtfertigteile sind auf eine Vielzahl von Faktoren zurückzuführen. Diese sind: hochwertige Rohstoffe, moderne Betontechnologien, ausgereifte Fertigungstechniken, sorgfältige Nachbehandlungen sowie optimierte und praxisgerechte Rohrverbindungstechniken. Für die Herstellung des Betons gelten für die Festlegungen von Zement, Gesteinskörnungen, Zusatzmittel, Zusatzstoffen, Wasser sowie für das Bereiten, Fördern, Verarbeiten und Nachbehandeln des Betons DIN EN 206-1, DIN 1045 (Teil 2 bis 4), DIN EN 12620 sowie die Produktnormen DIN EN 1916 und DIN V 1201 für FBS-Rohre bzw. DIN EN 1917 und DIN 4034-1 für FBS-Schächte und die FBS-Qualitätsrichtlinien.

3.1.2 Beton

Für die Herstellung von FBS-Betonkanalsystemen wird ein Beton mit hohem Wassereindringwiderstand mindestens der Druckfestigkeitsklasse C40/50 verwendet, der widerstandsfähig gegen chemisch mäßig angreifende Umgebung (Expositionsklasse XA2) ist. Es werden in Abhängigkeit des Herstellverfahrens plastische oder erdfeuchte Betone eingesetzt. Der äquivalente Wasserzementwert des Betons darf nicht größer als 0,45 sein. Üblicherweise liegt dieser zwischen 0,37 und 0,42.

Je nach Verwendung der FBS-Betonkanalsysteme können auch selbstverdichtende Betone (SVB), Hochleistungsbetone (HL) und Betone mit erhöhtem Säurewiderstand (SWB) verwendet werden.

Aufgrund betontechnologischer Maßnahmen, wie z. B. geeignete Gesteinskörnung, Kornaufbau, Zementgehalt und niedrigem äquivalenten Wasserzementwert, intensiver Verdichtung und sorgfältiger Nachbehandlung entstehen wasserdichte FBS-Betonkanalsysteme mit einer sehr geringen Wassereindringtiefe von < 20 mm.

Das Prüfverfahren nach DIN EN 12390-8 und die Grenzwerte der Wassereindringtiefe müssen nach DIN EN 206-1/DIN 1045-2 zwischen dem Planer und Hersteller der FBS-Betonkanalsysteme festgelegt und vereinbart werden. Solange kein vereinbartes Prüfverfahren

festgelegt ist, darf der Wassereindringwiderstand indirekt durch die Grenzwerte für die Betonzusammensetzung festgelegt werden. Die DIN 1045-2 legt hierfür folgende Kriterien fest:

- bei Bauteildicken > 40 cm: $(w/z)_{eq}$ -Wert < 0,7,
- bei Bauteildicken < 40 cm: $(w/z)_{eq}$ -Wert < 0,6, Mindestzementgehalt > 280 kg/m³ (270 kg/m³ bei Anrechnung von Zusatzstoffen), Mindestdruckfestigkeitsklasse C25/30.

Die Betonzusammensetzung der FBS-Betonkanalsysteme erfüllt mindestens folgende Kriterien:

- $(w/z)_{eq}$ -Wert < 0,45,
- Mindestdruckfestigkeitsklasse C40/50,
- Mindestzementgehalt > 320 kg/m³ (270 kg/m³ bei Anrechnung von Zusatzstoffen).

Bei Einhaltung der Anforderungen an die Betonzusammensetzung von FBS-Betonkanalsystemen ist der Nachweis der Wassereindringtiefe nicht erforderlich. Je nach Betondruckfestigkeit beträgt die Wassereindringtiefe bei FBS-Betonkanalsystemen:

- C40/50: Wassereindringtiefe < 20 mm,
- C60/75: Wassereindringtiefe < 10 mm.

3.1.3 Zement

Wegen der großen Anzahl an Zementarten werden in den europäischen und nationalen Zementnormen Normalzement und Sonderzemente sowie Zemente mit zusätzlichen oder besonderen Eigenschaften getrennt behandelt. Zusammensetzung, Anforderungen und Eigenschaften sind in DIN EN 197-1 oder in darauf bezogenen bauaufsichtlichen Zulassungen geregelt. Für Sonderzemente gelten die Norm DIN EN 14216 sowie die nationalen Zementnormen DIN 1164, Teile 10, 11 und 12.

Für FBS-Betonkanalsysteme werden Normalzemente nach DIN EN 197-1 eingesetzt. Der schematische Ablauf des Herstellungsprozesses von Zement ist in Bild 3.1 dargestellt. Bei der Herstellung können verschiedene Zementarten verwendet werden (gewöhnlich CEM I, II oder III), die ebenso auf Sonderlösungen anzupassen sind, wie z. Bsp. die Verwendung eines Zements mit hohem Sulfatwiderstand bei zu erwartendem Sulfatangriff (SR-Zement). Durch den Einsatz von Portlandkompositzementen (CEM II) und Hochofenzementen (CEM III) können ebenso bestimmte Betoneigenschaften, wie z. B. Verarbeitbarkeit, Dauerhaftigkeit usw. verbessert werden. Für die Verwendung von CEM II-Zementen ist in einigen Fällen die Zustimmung des Auftraggebers erforderlich.

Der Mindestzementgehalt richtet sich nach den gewünschten Eigenschaften des Betons sowie nach den in DIN 1045-2 angegebenen Expositionsklassen.

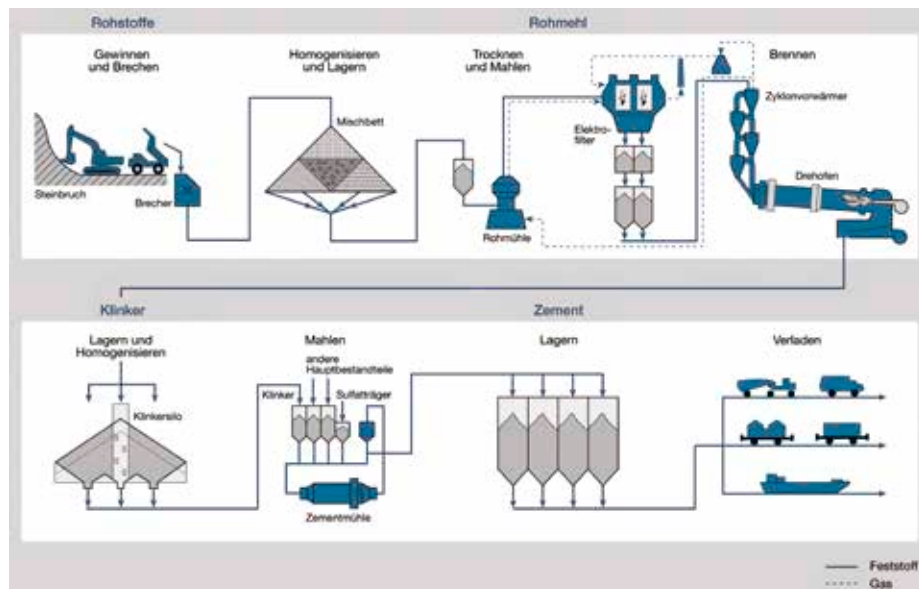


Bild 3.1: Herstellung von Zement – Ablaufschema

3.1.4 Gesteinskörnung (Zuschlag)

Für FBS-Betonkanalsysteme werden Gesteinskörnungen aus natürlichem Gestein als Rundkorn, Sand/Kies oder gebrochenes Korn nach DIN EN 12620 verwendet. Das Größtkorn der Gesteinskörnung wird durch die Bauteildicke, bei Stahlbeton zusätzlich durch die Bewehrungsdichte und die vorgesehene Betondeckung bestimmt. Um einen dichten Beton zu erzielen, wird eine Kornzusammensetzung gewählt, die leicht zu verdichten ist und einen möglichst geringen Wasseranspruch hat.

3.1.5 Wasser

Als Zugabewasser (DIN 1008) eignet sich jedes Wasser, das den Erhärtungsvorgang nicht ungünstig beeinflusst. In der Regel kann dazu Trinkwasser verwendet werden.

3.1.6 Zusatzstoffe

Betonzusatzstoffe, z. B. Flugasche, Gesteinsmehl, Trass, Microsilica, Fasern (Stahl, Glas, Kunststoff) können Festigkeit, Dichtheit oder Verarbeitbarkeit des Betons verbessern. Sie müssen entweder einschlägigen Normen entsprechen oder bauaufsichtlich zugelassen sein bzw. ein Prüfzeichen des Institutes für Bautechnik in Berlin aufweisen. Vor der Verwendung sind entsprechende Eignungsprüfungen durchzuführen. Die zugegebenen Mengen sind bei der Stoffraumrechnung zu berücksichtigen.

3.1.7 Zusatzmittel

Mit Betonzusatzmitteln können durch chemische und physikalische Wirkungen die Eigenschaften des Frisch- und Festbetons, z. B. die Verarbeitbarkeit und Wasserundurchlässigkeit, verändert werden. Sie müssen zugelassen sein, d. h. ein Prüfzeichen des Deutschen Institutes für Bautechnik in Berlin aufweisen. Chloride, chloridhaltige oder andere die Stahlkorrosion fördernde Stoffe dürfen Stahlbeton nicht zugesetzt werden.

3.1.8 Betonstahl

Für die Herstellung von FBS-Stahlbetonkanalsystemen wird ein Betonstahl mindestens B-500-A nach DIN 488-1 verwendet. Er muss hinsichtlich Bruchdehnung, Schweißbarkeit usw. DIN EN 10080 entsprechen.

3.2 Herstellverfahren

3.2.1 Allgemeines

FBS-Betonkanalsysteme werden in Betonwerken (Bild 3.2) hergestellt, die aufgrund ihrer Ausstattung mit modernen Produktionsanlagen, qualifiziertem Fachpersonal und ihrer Qua-



Bild 3.2: Blick auf ein Betonrohrwerk



Bild 3.3: Bild einer modernen Misch- und Dosiereinrichtung



Bild 3.4: Schweißautomat

litätsüberwachung entsprechend den Anforderungen der einschlägigen Normen sowie der FBS-Qualitätsrichtlinien eine gleichbleibend hohe Produktionsqualität sicherstellen.

Die Herstellung des Betons erfolgt heute weitgehend automatisch nach erprobten Rezepturen in stationären Mischanlagen (Bild 3.3). Von hier wird er mit geeigneten Transporteinrichtungen, z. B. Kübelbahnen, zu den einzelnen Rohr- und Schachtfertigteilfertigungseinrichtungen befördert.

Die Bewehrungskörbe von Stahlbetonrohren werden entsprechend den statischen Erfordernissen auf voll- oder halbautomatischen Schweißmaschinen durch elektrisches Widerstandspunktschweißverfahren gefertigt (Bild 3.4). Dabei wird darauf geachtet, dass



Bild 3.5: Fertiger Bewehrungskorb für FBS-Stahlbetonrohre

die ursprünglichen Eigenschaften des Betonstahls (Oberflächengestalt, Zugfestigkeit, Bruchdehnung) erhalten bleiben. Ebenfalls wird die anforderungsgemäße Schweißung überwacht. Der Nachweis dafür wird durch entsprechende Kontrollen nach DIN V 1201 erbracht. Die Konstruktionsmerkmale der FBS-Rohre und FBS-Schachtfertigteile, z. B. Rohrform, Rohrverbindung, Wanddicke, Baulänge und Bewehrungskorb (Bild 3.5), beeinflussen weitgehend

den Einsatz von Maschinen und Produktionsabläufen. Die Fertigung erfolgt in der Regel stehend mittels unterschiedlicher Betonverdichtungsverfahren, die auch miteinander kombiniert werden können, z. B. Rütteln und Pressen.

3.2.2 Rohrherstellung

3.2.2.1 Allgemeines

Einen Überblick über die Fertigungsverfahren für Beton- und Stahlbetonrohre vermittelt Bild 3.6.

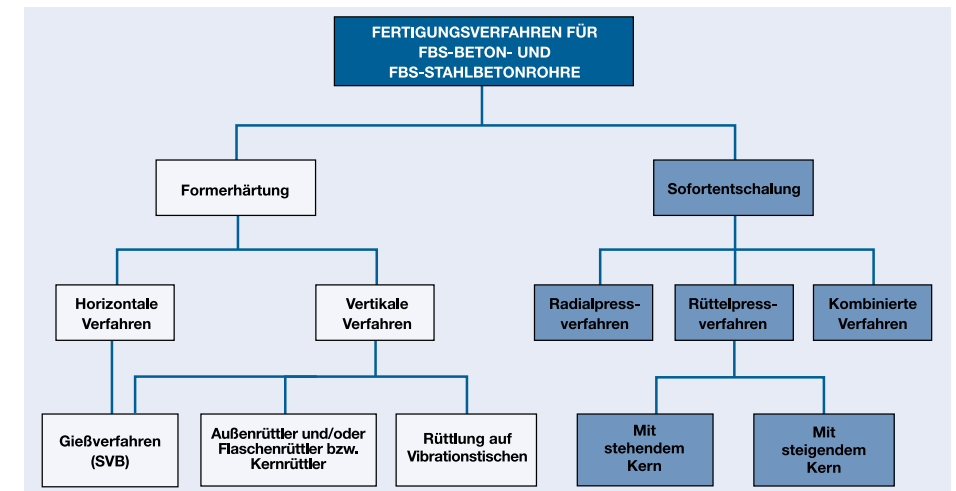


Bild 3.6: Fertigungsverfahren

Bei der Entschalung werden zwei Verfahren gem. Bild 3.6 unterschieden:

- Entschalen unmittelbar nach dem Herstellen (Sofortentschalung),
- Erhärten in der Schalung (Formerhärtung).

3.2.2.2 Sofortentschalung

3.2.2.2.1 Allgemeines

Bei Fertigung mit Sofortentschalung werden Stahluntermuffenringe sowie Spitzendformer

bzw. Stützringe (Obermuffen) verwendet, die bis zum Erhärten des Betons an den Bauteilen verbleiben. Somit ist sichergestellt, dass die nach der FBS-Qualitätsrichtlinie zulässigen geringen Grenzabmaße im Bereich der Rohrverbindungen eingehalten werden (Bild 3.7/Bild 3.8). Die Maßgenauigkeit der Spitzenden kann auch durch Fräsen erreicht werden.

Bei sofortentschalteten FBS-Rohren wird ein erdfeuchter Beton in eine Form gebracht und hoch verdichtet. Unmittelbar nach Erreichen der „Gründfestigkeit“ des Betons wird die Schalung entfernt. Die „Gründfestigkeit“ ist vor allem abhängig vom $(w/z)_{eq}$ -Wert und der Verdichtungsenergie. Die Verfahren zur Herstellung von sofortentschalteten FBS-Rohren gliedern sich in:

- Radialpressverfahren/Rollenkopfverfahren,
- Rüttelpressverfahren/Vibrationsverfahren,
 - mit stehendem Kern
 - mit steigendem Kern
- kombinierte Verfahren.

3.2.2.2 Radialpressverfahren/Rollenkopfverfahren

Das Radialpressverfahren oder Rollenkopfverfahren ist ein vertikales Verfahren zur Her-

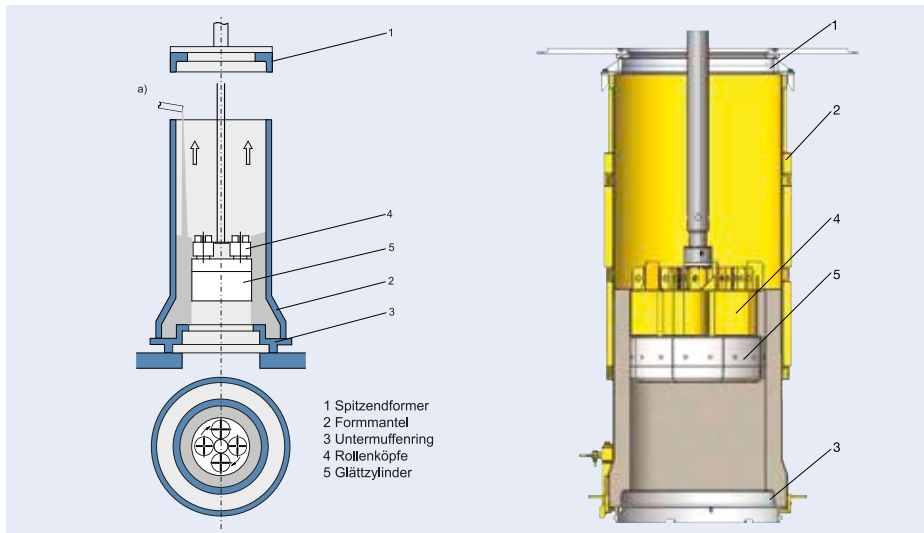


Bild 3.7 a) und b): Radialpressverfahren

stellung von FBS-Beton- und FBS-Stahlbetonrohren mit kreisförmiger Innenkontur. Das FBS-Rohr wird durch einen aufsteigenden Rollenkopf geformt. Der Rollenkopf besteht aus gegenläufig rotierenden Rollen, die den Beton gegen den äußeren Formmantel pressen. Die gegenläufigen Rollenköpfe sorgen für eine spannungsfreie und vollständige Umschließung der Bewehrung. Die Aufstiegs geschwindigkeit wird dabei druckabhängig gesteuert. Nach dem Formen des Spitzendes mittels Spitzendformer wird das FBS-Rohr entschalt, verbleibt aber auf dem Unterarmring (Bild 3.7/3.9). Das Herstellverfahren bietet sich zur Herstellung von FBS-Rohren in hoher Stückzahl an. Durch die Sofortentschaltung ist eine kontinuierliche Produktion mit geringem Formenaufwand möglich.

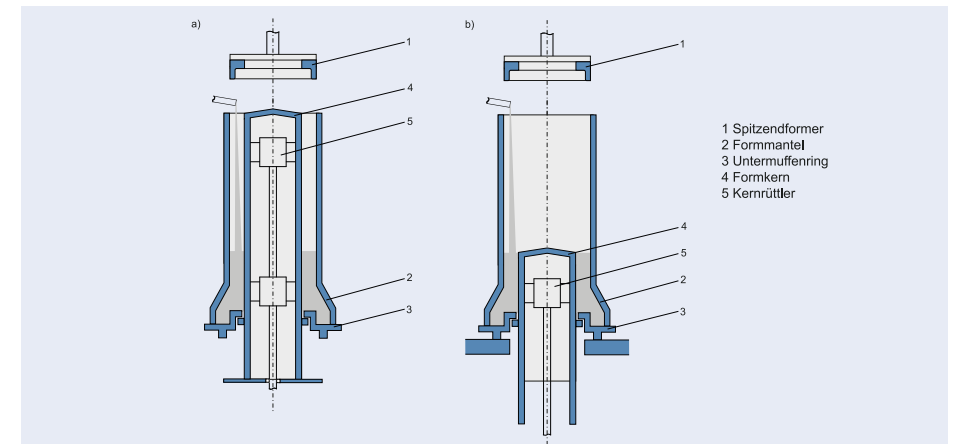


Bild 3.8: Rüttelpressverfahren mit a) stehendem und b) steigendem Kern

3.2.2.3 Vibrationsverfahren/Rüttelpressverfahren

Vibrationsverfahren bzw. Rüttelpressverfahren werden in Herstellverfahren mit stehendem Formkern und mit steigendem Formkern unterschieden (Bild 3.8). Beim Verfahren mit stehendem Formkern wird zwischen dem inneren Formkern und dem äußeren Formmantel erdfeuchter Beton eingebracht und durch eine Kernrüttlung verdichtet. Nach dem Füllvorgang und der Verdichtung wird ein Spitzendformer aufgesetzt, der durch einen Dreh-Press-Vorgang das Spitzende formt. Das FBS-Rohr wird sofort entschalt (Bild 3.9) und erhärtet auf dem Unterarmring stehend. Die Fertigungsanlage kann auf die kontinuierliche Produktion eines oder mehrerer Durchmesser eingerichtet werden. Das Verfahren eignet sich ebenso zur Herstellung von FBS-Rohren in hohen Stückzahlen.

Beim Herstellverfahren mit steigendem Formkern steigt beim Rohrfertigungsprozess der Formkern im Mantel auf. Dadurch wird das Einfüllen des Betons zwischen Formkern und Formmantel bei FBS-Beton- und FBS-Stahlbetonrohren mit geringen Wanddicken über die gesamte Rohrlänge vereinfacht. Die Steiggeschwindigkeit des Formkerns erfolgt in Abhängigkeit zur Betonbefüllung. Vibrationsverfahren mit steigendem Formkern eignen sich vor allem für die serielle Fertigung von FBS-Beton- und FBS-Stahlbetonrohren kleiner und mittlerer Durchmesser.



Bild 3.9: Ziehen der Außenschalung



Bild 3.10: Rohre mit aufgesetzten Stützhauben

3.2.2.2.4 Kombinierte Vibrationsverfahren mit steigendem Kern

Das Vibrationsverfahren mit steigendem Kern wird mit weiteren Verdichtungsmechanismen kombiniert. Am oberen Ende des Formkerns befinden sich spezielle Köpfe, die zusätzlich zur Kernrüttlung walzen, pressen und/oder schleudern.

3.2.2.3 Formerhärtung

3.2.2.3.1 Allgemeines

Beim Herstellverfahren mit Erhärtung in der Schalung werden zumeist Formmantel und Formkern aus Stahl mit entsprechenden Ausschalmöglichkeiten und Stahlringen für die Rohrverbindung sowie Untermuffenring und Spitzendformer verwendet. Die Formerhärtung eignet sich besonders gut für die Herstellung von großen Querschnitten und Sonderquerschnitten. Es werden Formen für die unterschiedlichsten Produkte wie z. B. FBS-Beton- und FBS-

Stahlbetonrohre mit und ohne Trockenwetterrinne, FBS-Schachtfertigteile, FBS-Rohre mit Rechteckquerschnitt, FBS-Ei- und -Maulprofile mit einer plastischen Betonmischung befüllt. Die Produkte verbleiben nach dem Betonvorgang in der Schalung. Nach dem Erhärten wird der Formkern geschrumpft, der Mantel geöffnet und somit das Produkt entschalt. Die Verfahren zur Herstellung von in der Schalung erhärteten FBS-Produkten gliedern sich in:

- Vibrationsverfahren
 - In Formen mit Außenrüttlern
 - In Formen mit Innenrüttlern bei größeren Wanddicken
 - In Formen mit Kernrüttlern

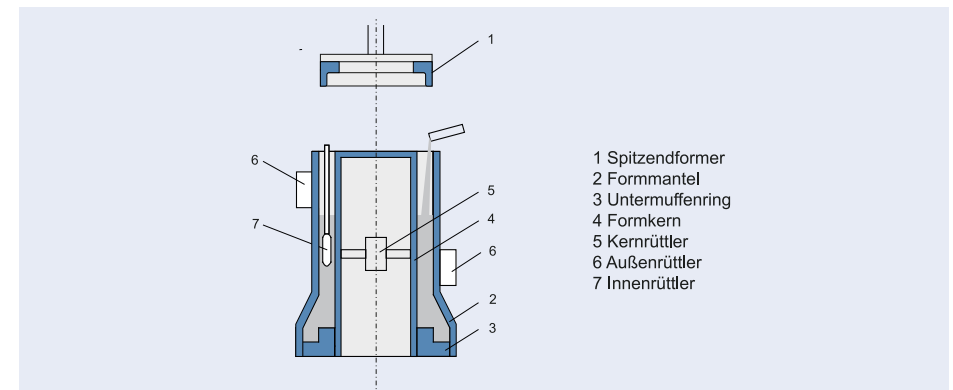


Bild 3.11: Herstellung in der Schalung erhärtende Rohre



Bild 3.12: Form für die vertikale Herstellung von in der Schalung erhärteten Rohren



Bild 3.13: Form für die horizontale Herstellung von in der Schalung erhärteten Rohren

Um die spezifischen Vorteile der Formerhärtung zu nutzen, werden vermehrt automatische Fertigungslinien eingesetzt, um den Einsatz höchst effizienter Produktionstechnologien zu nutzen. Zudem können ebenso selbstverdichtende Betone für die Erstellung von in der Form erhärteten FBS-Betonrohren und -Stahlbetonrohren verwendet werden, wodurch betontechnologische Vorteile (u.a. Dichtheit des Gefüges, hohe Druckfestigkeit etc.) zum Tragen kommen.

3.2.2.3.2 Vorteile

Die Vorteile der nach dem Verfahren der Formerhärtung hergestellten Produkte sind:

- geringe Produkttoleranzen,
- glatte Oberflächen,
- komplexe Produktgeometrien,
- gut geeignet für Sonderbetone.

3.2.3 Herstellung FBS-Schachtfertigteile

3.2.3.1 Allgemeines

Zur Herstellung von FBS-Schachtfertigteilen greift man in den Betonwerken auf die vorhandene moderne Fertigungstechnologie zurück. So sind auch hier die beiden Verfahren Sofortentschalung oder Erhärten in der Schalung (Formerhärtung) gebräuchlich. Bei der Sofortentschalung sind auf die Bauteile abgestimmte halb- oder vollautomatisch ablaufende Fertigungsprozesse üblich.

3.2.3.2 FBS-Schachtunterteile mit monolithischem Gerinne

Bei FBS-Schachtunterteilen mit monolithischem Gerinne werden Gerinne und Auftritt mit Schachtboden und Schachtwand aus einem Guss hergestellt. Die Konstruktion des Schachtunterteils erfolgt rechnergestützt in der Arbeitsvorbereitung visuell als 3D-Modell. Dabei werden schachtspezifische Daten wie Durchmesser, Richtungs-, Querschnitts- und Neigungsänderungen, Anzahl der Zuläufe, Art des Schachtfutters sowie Absturzhöhen berücksichtigt. Durch die stufenlose Anpassung der Abwinkelung und Neigung aller Zuläufe weist das Gerinne hervorragende strömungstechnische Fließeigenschaften auf. Die Fertigung erfolgt mit individuell angefertigten Schalungskörpern oder durch nachträgliches präzises Fräsen des Gerinnes aus dem Rohling.

FBS-Schachtunterteile mit einem monolithisch hergestellten Gerinne besitzen eine lückenlose, glatte (porenarme) Oberfläche und eine durchgängig homogene Betonqualität. Dieses Verfahren eignet sich auch für Sonderbetone mit hoher chemischer, mechanischer und thermischer Widerstandsfähigkeit.



Bild 3.14: FBS-Schachtunterteil mit monolithischem Gerinne



Bild 3.15: Herstellung von FBS-Schachtunterteilen mit monolithischem Gerinne

3.2.3.3 Schachtunterteile mit konventioneller Gerinnenausbildung

Die Herstellung des Schachtgrundkörpers erfolgt in Sofortentschalung oder Formerhärtung. Die Gerinnenausbildung erfolgt in einem weiteren Arbeitsgang (Bild 2.47).

3.2.4 Nachbehandlung

Bei beiden Herstellverfahren werden die Bauteile nach der Fertigung nachbehandelt. Dies geschieht durch Zuführen und Erhalten der zur Erhärtung erforderlichen Feuchtigkeit sowie eventuell durch eine gezielte Wärmebehandlung.

3.3 FBS-Qualitätssicherungssystem®

Den Abschluss des Fertigungsprozesses von FBS-Betonrohren und FBS-Stahlbetonrohren bilden die in DIN V 1201 und der FBS-Qualitätsrichtlinie Teil 1-1 geforderten Serienprüfungen. Dabei werden alle im Nennweitenbereich von DN 300 bis DN 1000 gefertigten Rohre auf Dichtheit geprüft. Diese Prüfung erfolgt auf einer geeigneten Serienprüfeinrichtung mit Wasserüberdruck oder Luftüberdruck bzw. -unterdruck (Bild 3.16). Zusätzlich werden



Bild 3.16: Serienprüfung des Spitzendurchmessers d_{sp} und Dichtheitsprüfung



Bild 3.17: Automatische Kennzeichnung von FBS-Rohren

bei diesen Rohren die Spitzendurchmesser unter Erfassung der Kleinst- und Größtwerte gemessen. Hierzu stehen mechanisch arbeitende Geräte oder Lasermessgeräte zur Verfügung. Die Ergebnisse beider Prüfungen werden dokumentiert. Nur Rohre, die diese Kontrollen bestehen, erhalten anschließend automatisch eine Kennzeichnung mit allen normgemäßen Angaben sowie dem FBS-Qualitätszeichen (Bild 3.17). Der hohe Qualitätsstandard von FBS-Betonkanalsystemen wird durch das FBS-Qualitätssicherungssystem® sichergestellt. Die Beurteilung der Konformität (Gütesicherung) erfolgt nach DIN EN 1916 und DIN V 1201 bzw. DIN EN 1917 und DIN 4034-1 sowie den FBS-Qualitätsrichtlinien Teil 1 bzw. Teil 2. Die geforderten Eigenschaften werden durch eine Erstprüfung nachgewiesen und durch eine Qualitätsüberwachung, bestehend aus werkseigener Produktionskontrolle (WPK) und Fremdüberwachung durch eine akkreditierte Überwachungs- und Zertifizierungsstelle, gesichert. Die erforderlichen Prüfungen werden nach DIN V 1201, Abschnitt 6 bzw. DIN 4034-1 und den FBS-Qualitätsrichtlinien Teil 1 bzw. Teil 2 nach Anhang Q durchgeführt.

Vor Aufnahme der Produktion wird vom Hersteller in einer Erstprüfung nachgewiesen, dass getrennt nach Produktart und Nennweitengruppe sämtliche Anforderungen der Produktnormen und der FBS-Qualitätsrichtlinien, die über den Anforderungen der Norm liegen, erfüllt werden. **Das Bestehen der Erstprüfung ist eine Voraussetzung für die Verleihung und das Führen des FBS-Qualitätszeichens.**

In der werkseigenen Produktionskontrolle (WPK) werden gemäß DIN EN 1916, Anhang G bzw. DIN EN 1917, Anhang F umfangreiche Kontrollen aller verwendeten Ausgangsstoffe, der technischen Produktions- und Laboreinrichtung, der Lagerung und Auslieferung sowie

der Kennzeichnung vorgenommen. Darüber hinaus werden vom Hersteller in eigener Verantwortung in Abhängigkeit vom Produktionsumfang laufend die hergestellten Rohre und Schachtfertigteile sowie ihre Eigenschaften nach vorgegebenen Prüfplänen überwacht. Die Ergebnisse werden nachprüfbar dokumentiert und mindestens 10 Jahre aufbewahrt.

Im Rahmen des FBS-Qualitätssicherungssystems® wird über die Anforderungen von DIN EN 1916 und DIN EN 1917 hinausgehend für das Konformitätsnachweisverfahren von FBS-Rohren und FBS-Schachtfertigteilen grundsätzlich zweimal jährlich eine Fremdüberwachung durchgeführt.

Im Rahmen dieser Qualitätsüberwachung werden überprüft:

- das Qualitätssicherungssystem des Herstellers nach DIN EN 1916, Anhang G bzw. DIN EN 1917, Anhang F (Organisation sowie Ausstattung des Werkes und des Produktionsprogramms),
- die Qualitätsüberwachung nach DIN V 1201, DIN 4034-101 und FBS-Qualitätsrichtlinien Teil 1 und Teil 2,
- die Dokumentation der werkseigenen Produktionskontrolle (WPK),
- die hergestellten Produkte.

Die Ergebnisse der Qualitätsüberwachung werden durch eine akkreditierte Überwachungs- und Zertifizierungsstelle (Fremdüberwachung) bewertet und in einem Prüfbericht dokumentiert.

Das FBS-Qualitätssicherungssystem® umfasst ebenso eine lückenlose Qualitätskontrolle der Ausgangsstoffe Zement, Sand, Kies bzw. Splitt, Wasser, Zusatzstoffe, Zusatzmittel und Betonstahl. Zudem werden die Produktionseinrichtungen, die Herstellung und Verarbeitung des Betons, das Schweißen der Bewehrung, als auch die Maßhaltigkeit, Beschaffenheit, Festigkeit und Wasserdichtheit von FBS-Rohren, FBS-Formstücken und FBS-Schachtfertigteilen überwacht. Damit werden bei der Herstellung von FBS-Betonkanalsystemen alle Fertigungsstufen von den Ausgangsstoffen über den Produktionsablauf bis hin zu den fertigen Produkten überwacht.



Bild 3.18: FBS-Qualitätszeichen Mit dem FBS-Qualitätszeichen dokumentiert der Hersteller die geprüfte Qualität seiner Produkte.

**Formblatt Q3.9: Abschlussbericht zur Kontrolle des
FBS-Qualitätssicherungssystem®**

Datum der Überwachung: _____ zum Prüfbericht Nr. _____

1.Regelüberwachung*: _____ 2.Regelüberwachung*: _____ Sonderüberwachung*: _____

Firma: _____

Werk: _____

Erfüllung der Norm- und FBS-Anforderungen																	
	Rohre mit Kreisquerschnitt												Rohre mit Eiquerschnitt				
	Betonrohre			Stahlbetonrohre				Vortriebsrohre Beton/Stahlbeton				Betonrohre			Stahlbeton- Rohre		
Nennweitengruppe (NG)	1	2	3	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3
FBS-Qualitätszeichen																	
geprüft (Angabe der Nennweite)																	
nicht geprüft (keine Fertigung)																	
FBS-Anforderungen erfüllt [≥ 90-100 %]																	
FBS-Anforderungen teilweise erfüllt [< 90-85 %]																	
FBS-Anforderungen teilweise erfüllt [< 85-70 %]																	
FBS-Anforderungen nicht erfüllt [< 70-50 %]																	
FBS-Anforderungen nicht erfüllt [< 50 %]																	

	Rohre mit Sonderquerschnitten	Rohre in Sonderausführung	Formstücke	Rohre mit Zuläufen
FBS-Qualitätszeichen				
geprüft (Angabe der Teile)				
nicht geprüft (keine Fertigung)				
FBS-Anforderungen erfüllt [≥ 90-100 %]				
FBS-Anforderungen teilweise erfüllt [< 90-85 %]				
FBS-Anforderungen teilweise erfüllt [< 85-70 %]				
FBS-Anforderungen nicht erfüllt [< 70-50 %]				
FBS-Anforderungen nicht erfüllt [< 50 %]				

Bei Nichterfüllen der FBS-Anforderungen veranlasste Sondermaßnahmen mit Begründung:

Vorschlag für Ahndungsmaßnahmen gemäß Satzung des FBS mit Begründung:

Die erteilten Übereinstimmungszertifikate behalten ihre Gültigkeit Ja ☐ Nein ☐

Zutreffendes ankreuzen bzw. ausfüllen! * Monat und Jahr angeben!

Aufgestellt (Ort, Datum): _____ Prüfbeauftragter: _____
(Unterschrift)

Fremdüberwachende Stelle: _____ Prüfstellenleiter: _____
(Stempel) (Unterschrift)

Kapitel 4

Leitfaden zur Rohrwerkstoffauswahl

Rohstoffe aus der Region

Zement
Kies
Sand
Wasser

FBS-Betonbauteile bestehen aus natürlichen, überall verfügbaren heimischen Rohstoffen. Auch nach ihrer langen Nutzungsdauer können sie als Baustoffe zeitgemäß mit wenig Energieaufwand weiterverarbeitet und wieder verwendet werden.
Klarer Fall: FBS setzt auf eine ökologisch lückenlose Lieferkette.

Bild 3.20: Abschlussbericht zur Kontrolle FBS-Qualitätssicherungssystem, Muster

4.1 Allgemeines

FBS-Betonrohre, FBS-Stahlbetonrohre, FBS-Vortriebsrohre und zugehörige FBS-Formstücke sowie FBS-Schachtfertigteile erfüllen aufgrund ihrer geprüften Qualität und ihrer besonderen Eigenschaften dauerhaft die hohen Anforderungen, die heute an Betonkanalsysteme für Abwasserleitungen und -kanäle gestellt werden. Sie sind tragfähig, dicht gegen inneren und äußeren Wasserdruck, hydraulisch leistungsfähig, abriebfest, widerstandsfähig gegen chemisch mäßig angreifende Umgebung und damit wirtschaftlich sowie nachhaltig.

4.2 Tragfähigkeit

Rohrleitungen gehören in Deutschland zu den Ingenieurbauwerken, für die eine statische Berechnung erforderlich ist. Für alle Rohrwerkstoffe gültige, auf gleichem Sicherheitsniveau basierende Berechnungsverfahren enthalten die Arbeitsblätter DWA-A 127 (für die offene Bauweise) und DWA-A 161 (für die geschlossene Bauweise), die auch Bestandteil der DIN EN 1295-1 sind.

Voraussetzung für die Gültigkeit dieser Berechnungsverfahren und die rechnerischen Sicherheiten sind die genormten Werkstoffeigenschaften sowie die Bauausführung nach DIN EN 1610 und Arbeitsblatt DWA-A 139. Die Werkstoffkennwerte werden durch laufende umfassende Produktions- und Konformitätskontrollen, beginnend bei den Ausgangsstoffen bis zu den fertigen FBS-Betonkanalsystemen und der Bauausführung, durch eine ausreichende Bauüberwachung gesichert.

Die zur Berechnung der Einwirkungen/Belastungen anzusetzenden Eigenlasten, Bodenkenngrößen und Verkehrslasten sowie die zur Aufrechterhaltung des in Deutschland üblichen Sicherheitsstandards erforderlichen Teilsicherheitsbeiwerte sind für den Nachweis der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit von Rohrleitungen und Schachtbauwerken im Arbeitsblatt DWA-A 127 und Arbeitsblatt DWA-A 161 festgelegt.

Die Bemessung und Ausführung von Beton und Stahlbeton ist in DIN EN 1992-1-1/NA geregelt. Die bei Rohren und Schachtfertigteilen zu beachtenden Besonderheiten sind Bestandteile der Produktnormen DIN V 1201 und DIN 4034-1 sowie der FBS-Qualitätsrichtlinien Teil 1 und 2 und der Anwendungsnorm DIN V 1202.

Für FBS-Betonrohre Typ 2 werden für den Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit die mit den entsprechenden Teilsicherheitsbeiwerten für Einwirkungen erhöhte Bemessungsschnittkräfte und daraus der Bemessungswert der Ringbiegezugspannung ermittelt. Dieser wird mit der zulässigen Ringbiegezugspannung von 6 N/mm^2 , unter Einhaltung des Teilsicherheitsbeiwertes für den Bauteilwiderstand, verglichen.

FBS-Stahlbetonrohre Typ 2 können für praktisch alle vorkommenden Belastungs- und Einbaubedingungen durch Anpassung der Bewehrung und gegebenenfalls der Wanddicke bemessen und hergestellt werden. Die Tragfähigkeit wird nach DIN V 1201 und den Regeln des Stahlbetonbaus mit dem Bruchsicherheitsnachweis im Zustand II unter Vernachlässigung der Mitwirkung des Betons in der Zugzone berechnet. Zusätzlich wird der Nachweis der Gebrauchstauglichkeit durch die Begrenzung der Rohrvergleichsspannung, (Spannungsnachweis im Zustand I), nach DIN V 1201 geführt. Die für den Zustand I ermittelte Vergleichsspannung darf für einen Beton der Festigkeitsklasse C40/50 den Wert von 6 N/mm^2 nicht überschreiten.

Die statische Berechnung von FBS-Beton- und FBS-Stahlbetonrohren Typ 2 wird in den Kapiteln 8 und 9 ausführlich behandelt.

FBS-Schachtfertigteile können gemäß DIN 4034-1 ohne gesonderten statischen Nachweis bei einer Verkehrslast LM1 nach DIN EN 1991-2 (einschließlich des Nationalen Anhangs) bis zu einer Einbautiefe (H) von 10,00 m und bei DN 2000 von 6,5 m eingesetzt werden. Bei davon abweichenden Einwirkungen kann ein Nachweis nach den Regeln des Beton- und Stahlbetonbaus erfolgen.

4.3 Schlagfestigkeit

FBS-Betonrohre und FBS-Stahlbetonrohre weisen aufgrund der zähen Werkstoffeigenschaften eine hohe Schlagfestigkeit auf. Wegen der hohen Duktilität gilt dies im verstärkten Maß für den Werkstoff Stahlbeton.

4.4 Dauerschwingfestigkeit, Schwellfestigkeit

Versuche, die an der Technischen Hochschule Braunschweig durchgeführt wurden, haben gezeigt, dass FBS-Betonrohre einer Schwellbelastung zwischen 40 und 60 % der statischen Kurzzeitfestigkeit (Mindestscheiteldruckkraft) bei 2×10^6 Lastwechseln standhalten.

Nach DIN V 1201 können deshalb als Rechenwert für den Nachweis der Dauerschwingfestigkeit 40 % des Rechenwertes der Ringbiegezugfestigkeit angesetzt werden (Arbeitsblatt DWA-A 127-10). Für FBS-Stahlbetonrohre kann der Nachweis der Ermüdungsfestigkeit unter nicht vorwiegend ruhender Belastung nach den Regeln des Stahlbetonbaus für beliebige Lastwechselzahlen geführt werden. Dabei gilt die Ableitung der Wöhlerkurven in DIN EN 1992-1-1/NA. Stahlbetonbauteile sind daher grundsätzlich für den Einsatz unter Bahnlasten zugelassen.

4.5 Wasserdichtheit

4.5.1 Allgemeines

Die Wasserdichtheit von Abwasserleitungen und -kanälen ist eine der wichtigsten Anforderungen zum Schutz von Grundwasser und Boden. Der Dichtheitsprüfung von FBS-Betonkanalsystemen kommt deshalb besondere Bedeutung zu. Nach DIN V 1201, DIN 4034-1 und den zusätzlichen Anforderungen der FBS-Qualitätsrichtlinien Teil 1 und Teil 2 werden Rohre und Schachtfertigteile Typ 2 sowie deren Verbindungen im Rahmen der Gütesicherung auf Dichtheit strengen Kontrollen unterworfen.

In der Erstprüfung wird die Funktionssicherheit der FBS-Rohre, FBS-Schachtfertigteile und deren Verbindungen unter erhöhten Anforderungen nachgewiesen. Dabei werden folgende Prüfungen durchgeführt:

1. Prüfung der Dichtheit der Rohre ohne Wasserzugabemessung:
 Prüfdruck für FBS-Rohre $\leq$ DN 1000: 250 kPa (2,5 bar)
 Prüfdruck für FBS-Rohre $>$ DN 1000: 100 kPa (1,0 bar)
 Die Prüfung wird generell als Strangprüfung durchgeführt. Dabei werden 3 Rohre mit zwei Verbindungen oder zweimal zwei Rohre mit einer Verbindung geprüft.
2. Prüfung der Dichtheit der Rohrverbindungen bei gegenseitiger Abwinklung:
 Es gelten die Prüfbedingungen wie oben angegeben. Die gegenseitige Abwinklung beträgt 12500/DN in mm je m Baulänge oder 50 mm/m, je nachdem, welcher Wert kleiner ist.
3. Prüfung der Dichtheit der Rohrverbindungen unter Scherlasteinwirkung:
 Prüfdruck: 100 kPa (1,0 bar)
 Scherlast: 50 x DN in Newton

Mit den Prüfungen 2 und 3. wird sichergestellt, dass die Verbindungen von FBS-Rohren auch unter ungünstigen Einbaubedingungen, z. B. bei Richtungsänderungen und Setzungen, dauerhaft wasserdicht bleiben. Mit Erfüllung der Anforderungen bei Prüfung unter Scherlasteinwirkung wird gleichzeitig nachgewiesen, dass die Rohrverbindungen wurzelfest sind.

Die Erstprüfung von FBS-Schachtfertigteilen auf Dichtheit erfolgt an drei zusammengefügt Bauteilen (davon ein Schachtunterteil) mit zwei Verbindungen bei einem inneren Überdruck von 100 kPa (1,0 bar).

Im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle wird nach DIN V 1201 und der FBS-Qualitätsrichtlinie Teil 1 jedes im Nennweitenbereich bis DN 1000 hergestellte FBS-Rohr aus Beton und Stahlbeton auf einer in die Fertigungsanlage der Rohre integrierten Prüfeinrichtung serienmäßig mit Wasserüberdruck, Luftüberdruck oder Luftunterdruck auf Dichtheit geprüft.

Tabelle 4.1: Maximale Wasserzugabe

Nennweite DN	Wasserzugabe [l/m ²]
≤ 600	0,08
700 bis 1000	0,07
≥ 1100	0,05

Zusätzlich werden Strangprüfungen mit Wasserzugabemessung mit einem inneren Überdruck von 100 kPa (1,0 bar) durchgeführt. Dabei darf die Wasserzugabe die Werte der Tabelle 4.1 nicht überschreiten.

Bei der werkseigenen Produktionskontrolle von FBS-Schachtfertigteilen werden zwei Schachtringe einschließlich ihrer Verbindungen mit 100 kPa (1,0 bar) auf Wasserdichtheit geprüft.

4.5.2 FBS-Betonrohre und FBS-Stahlbetonrohre in Wassergewinnungsgebieten

Ein Wasserschutzgebiet umfasst in der Regel das gesamte Einzugsgebiet einer Wassergewinnungsanlage. Der unterschiedlichen Auswirkung der potentiellen Gefahrenherde nach Art, Untergrundbeschaffenheit und der räumlichen Entfernung eines Eingriffs von der Entnahmestelle wird durch eine Gliederung des Wasserschutzgebiets in Zonen unterschiedlichen Schutzniveaus Rechnung getragen.

Die Schutzzone I (Fassungsbereich) muss den Schutz der Wassergewinnungsanlage und ihrer unmittelbaren Umgebung vor jeglicher Verunreinigung und Beeinträchtigung gewährleisten. Es dürfen keine Abwasserleitungen und -kanäle eingebaut werden, es sei denn, zwingende örtliche und technische Gegebenheiten erfordern dies. Hier werden maximale Anforderungen an die Werkstoffe, den Bau und Betrieb gestellt, z. B. Doppelrohrsysteme mit Leckageüberwachung.

Die Schutzzone II (engere Schutzzone) muss den Schutz vor bakteriellen Verunreinigungen sowie vor sonstigen Beeinträchtigungen gewährleisten. Das Ableiten von Abwasser im Bereich der Schutzzone II ist nach DVGW W 101 in der Regel nicht tragbar. Müssen Abwasserleitungen und -kanäle aufgrund zwingender örtlicher oder technischer Gegebenheiten in der Schutzzone gebaut werden, sind diese auf das notwendige Maß zu beschränken. Bereits bei den Voruntersuchungen sind die zuständigen Wasserbehörden und betroffenen Wasserversorgungsunternehmen zu beteiligen.

Die Schutzzone III (weitere Schutzzone) soll den Schutz vor weitreichenden Beeinträchtigungen insbesondere vor nicht oder nur schwer abbaubaren chemischen oder vor radioaktiven Verunreinigungen gewährleisten.

In der Schutzzone III sind der Einbau und der Betrieb von Abwasserleitungen und -kanälen unter Beachtung der notwendigen Maßnahmen zum Schutz der Gewässer grundsätzlich zulässig.

Das Arbeitsblatt DWA-A 142 „Abwasserleitungen und -kanäle in Wassergewinnungsgebieten“ regelt die Anforderungen für Planung, Bau, Betrieb und Unterhaltung von Abwasserleitungen und -kanälen einschl. der erforderlichen Schachtbauwerke.

Die Wahl des Entwässerungssystems in Wasserschutzgebieten erfolgt in Bezug auf das Gefährdungspotential. Je nach Gefährdungspotential werden die Anforderungen an Abwasserleitungen und -kanäle sowie Schächte und Anschlüsse festgelegt.

An Rohre und Schächte in Trinkwassergewinnungsgebieten werden folgende allgemeine Anforderungen gestellt:

- Baustoffe und Bauteile müssen mindestens den Anforderungen gem. DIN EN 1610, DIN EN 12889, DIN 1986-4, DWA-A 139, DWA-A 127 und DWA-A125 entsprechen,

- Sicht- und Dichtheitsprüfungen nach Abschluss einer Baumaßnahme entsprechend DIN EN 1610 und Arbeitsblatt DWA-A 139,
- Verdichtungsgrad für die Rohrbettung und Seitenverfüllung (Einbettungsbedingung B4) ist festzustellen und zu dokumentieren,
- Anbindung von Anschlusskanälen an Schächte bei wiederkehrenden Dichtheitsprüfungen,
- spezielle Ausführungsdetails (z. B. Anschlüsse und Leitungsdurchführung),
- beim Standsicherheitsnachweis ist ein um 20 % erhöhter Teilsicherheitsbeiwert auf der Einwirkseite anzusetzen,
- max. Verformung für biegeweiche Rohre 4 %,
- Nachweis der Hochdruckspülfestigkeit nach DIN 19523,
- Bettungstyp I nach DIN EN 1610 und Arbeitsblatt DWA-A 139 bei offener Bauweise,
- bei Rohren mit profilierter Wandung nach DIN EN 13476-3: Dicke der durchgehenden Innenschicht mindestens 3,5 mm,
- Schächte müssen gegen Auftrieb gesichert sein. Sofern der Lastfall Grundwasser nicht maßgebend ist, muss mit einem Mindest-Wasserstand von bis 1,0 m unter Gelände gerechnet werden,
- biegeweiche Schächte: Beulnachweis in axialer und radialer Richtung,
- Absturzbauwerk nur mit innenliegendem Untersturz,
- und weitere.



Bild 4.1: Wasserschutzzone

Die uneingeschränkte Eignung von FBS-Beton- und FBS-Stahlbetonrohren für den Einsatz in Wassergewinnungsgebieten der Schutzzone III (Bild 4.1) wird mit den Wasserdichtheitsprüfungen nach DIN V 1201 und der FBS-Qualitätsrichtlinie Teil 1 nachgewiesen.

4.6 Hydraulische Leistungsfähigkeit - Wandrauheit

Die hydraulische Bemessung von Freispiegel- und Druckleitungen erfolgt heute allgemein nach dem Arbeitsblatt DWA-A 110 mithilfe der Formel von Prandtl-Colebrook. Dabei wird die Dimensionierung von neu zu erstellenden Abwassernetzen in der Regel nach dem sogenannten Pauschalkonzept durchgeführt, der Leistungsnachweis bestehender Netze nach dem Individualkonzept.

Im ersten Fall ist es zulässig, für bestimmte Kombinationen von Verlustarten mit einem pauschalen Wert k_b für die betriebliche Rauheit zu arbeiten (siehe Tabelle 4.2).

Tabelle 4.2: Pauschalwerte für die betriebliche Rauheit k_b [mm] nach Arbeitsblatt DWA-A 110

Kanalart	Schachtausbildung		
	Regelschächte	angeformte Schächte	Sonderschächte
Transportkanäle	0,50	0,50	0,75
Sammelkanäle $\leq$ DN 1000	0,75	0,75	1,50
Sammelkanäle $>$ DN 1000	–	0,75	1,50
Mauerwerkskanäle, Ortbetonkanäle, Kanäle aus nicht genormten Rohren ohne besonderen Nachweis der Wandrauheit	1,50		
Drosselstrecken (1), Druckrohrleitungen (1,2,3), Düker (1) und Reliningstrecken ohne Schächte	0,25		

1) ohne Einlauf-, Auslauf- und Umlenkverluste

2) ohne Drucknetze (siehe auch A 110, Abschnitt 9)

3) Auswirkungen auf Pumpwerke (siehe A 110, Abschnitt 9)

Der Pauschalansatz für k_b -Werte enthält in der Regel die Einflüsse von

- Wandrauheit,
- Lageungenauigkeit und -änderungen,
- Rohrstößen,
- Zulaufformstücken und
- Schachtbauwerken.

Im Rahmen des Pauschalansatzes ist die effektive Wandrauheit für derzeit genormte Rohre einheitlich mit $k = 0,1$ mm, die Fließgeschwindigkeit mit $v = 0,8$ m/s angesetzt, um damit auch den Bereich der Teilfüllung abzudecken.

FBS-Beton- und FBS-Stahlbetonrohre zeigen ein günstiges hydraulisches Widerstandsverhalten nach Nikuradse. An der TH Darmstadt durchgeführte hydraulische Versuche haben Rauheitswerte ergeben, die zu den in Tabelle 4.2 aufgeführten Pauschalwerten für die betriebliche Rauheit einen hohen Sicherheitsabstand aufweisen.

Bei Anwendung des Individual-Konzeptes sind alle Einzelverluste zu berücksichtigen und haltungsweise zu einem k_b -Wert zusammenzufassen. Auch hierbei gilt für genormte Rohre die effektive Wandrauheit von $k = 0,1$ mm. Ausführliche Hinweise dazu enthält das Arbeitsblatt DWA-A 110.

4.7 Widerstandsfähigkeit gegenüber mechanischen Angriffen

Eine hohe Betondruckfestigkeit, mindestens Druckfestigkeitsklasse C40/50, Verarbeitung des Betons mit geringem Wasserzementwert, hohe Verdichtung und fachgerechte Nachbehandlung sind die Voraussetzungen dafür, dass FBS-Rohre und FBS-Schachtfertigteile eine sehr hohe Abriebfestigkeit aufweisen.

Langjährige Beobachtungen an Abwasserleitungen und -kanälen haben gezeigt, dass die gemessenen absoluten Abriebwerte von FBS-Beton- und FBS-Stahlbetonrohren unbedeutend und für die Lebensdauer der Rohre vernachlässigbar sind.

Bei noch höheren, in der Praxis in Abwasserleitungen und -kanälen nur selten auftretenden Fließgeschwindigkeiten und extremer Feststofffracht, sind nach DIN V 1201 zur Beurteilung der Abriebfestigkeit zusätzliche Nachweise und geeignete Prüfverfahren zu vereinbaren. Ggf. kann ein hochfester Beton verwendet werden.

Die mechanischen Einwirkungen von sehr schnell fließendem Wasser ohne Feststoffe auf Rohrleitungen beruhen im Wesentlichen auf der Kavitation. Erfahrungsgemäß tritt bei dauernd einwirkenden Fließgeschwindigkeiten von 8 bis 10 m/s bei FBS-Beton- und FBS-Stahlbetonrohren keine Kavitation auf. Wird durch geeignete bautechnische Maßnahmen, zügige Leitungsführung, hydraulisch günstige Ausbildung der Schächte und Bauwerke, Vermeidung senkrechter Aufprallflächen u.s.w. eine Kavitation verhindert, sind auch Fließgeschwindigkeiten von 12 m/s vertretbar. Erfahrungsberichte aus der Praxis zeigen, dass von FBS-Beton- und FBS-Stahlbetonrohren über lange Zeiträume auch Wassergeschwindigkeiten von 20 m/s und mehr schadlos überstanden wurden.

4.8 Widerstand gegen Hochdruckreinigung

Die Reinigung von Abwasserleitungen und -kanälen erfolgt heute überwiegend mittels Hochdruckspülung. Hierbei werden die Verunreinigungen im Kanal durch Hochdruckwasserstrahlen gelöst und abtransportiert. Die innere Rohroberfläche wird durch den Aufprall der Hochdruckwasserstrahlen erheblich belastet. Diese Belastung erfordert eine entsprechende Widerstandsfähigkeit des eingesetzten Rohrwerkstoffes. Seit August 2008 erfolgt der Nachweis der Widerstandsfähigkeit nach DIN 19523. In dieser Norm werden die Anforderungen und Prüfverfahren geregelt. Untersuchungen sind gem. eindeutig vorgegebenen Anforderungen durchzuführen.

Bei der Prüfung auf Widerstand gegen Hochdruckreinigung werden zwei Verfahren unterschieden:

- Verfahren 1: Werkstoffprüfung
- Verfahren 2: Praxisprüfung

Bei der Werkstoffprüfung wird ein Prüfkörper von mindestens 1,3 m Länge als Halbschale oder Rohr verwendet. Ziel ist es, die Probekörper möglichst unter reproduzierbaren Bedingungen zu belasten. Geprüft wird mit einer Spülstrahlleistungsdichte von $450 + 15 \text{ W/mm}^2$. Verwendet wird eine Einzeldüse mit einem Durchmesser von 2,5 mm.

Bei der Praxisprüfung wird eine mindestens 15 m lange Prüfstrecke aus Rohren und Formteilen aufgebaut. Geprüft wird mit einer Spülstrahlleistungsdichte von $330 + 15 \text{ W/mm}^2$ und mit Rundumstrahldüse mit 8 Einsätzen.

Die Intensität der Beanspruchung wird nicht wie in der Vergangenheit in bar sondern nach DIN 19523 als Spülstrahlleistungsdichte $D_j \text{ (W/mm}^2\text{)}$ angegeben. Die Spülstrahlleistungsdichte setzt sich aus folgenden Parametern zusammen: dem Durchfluss, dem Düsendurchmesser und dem Auftreffwinkel. Bei der Prüfung nach DIN 19523 werden sehr hohe Anforderungen an die Prüfeinrichtung gestellt. Selbst die Ausnutzung der Toleranzbereiche der Düsenöffnungsdurchmesser kann zu einer Spülstrahlleistungsdichte führen, die außerhalb des zulässigen Toleranzbereiches liegt.

Im Abschlussbericht „Untersuchung zur bedarfsorientierten Kanalreinigung unter Nutzung betrieblicher Synergien, Phase I & II, 2015“, gefördert durch das Ministerium für Klimaschutz,

Umwelt, Landwirtschaft, Natur und Verbraucherschutz des Landes NRW und betreut durch das LANUV, wurde in Zusammenarbeit mit der Ruhr-Universität Bochum (RUB), Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft und Umwelttechnik und dem Institut für Unterirdische Infrastruktur (IKT) festgestellt, dass bei üblichen Betriebseinstellungen die Spülstrahlleistungsdichte, selbst bei vermeintlich geringen Düsendrücken, über den für die Rohrwerkstoffe maßgeblichen Grenzwerten liegen kann. Die Grenzwerte zur Hochdruckspülbeständigkeit sind für Rohrwerkstoffe im Rahmen von Eignungsprüfungen festzulegen. Die Ergebnisse müssen den Netzbetreibern und dem Betriebspersonal bekanntgegeben werden.

Nach DIN V 1201 sind FBS-Betonrohre und FBS-Stahlbetonrohre Typ 2, hergestellt aus einem Beton C40/50, beständig gegenüber Hochdruckspülung.

Untersuchungen der Prüfstelle der Stadtentwässerung Zürich zeigen, dass eine gute Korrelation zwischen der Widerstandsfähigkeit gegen Beanspruchung aus der Hochdruck-Kanalreinigung und der Abriebfestigkeit eines Werkstoffes besteht. Somit weisen FBS-Betonrohre und FBS-Stahlbetonrohre aufgrund ihrer hohen Abriebfestigkeit gegenüber anderen Rohrwerkstoffen eine überdurchschnittlich hohe Widerstandsfähigkeit gegen Hochdruckreinigung auf. Die Berechnung der Spülstrahlleistungsdichte mit den Werten der Züricher Untersuchung ergibt einen Wert von $D_j \sim 470 \text{ W/mm}^2$. Voraussetzung dafür ist allerdings ein sachgemäßer Einsatz der Hochdruckspültechnik, die Verwendung geeigneter Düsen usw.

4.9 Widerstand gegen chemische Angriffe

FBS-Betonkanalsysteme erfüllen die Anforderungen für die Expositionsklasse XA2 nach DIN EN 206-1/DIN 1045-2, d. h. sie sind ohne zusätzlichen Schutz gegen „chemisch mäßig angreifende Umgebung“ beständig. Die Expositionsklasse XA2 ist bei chemischem Angriff durch natürliche Böden und Grundwasser u.a. durch einen pH-Wert von $\geq 4,5$ definiert. Speziell für den Bereich der Abwasserableitung ist das Merkblatt DWA-M 168 zu berücksichtigen, welches einen ausreichenden Widerstand des Rohrbeton gegenüber Abwasser mit einem pH-Wert $\geq 5,5$ angibt. Da übliches kommunales Abwasser im pH-Bereich von 6,5 bis 10 liegt, sind FBS-Rohre und FBS-Schachtfertigteile aus Beton und Stahlbeton im allgemeinen beständig gegen die meisten natürlichen Grundwässer und Böden sowie gegen alle üblichen kommunalen und vergleichbaren industriellen Abwässer (Tabelle 4.3/ Tabelle 4.4).

Tabelle 4.3: Grenzwerte zur Beurteilung des Angriffsgrades von Wässern vorwiegend natürlicher Zusammensetzung nach DIN 4030 Teil-1

Chemisches Merkmal	Referenzprüfverfahren nach	XA1	XA2	XA3
Grundwasser				
SO ₄ ²⁻ mg/l	DIN EN 196-2	≥ 200 und ≤ 600	> 600 und ≤ 3.000	> 3.000 und ≤ 6.000
pH-Wert	ISO 4316	≥ 6,5 und ≤ 5,5	≥ 5,5 und ≤ 4,5	> 4,5 und ≤ 4,0
CO ₂ mg/l	DIN EN 13577:2007	≥ 15 und ≤ 40	> 30 und ≤ 60	> 100 bis zur Sättigung
NH ₄ ⁺ mg/l	ISO 7150-1:1984	> 15 und ≤ 30	≥ 15 und ≤ 30	> 60 und ≤ 100
Mg ²⁺ mg/l	DIN EN ISO 7980	> 300 und ≤ 1.000	≥ 1.000 und ≤ 3.000	> 3.000 bis zur Sättigung
Boden				
SO ₄ ²⁻ mg/kg ^a insgesamt	DIN EN 196-2 ^b	≥ 2.000 und ≤ 3.000 ^c	≥ 3.000 ^c und ≤ 12.000	> 12.000 und ≤ 24.000
Säuregrad	DIN 4030-2	≥ 200 Baumann-Gully	in der Praxis nicht anzutreffen	

a Tonböden mit einer Durchlässigkeit von weniger als 10^{-5} m/s dürfen in eine niedrigere Klasse eingestuft werden.

b Das Prüfverfahren beschreibt die Auslaugung von SO_4^{2-} durch Salzsäure; Wasserauslagerung darf statt dessen angewandt werden, wenn am Ort der Verwendung des Betons Erfahrung hierfür vorhanden ist.

c) Falls die Gefahr der Anhäufung von Sulfationen im Beton – zurückführend auf wechselndes Trocknen und Durchfeuchten oder kapillares Saugen – besteht, ist der Grenzwert von 3.000 mg/kg auf 2.000 mg/kg zu vermindern.

Tabelle 4.4: Grenzwerte für eine dauernde Beanspruchung von Beton durch kommunales Abwasser (aus Merkblatt DWA-M 168)

Angriffsrat	Angriffe z. B. durch	Beanspruchung bei üblichem kommunalen Abwasser	ausreichender Betonwiderstand gegeben	
			bei einer dauernden Beanspruchung – Richtwerte im Abwasser	bei Einhaltung folgender Anforderungen an den Beton
lösend durch Auslaugung	weiches Wasser	nicht gegeben	entfällt	
lösend durch Säureangriff	anorganische und organische Säuren	pH-Wert: 6,5 bis 10	pH-Wert: $\geq 6,5$	w/z $\leq 0,50^{3,4}$ und Wassereindringtiefe (DIN EN 12390-8) von ≤ 3 cm
	kalklösende Kohlensäure (CO ₂)	< 10 mg/l ¹	≤ 5 mg/l	
lösend durch Austauschreaktion	Magnesium (Mg ²⁺)	< 100 mg/l	≤ 1.000 mg/l	
	Ammonium-Stickstoff (NH ₄ -N)	< 100 mg/l	≤ 300 mg/l ⁵	
treibend	Sulfat (SO ₄ ²⁻)	< 250 mg/l	≤ 600 mg/l	wie oben ohne HS-Zement
			≤ 1.500 mg/l	wie oben ohne HS-Zement ⁴
			≤ 3.000 mg/l	wie oben mit HS-Zement

1 Im üblichen kommunalen Abwasser wird dieser Wert nicht erreicht. Allenfalls bei der Ableitung großer Mengen kohlenensäurehaltigen Grundwassers (z. B. Dränagewasser) ist in Einzelfällen ein Wert in der angegebenen Größenordnung denkbar.

2 Durch niedrigere w/z-Werte und durch die Verwendung von Beton mit besonderer Zusammensetzung wird der chemische Widerstand des Betons erheblich begünstigt.

3 Nach DIN EN 1916 und DIN EN 1917 darf der Wassorzementwert nicht größer als 0,45 sein.

4 Zur Herstellung von Beton mit hohem Sulfatwiderstand darf anstelle von HS-Zement nach DIN 1164-10 eine Mischung aus Zement und Flugasche verwendet werden, wenn folgende Bedingungen eingehalten sind:

- Zementart CEM I, CEM II/A-S, CEM II/B-S, CEM II/A-T, CEM II/B-T, CEM II/A-LL oder CEM III/A
- Der Flugascheanteil, bezogen auf den Gehalt an Zement und Flugasche ($z + f$), muss bei den Zementarten CEM I, CEM II/A-S, CEM II/B-S und CEM II/A-LL mindestens 20 % (Masseanteil), bei den Zementarten CEM II/A-T, CEM II/B-T und CEM III/A mindestens 10 % (Masseanteil) betragen.

5 Aus Gründen des Gewässerschutzes werden im Merkblatt DWA-M 115-2 für die Einleitung nicht häuslicher Abwässer niedrigere Richtwerte (100 mg/l bei Kläranlagen $\leq$ 5.000 EW bzw. 200 mg/l bei Kläranlagen $>$ 5.000 EW) vorgeschlagen.

Erst bei Überschreitung der oben angeführten Grenzwerte sind besondere Schutzmaßnahmen erforderlich. So ist z. B. bei Sulfatkonzentrationen von 600 bis 1500 mg/l Abwasser der Beton für FBS-Kanalsysteme unter Verwendung von Zement mit hohem Sulfatwiderstand (SR-Zement) oder einer Mischung aus Portlandzement und Flugasche herzustellen, bei Sulfatgehalten von 1500 bis 3000 mg/l ausschließlich mit SR-Zement.

Für zeitweilige oder kurzweilige Beanspruchungen sind nach dem Merkblatt DWA-M 168 deutlich höhere Grenzwerte möglich.

Tabelle 4.5: Grenzwerte für eine dauernde Beanspruchung von Beton durch kommunales Abwasser (aus Merkblatt DWA-M 168)

Angriffe z. B. durch	ausreichender Betonwiderstand gegeben		
	bei einer Beanspruchung		bei Einhaltung folgender Anforderungen an den Beton
	zeitweilig ¹	kurzzeitig ²	
	Richtwerte im Abwasser		
weiches Wasser	entfällt	entfällt	w/z ≤ 0,50 ^{2,3} und Wassereindringtiefe (DIN EN 12390-8) von ≤ 3 cm
anorganische Säure, z. B. Schwefelsäure, Salzsäure, Salpetersäure	pH-Wert: ≥ 5,5	pH-Wert: ≥ 4	
organische Säure	pH-Wert: ≥ 6	pH-Wert: ≥ 4	
kalklösende Kohlensäure (CO ₂)	≤ 25 mg/l	≤ 100 mg/l	
Magnesium (Mg ²⁺)	≤ 3.000 mg/l	keine Begrenzung	
Ammonium-Stickstoff (NH ₄ -N)	≤ 1.000 mg/l		
Sulfat (SO ₄ ²⁻)	≤ 1.000 mg/l		
	≤ 5.000 mg/l		
			wie oben ohne HS-Zement
			wie oben ohne HS-Zement

- 1 Unter „zeitweilig“ ist eine Beanspruchung zu verstehen, die während längerer Zeiträume, z. B. zwischen zwei Inspektionsterminen, im Laufe von zehn Betriebsjahren in der Größenordnung von maximal einem Jahr einwirkt. Diese besonderen Bedingungen können in Absprache mit dem Kanalnetzbetreiber planmäßig für notwendige Arbeiten an technischen Einrichtungen genutzt werden, die sich unvermeidbar über eine längere Zeitspanne erstrecken.
- 2 Für unplanmäßige Betriebszustände, bei denen für kurze Zeit höhere Beanspruchungen entstehen, gelten die unter „kurzzeitig“ aufgeführten Richtwerte (Spalte 3). Solche kurzen Ereignisse sind als unkritisch anzusehen, wenn sie höchstens einmal pro Woche für maximal eine Stunde eintreten.
- 3 Durch niedrigere w/z-Werte und durch die Verwendung von Beton mit besonderer Zusammensetzung wird der chemische Widerstand des Betons erheblich begünstigt.
- 4 Nach DIN EN 1916 und DIN EN 1917 darf der Wasserzementwert nicht größer als 0,45 sein.
- 5 Zur Herstellung von Beton mit hohem Sulfatwiderstand darf anstelle von HS-Zement nach DIN 1164-10 eine Mischung aus Zement und Flugasche verwendet werden, wenn folgende Bedingungen eingehalten sind:
- Zementart CEM I, CEM II/A-S, CEM II/B-S, CEM II/A-T, CEM II/B-T, CEM II/A-LL oder CEM III/A
 - Der Flugascheanteil, bezogen auf den Gehalt an Zement und Flugasche (z + f), muss bei den Zementarten CEM I, CEM II/A-S, CEM II/B-S und CEM II/A-LL mindestens 20 % (Masseanteil), bei den Zementarten CEM II/A-T, CEM II/B-T und CEM III/A mindestens 10 % (Masseanteil) betragen. Einmaliges, stoßweises Einleiten betonangreifender Stoffe mit noch höheren Konzentrationen, das durch Missbrauch oder Unfall sehr kurzfristig auftritt (schwallartiger Ablauf), ist i. d. R. unmaßgeblich im Hinblick auf einen chemischen Angriff auf den Beton.

Chlorierte und aromatische Kohlenwasserstoffe (CKW/AKW) sind Schadstoffe, die nicht in den Wasserkreislauf gelangen dürfen. Diese Stoffe greifen den Werkstoff Beton grundsätzlich nicht an. Bei einer unplanmäßigen Einleitung von CKW/AKW in einen Abwasserkanal, z. B. in Folge eines Unfalls oder einer betrieblichen Störung, verhindert der Rohrbeton mit seinem dichten Gefüge für den Zeitraum der Sicherungsmaßnahmen den Austritt dieser Stoffe durch die Rohrwand.

Eine besondere Art des chemischen Angriffes stellt die viel diskutierte “Biogene Schwefelsäurekorrosion” (BSK) oder “Sulfidkorrosion” dar (Bild 4.2). Mit ihrer Entstehung muss in teilgefüllten Abwasserkanälen bei sehr langen Fließstrecken mit zu geringem Gefälle und mangelhafter Durchlüftung, d. h. bei niedrigen Fließgeschwindigkeiten und langer Verweildauer des Abwassers im Kanal, gerechnet werden. Besonders anfällige Stellen im Kanalnetz sind z. B. Pumpwerke, Austritte von Druckleitungen, Einleitungen aus Druckentwässerungssystemen, Abstürze und andere Bauwerke, die Turbulenzen hervorrufen.

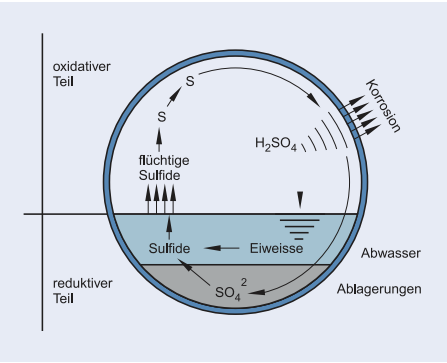


Bild 4.2: Prinzipieller Ablauf bei biogener Schwefelsäurekorrosion

Sulfidhaltige Abwässer verursachen nicht nur Korrosion an Rohren, Bauwerken und Werkstoffen, sondern auch massive Probleme bei der Arbeitssicherheit für das im Kanal arbeitende Personal. Im angefaulten Abwasser entstehender Schwefelwasserstoff ist ein heimtückisches und lebensgefährliches Gas! Darüber hinaus verursachen diese Abwässer Geruchsprobleme für die Anwohner sowie Probleme bei der Abwasserbehandlung in den Kläranlagen.

Durch planerische und betriebliche Maßnahmen müssen Sulfidprobleme unbedingt vermieden werden. Dem verantwortlichen Ingenieur stehen geeignete Unterlagen zur Verfügung, um Fehlentwicklungen rechtzeitig zu begegnen. Ein Rechenverfahren zur Abschätzung der in einer Abwasseranlage zu erwartenden Sulfidbedingungen sowie eine Sammlung konstruktiver Regeln zu ihrer Minimierung und Vermeidung sind dabei eine wertvolle Hilfe.

Geeignete planerische und konstruktive Maßnahmen sind:

- Ausreichende Belüftung der Abwasseranlagen eventuell durch Anordnung zusätzlicher Lüftungsschächte oder einer technischen Belüftung,
- Erhöhung der Fließgeschwindigkeiten bei Trockenwetter durch Einbau von FBS-Betonrohren und FBS-Stahlbetonrohren mit Eiquerschnitt, Trockenwetterrinne oder Drachenquerschnitt,
- bei aerobem Abwasser: scheideltgleicher Übergang bei Querschnittsänderungen zur besseren Belüftung des Abwassers,
- bei anaerobem Abwasser: strömungsgünstige Gerinneführung in den Schachtbauwerken und Querschnittsänderungen im Sohlgerinne zur Vermeidung von Turbulenzen.

Auch betontechnologische Maßnahmen können die Sulfidkorrosion reduzieren, z. B. der oben erwähnte Einsatz von sulfatbeständigem Zement (SR-Zement), Verwendung von Hartkalkstein oder quarzitisches Zuschläge.

Eine intensive Be- und Entlüftung des Gasraumes von Abwasserleitungen und -kanälen ist und bleibt die wirksamste Maßnahme gegen Sulfidentwicklung.

Ist Rohrbeton längere Zeit „chemisch stark angreifender Umgebung“ ausgesetzt, wie es in Abwasserleitungen und -kanälen nur in Ausnahmefällen vorkommt, reichen betontechnologische Methoden allein nicht mehr aus, um eine Korrosion zu verhindern. Für diesen Fall können die FBS-Mitgliedsfirmen maßgeschneiderte und wirtschaftliche Lösungen für nahezu jeden Angriffsgrad und Anwendungszweck anbieten.

Bewährt haben sich hierfür Hochleistungsbetone der Festigkeitsklasse C 70/85 und höher unter Verwendung von hochreaktiven puzzolanischen Feinstoffen (z. B. Silicastaub) gemäß Merkblatt DWA-M 168 sowie Auskleidungen der Kanalbauteile mit geeigneten Werkstoffen (z. B. PVC, HDPE, PP, Keramik).

4.10 Temperaturverhalten

FBS-Betonrohre und FBS-Stahlbetonrohre erfüllen die Anforderungen an das Temperaturverhalten entsprechend DIN EN 476. Sie sind gegenüber ständig auftretenden Wassertemperaturen von 45° C (bei Nennweiten ≤ DN 200) bzw. 35° C (bei Nennweiten > DN 200) beständig. An der Eintrittsstelle einer Anschlussleitung in den Kanal kann die Abwasser-

temperatur kurzzeitig bis zu 95° C betragen, ohne, dass es zu einer Beeinträchtigung des Rohrbetons kommt.

4.11 Umweltverträglichkeit und Ökobilanz

FBS-Betonkanalsysteme sind umweltverträglich und weisen eine konkurrenzlos günstige Ökobilanz auf (Bild 4.3/Bild 4.4).

- Für die Herstellung werden nur natürliche, heimische Rohstoffe verwendet.
- Rohstoffgewinnung und Ort der Fertigteilherstellung liegen nah beieinander, die Transportwege sind kurz.
- Der zur Herstellung erforderliche Primärenergieaufwand, der zur CO₂-Emission führt, ist unschlagbar niedrig.
- Wechselwirkungen mit der Umwelt treten nicht auf. Beton enthält keine niedermolekularen, organischen Substanzen, die in das Grundwasser gelangen können.
- Das Material kann problemlos recycelt und als Baustoff wiederverwendet werden
- Der Werkstoff ist instandsetzungsgerecht.

Werkstoffspezifische Energieaufwände und CO ₂ -Emissionen für Bereitstellung und Herstellung		
Rohrwerkstoff	Spez. Energieaufwand [MJ/kg]	Spez. CO ₂ -Emission [kg CO ₂ /kg]
Beton	1,24	0,148
Steinzeug	7,03	0,409
Duktiles Guss-eisen	19,55	1,430
PVC-U	68,3	4,860

Bild 4.3: Quelle: Leitfaden zur Auswahl von Rohrwerkstoffen - Ökologie, 2004

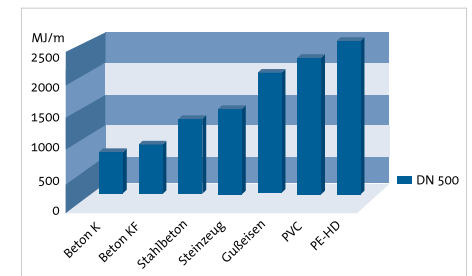


Bild 4.4: Quelle: wie zuvor

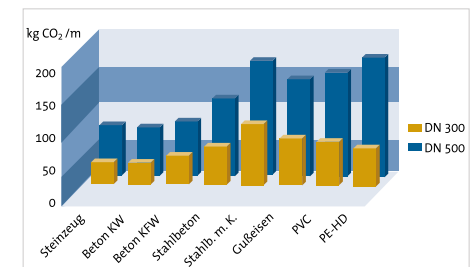


Bild 4.5: Quelle: wie zuvor

4.12 Lebensdauer

Abwasserleitungen und -kanäle sowie Kläranlagen stellen in der Regel das größte Vermögen der Kommunen dar. Abwasseranlagen müssen daher eine möglichst hohe Nutzungs- bzw. Lebensdauer aufweisen. Dies ist insbesondere auch vor dem Hintergrund einer Gesamtwirtschaftlichkeitsrechnung zu betrachten. Angaben zu technischen Nutzungsdauern sind z. B. in den Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen (KVR-Leitlinien) der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), der DWA und des DVGW enthalten.

Für Kanäle (Neubau und Erneuerung) als Bestandteile abwassertechnischer Anlagen ist unabhängig vom Rohrwerkstoff eine Nutzungsdauer von 50 bis 80 (100) Jahren angegeben.

Daraus ergibt sich ein betriebswirtschaftlicher Abschreibungssatz von 1 bis 2 % pro Jahr.

Aufgrund ihrer Eigenschaften besitzen die heutigen FBS-Beton- und FBS-Stahlbetonrohre bei einer fachgerechten Bauausführung und bestimmungsgemäßer Nutzung eine Lebensdauer von weit über 100 Jahren.

Mehr als ein Viertel der in Deutschland vorhandenen Abwasserkanäle sind über 50 Jahre alt und fast die Hälfte aller Kanäle sind mit Beton- und Stahlbetonrohren ausgeführt. Das ist der beste Beweis für die Qualität und Dauerhaftigkeit des Rohrwerkstoffes Beton.

Kapitel 5

Anwendungsgebiete

Nahezu 100 %

natürliche Rohstoffe bei der Herstellung von Rohren und Schächten in FBS-Qualität



5. Anwendungsgebiete

FBS-Beton-Kanalsysteme können in Abstimmung mit dem Planer projektbezogen gefertigt und individuell eingesetzt werden.

Die wichtigsten Anwendungsgebiete sind:

Versorgung

- Wasserversorgungsleitungen, z. B. Trinkwasser-, Bewässerungs- und Löschwasserleitungen sowie -behälter



Bild 5.1: Löschwasserbehälter, FBS-Stahlbetonrohr mit Rechteckquerschnitt



Bild 5.2: Löschwasserbehälter, FBS-Stahlbetonrohr mit Kreisquerschnitt

- Kühlwasserleitungen für Kraftwerke und andere industrielle Zwecke



Bild 5.3: Kühlwasserleitung Kraftwerk, FBS-Stahlbetondruckrohr mit Kreisquerschnitt

- Schutzrohrleitungen, z. B. für Versorgungs- und Fernheizleitungen



Bild 5.4: Schutzrohrleitung – FBS-Stahlbetonvortriebsrohr

Entsorgung

- Rohre für Abwasserleitungen und -kanäle



Bild 5.5: FBS-Betonrohre mit Kreisquerschnitt



Bild 5.6: FBS-Betonrohre mit Eiquerschnitt



Bild 5.7: FBS-Stahlbetonrohre mit TWR



Bild 5.8: FBS-Stahlbetonrohr mit Fuß



Bild 5.9: FBS-Stahlbetonrohr mit Drachenquerschnitt



Bild 5.10: FBS-Stahlbetonrohr mit Maulquerschnitt



Bild 5.14: Einsteigschacht, FBS-Schachtunterteil



Bild 5.15: FBS-Tangentialschacht



Bild 5.11: Trockenwetterrinne, Stahlbetonfertigteil für den nachträglichen Einbau



Bild 5.12: Haubenprofil Stahlbetonfertigteil



Bild 5.16: Pumpstation, FBS-Schachtbauwerk



Bild 5.17: Absenkschacht, FBS-Stahlbetonrohr mit Kreisquerschnitt

• Schachtfertigteile und -bauwerke für Abwasserleitungen und -kanäle

Einsteig- und Kontrollschächte, Reinigungs-, Lüftungs-, Brunnen- und Pumpenschächte



Bild 5.13: FBS-Schachtunterteile, System „Perfect“ mit monolithischem Gerinne



Bild 5.18: Regenklärbecken, FBS-Stahlbetonrohr mit Rechteckquerschnitt



Bild 5.19: Stauraumkanal, FBS-Stahlbetonrohr mit Kreisquerschnitt



Bild 5.20: Regenüberlaufbauwerk, FBS-Schachtbauwerk aus Stahlbetonfertigteilen



Bild 5.21: Einsteigschacht für Stauraumkanal, FBS-Schachtbauwerk aus Stahlbetonfertigteilen

• Regenwasserbehandlung und Versickerungsanlagen



Bild 5.22: Sedimentationsanlage, FBS-Stahlbetonrohre mit Rechteckquerschnitt



Bild 5.23: Filter- und Sedimentationsschacht, FBS-Schachtbauwerk rund



Bild 5.24: Versickerungsboxen, Beton- bzw. Stahlbetonfertigteile



Bild 5.25: Baumrigole, Stahlbetonfertigteile

• Infrastrukturkanäle - begehbare Leitungsgänge



Bild 5.26: Medienkanal, FBS-Stahlbetonvortriebsrohr



Bild 5.27: Transporttunnel, FBS-Stahlbetonrohr

• Durchlässe, z. B. für die Verrohrung von Gewässern oder als Unterführung für Fußgänger und Radfahrer



Bild 5.28: Radwegunterführung mit Spannkälen, FBS-Stahlbetonrohr mit Rechteckquerschnitt



Bild 5.29: Gewässerdurchlass mit Stirnwand, FBS-Stahlbetonrohr mit Rechteckquerschnitt



Bild 5.30: Fuß- und Radwegunterführung, FBS-Stahlbetonrohr mit Kreisquerschnitt



Bild 5.31: Gewässerdurchlass, FBS-Stahlbetonrohr mit Rechteckquerschnitt

Weitere Anwendungsgebiete sind:

- Düker,
- Belüftungs- und Entlüftungsleitungen,
- Behälter,
- Wasserkraftleitungen, Grundablässe,
- Förderleitungen,
- Dränleitungen.

Beim Einbau von FBS-Betonkanalsystemen unterscheidet man:

• **Einbau in offener Bauweise**



Bild 5.32: Zusammenziehen von FBS-Rohren



Bild 5.33: Herablassen des FBS-Schachtes

• **Einbau in geschlossener Bauweise (Vortrieb)**



Bild 5.34: Blick in den Startschacht, FBS-Stahlbetonvortriebsrohr



Bild 5.35: FBS-Stahlbetonvortriebsrohr

• **Einbau auf Sätteln oder Stützen**



Bild 5.36: FBS-Stahlbetonrohre auf Auflagerbalken

Kapitel 6

Bauausführung in offener Bauweise

FBS-Betonkanalsysteme sind
RESSOURCENSCHONEND und
ENERGIESPAREND aus natürlichen
Rohstoffen hergestellt, zudem RECYCELBAR!

DAS verstehen wir unter Nachhaltigkeit!



6.1 Allgemeines

Die Grundlage für die fachgerechte Bauausführung und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen sowie Schächten bildet die europäische Norm DIN EN 1610. Sie bietet Freiraum für unterschiedliche, auf die jeweilige Baumaßnahme zugeschnittene Ausschreibungen und Bauausführungen, überträgt aber mehr Verantwortung auf alle am Bau Beteiligten, vom Planer über das bauausführende Unternehmen bis hin zum bauüberwachenden Ingenieur.

Das Arbeitsblatt DWA-A 139, als allgemein anerkannte Regel der Technik, ist als nationale Ergänzung der DIN EN 1610 zu verstehen. Es soll dem planenden Ingenieur helfen, die in DIN EN 1610 vorhandenen Spielräume zu erkennen und kreativ zu nutzen. Es enthält praxisbewährte Regelungen sowie notwendige Ergänzungen und Hinweise zum Einbau und zur Bettung der Rohre, zur Durchführung der Dichtheitsprüfung sowie Anforderungen an die Qualifikation der bauausführenden Unternehmen.

Die im März 2019 erschienene Gemeinschaftspublikation von DIN EN 1610 und DWA-A 139 stützt die Sinnhaftigkeit, stets beide Werke gemeinsam anzuwenden.

Außerdem zu beachten sind weitere Normen (z. B. DIN 4124 „Baugruben und Gräben“), Richtlinien, Merkblätter, Technische Vorschriften (z. B. ZTV E-StB) sowie insbesondere die Unfallverhütungsvorschriften der Berufsgenossenschaften der Bauwirtschaft.

Da beim Einbau von Rohren immer wieder Probleme auftraten, wurde auf Initiative der damaligen ATV (jetzt DWA) und anderer Fachkreise Ende der 80er Jahre die RAL-Gütegemeinschaft Herstellung und Instandhaltung von Entwässerungskanälen und -leitungen e.V. – **Güteschutz Kanalbau** – gegründet.

Das Ziel der Gütegemeinschaft ist, die Qualifikation der Kanalbaufirmen zu erhöhen und die Qualität der Bauausführung zu verbessern.

Mitglieder in der Gütegemeinschaft können Firmen, öffentliche Auftraggeber, Institutionen, Planungsbüros und Personen werden, die ein berechtigtes Interesse an einer sach- und fachgerechten Herstellung und Instandhaltung von Abwasserleitungen und -kanälen haben.

Die Gütegemeinschaft verleiht an qualifizierte Firmen, die in der Herstellung und Instandhaltung von Kanälen tätig sind, das Gütezeichen RAL-GZ 961. Dazu müssen die vom RAL (Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e.V.) zugelassenen Güte- und Prüfbestimmungen erfüllt werden.

Mit der Verleihung des RAL-Gütezeichens sind eine kontinuierliche Eigenüberwachung und eine Überwachung der Qualifikation durch die Prüfsachverständigen des Güteschutz Kanalbau verbunden. Erst im Zusammenspiel von hochwertigen Rohrprodukten und optimalem Rohreinbau können Abwasserleitungen und -kanäle die heute und zukünftig geforderten hohen Anforderungen erfüllen.

6.2 Begriffe

In DIN EN 1610 und Arbeitsblatt DWA-A 139 werden für den Rohrgraben die Begriffe definiert. In Bild 6.1 finden sich die entsprechenden Bezeichnungen wieder.

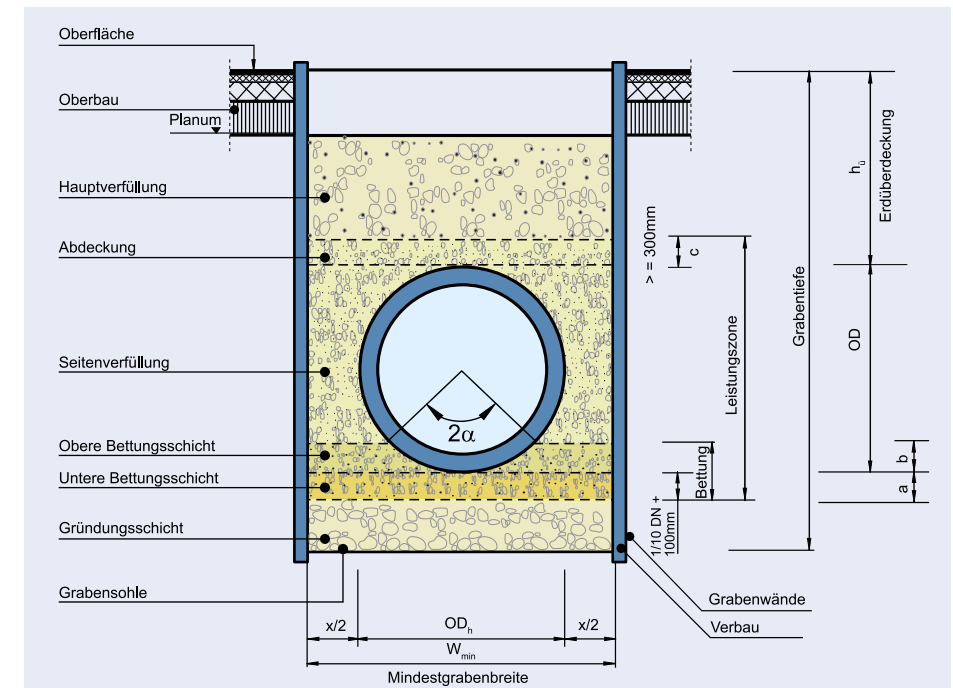


Bild 6.1: Begriffe Rohrgraben nach Arbeitsblatt DWA-A 139

Die Bettung nach DIN EN 1610 wird in untere und obere Bettungsschicht unterteilt. Die untere Bettungsschicht ist der Bereich unterhalb des Rohrschaftes, die Dicke der oberen Bettungsschicht ergibt sich aus dem in der Rohrstatik definierten Bettungswinkel 2α . Die Breite der oberen Bettungsschicht umfasst den Bettungswinkel und erstreckt sich in der Regel bis hin zur Grabenwand.

Die in DIN EN 1610 angegebene Dicke für die untere Bettungsschicht $a = 100$ mm ist ein Mindestmaß. Um die Gefahr von Rohrschäden und Setzungen zu reduzieren, sollte die Dicke 'a' entsprechend Arbeitsblatt DWA-A 139 auf $a = 1/10 \text{ DN} + 100$ mm erhöht werden.

Stehen in der Grabensohle Fels, steiniger Boden oder Böden mit fester Konsistenz bzw. dichter Lagerung (z. B. Ton, Geschiebemergel, Moränenkies) an, sollte die untere Bettungsschicht unter dem Rohrschaft in einer Dicke $a = 100 \text{ mm} + 1/5 \text{ DN}$ ausgeführt werden. Die Schicht muss mindestens 150 mm dick sein, um Lastkonzentrationen zu vermeiden.

Die Dicke 'b' der oberen Bettungsschicht muss der statischen Berechnung bzw. den Planungsanforderungen entsprechen. Sie ergibt sich aus dem Bettungswinkel 2α und beträgt bei einem:

- Bettungswinkel $2\alpha = 90^\circ$ $b = 0,15 \text{ OD}$,
- Bettungswinkel $2\alpha = 120^\circ$ $b = 0,25 \text{ OD}$,
- Bettungswinkel $2\alpha = 180^\circ$ $b = 0,50 \text{ OD}$.

Unter der Bettungsschicht ist bei nicht tragfähigem Baugrund gegebenenfalls eine Gründungsschicht als Stabilisierung einzubringen. Über der Bettungsschicht befindet sich seitlich neben dem Rohr der Bereich der Seitenverfüllung und über dem Rohr der Bereich der Abdeckung. Bettung, Seitenverfüllung und Abdeckung bilden die Leitungszone. Sie reicht nach DIN EN 1610 mindestens 150 mm über den Rohrschaft, bei Rohren mit Glockenmuffe mindestens 100 mm über der Verbindung. In jedem Fall ist der größere Wert maßgebend. In der Praxis hat sich eine Dicke der Abdeckung über dem Rohrschaft von 300 mm bewährt. Im Arbeitsblatt DWA-A 139 wird sie deshalb als Regelausführung empfohlen.

Als Überdeckungshöhe wird der Bereich von Oberkante Rohrschaft bis Geländeoberkante definiert.

Die Böden werden für die Eignung als Verfüllmaterial und zur Bezeichnung bei der statischen Berechnung wie im Arbeitsblatt DWA-A 127 eingeteilt. Die entsprechenden Bodenarten nach DIN 18196 sind zur Erläuterung in Klammern aufgeführt:

- G1: Nichtbindige Böden (GE,GW,GI,SE,SW,SI),
- G2: Schwachbindige Böden (GU,GT,SU,ST),
- G3: Bindige Mischböden, Schluff
(bindiger Sand und Kies, bindiger
steiniger Verwitterungsboden) (GU*,GT*,SU*,ST*,UL,UM),
- G4: Bindige Böden (z. B. Ton) (TL,TM,TA,OU,OT,OH,OK,UA).

Die Bodenarten für anstehende Böden können noch in Untergruppen U1 bis U4 eingeteilt werden.

6.3 Vorbereitungen zur Bauausführung

Eine gut vorbereitete Baustelle ist nicht nur wirtschaftlicher, sondern ermöglicht auch eine qualitativ bessere Bauausführung. Vor Beginn der Arbeiten sollten alle erforderlichen Unterlagen vorliegen und die Arbeitsvorbereitung sollte abgeschlossen sein.

Hierzu gehören u.a.:

- Ausschreibungsunterlagen, Baupläne, Geotechnischer Bericht, Standsicherheitsnachweise, erforderliche statische Berechnungen, z. B. für Rohre, Schächte und Bauwerke,
- Normen, Arbeits- und Merkblätter, Vorschriften und sonstige zu beachtende Richtlinien (z. B. Herstelleranleitungen und -informationen, Arbeitsanweisungen),
- evtl. Baustelleneinrichtungsplan, Bauablaufplan und Bauzeitenplan,
- Kenntnisse über Grundwasserstände, Geländeverhältnisse und Zufahrtsmöglichkeiten,
- Festlegungen des Bauverfahrens (z. B. verbaute Gräben, unverbaute Gräben),
- Festlegungen der einzusetzenden Baugeräte (z. B. Platzbedarf, Gewichte von Verbaugeräten, Rohren und Sonderbauteilen),
- Kenntnisse über vorhandene Ver- und Entsorgungsleitungen (Spartenpläne),
- Genehmigte Verkehrssicherungs- und -lenkungsmaßnahmen,
- Startgespräch AG/AN mit Klärung anstehender Fragen.

Grundsätzlich ist vor und während des Bauablaufs die Übereinstimmung der Bauausführung mit den Ansätzen / Vorgaben der Rohrstatik zu überprüfen!

6.4 Bestellung, Kontrolle, Transport und Lagerung

Die erforderlichen Rohre und insbesondere alle Sonderbauteile, die keine Lagerware darstellen, sind rechtzeitig zu bestellen. Eine eindeutige Absprache mit dem Rohrlieferanten, z. B. in Form eines zeitlichen Rohr- und Schachtfolgeplans, verbessern die Abläufe bei der Herstellung, Logistik, Lagerung und dem Einbau der bestellten Bauteile. Bei der Bestellung und der Kontrolle der Lieferung sind insbesondere folgende Parameter zu beachten:

Allgemeine Angaben Rohre und Schächte:

- Sonderzement (SR),
- Sonderbeton (SWB, ML, usw.),
- Auskleidung,
- Beschichtung,
- Kennzeichnung (FBS),
- Lastaufnahmemittel.

Allgemeine Angaben Rohre:

- Rohrart (B, SB),
- Rohrtyp (Querschnittsform, Fußausbildung etc.),
- Sonderbewehrung.

Allgemeine Angaben Schächte:

- Schachtart (B, SB),
- Schachttyp (DN, Höhe, Querschnitt usw.),
- Anschlüsse (DN, Anzahl, Zulaufwinkel, Gerinneauskleidung, Gerinneart, Höhe, Steighilfe, etc.)

Vor dem Abladen ist jede Lieferung vom Empfänger auf Übereinstimmung mit der Bestellung, Kennzeichnung, Beschaffenheit und auf eventuelle Beschädigungen zu prüfen. Der ordnungsgemäße Zustand ist auf dem Lieferschein zu bestätigen. Beschädigte Bauteile sind sofort auszusortieren und anzuzeigen. **Spätere Reklamationen können nicht anerkannt werden.** (Bild 6.2).



Bild 6.2: Kontrolle bei Anlieferung

Für das Befördern und Lagern von Rohren, Formstücken und Schachtfertigteilen aus Beton und Stahlbeton gilt DIN 19695.

Für das Be- und Entladen der Rohre, Formstücke und Schachtfertigteile sind geeignete Hebezeuge erforderlich, die mit Feinhub und Feinsenkestufe ausgestattet sind, um ein ruckartiges Anheben, Ablassen und/oder Aufsetzen der Last zu vermeiden. Die Bauteile sind einzeln zu transportieren. Abwerfen und Abrollen von den Fahrzeugen sowie Schleifen über den Boden sind unzulässig. Die Unfallverhütungsvorschriften sind unbedingt einzuhalten.

Lastaufnahmemittel, Anschlagmittel und Tragmittel müssen so beschaffen sein und eingesetzt werden, dass weder die Sicherheit von Personen beeinträchtigt noch das Betonfertigteile beschädigt werden kann. Lastaufnahmemittel müssen den Sicherheitsregeln der Berufsgenossenschaft BG Bau und den Montageanleitungen der Hersteller entsprechen.

Das Be- und Entladen von Rohren mit mittig angeordnetem Seilschlupf, von mehreren Rohren an einem Schlupf oder mit längs durchgezogenen Seilen, ist wegen möglicher Beschädigungen der Rohre nicht zulässig.

Empfohlene Lastaufnahmemittel sind:

- In die Rohre und Schachtfertigteile eingebaute Transport- und Verlegeanker mit zugehörigem Gehänge mit oder ohne Traverse,
- Rohr- bzw. Schachtgreifer,
- Entenschnabel mit Sicherungskette,
- Hebebänder mit oder ohne Traverse,
- Klauen für Schachtunterteile und Schachtringe.



Bild 6.3: Klauen für Schachtringe



Bild 6.4: Rohrgreifer



Bild 6.5: Rohrgreifer



Bild 6.6: Transport- und Einbauanker, FBS-Rohr



Bild 6.7: Transport- und Verlegeanker, FBS-Schachtunterteil

Bei der Lagerung auf der Baustelle ist darauf zu achten, dass die Rohre und Schachtfertigteile nicht beschädigt oder an den Dichtflächen verschmutzt werden. Sie sind ggf. durch untergelegte Hölzer gegen ein Anhaften oder Anfrieren von Boden zu schützen. Rohre und Schachtringe sind gegen Auseinanderrollen zu sichern.

Schädliche Temperatureinflüsse sind durch entsprechende Maßnahmen zu vermeiden.

Lose Dichtringe sowie das Gleitmittel sind vor längerer direkter Sonneneinstrahlung zu schützen und bei niedrigen Temperaturen und Frost temperiert zu lagern.

6.5 Herstellung des Leitungsgrabens

6.5.1 Allgemeines

Die Arbeiten im Bereich des Leitungsgrabens sind unter Beachtung der DIN 4124 sowie den Regeln des Arbeitsschutzes auszuführen. Die Art des Grabenverbaus bzw. der Winkel der Böschungsneigung richtet sich unter anderem nach den Bodenverhältnissen, dem Grundwasseranfall und dem zur Verfügung stehenden Verkehrsraum.

Falls ein Mehrfach- oder Stufengraben ausgeführt werden soll – auch wenn der Bau der verschiedenen Leitungen nacheinander erfolgt – ist dies bei den Angaben zur statischen Berechnung unbedingt zu berücksichtigen.

6.5.2 Mindestgrabenbreite

Die Grabenbreite ist so zu bemessen, dass ein fachgerechter und sicherer Einbau der Rohre und Schachtfertigteile sowie eine gute Verdichtung der Seitenverfüllung möglich sind. Die Mindestgrabenbreite soll einen ausreichenden Arbeitsraum gewährleisten und muss den gesetzlichen Unfallverhütungsvorschriften entsprechen. Sie darf nur in Sonderfällen, z. B. bei Engstellen durch Bauwerke unterschritten werden. In diesen Fällen sind besondere Maßnahmen erforderlich, wie das Verfüllen der Leitungszone mit Magerbeton, Flüssigboden (ZSFV zeitweise fließfähige selbstverdichtende Verfüllbaustoffe), Bodenmörtel o.ä.

Achtung: Ein ausreichender Arbeitsraum im Rohrgraben ist mit entscheidend für eine gute Verdichtung der Rohrzwickel und der Seitenverfüllung und damit für die Standsicherheit der Rohre! Er muss bereits bei der Planung in angemessener Breite berücksichtigt werden!

Aus bauverfahrenstechnischen Gründen (z. B. notwendiger Raum für die Verdichtungs- und Prüfgeräte, Grabenverbau, gleichzeitige Herstellung von Anschlussleitungen und Abstützung von angrenzenden Rohren) kann es notwendig sein, eine größere Grabenbreite, als jene in Tabelle 6.1 und 6.2 mindestens gefordert, festzulegen. Der Arbeitsraum an der Seite der zu errichtenden Rohre und Schächte muss bei allen durchzuführenden Arbeiten, die durchgeführt werden, ohne jegliche Einschränkung verfügbar sein.

Der Mindestarbeitsraum gem. DIN EN 1610 und DIN 4124 ist als **lichte** Grabenbreite zwischen dem horizontalen Rohraußendurchmesser im Schaft und der Grabenwand oder dem Grabenverbau (Bild 6.7 und Bild 6.8). Im Kanalbau ist in der Regel von einem betretbaren Arbeitsraum auszugehen.

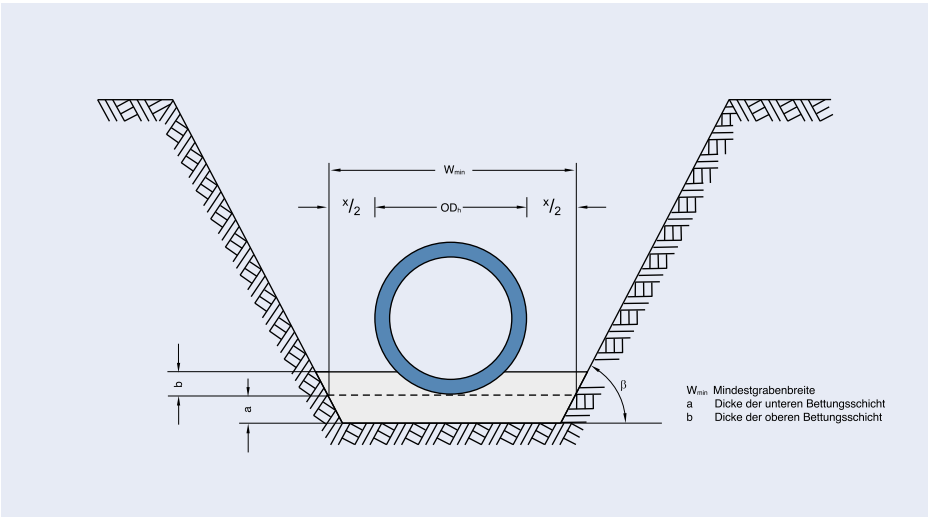


Bild 6.7: Mindestgrabenbreiten im geböschten Graben

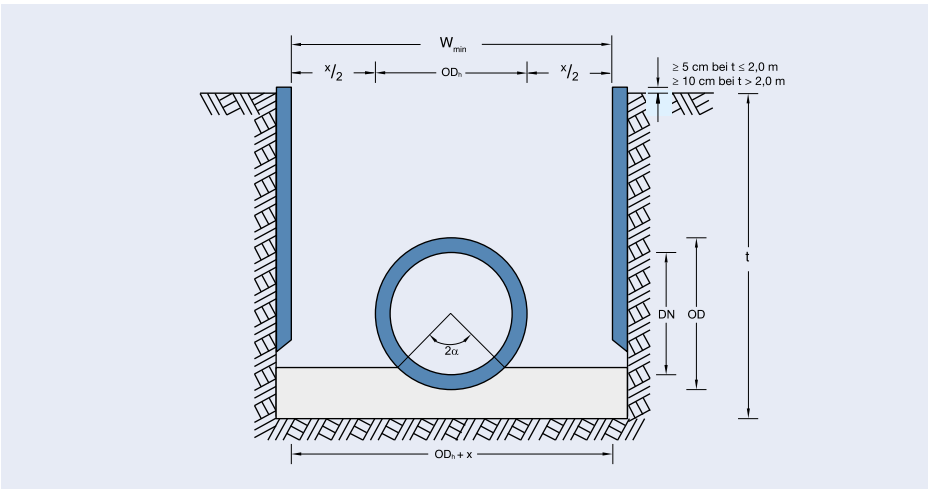


Bild 6.8: Mindestgrabenbreiten im verbauten Graben

Die Mindestgrabenbreite muss einem Mindestarbeitsraum gemäß Tabellen 6.1 und 6.2 entsprechen. Der größere Wert ist maßgebend. In Tabelle 6.1 sind die Mindestarbeitsraumbreiten in Abhängigkeit von Nennweite und Grabenform angegeben. Auf jeder Seite des Rohres muss mindestens die Hälfte des vorgeschriebenen Arbeitsraumes zur Verfügung stehen. Bei kleineren Rohrdurchmessern kann die Mindestgrabenbreite in Abhängigkeit von der Grabentiefe maßgebend werden (Tabelle 6.2).

Um in Tabelle 6.1 die richtige lichte Mindestgrabenbreite zu ermitteln, ist die entsprechende Zeile nach der Rohrnennweite DN zu wählen. Bei nicht kreisförmigen Querschnitten (z. B. Eiprofilen) erfolgt die Einordnung der DN-Gruppe nach der lichten Höhe (HN).

Tabelle 6.1: Lichte Mindestgrabenbreite, analog DIN EN 1610

Rohrnennweite DN bzw. HN	lichte Mindestgrabenbreite $W_{min} (OD_n^* + x^{**})$ [m]		
	verbauter Graben	unverbauter Graben	
		$\beta^{***} > 60^\circ$	$\beta^{***} \leq 60^\circ$
≤ 225	$OD_n + 0,40$	$OD_n + 0,40$	
$> 225 \text{ bis } \leq 350$	$OD_n + 0,50$	$OD_n + 0,50$	$OD_n + 0,40$
$> 350 \text{ bis } \leq 700$	$OD_n + 0,70$	$OD_n + 0,70$	$OD_n + 0,40$
$> 700 \text{ bis } \leq 1200$	$OD_n + 0,85$	$OD_n + 0,85$	$OD_n + 0,40$
> 1200	$OD_n + 1,00$	$OD_n + 1,00$	$OD_n + 0,40$

* OD_n ist der horizontale Außendurchmesser [m]
** Der Mindestarbeitsraum zwischen Rohr und Grabenwand bzw. -verbau beträgt $x/2$
*** Böschungswinkel β des unverbauten Grabens gegen die Horizontale

In Tabelle 6.2 sind die lichten Mindestgrabenbreiten in Abhängigkeit von der Grabentiefe angegeben.

Tabelle 6.2: Lichte Mindestgrabenbreite in Abhängigkeit von der Grabentiefe, nach DIN EN 1610

Grabentiefe [m]	lichte Mindestgrabenbreite W_{min} [m]
$< 1,00$	nicht vorgegeben
$\geq 1,00 \text{ bis } \leq 1,75$	0,80
$> 1,75 \text{ bis } \leq 4,00$	0,90
$> 4,00$	1,00

Bei Rohren $\geq$ DN 600 in verbauten oder unverbauten Gräben, bei denen eine maschinelle Verdichtung der Bettungsschicht und der Seitenverfüllung erforderlich ist, sollte der Arbeitsraum $x/2$ mindestens 0,50 m betragen. In diesem Fall beträgt die Mindestarbeitsraumbreite $OD_h + 1,00$ m.

Von der Mindestgrabenbreite nach Tabelle 6.1 bzw. 6.2 darf abgewichen werden:

- Wenn Personal den Graben niemals betritt,
- an Engstellen und bei unvermeidbaren Zwangspunkten,
- bei Verwendung von geeigneten selbstverdichtenden Verfüllbaustoffen (ZFSV – zeitweise fließfähige selbstverdichtende Verfüllbaustoffe).

Bei Abweichungen von den in der Rohrstatik festgelegten Grabenbreiten (lichte Mindestgrabenbreite zuzüglich Verbau) müssen die Lastannahmen überprüft und gegebenenfalls eine neue Statik erstellt werden.

Werden mehrere Rohre nebeneinander eingebaut, gilt nach DIN EN 1610 ein horizontaler Mindestarbeitsraum zwischen den Rohren von:

- 0,35 m bei Rohren $\leq$ DN (bzw. HN) 700,
- 0,50 m bei Rohren $>$ DN (bzw. HN) 700.

Diese Werte gelten bei Bettung auf Sand-Kies. Wenn zwischen den Rohren bis in Kämpferhöhe Beton eingebracht wird, kann der Abstand verringert werden.

Bei Schächten ist ein Arbeitsraum von mindestens 0,50 m einzuhalten.

6.5.3 Geböschte Baugruben und Gräben

Geböschte Baugruben und Gräben haben zwar einen größeren Platzbedarf, bieten aber den Vorteil, dass stets gegen den gewachsenen Boden verdichtet wird. Zusätzlich ergibt sich infolge des Böschungswinkels ein größerer Arbeitsraum. In der Praxis wird damit eine höhere Verdichtung des Bodens seitlich des Rohres ermöglicht (Bild 6.9). Das wirkt sich auf das Tragverhalten des Rohr-Boden-Systems günstig aus.

Nach DIN 4124 dürfen unter bestimmten Voraussetzungen bis zu einer Tiefe von 1,25 m senkrechte Grabenwände ohne Verbau hergestellt werden. Bei größeren Grabentiefen

beträgt die maximal zulässige Böschungswinkel 45° bei nichtbindigen oder weichen, bindigen Böden, 60° bei steifen, bindigen Böden und 80° bei Fels.

In Zweifelsfällen ist für die Böschung immer ein Standsicherheitsnachweis zu führen!

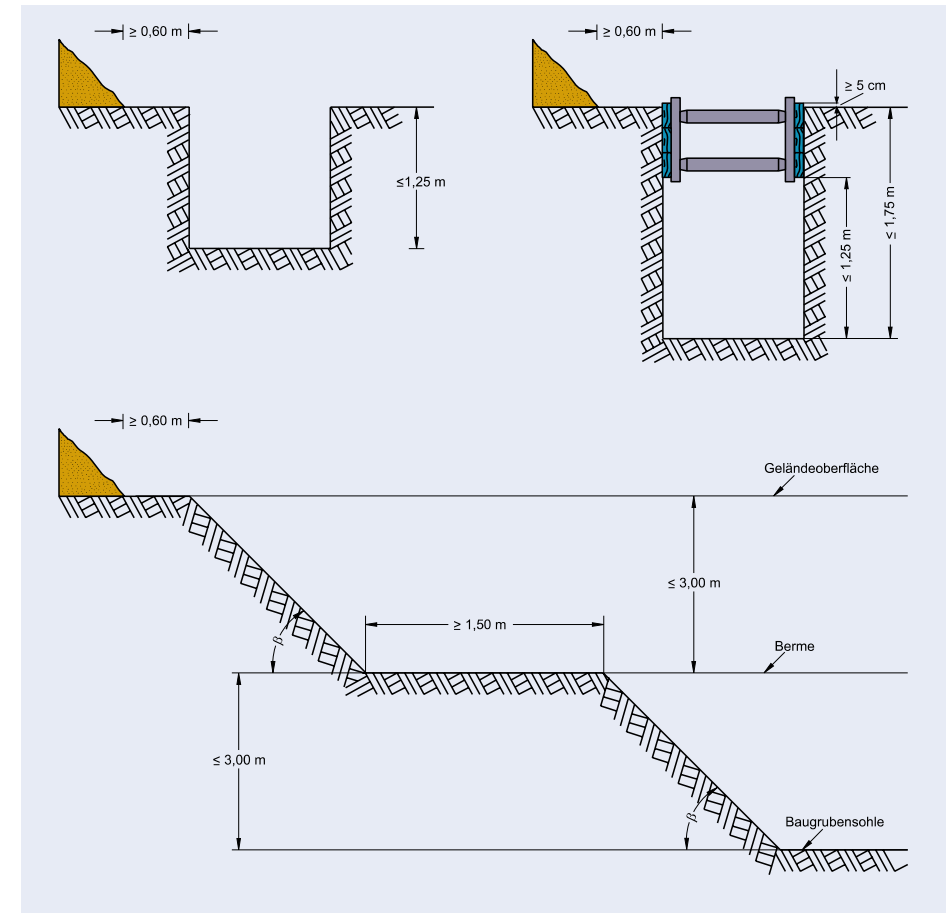


Bild 6.9: Beispiele für unverbaute bzw. teilverbaute Gräben

6.5.4 Verbaute Baugruben und Gräben

Für die Sicherung von Baugruben und Gräben eignen sich Grabenverbaugeräte mit großflächigen Verbauplatten (Bild 6.9) sowie waagerechter und senkrechter Verbau beispielsweise mit Kanaldielen oder Spundbohlen. Die Art des Verbaus richtet sich nach den örtlichen Gegebenheiten, wie Bodenart, Grundwasserstand, Anzahl der Zuläufe, kreuzenden Leitungen u. a. Die Art des Verbaus wird in der Regel durch den Planer vorgegeben.

Aus Sicherheitsgründen muss der obere Rand des Verbaus die Geländeoberfläche bei einer Grabentiefe bis einschließlich 2,00 m mindestens um 5 cm, bei einer Tiefe von mehr als 2,00 m mindestens um 10 cm überragen (Bild 6.8).

Verbauplatten können im Absenk- oder Einstellverfahren eingebracht werden.

Beim Absenkverfahren wird der Boden zwischen den Verbauelementen bis max. 50 cm unter der Unterkante des Verbaus ausgehoben und der Verbau anschließend nachgedrückt. Beim Einstellverfahren wird der Rohrgraben vorab ausgehoben. Die Verbauelemente werden nachträglich zur Sicherung eingestellt (Ausführung gemäß DIN 4124). Aus statischer Sicht ist das Absenkverfahren zu bevorzugen.

Der Rückbau des Verbaus im Bereich der Leitungszone und der Hauptverfüllung ist so auszuführen, dass durch die Verdichtung des Verfüllbodens eine Verbindung mit dem gewachsenen Boden der Grabenwand entsteht. Schrittweises Ziehen und unmittelbar anschließendes Nachverdichten wechseln sich ab. Das Verdichten gegen einen dickwandigen Verbau, z. B. Verbauplatten, mit anschließendem Ziehen des Verbaus ohne eine wirksame Nachverdichtung insbesondere im Bereich der Leitungszone führt zu unkontrollierter Mehrbelastung der Rohre und ist nach Arbeitsblatt DWA-A 127 durch kein gesichertes Rechenmodell erfassbar.

Wenn das Ziehen des Verbaus erst nach dem Verfüllen möglich ist, z. B. beim Einsatz von Kanaldielen, Spundwänden etc., ist dies in der Rohrstatik zu berücksichtigen. Alternativ ist der Verbau im Boden zu belassen.

Besonders zu beachten ist ein senkrechter Verbau mit Spundwänden und Leichtspundprofilen, der bis unter die Grabensohle reicht. Eine solche Unterrammung kann zu einer deutlichen Lasterhöhung auf die Rohrleitung führen. Dies ist bei der statischen Berechnung gemäß Arbeitsblatt DWA-A 127 zu berücksichtigen.

6.5.5 Wasserhaltung

Um eine ordnungsgemäße Bodenverdichtung zu ermöglichen und eine fachgerechte Bettung sowie dichte Rohrverbindungen herstellen zu können, ist der Rohrgraben während des Rohreinbaus unbedingt wasserfrei zu halten. Deshalb ist die Wasserhaltung sorgfältig zu planen.

Eventuell erforderliche Sickerpackungen in Verbindung mit einer Drainageleitung unterhalb der Rohrsohle sind gegen eine Wechselwirkung mit dem anstehenden Boden oder dem Verfüllmaterial z. B. durch Geokunststoffe (Bild 6.10) zu schützen. Nach Beendigung der Wasserhaltung sind Drainageleitungen zu verschließen und eine Dränwirkung der Sickerpackung längs der Rohrachse, z. B. durch Dichtriegel aus bindigem Material, zu verhindern.

Mögliche Arten der Wasserhaltung sind in DIN EN 1610, Anhang A, beschrieben.

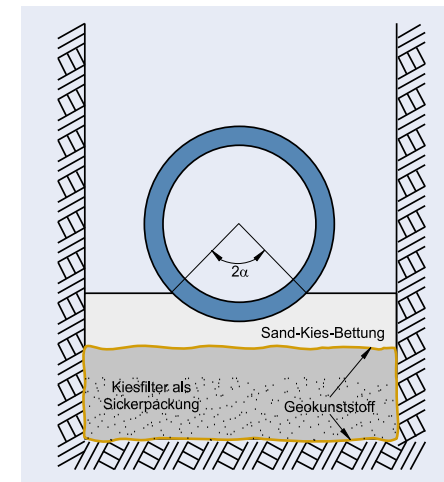


Bild 6.10: Schutz gegen Ausspülen der Bettung und des anstehenden Bodens durch Geokunststoffe

streben, um einen wirksamen Bettungswinkel von 90° bzw. 120° zu erzielen.
Bei der Bettung ist darauf zu achten, dass die untere Bettungsschicht nicht stärker als die obere Bettungsschicht verdichtet wird (Bild 6.12).

Bei Rohren mit Fuß ist eine gleichmäßige, vollflächige untere Bettungsschicht erforderlich.

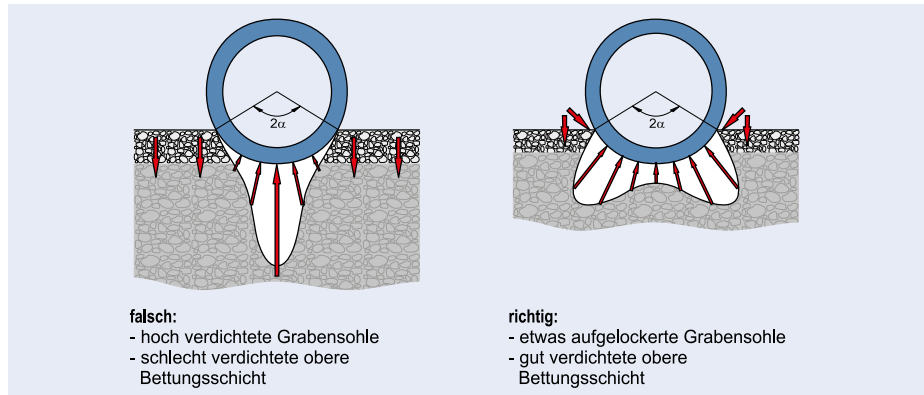


Bild 6.12: Spannungsverteilung im Bettungsbereich infolge falscher (links) und richtiger (rechts) Verdichtung

6.6.3.2 Bettung Typ 1 (Regelausführung nach Arbeitsblatt DWA-A 139)

Sofern kein geeigneter Boden für eine unmittelbare Rohrbettung ansteht, ist die Grabensohle tiefer auszuheben und eine Bettung aus verdichtungsfähigem Material einzubringen. Nach DIN EN 1610 muss die Dicke 'a' für die untere Bettungsschicht mindestens 100 mm betragen. Um Setzungen und Rohrschäden zu vermeiden, sollte diese Schicht nach Arbeitsblatt DWA-A 139 in Abhängigkeit vom Rohrdurchmesser erhöht werden (Bild 6.13).

Dicke der unteren Bettungsschicht:

- Bei normalen Bodenverhältnissen:
 - $a_{\min} = 100 \text{ mm}$ (DIN EN 1610),
 - $a = 100 \text{ mm} + 1/10 \text{ DN}$ (Arbeitsblatt DWA-A 139, DN in mm).
- Bei Fels oder festgelagerten Böden (z. B. Tonstein, Mergel, Moränenkies):
 - $a_{\min} = 150 \text{ mm}$ (DIN EN 1610),
 - $a = 100 \text{ mm} + 1/5 \text{ DN}$ (Arbeitsblatt DWA-A 139, DN in mm).

Für FBS-Beton- und FBS-Stahlbetonrohre sind die Minstdicken nach Arbeitsblatt DWA-A 139 einzuhalten. Für die untere und obere Bettungsschicht muss das gleiche Material verwendet werden. Der Verdichtungsgrad der oberen Bettungsschicht muss mindestens dem der unteren Bettungsschicht entsprechen.

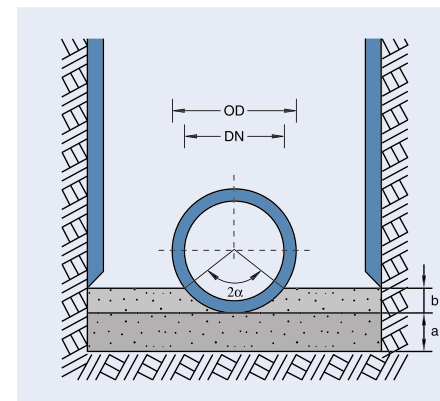
Ein für die Bettung geeigneter Boden muss gut verdichtbar sein. Nach DIN EN 1610 sollten Baustoffe für die Leitungszone keine Bestandteile aufweisen, die größer sind als:

- 22 mm bei Rohren $\leq \text{DN } 200$,
- 40 mm bei Rohren $> \text{DN } 200$ bis $\leq \text{DN } 600$,
- 60 mm bei Rohren $> \text{DN } 600$.

Das Größtkorn sollte die Hälfte der Wanddicke der Rohre bzw. 64 mm nicht überschreiten.

Nach den Angaben des Arbeitsblattes DWA-A 139 eignen sich für die Leitungszone folgende Baustoffe der Bodengruppe G1:

- Sande mit Ungleichförmigkeitszahl $C_u \geq 3$,
- Starksandige Kiese mit Größtkorn 20 mm, Sandanteil $> 15 \%$ und Ungleichförmigkeitszahl $C_u \geq 3$,
- Ein-Korn-Kiese,
- Brechsand-Splitt-Gemische:
 - mit Größtkorn 11 mm für Rohre $< \text{DN } 1000$,
 - mit Größtkorn 20 mm für Rohre $\geq \text{DN } 1000$.



Die Dicke 'b' der oberen Bettungsschicht muss der statischen Berechnung bzw. den Planungsanforderungen entsprechen.

Bild 6.13: Bettung Typ 1 nach DIN EN 1610 und Arbeitsblatt DWA-A 139

6.6.3.3 Bettung Typ 2 nach DIN EN 1610

Beim Bettungstyp 2 (Bild 6.14) werden die Rohre in lockeren, feinkörnigen Böden direkt auf eine vorbereitete und vorgeformte Grabensohle eingebaut. Der anstehende Boden muss hierfür gut zu verdichten sein.

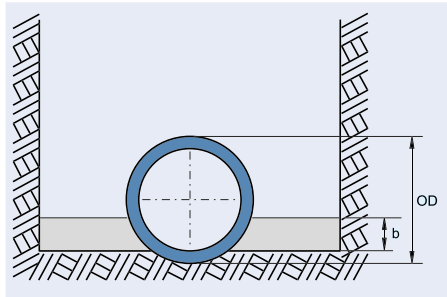


Bild 6.14: Bettung Typ 2 nach DIN EN 1610

Die untere Bettungsschicht entfällt; die noch auszuführende obere Bettungsschicht verringert sich um die Höhe der vorgeformten Mulde. Eine Ausführung dieser Bettung ist in der Praxis nur sehr schwierig durchzuführen und daher **nicht** zu empfehlen.

6.6.3.4 Bettung Typ 3 nach DIN EN 1610

Die Bettung Typ 3 (Bild 6.15) darf unter den gleichen Bedingungen ausgeführt werden wie Typ 2. Sie unterscheidet sich nur darin, dass die Vorformung der Grabensohle entfällt.

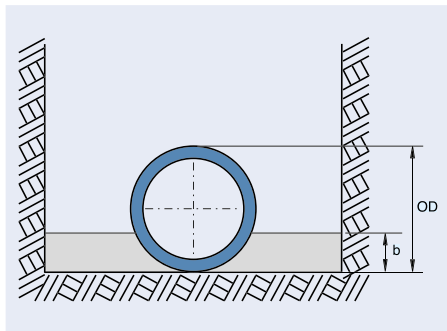


Bild 6.15: Bettung Typ 3 nach DIN EN 1610

Obwohl in der DIN EN 1610 ein ausdrücklicher Hinweis fehlt, birgt dieser Bettungstyp bei Rohren ohne Fuß die Gefahr einer Lini-enlagerung und sollte nur bei geeignetem Boden ausgeführt werden. Dann ist zusätzlich im Bereich der Sohllinie eine Auflocke-rung der Bettung durchzuführen.

Eine Ausführung dieser Bettung ist **nicht** zu empfehlen.

6.6.3.5 Betonbettung

Nach DIN EN 1610, Absatz 7.3 stellt eine Betonbettung eine besondere Ausführung der Bettung oder des Tragwerks. Es gelten die Vorgaben entsprechend Arbeitsblatt DWA-A 139.

Eine Betonbettung ist bei folgenden Einsatzbedingungen erforderlich bzw. zweckmäßig:

- Bei nicht standfesten Böden, z. B. Torf, Fließsand etc.,
- Bei strömendem Grundwasser oder schwankendem Grundwasserstand, wenn die Gefahr des Ausspülens des Bettungsmaterials besteht,
- Wenn die Grabensohle stark geneigt ist oder für eine Bettung mit Sand-Kies nicht geeignet ist,
- Bei sehr dicht gelagertem Untergrund oder Fels,
- Wenn es durch die statischen Randbedingungen erforderlich ist,
- Bei Beton- und Stahlbetonrohren mit Eiquerschnitt, mit Fuß und Stahlbetonrohren mit Rechteckquerschnitt, um eine genaue horizontale Lagerung zu erreichen.

Rohre mit Fuß, Eiprofilrohre und Stahlbetonrohre mit Rechteckquerschnitt sind auf eine Ausgleichsschicht (Frismörtel/Splitt) zu legen. Bei Fußrohren mit Nut im Sohlbereich (Aussparung in der Mitte des Bettungsbereichs), die bei der statischen Berechnung angesetzt wird, muss gesichert sein, dass im Mittelbereich keine Lastübertragung möglich ist. Die Randbereiche sind nachzustopfen.

Die Betongüte für die Bettung soll mindestens der Festigkeitsklasse C 12/15, bei bewehrter Betonbettung mindestens C 16/20 – empfohlen C 20/25 – entsprechen. Insbesondere der Beton im Zwickelbereich der Rohre sollte schwindarm sein.

Bei einer Betonbettung (Bild 6.16) beträgt der Bettungswinkel üblicherweise 90°, 120° oder 180°. Die untere Bettungsschicht a muss mindestens $50 \text{ mm} + 1/10 \text{ DN}$, bei einem Bettungswinkel $\geq 180^\circ$ muss $a \geq 1/4 \text{ DN}$ betragen. Aus statischer Sicht ist eine Vollummantelung nur bei sehr geringer Überdeckung sinnvoll. Bei Rohren mit Fuß soll die Betonbettung über die Fußbreite mit einem definierten Überstand von mindestens $50 \text{ mm} + 1/10 \text{ DN}$ reichen.

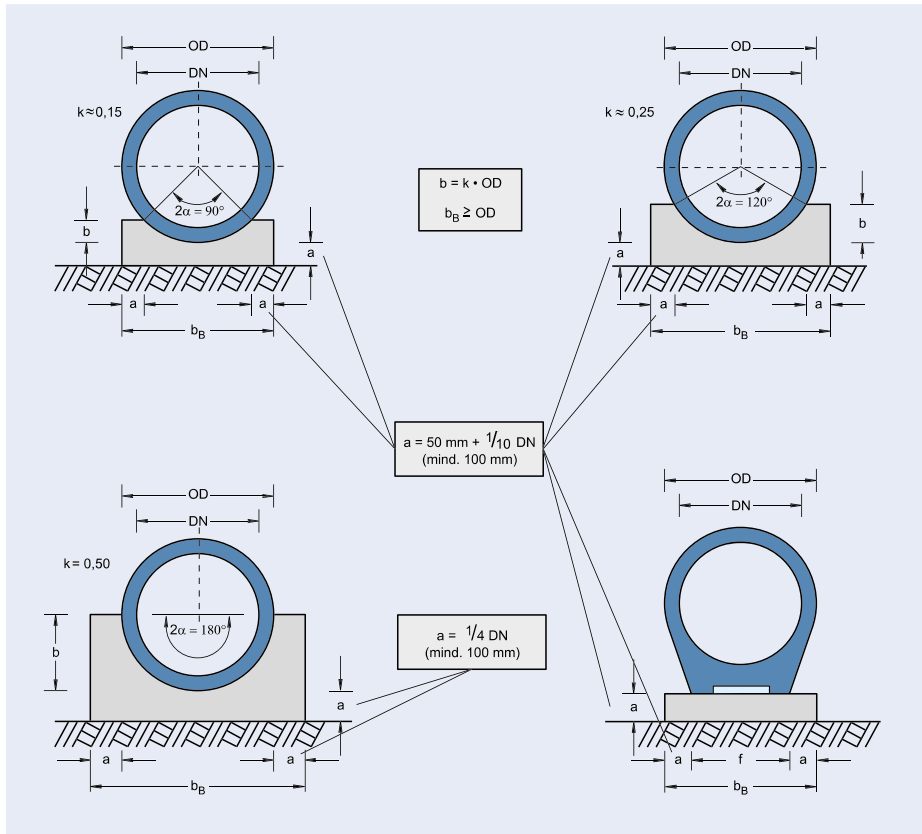


Bild 6.16: Bettung auf Beton, Mindestabmessungen

Gemäß DIN EN 1610 soll die Breite der Betonbettung mit der Grabenbreite übereinstimmen, soweit nichts anderes festgelegt ist (Bild 6.17). Dies erleichtert die Ausführung einer wirksamen Betonbettung, eine Abschalung wird gespart und die Lastumlagerung auf das Rohr ist wesentlich geringer. In verbauten Gräben, bei denen der Verbau nachträglich entfernt wird, ist zwischen Beton und Verbau eine flexible Trennschicht vorzusehen, um Schäden an der Betonbettung bzw. an der Rohrleitung beim Rückbau des Verbaus zu vermeiden.

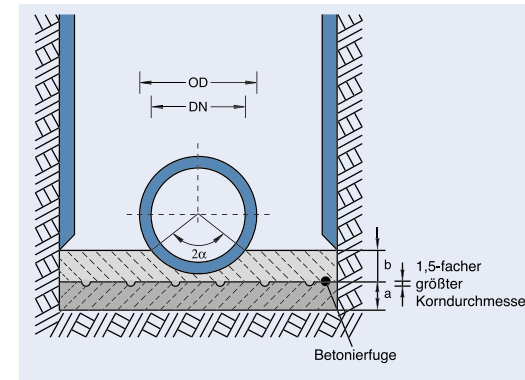


Bild 6.17: Empfohlene Ausführung für Betonbettung nach Arbeitsblatt DWA-A 139

Bei Herstellung einer Betonbettung ist die mögliche Gefahr des Aufschwimmens der Rohre während des Betoniervorgangs zu berücksichtigen (z. B. durch Auftriebsberechnung). Dies gilt besonders bei der Verwendung von ZFSV's.

6.6.3.6 Sonderausführung der Bettung

In besonderen Fällen können andere Bettungsarten zur Ausführung kommen, z. B. Bodenverbesserung, Gründung auf Pfählen mit einer Stahlbetonplatte oder auf Rohrsätteln. Für Sonderausführungen muss immer ein statischer Nachweis vorliegen.

Beim Einbau von Rohrleitungen in weichen, schwer zu entwässernden Böden kann eine Stabilisierung der unteren Bettungsschicht durch eine Gründungsschicht aus grobkörnigem Material mit eingelagerter Dränung erforderlich werden. Die Gründungsschicht wird mit einem Geokunststoff mit Trenn- und Filtereigenschaften umhüllt, der eine Wechselwirkung von Feinanteilen zwischen dem anstehenden Boden und der Leitungszone verhindert (Bild 6.11).

Beim Übergang zwischen Bodenarten mit unterschiedlichen Setzungseigenschaften sind Ausgleichsmaßnahmen vorzusehen, um eine in Rohrlängsrichtung gleichmäßige Bettung sicherzustellen.

Generell lässt die DIN EN 1610 weitgehende Handlungsfreiheit bei der Auswahl von Bettungsvarianten. Es ist jedoch darauf zu achten, dass für die gewählte Bettung auch ein entsprechendes Rechenmodell verfügbar ist.

6.7 Einbau und Bettung von FBS-Rohren

6.7.1 Herstellen der Rohrverbindung

Vor dem Einbau sind die Rohre auf Beschädigungen, insbesondere im Dichtungsbereich, zu untersuchen. Ausbesserungen sind nach Rücksprache mit dem Hersteller evtl. bauseits möglich.

FBS-Betonrohre und FBS-Stahlbetonrohre sind werkseitig mit einer fest in der Muffe eingebauten oder auf dem Spitzende fixierten Gleitringdichtung ausgestattet. Damit ist die Lage der Dichtung im eingebauten Zustand sicher vorgegeben. Vor dem Zusammenführen der Rohre ist der Dichtungsbereich – Spitzende außen und Muffe innen – von Verschmutzung, Eis o.ä. zu reinigen und die Gleitringdichtung auf Unversehrtheit zu prüfen (Bild 6.18).



Bild 6.18: Kontrolle des Muffenbereiches vor dem Einbau

Das vom Rohrhersteller mitgelieferte Gleitmittel ist mindestens auf dem Betonbereich aufzutragen. Bei fest in der Muffe eingebauten Dichtungen muss das Gleitmittel auf dem Spitzende (Bild 6.19 und 6.21), bei Dichtungen auf dem Spitzende in der Muffe (Bild 6.20) aufgebracht werden. Um die Einschubkräfte zu minimieren, wird empfohlen, das Gleitmittel zusätzlich auf die Dichtung aufzutragen. Grundsätzlich sollte man das Gleitmittel satt und gleichmäßig aufbringen. In der Praxis hat sich der Auftrag z. B. mit einem Handschuh bewährt. Andere, als

vom Dichtmittelhersteller empfohlene Gleitmittel, dürfen nicht verwendet werden. Die Einbauanleitung des Rohrherstellers ist zu beachten.

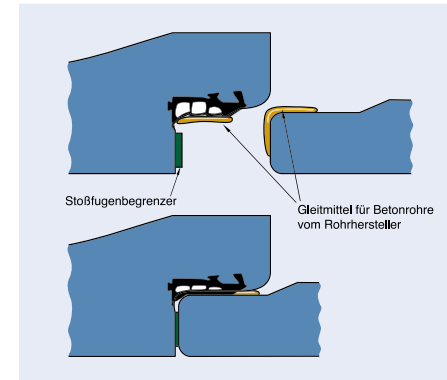


Bild 6.19: Auftragen des Gleitmittels bei einer fest in der Muffe eingebauten Gleitringdichtung

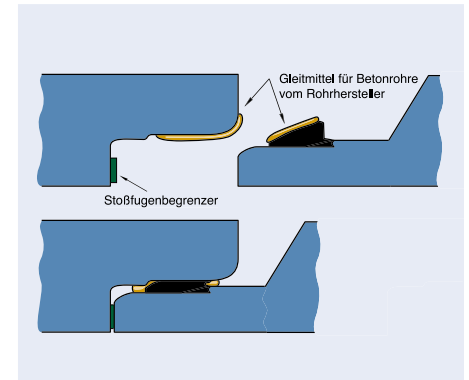


Bild 6.20: Auftragen des Gleitmittels bei einer auf dem Spitzende fixierten Gleitringdichtung



Bild 6.21: Auftragen des Gleitmittels auf dem Spitzende



Bild 6.22: Anbringen Stoßfugenbegrenzer

Der Rohreinbau beginnt üblicherweise am Tiefpunkt der Leitung, wobei beim Zusammenführen der Rohre jeweils das Spitzende in die Muffe des bereits eingebauten Rohres eingeführt wird. Das einzubauende Rohr muss zentrisch angesetzt und mit kontrolliertem Kraftaufwand zusammengeführt werden. Das neu einzubauende Rohr darf dabei nicht aufliegen, sondern soll frei am Hebegerät hängend eingezogen werden.

Um eine Beschädigung der Dichtung und ein Sprengen der Muffe auszuschließen, ist die Verwendung von geeigneten Geräten – z. B. Rohrzuggeräte, die außen angreifen (Bild 6.24)

oder Seilzüge im Rohrinernen – zweckmäßig. Ein Zusammenschieben mit dem Baggerlöffel – auch mit zwischengelegtem Kantholz – führt oft zu Beschädigungen am Rohr (z. B. Kantenausbrüche und Radialrisse) und ist deshalb nicht zulässig.



Bild 6.23: Zusammenziehen der Rohre mit Rohrzuggerät

Um Zwängungen zu vermeiden, soll der Abstand zwischen den Stirnflächen der Rohre (Stoßfuge) gemäß dem Arbeitsblatt DWA-A 139 nach dem Einbau mindestens 5 mm betragen. Um zusätzlich eine Beschädigung von Spitzende oder Muffenspiegel beim Zusammenführen der Rohre zu vermeiden, sollte ein Stoßfugenbegrenzer auf dem Muffenspiegel – sofern nicht werkseitig vorhanden – bauseits fixiert werden. Eine bewährte baupraktische Lösung besteht darin, in Abhängigkeit der Rohrnennweite, mindestens 3 Stück z. B. Holzplättchen mit dem Gleitmittel gleichmäßig verteilt auf dem Muffenspiegel zu fixieren (Bild 6.22/Tab. 6.3).

Tabelle 6.3: Anzahl von Stoßfugenbegrenzern

Nennweite	Anzahl
≤ DN 600	mind. 3 Stück
DN 700 bis DN 1500	mind. 4 Stück
≥ DN 1600	mind. 6 Stück

Tabelle 6.4: Stoßfugen an Rohrverbindungen von FBS-Beton- und FBS-Stahlbetonrohren

Nennweite	Empfohlene Stoßfugenbreite [mm]	Maximale Stoßfugenbreite [mm]
≤ DN 600	5	15
DN 700 bis DN 1200	10	20
DN 1300 bis DN 1500	10	25
≥ DN 1600	15	30

Größere Stoßfugen als in Tabelle 6.4 können zulässig sein und sind beim jeweiligen Rohrhersteller zu erfragen.

Bei Rohren mit werkseitig eingebauten Transport- und Einbauankern sind die Ankermulden vor dem Verfüllen der Rohrleitung dauerhaft, dicht und korrosionssicher zu verschließen. Rohre für Abwasserleitungen und -kanäle werden im Allgemeinen geradlinig zwischen zwei Schachtbauwerken eingebaut. Richtungsänderungen erfolgen in den Schächten. Es besteht jedoch auch die Möglichkeit, diese im Bereich der Trasse durch die Verwendung von werkseitig hergestellten Krümmern auszuführen (Abschnitt 2.9.3 FBS-Krümmen).

In Sonderfällen ist auch ein Einbau der Rohre im Bogen durch planmäßige Abwinklung möglich. Hierbei wird die Rohrverbindung zunächst zentrisch hergestellt. Die Abwinklung erfolgt in einem zweiten Arbeitsschritt. Die in der FBS-Qualitätsrichtlinie Teil 1 angegebenen Werte der Abwinklung, wie sie im Rahmen der Erstprüfung anzusetzen sind, dürfen bei planmäßigem Einbau der Rohre im Bogen nicht ausgenutzt werden. Die Abwinklung sollte maximal den halben Prüferten entsprechen, um auch weiterhin eine Reserve für unplanmäßige Abwinklungen zu haben. Die gegenseitige Abwinklung beträgt dann 6250/DN oder 25 mm/m, je nachdem, welcher Wert kleiner ist.

Abweichungen von den im Handbuch beschriebenen Regelausführungen erfordern besondere Maßnahmen, die mit dem Rohrhersteller abzustimmen sind.

6.7.2 Einbau auf Sand-Kies

Die untere Bettungsschicht ist so vorzubereiten, dass die Rohre frei hängend zusammengefügt werden können:

- Beim Zusammenfügen der Rohre soll sich im Verbindungsbereich kein Bettungsmaterial zwischen die beiden Rohre schieben. **Zweckmäßigerweise sollte im Bereich der Rohrverbindung eine kleine Aussparung im Bettungsmaterial hergestellt werden (Bild 6.25).**
- Die Rohrverbindung muss zwängungsfrei hergestellt werden, da sonst die Dichtung über den Umfang unterschiedlich verpresst wird. Bei einer Punktlagerung kann das zu einer Beanspruchung führen, die bei der späteren Überschüttung über die von der Dichtung aufnehmbaren Scherkräfte hinausgeht. Die Verbindung wird undicht und das Rohr evtl. geschädigt,

- Nur wenn das Rohr frei hängt, kann nach dem Herstellen der Rohrverbindung das Rohr in Höhe und Richtung durch sorgfältiges Unterstopfen ausgerichtet und die geforderte Zwickelverdichtung erreicht werden. Das gilt auch für Rohre mit Fuß und Stahlbetonrohre mit Rechteckquerschnitt.

Die Verdichtung der Rohrzwickel beeinflusst entscheidend die spätere Tragfähigkeit des Rohres (Bild 6.12).

DIN EN 1610 verlangt eine Verdichtung gemäß der Planungsanforderungen. Diese sollte aber mindestens die Lagerungsdichte des gewachsenen Bodens erreichen. Nach ZTV E-StB ist dafür eine Proctordichte von 97 % erforderlich. Die Verdichtung der Zwickel erfolgt durch sorgfältiges Unterstopfen von Hand oder mit leichten Verdichtungsgeräten. Bei kreisförmigen Rohren beträgt im Regelfall die Höhe der oberen Bettungsschicht $b = 0,15 \text{ OD}$. Dies entspricht einem Bettungswinkel von 90° . Je nach statischen Erfordernissen können auch größere Bettungswinkel notwendig werden.



Bild 6.24: Verdichtung der Rohrzwickel von Hand

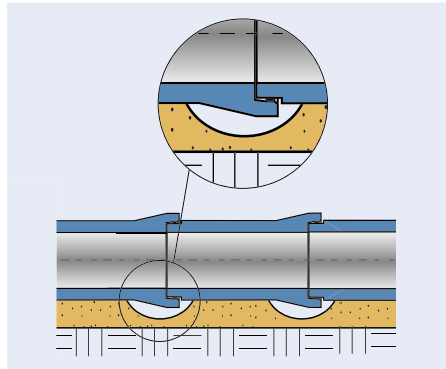


Bild 6.25: Gleichmäßige Lagerung des Rohrschafts und Freiliegen der Rohrverbindung

Bei FBS-Betonrohren oder FBS-Stahlbetonrohren mit Fuß entspricht die Auflagefläche der Breite des Fußes. Auch hier ist ein Unterstopfen der Randbereiche unter dem Fuß erforderlich.

6.7.3 Einbau auf Beton

Der Einbau auf Beton kann bei Rohren bis ca. DN 800 in erdfeuchtem Beton erfolgen, wobei der Arbeitsablauf dem bei einer Sand-Kies-Bettung entspricht (Bild 6.25). Es ist sicherzustel-

len, dass eine Belastung der Rohre durch die Überschüttung erst nach ausreichendem Erhärten der Betonbettung erfolgen kann. Bei runden Rohren sind die Zwickel zu unterstopfen. Die obere Bettungsschicht soll, wie die untere Bettungsschicht, über die gesamte Grabenbreite eingebaut werden. Eine Abweichung hiervon hat Einfluß auf die statische Berechnung und ist bei den Angaben zur statischen Berechnung unbedingt anzugeben.

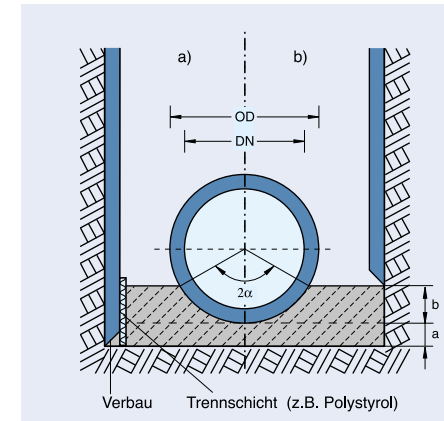


Bild 6.26: Betonaufleger
a) Einbau gegen Verbau
b) Einbau gegen gewachsenen Boden



Bild 6.27: Herstellen einer Betonbettung

Erfolgt der Einbau der Betonbettung gegen den Verbau (z. B. Spundwand, Gleitschienenverbau), so ist zwischen Beton und Verbau eine flexible Trennschicht vorzusehen, um Schäden an der Betonbettung beim Rückbau des Verbaus zu verhindern. Nach dem Ziehen des Verbaus (z. B. Verbauplatten) muss der Spalt zwischen dem gewachsenen Boden und der Betonbettung gezielt verfüllt werden.

Bei größeren Rohren wird zuerst eine Betonsohle (untere Bettungsschicht) erstellt, deren Oberkante um das 1,5-fache des größten Zuschlagkorndurchmessers unter der endgültigen Bettungshöhe liegt, jedoch mindestens 3 cm. Für Glockenmuffen ist eine ausreichende Aussparung vorzusehen. Nach dem Erhärten der Betonsohle erfolgt der Rohreinbau auf wassergesättigten Holzkeilen o.ä., wobei das einzubauende Rohr zentrisch in das bereits eingebaute Rohr eingezogen wird. Die Holzkeile sind mindestens 20 cm entfernt von Muffe bzw. Spitzende anzuordnen.

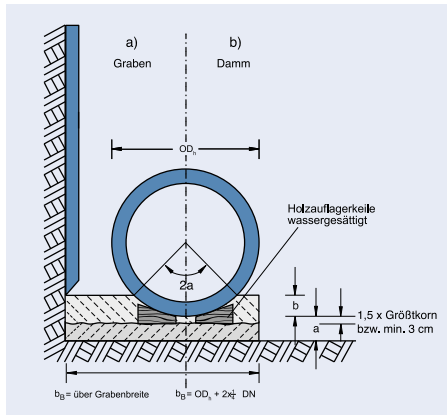


Bild 6.28: Einbau eines Stahlbetonrohres auf Betonsohle mit nachträglich betoniertem Rohrzwickel (Empfehlung)

- a) Einbau im Graben
- b) Einbau im Damm

Die Betonsohle muss so rau sein, dass sich eine schubfeste Verbindung mit dem nachträglich eingebrachten Zwickelbeton ergibt. Soll der Zwickelbeton nicht über die gesamte Grabenbreite eingebracht werden, ist eine Abschalung mit den Mindestabmessungen nach Bild 6.16 erforderlich. Beim nachträglichen Betonieren der Zwickelbereiche soll ein Beton des Konsistenzbereiches $\geq F2$ (mindestens plastisch) verwendet werden, der ggf. mit Flaschenrüttlern verdichtet wird und in die Rohrzwickel läuft. Ein nachträgliches Absetzen ist unbedingt zu vermeiden, damit der Beton auch nach dem Abbinden satt an der Rohrwandung anliegt (schwindarmen Beton verwenden!). Die Auflagerkeile aus Holz können einbetoniert werden.

Um Unebenheiten und Toleranzen auszugleichen und eine vollflächige Bettung zu erreichen, werden Rohre mit Fuß und Stahlbetonrohre mit Rechteckquerschnitt auf der erhärteten Betonsohle auf einer Ausgleichsschicht aus Frischmörtel/Splitt eingebaut. Diese Schicht ist gegebenenfalls am Rand nachzustopfen. Soll die Nut im Fußbereich statisch genutzt werden, so ist diese frei zu halten.

Es wird empfohlen, die Betonbettung bei der Rohrverbindung am Schachtanschluss und an der Verbindung des Gelenkrohrs zum Rohrstrang durch Polystyrol o.ä. zu unterbrechen,

um eine Gelenkwirkung zu erreichen. Ansonsten ist eine Trennung bei den Rohrstößen in der Regel nicht erforderlich, da das Rohr bei einer Biegebeanspruchung in Längsrichtung steifer ist als die Bettung.

6.8 Verfüllen der Leitungszone

6.8.1 Geeignetes Verfüllmaterial für die Leitungszone

Das Verfüllmaterial muss mit den Planungsanforderungen und der statischen Berechnung übereinstimmen. Es darf weder den Rohrwerkstoff noch das Grundwasser beeinträchtigen. Eine dauerhafte Stabilität und die seitliche Stützung der Rohrleitung ist sicherzustellen.

Nach DIN EN 1610 ist jeder anstehende Boden zur Verfüllung geeignet, wenn er:

- Verdichtbar ist,
- Frei von allen rohrschädigenden Materialien ist (z. B. Überkorn, Müll, organisches Material, Tonklumpen > 75 mm, Schnee und Eis).

Bei angelieferten Baustoffen sind folgende körnige, nicht bindige Baustoffe geeignet:

- Ein-Korn-Kies,
- Material mit abgestufter Körnung,
- Sand,
- Korngemische (All-IN),
- Gebrochene Baustoffe.

Es können auch geeignete hydraulisch gebundene Baustoffe, wie stabilisierter Boden und geeignete Betone verwendet werden. Das Verfüllmaterial in der Leitungszone soll den gleichen Anforderungen wie das Bettungsmaterial (Abschnitt 6.6.3.2 Einbau auf Sand-Kies) genügen. Dies betrifft insbesondere die gute Verdichtbarkeit. Zunehmende Bedeutung erlangt der Einsatz von zeitweise fließfähigen, selbstverdichtenden Verfüllbaustoffen (ZFSV) sog. Flüssigboden.

Die Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) hat dazu „Hinweise für die Herstellung und Verwendung von zeitweise fließfähigen, selbstverdichtenden Verfüllbaustoffen im Erdbau – H ZFSV“ herausgegeben. ZFSV sollten bodenmechanische Eigenschaften besitzen, damit ihr Einfluss auf das Rohr-Boden-System

durch die Bodengruppen gemäß Arbeitsblatt DWA-A 127 abgedeckt sind und nach Arbeitsblatt DWA-A 127 gerechnet werden kann. Ansonsten sollte die Eignung des ZFSV im konkreten Anwendungsfall unter Berücksichtigung der Interaktion mit dem natürlichen, anstehenden Boden untersucht werden. Hierzu wird empfohlen, einen Sachverständigen für Geotechnik einzuschalten.

Insbesondere die statisch relevanten, bodenmechanischen Kennwerte sind festzulegen (z. B. Reibungswinkel, Wichte, Verformungsmodul analog Arbeitsblatt DWA-A 127). Das zeitabhängige Verformungsverhalten wie Schwinden, Kriechen, Quellen, der Erstarrungsverlauf sowie die Endfestigkeit sind zu untersuchen. Der Anwender des Verfahrens muss über ein Qualitätssicherungssystem verfügen. Zur Qualitätssicherung wird auf die „RAL Gütegemeinschaft Flüssigboden e.V., Gütezeichen 507“ verwiesen.

6.8.2 Verfüllen der Leitungszone

Von entscheidender Bedeutung für die Belastung des Rohres und damit für die Standsicherheit ist die Verdichtung in der Leitungszone auch oberhalb der Bettungsschicht. Eine geringe Verdichtung seitlich des Rohres vergrößert die Lastkonzentration auf die Rohre und verringert die seitliche Stützwirkung. In Bild 6.29 wird dieser Einfluss deutlich.

Verdichtungsfähiges Verfüllmaterial ist beiderseits der Rohrleitung gleichmäßig lagenweise einzubringen und sorgfältig zu verdichten.

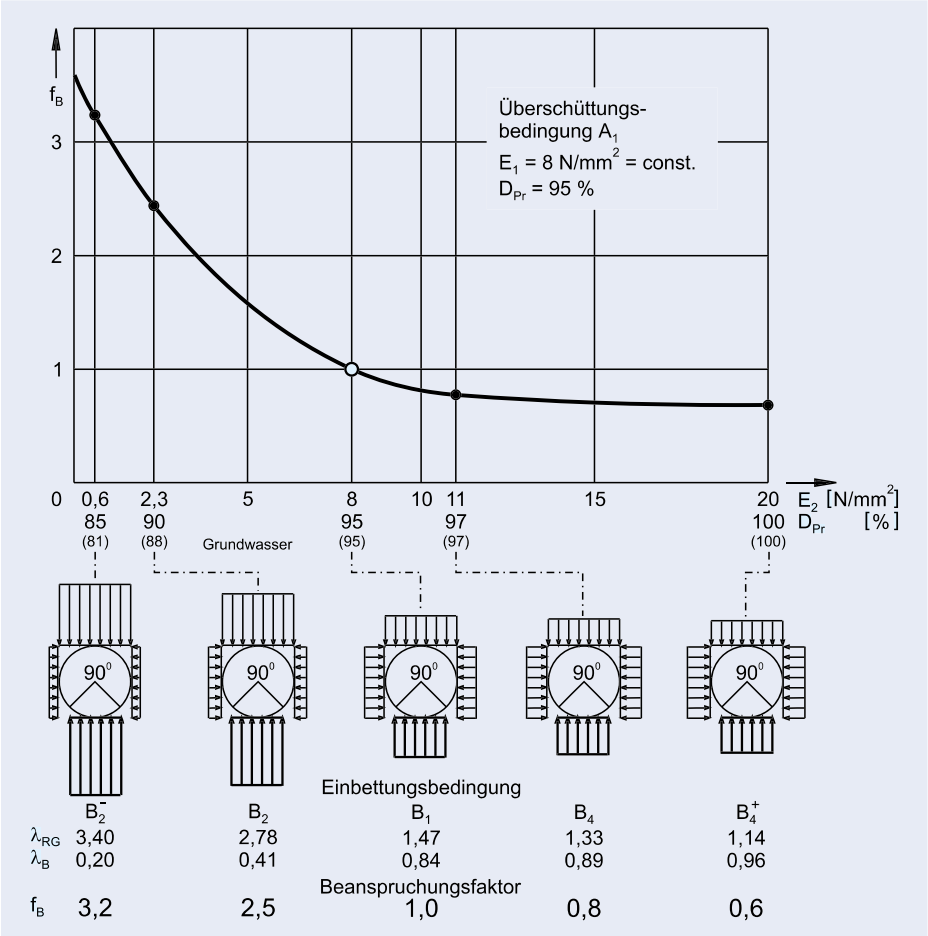


Bild 6.29: Einfluss der seitlichen Verdichtung bei unveränderter Bettung auf die Belastung des Rohres (nach Hornung, K., Rohr und Leitungszone)



Bild 6.30: Prüfen der Verdichtung durch Rammsondierung

Die Verdichtung in der Leitungszone darf nicht geringer als im Bereich der Hauptverfüllung über dem Rohrscheitel sein.

In der Leitungszone, Bettung, Seitenverfüllung und der Abdeckung (im Regelfall 300 mm über Rohrschaft) darf nur von Hand oder mit leichten Verdichtungsgeräten verdichtet werden (Tabelle 6.5). Nach DIN EN 1610 sollte die Verdichtung der Abdeckung über dem Rohr, falls gefordert, von Hand erfolgen. Die mechanische Verdichtung der Hauptverfüllung direkt über dem Rohr sollte erst erfolgen, wenn eine Schicht mit einer Minstdicke von 300 mm über dem Rohrscheitel eingebracht worden ist. Die in DIN EN 1610 in Tabelle 1 und 2 angegebenen Grabenbreiten sind Mindestwerte, die für den Einsatz von Verdichtungsgeräten für die Verdichtung der Seitenverfüllung u. U. vergrößert werden müssen.

Schütthöhe, Material und das zum Einsatz kommende Verdichtungsgerät sind aufeinander abzustimmen. Schütthöhe und Anzahl der erforderlichen Übergänge sind Tabelle 6.5 zu entnehmen. Genaue Werte sind nur durch eine Probeverdichtung festzustellen.

Ein Einschlämmen ist nur in Ausnahmefällen zulässig, wenn die Eignung im konkreten Einbaufall nachgewiesen wird.

Um eine möglichst hohe Verdichtung zu erreichen, ist in der Regel ein nichtbindiger Boden als Verfüllmaterial zu verwenden. Nach der ZTV E-Stb und Arbeitsblatt DWA-A 139 muss die Verfüllung in der Leitungszone einen nachgewiesenen Verdichtungsgrad von $D_{pr} \geq 97 \%$ aufweisen.

Bei der statischen Berechnung nach Arbeitsblatt DWA-A 127 wird unabhängig von der tatsächlichen Verdichtung der Verdichtungsgrad bei verbauten Gräben geringer angesetzt. Der Verdichtungsgrad ist durch Messung nachzuweisen (Bild 6.30).

Tabelle 6.5: Bodenverdichtung, Schütthöhen und Zahl der Übergänge (Arbeitsblatt DWA-A 139)

Verdichtbarkeitsklassen									
Geräteart	V1			V2			V3		
	Kurzzeichen nach DIN 18196			Kurzzeichen nach DIN 18196			Kurzzeichen nach DIN 18196		
	GW, GI, GE, SW, SJ, SE, GU, GT, SU, ST			GU*, GT*, SU*, ST*			UL, UM, TL, TM, TA*)		
Dienstgewicht [kg] oder Breite [m] und Fliehkraft [kN]	Eignung	Schütthöhe [cm]	Zahl der Übergänge/Einsatzzeit [s]	Eignung	Schütthöhe [cm]	Zahl der Übergänge/Einsatzzeit [s]	Eignung	Schütthöhe [cm]	Zahl der Übergänge/Einsatzzeit [s]
1. Verdichtungsgeräte (Leitungszone und bis 1 m oberhalb des Rohrscheitels)									
Vibrationsstamper	leicht	bis 30	4	+	bis 20	4	+	-	-
	mittel	30-60	4	o	20-40	4	o	-	-
	schwer	60-100	4	o	30-50	4	o	-	-
Flächenrüttler	leicht	bis 100	5	+	bis 20	bis 15	6	-	-
	mittel	100-300	5	o	20-30	15-20	6	-	-
Anbauverdichter *)	klein	< 0,40 m	5s – 12s	+	20-40	30-40	5s – 12s	-	-
		< 25 kN							
2. Verdichtungsgeräte (ab 1 m oberhalb des Rohrscheitels)									
Vibrationsstamper	mittel	30-60	4	+	20-40	20-30	4	o	10-30
	schwer	60-100	4	+	30-50	20-40	4	o	20-30
	mittel	100-300	5	+	20-40	20-40	5	-	-
Flächenrüttler	schwer	300-750	5	+	30-60	30-50	5	-	-
	schwer	600-8000	6	+	30-80	30-60	6	o	30-60
Anbauverdichter	mittel	0,40 m bis 0,75 m 25 kN bis 75 kN	5s – 12s	+	30-75	30-70	5s – 12s	o	30-70
	groß	> 0,75 m > 75 kN	5s – 12s	+	50-100	50-100	5s – 12s	+	50-100

Anmerkungen: + empfohlen; o meist geeignet, muss auf den Einzelfall abgestimmt werden; - ungeeignet
*) Zwickelverdichtung manuell

In Sonderfällen, z. B. bei beengten Grabenverhältnissen, die eine seitliche Verdichtung unmöglich machen oder bei extremen Belastungen, kann die Leitungszone mit hydraulisch gebundenem Material, z. B. Beton, oder mit zeitweise fließfähigen, selbstverdichtenden Verfüllbaustoffen (ZFSV) verfüllt werden.

Die Verdichtung muss gegen den gewachsenen Boden erfolgen, außer wenn die Art des Verbaus dies verhindert (Abschnitt 6.5.4 Verbaute Baugruben und Gräben). Das bedeutet, dass nach dem lagenweisen Einbringen – jedoch vor Verdichten des Verfüllmaterials – der Verbau abschnittsweise zu ziehen ist.

Die Leitungszone muss so ausgeführt werden, dass eine Wechselwirkung zwischen anstehendem Boden und dem Verfüllmaterial ausgeschlossen wird. Dies erfordert besonders bei Grundwasseranfall geeignete Maßnahmen, z. B. den Einsatz von Geokunststoffen (Bild 6.30).

Die Kontrollprüfungen der Verdichtungen sind gemäß der ZTV E-StB durchzuführen. Wegen der besonderen Bedeutung der Verdichtung im Bereich der Leitungszone wird empfohlen, vor Einbringen der Hauptverfüllung eine Kontrolle der Verdichtung seitlich des Rohres vorzunehmen, z. B. mit Hilfe des Dynamischen Plattendruckversuchs. Indirekte Prüfverfahren können gem. ZTVE-StB angewendet werden.

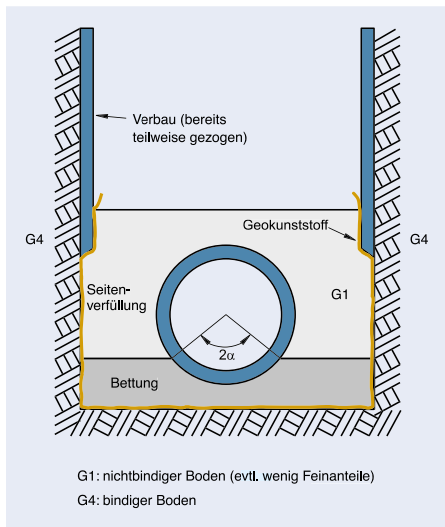


Bild 6.31: Einsatz von Geokunststoff im Bereich der Leitungszone

6.9 Ausführung der Hauptverfüllung

Bei einer Betonbettung darf der Rohrgraben erst vollständig verfüllt werden, wenn diese ausreichend erhärtet ist.

Das Einbringen der Hauptverfüllung ist gemäß den Planungsanforderungen vorzunehmen. Spätere Oberflächensetzungen werden entscheidend durch die Verdichtung der Hauptverfüllung beeinflusst. Das Verfüllen und Verdichten ist deshalb lagenweise so auszuführen, dass der geforderte Verdichtungsgrad erreicht wird.

Für Planum und ungebundene Tragschicht gelten ggf. die Werte der ZTV A-StB 12, ZTV E-StB 17, RstO 12 und ZTV SoB-StB 04 (s. Arbeitsblatt DWA-A 139).

Das schlagartige Einfüllen großer Erdmassen sowie besondere Belastungen während des Bauzustandes (z. B. Befahren der überschütteten Rohrleitung bei geringer Überdeckung mit Baugeräten und Fahrzeugen sowie Lagerung von Bodenaushub über der Leitung) sind ohne entsprechenden statischen Nachweis unzulässig.

Der Rückbau des Verbaus ist plangemäß durchzuführen. Wenn eine Silowirkung (Lastabtragung vom Rohrgraben in den anstehenden Boden) angestrebt wird, darf das Verfüllmaterial keine höhere Verdichtung als der seitlich anstehende Boden aufweisen. Zudem muss die Verdichtung direkt gegen den gewachsenen Boden erfolgen.

Die Verdichtung darf zumindest im unteren Bereich der Hauptverfüllung nicht höher als in der Leitungszone sein, da sich sonst eine zu hohe Lastkonzentration auf das Rohr einstellt. Im Bereich der Hauptverfüllung ist der Einsatz von mittleren und schweren Verdichtungsgeräten erst ab Scheitelüberdeckung von 1,0 m (im verdichteten Zustand gemessen) erlaubt.

Wenn die planmäßige – oder durch Bauzustände bedingte – Überdeckung geringer als 1,0 m ist und/oder für den Straßenbau besonders schwere Verdichtungsgeräte eingesetzt werden müssen, sind besondere Maßnahmen zu treffen.

6.10 Anbauverdichter

6.10.1 Allgemeines

Durch den Einsatz von baggergeführten Anbauverdichtern wird die Arbeitssicherheit deutlich erhöht, da sich während des Verdichtungsvorgangs kein Personal im Rohrgraben befindet. Anbauverdichter sind Verdichtungsgeräte, die an ein Trägergerät (Bagger) angekoppelt werden. Die Energie zur Erzeugung der Schwingung wird durch die Hydraulik des Baggers bereitgestellt.

Die Einsatzmöglichkeiten von baggergeführten Anbauverdichtern zur Verdichtung der Grabenverfüllung sind für jede Baumaßnahme im Einzelfall sorgfältig zu prüfen. Bei einer größeren Anzahl von kreuzenden Leitungen und seitlichen Zuläufen sollten Anbauverdichter nicht eingesetzt werden.

Baggergeführte Anbauverdichter dürfen nur von geschultem Personal bedient werden. Die Schulung ist über ein personifiziertes Zertifikat nachzuweisen.

6.10.2 Einteilung

Die Einteilung der Anbauverdichter erfolgt je nach Einsatzbereich nach der Plattenbreite und der Fliehkraft:

- Kleine Anbauverdichter: Breite $\leq 0,4$ m, Fliehkraft ≤ 25 kN.
Einsatzbereich: vorwiegend in der Leitungszone bis 1,0 m über Rohrscheitel.
- Mittlere Anbauverdichter: Breite 0,4 m bis 0,75 m, Fliehkraft 25 kN bis 75 kN.
Einsatzbereich: Grabensohle und oberhalb der Leitungszone ab 1,0 m über Rohrscheitel.
- Große Anbauverdichter: Breite $> 0,75$ m, Fliehkraft > 75 kN.
Einsatzbereich: Grabensohle und oberhalb der Leitungszone ab 1,0 m über Rohrscheitel.

6.10.2.1 Arbeitsweise

Durch Heben und Senken wird der Boden schachbrettartig überlappend verdichtet. Anbauverdichter arbeiten im Auflastbetrieb. Die vom Hersteller angegebene Mindest- und Maximalauflast und die Betriebsanleitung sind unbedingt zu beachten.

6.10.2.2 Anforderungen

Für die fachgerechte Anwendung von baggergeführten Anbauverdichtern ist folgendes zu beachten:

- Dienstgewichte und Schütthöhen gemäß Arbeitsblatt DWA-A 139, Tabelle 5. Die Schütthöhe der Abdeckung im Bereich des Rohrscheitels sollte so groß wie bodenmechanisch vertretbar gewählt werden. Die maximale Schütthöhe entspricht in etwa der Plattenbreite des Anbauverdichters.
- Der seitliche Abstand zum Rohr muss das 1,5-fache des Größtkorndurchmessers betragen, mindestens jedoch 5 cm.
- Die Seitenverfüllung beidseitig des Rohres ist abwechselnd und gleichmäßig einzubauen, wobei das Rohr weder in Höhe noch Lage verändert werden darf.
- Verdichtungsarbeit von der Grabenwand zur Grabenmitte.
- Frequenzkontrolle.
- Auflastassistent, Kontrolle der Auflast, die maximale Auflast für kleine Anbauverdichter beträgt in der Regel 1,5 bis 2,5 t (Leitungszone).
- Arbeitsanweisung bezogen auf die Baustelle:
 - Art der Geräte, z. B. Baggertyp,
 - Probeverdichtung zur Festlegung der Schütthöhen und Verdichtungszeiten (Arbeitsblatt DWA-A 139),
 - Lage von Anschlüssen und querenden Leitungen festlegen,
 - Schulungsnachweis,
 - Einsatzbereich der Anbauverdichtertypen,
 - Anpassung der Arbeitsraumbreite.

Wichtig:

Die Zwickelverdichtung und das Unterstopfen der Rohre müssen händisch bzw. mit leichten motor- oder pressluftbetriebenen Stampfern erfolgen.

6.11 Bauseits hergestellte Anschlüsse (Abzweige) innerhalb einer Haltung

Nachträgliche Anschlüsse an einen Hauptkanal dürfen nur mit einem geeigneten Kernbohrgerät mit passender Bohrkrone hergestellt werden. Durch die Bohrung freigelegter Bewehrungsstahl ist durch geeignete Maßnahmen vor Korrosion zu schützen. Die Herstelleranleitungen sind zu beachten. Der Nenndurchmesser des Zulaufs sollte nicht größer als 50 % des Hauptrohres sein. So muss z. B. bei einem Zulauf DN 150 das Hauptrohr mindestens eine Nennweite von DN 300 aufweisen. Bei einem Hauptrohr DN 300 darf der Bohrlochdurchmesser 200 mm nicht überschreiten.

Eine Bohrung darf nicht im Verbindungsbereich erfolgen und soll vom Rohrende mindestens einen Abstand vom 2-fachen Bohrlochdurchmesser besitzen. Mehrere Bohrungen in einem Rohr sollen zueinander einen Bohrlochrandabstand von mindestens 1 m aufweisen. Dabei können ebenso gegenüberliegende Bohrungen ausgeführt werden, sofern der Mindestabstand

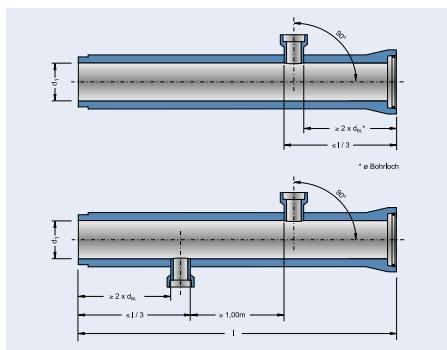


Bild 6.32: FBS-Rohr mit beispielhafter Anordnung von Anschlüssen

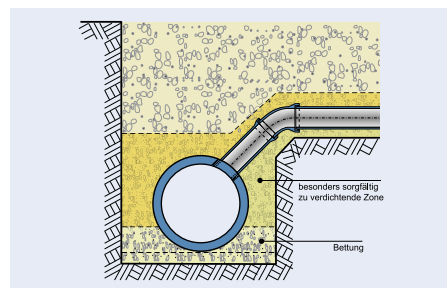


Bild 6.33: Einbaubeispiel seitliche Anschlüsse

von 1 m (bezogen auf den Bohrlochrandabstand, gemessen an der kürzesten Strecke entlang des Rohrumfangs) nicht unterschritten wird. Bei Rohren $\leq$ DN 400, bzw. $\leq$ WN/HN 400/600 und einer Baulänge $\geq$ 2,5 m sind Anschlussöffnungen im ersten und/oder letzten Drittel des durchgehenden Rohres anzuordnen. Bohrung, Anschlussstutzen und Anschlussystem müssen aufeinander abgestimmt sein (Abschnitt 2.9.2 FBS-Zuläufe (Abzweige)). Bei der Verwendung von Bohranschlussstutzen werden steckbare Verbindungen empfohlen. Sofern Bohranschlussstutzen kraftschlüssig durch Eindrehen anzubringen sind, ist das maximale Einschraubmoment des jeweiligen Systems zu beachten. Die Anordnung des Zulaufs sollte in der oberen Hälfte des Rohrumfangs erfolgen. Für davon abweichende Anordnungen sind ggfs. besondere Überlegungen in Absprache mit dem Rohrhersteller vorzunehmen.

Die Fixierung der Bohrgeräte ist für eine fachgerechte Bohrung von besonderer Bedeutung. Hierzu ist die Fixierung durch Gurte, Vakuumpplatten usw. Das Andübeln der Bohrgeräte an Rohre oder Formstücke ist verboten. Werkseitig hergestellte Abzweige und Anbohrungen sind nach Abstimmung mit dem Rohrhersteller ebenfalls möglich und gegenüber der bauseitigen Herstellung zu empfehlen. Abweichungen von der Regelausführung erfordern besondere konstruktive und statische Maßnahmen, die mit dem Rohrhersteller abzustimmen sind.

Seitliche Anschlüsse sind sorgfältig zu unterstopfen (Bild 6.33). Bei vertikalen Zuläufen sind Vorkehrungen gegen ein Durchstoßen des Zulaufes in das Hauptrohr zu treffen, z. B. mit einer Betonmanschette, sofern das Anschlussystem nicht durchstoßsicher ist.

6.12 Anschlüsse an Ortbetonbauwerke oder Fertigteilschächte

Anschlüsse an Ortbetonbauwerke oder Fertigteilschächte sind entsprechend Arbeitsblatt DWA-A 157 bis zu einer Rohrnennweite von DN 1200 doppelgelenkig auszuführen. Das erforderliche Ausmaß der Gelenkigkeit ist von bauseitigen Bedingungen abhängig, die unterschiedliche Setzungen zwischen Bauwerk und Rohrleitung beeinflussen können. Generell soll der gelenkige Anschluss möglichst nahe am Bauwerk bzw. am Schacht erfolgen, d. h. in einer Muffe im Schacht oder nach einem möglichst kurzen, einbetonierten Anschlussrohr. Bei einbetonierten Anschlussrohren ist besonders auf eine wasserdichte Verbindung zwischen Rohrstutzen und dem Beton des Bauwerks zu achten. Diese sollte durch Injektionsbänder/-schläuche oder geeignete Quelldichtungen sichergestellt werden.

Als Richtwerte für den maximalen Überstand von Anschlussrohren können folgende Werte dienen (Zwischenwerte können interpoliert werden):

- Bei DN 300 : 0,50 m,
- Bei DN 1500 : 1,00 m.

Für die anschließenden Gelenkrohre sind nach DIN V 1202 bei FBS-Beton- und FBS-Stahlbetonrohren folgende Baulängen einzuhalten:

- DN 300 bis DN 600 : $\leq$ 1,00 m,
- DN 700 bis DN 1200 : $\leq$ 1,50 m,
- $\geq$ DN 1300 : Regelbaulänge (2,50 m oder 3,00 m).

Bei Ausführung einer Betonbettung ist diese beidseitig am Gelenkrohr zu unterbrechen, um die Gelenkwirkung sicherzustellen.

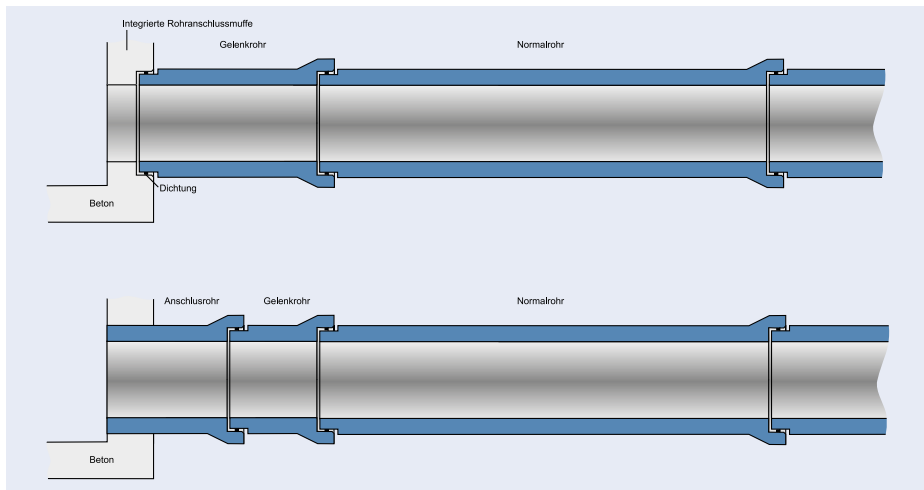


Bild 6.34: Mögliche Varianten eines Rohranschlusses an ein Bauwerk
a) Integrierte Rohranschlussmuffe (bevorzugte Ausführung)
b) Anschlussrohr

Sind Haltungslängen genau einzuhalten, können werkseitig Passrohre in beliebiger Länge mit entsprechender Spitzend- und/oder Muffenausbildung hergestellt werden. Passrohre sollten stets werkseitig gefertigt werden, da die geforderten Toleranzen der Rohrverbindung sonst nicht einzuhalten sind.

Geschnittene Rohre können z. B. mit geeigneten Manschetten verbunden werden (Bild 6.35).



Bild 6.35: Manschettenverbindung

6.13 Einbau von FBS-Schachtfertigteilen

6.13.1 Allgemeines



Bild 6.36: Schachteinbau

Im Bereich des Schachtes ist der Graben entsprechend breiter auszuheben, um einen ausreichenden Arbeitsraum von mindestens 0,50 m zu gewährleisten. An die Baugrubensicherung sind die gleichen Anforderungen wie im Bereich des Rohrgrabens zu stellen.

Bei Beton- und Stahlbetonrohrleitungen gibt es nach DIN 4034-1 das Schachtunterteil als Fertigteil (Bilder 2.45 und Bild 2.46) und als Tangentialschacht (Bild 2.48 und Bild 2.49). Sie sind entsprechend unterschiedlich einzubauen.

6.13.2 Einbau Schachtunterteil

Zum Einbau des Schachtunterteils mit Muffen bzw. Anschlussrohren ist die Sohle in entsprechender Höhe vorzubereiten. Sie kann aus Sand-Kies, Splitt oder Magerbeton bestehen. Vor dem Einbau auf einer erhärteten Betonsohle ist eine Frischmörtelschicht/Splitt zum Ausgleich von Unebenheiten aufzutragen. Das Schachtunterteil ist frei hängend an das bereits eingebaute Rohr anzuschließen.

6.13.3 Einbau Tangentialschacht

Ein Rohr mit seitlich angeformtem Tangentialschacht (ab DN 700 möglich) wird wie ein normales Rohr auf der gleichen Bettung eingebaut. Beim Einbau ist darauf zu achten, dass der Schachtansatz senkrecht eingebaut wird. Die Lastaufnahmemittel am Schachtansatz sind ausschließlich zum Ausrichten des Tangentialschachtes bestimmt. Damit das Rohr mit dem außen anbetonierten Schacht nicht kippt, ist unter dem Schachtauftritt der Boden sorgfältig zu verdichten. Gegebenenfalls – zumindest wenn für das Rohr eine Betonbettung ausgebildet wird – ist der Schacht durch einen Magerbetonkeil zu sichern (Bild 6.35). Eine Ausführung mit bis zur Sohle durchgehendem Tangentialschacht ist ebenfalls möglich. Gelenkrohre sind bei einem Tangentialschacht nicht erforderlich.

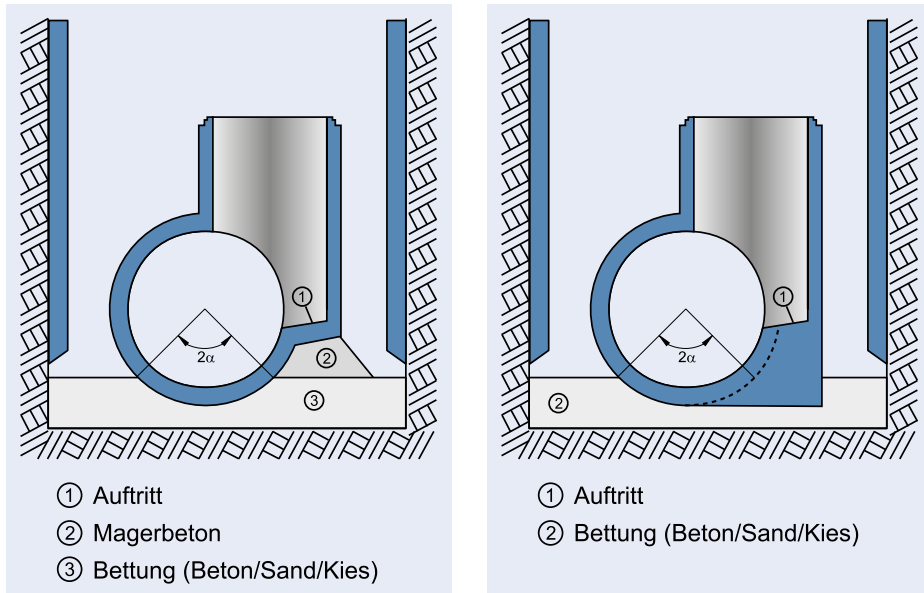


Bild 6.37: Beispiele für den Einbau eines Tangentialschachtes

6.13.4 Einbau der Schachtfertigteile

FBS-Schachtfertigteile nach DIN 4034-1 werden mit Muffe und Spitzende unter Verwendung von Dichtmitteln aus Elastomeren miteinander verbunden (Bild 2.7 bis Bild 2.11). Dabei finden fest in der Muffe eingebaute oder auf dem Spitzende vor einer Schulter aufgetragene Gleitringdichtungen Verwendung. Letztere sind nach dem Aufziehen auf ihre Lage an der Schulter und auf eine gleichmäßige Vorspannung zu prüfen. Dies geschieht z. B. indem mit einem Spachtel zwischen Dichtring und Beton einmal rund um den Schacht gezogen wird. Das vom Schachthersteller mitgelieferte Gleitmittel ist zu verwenden (Abschnitt 6.7.1 Herstellen der Rohrverbindung).

Die Lastübertragung zwischen den Bauteilen muss für den entsprechenden Einbaufall geeignet sein (Verkehrslast).

Der Hersteller von Lastübertragungselementen, die auch mit dem mitzuliefernden Dichtmittel verbunden sein können, muss für jede Bauart die sichere Übertragung aller senkrechten Lasten mit einer Rückverformung von höchstens 2 mm je Fuge durch eine geprüfte statische

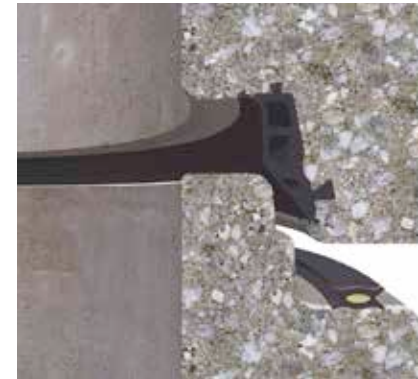


Bild 6.38: Schacht mit fest in der Muffe eingebauter Dichtung mit loseem Lastausgleichselement

Berechnung am Gesamtbauwerk und durch eine Prüfung, exemplarisch für DN 1000 nach DIN 4034-1, Anhang B nachweisen.

Der Übergang zwischen Schachtfertigteilen unterschiedlicher Nennweiten wird durch Übergangsplatten ermöglicht. Der Übergang vom Schachtring zur Schachtabdeckung erfolgt mit einem Schachthals (Konus) oder bei geringer Bauhöhe bzw. hoher Verkehrsbelastung mit einer Abdeckplatte. Der Höhenausgleich zur Geländeoberkante wird mit verschiebesicheren Auflagerungen hergestellt, die aufzumörteln sind.

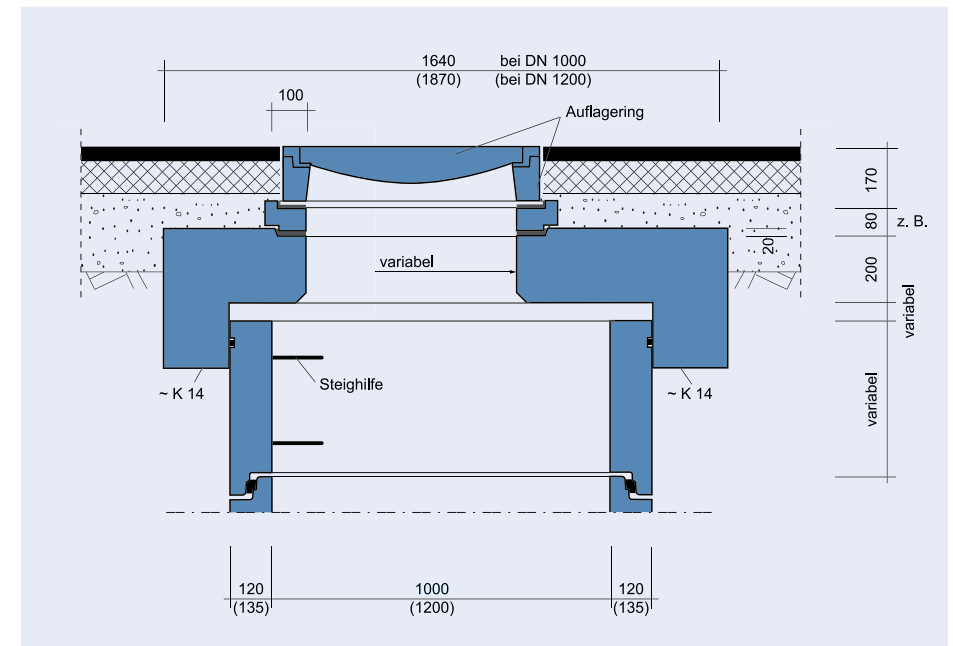


Bild 6.39: Selbstregulierende FBS-Abdeckplatte für besondere Einsatzgebiete (mit oder ohne Auflagerung, Einstiegsöffnung in Form und Lage variabel)

Der Schachtabschluss kann auch mit einer von dem FBS patentierten Abdeckplatte ausgeführt werden, die direkt auf dem Erdreich aufliegt und Setzungen ohne Zwängungen aufnimmt. Von Vorteil ist diese Ausführung besonders bei starker Verkehrsbelastung, da der Schachtkörper entlastet wird. Durch Verbreiterung der Auflagerfläche ist eine Anpassung an höhere Verkehrslasten und/oder geringe, zulässige Bodenpressungen möglich.

6.13.5 Verfüllen des Arbeitsraumes

Der Arbeitsraum um die Schächte ist rundum gleichmäßig und lagenweise einzubauen und zu verdichten. Dabei gelten die grundsätzlichen Anforderungen wie bei der Verfüllung von Leitungsgräben. Bei Anschlüssen am Schacht ist besondere Vorsicht bei der Verdichtung geboten, um ein Abscheren zu verhindern.

6.14 Dichtheitsprüfung der eingebauten FBS-Rohre und FBS-Schächte

6.14.1 Allgemeines

Für die Dichtheitsprüfung von Abwasserleitungen und -kanälen einschließlich der Anschlüsse, Schächte und Inspektionsöffnungen gilt DIN EN 1610. Ergänzungen und Erläuterungen

Tabelle 6.6: Einsatzgrenzen der Dichtheitsprüfverfahren in Abhängigkeit des Grundwasserstandes bezogen auf den äußeren Rohrscheitel oder innerer Rohrsohle

		Einsatzgrenzen für die verschiedenen Prüfverfahren				
		Wasser	LD	LC	Infiltration	Bemerkung
Grundwasserstand	Unterhalb der Rohrsohle	X	X	X	–	–
	bis 1 m über Rohrsohle	X	–	X	–	Druckluft um 1 kPa je 10 cm erhöhen
	oberhalb 1 m über der Rohrsohle	X	–	–	–	am tiefsten Punkt des Prüfobjekts max. 50 kPa am höchsten Punkt des Prüfobjekts mind. 10 kPa
	ab 1 m über Rohrscheitel	X	–	–	X	es müssen fallbezogene Prüfvorgaben definiert werden

X Einsatz möglich

– Einsatz nicht möglich

L_c mit Druck über Atmosphärendruck von 10 kPa

L_d mit Druck über Atmosphärendruck von 20 kPa

sowie praktische Hinweise für die Planung und Ausführung sind im Arbeitsblatt DWA-A 139 enthalten. Notwendige Vorgaben sind bei der Planung und Ausschreibung anzugeben: Zum Zeitpunkt der Dichtheitsprüfung muss die Grundwassersituation im Bereich des Prüfobjektes dokumentiert werden. Die Einsatzgrenzen der verschiedenen Dichtheitsprüfverfahren sind in Tab. 6.6 angegeben.

Grundsätze der Dichtheitsprüfung:

- Die Prüfung mit Wasser entspricht den Betriebsbedingungen in einem Kanal und ist in Zweifelsfällen maßgebend.
- Die Prüfung muss als Rohrleitungsprüfung mit möglichst langen Prüfabschnitten (vorzugsweise von Schacht zu Schacht) erfolgen. Die Prüfung einzelner Verbindungen gibt keine eindeutige Aussage zur Dichtheit der Rohrleitung und darf nur in begründeten Ausnahmefällen durchgeführt werden. Im Zweifelsfall ist das Ergebnis der Haltungsprüfung maßgebend. Die Dichtheitsprüfung findet erst nach dem Verfüllen des Rohrgrabens und Rückbau des Verbaus statt. Eine Prüfung vor dem Einbringen der Seitenverfüllung, also an der nicht überschütteten Rohrleitung, ist zu empfehlen, gilt aber nicht als Abnahmeprüfung.
- Der Auftraggeber legt fest, ob die Prüfung mit Wasser (Verfahren „W“) oder Luft (Verfahren „L“) zu erfolgen hat. Bei Anwendung der Luftprüfung ist die Zahl der Wiederholungsprüfungen unbegrenzt. Bei einmaligem oder wiederholtem Versagen der Luftprüfung kann anschließend mit Wasser geprüft werden. Das Ergebnis der Wasserprüfung ist dann für die Beurteilung maßgebend.
- Steht der Grundwasserspiegel während der Prüfung oberhalb des Rohrscheitels, darf auch eine Infiltrationsprüfung mit fallbezogenen Vorgaben durchgeführt werden,
- Bei der Durchführung der Dichtheitsprüfung gibt es nach DIN EN 1610 keine werkstoff-spezifischen Unterschiede. Ein Prüfprotokoll ist für jede einzelne Prüfung – auch nicht bestandene – sofort nach Beendigung der Prüfung zu erstellen und zu unterschreiben. Die erforderlichen Daten sind in Arbeitsblatt DWA-A 139, Abschnitt 13.5 aufgeführt.
- Das die Prüfungen durchführende Unternehmen muss die Eignung nach RAL-GZ 961, Gruppe D oder nach Merkblatt DWA-M 190 nachweisen. Die Arbeiten müssen von einem Aufsichtführenden mit Sachkundenachweis geleitet werden.

Die normativen Regelungen gelten ausschließlich für neu erstellte Leitungen und Kanäle. Für die Dichtheitsprüfung in Wassergewinnungsgebieten ist das Arbeitsblatt DWA-A 142 zu beachten, für die Prüfung bestehender Abwasserleitungen und -kanäle das Merkblatt DWA-M 149 Teil 6.

Hinweis: Die nachfolgenden Diagramme (Bild 6.40 und Bild 6.41) gelten ausschließlich für die Prüfung einzelner Rohrverbindungen.

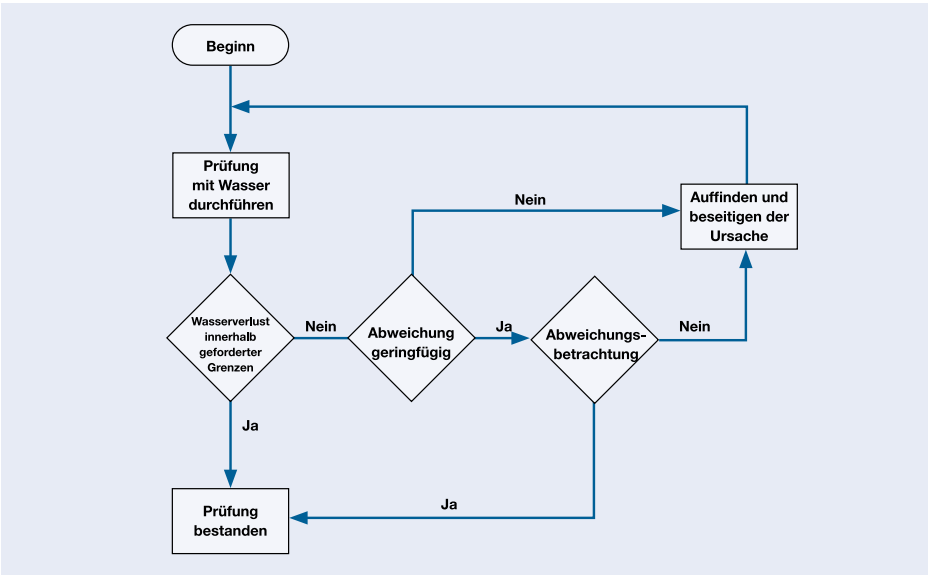


Bild 6.40: Fließdiagramm Verfahren „W“ mit Abweichungsbetrachtung

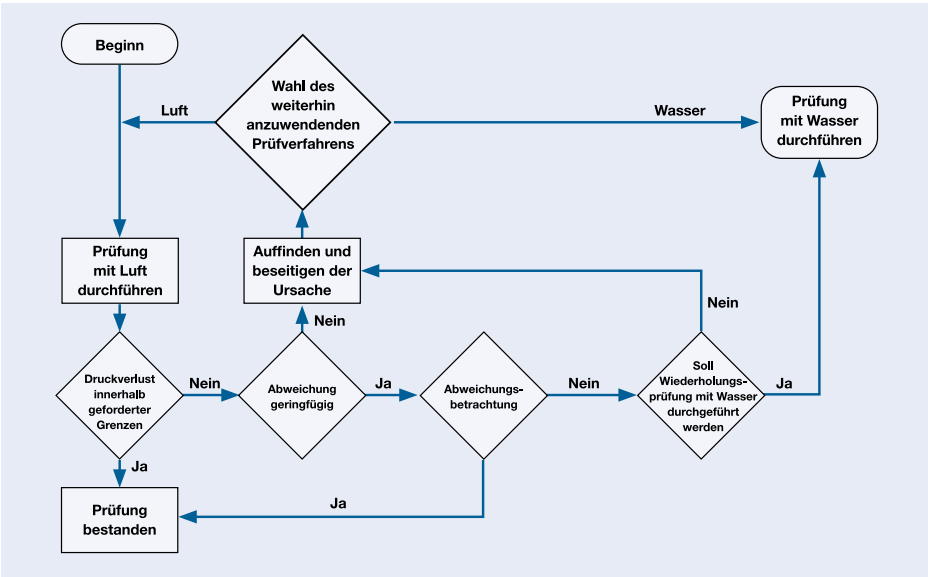


Bild 6.41: Fließdiagramm Verfahren „L“ mit Abweichungsbetrachtung

6.14.2 Prüfung mit Luftüberdruck

6.14.2.1 Allgemeines

Bei der Dichtheitsprüfung zementgebundener Werkstoffe muss die Oberfläche wassergesättigt sein. Die Prüfvorgaben entsprechen DIN EN 1610 Tabelle 3 für feuchte Betonrohre. Für Rohre > DN 1000 darf aus Gründen der Arbeitssicherheit ausschließlich der Prüfdruck nach Verfahren LC verwendet werden.

Die in Tabelle 6.7 aufgeführten Prüfzeiten gelten für alle Werkstoffe (außer Mauerwerk). Prüfzeiten für weitere Nennweiten sind mit folgenden Gleichungen zu berechnen:

Verfahren LC:

$$t = 0,01354 \times DN \text{ [min]} \quad DN \text{ in mm}$$

Verfahren LD:

$$t = 0,0065 \times DN \text{ [min]} \quad DN \text{ in mm}$$

Die Prüfzeit muss auf die nächst höhere Minute aufgerundet werden.

Für nicht kreisförmige Querschnitte wird eine Ersatznennweite DN_E bestimmt

$$DN_E = 4000 \times V / A \quad [\text{mm}]$$

$V \text{ [m}^3\text{]}$ Prüfraumvolumen

$A \text{ [m}^2\text{]}$ benetzte Rohrwandfläche

Bei anstehendem Grundwasser muss der höchste Grundwasserstand in der Prüfstrecke berücksichtigt werden. Je 10 cm Grundwasser über Rohrsohle muss der Prüfdruck um 1 kPa erhöht werden. Der max. Prüfdruck darf 20 kPa nicht übersteigen.

Tabelle 6.7: Bedingungen für die Prüfung mit Luft

Prüfverfahren	p ₀ ^{*)}	Δp	Prüfzeit t [min]						
			mbar(kPa)	DN 300	DN 400	DN 600	DN 800	DN 1000	DN 1400
LC	100 (10)	15 (1,5)	4 (0,4)	5 (0,5)	8 (0,8)	11 (1,1)	14 (1,4)	19 (1,9)	27 (2,7)
LD	200 (20)	15 (1,5)	2 (0,2)	2,5 (0,25)	4 (0,4)	5 (0,5)	7 (0,7)	–	–
k _p -Wert ^{*)}			0,04	0,03	0,02	0,015	0,012	0,009	0,006

^{*)} Druck über Atmosphärendruck

^{**) $k_p = 12/DN$ mit einem Höchstwert von 0,058}

$t = 1/k_p - \ln \cdot p_0 / p_0 - Dp$

Die zur Messung des Druckabfalls eingesetzten Geräte müssen die Messung mit einer Fehlergrenze von 10 % von Δp sicherstellen. Für die Messung der Prüfzeit beträgt die Fehlergrenze $\pm 2,5$ s. Die Messgeräte sind jährlich durch den Hersteller oder durch ein akkreditiertes Prüflabor zu kalibrieren.

Um eine sichere und genaue Prüfung durchführen zu können, werden in Arbeitsblatt DWA-A 139, Abschnitt 13.2.3 weitere Anforderungen an die einzusetzenden Geräte gestellt.

6.14.2.2 Haltungsweise Prüfung mit Luft

Das Prüfverfahren sollte vom Auftraggeber gewählt werden. Aus messtechnischen Gründen müssen die Verfahren LC und LD verwendet werden. Bei der Prüfung von Kanälen mit Nennweiten über DN 1000 sollte aus Gründen der Arbeitssicherheit das Verfahren LC mit 10 kPa Prüfdruck bevorzugt werden.

Für die Durchführung sind geeignete Absperrelemente zu verwenden, die eine sichere Abdichtung gegen die Rohrwand gewährleisten. Aufgrund der Rauheit einer Betonoberfläche sind nicht alle auf dem Markt befindlichen Verschlüsse geeignet. Besonders empfehlenswert sind Geräte mit weichem Dichtungsgummi, die durch eine Doppeldichtung selbst auf ihre Abdichtwirkung geprüft werden können oder Abdichtblasen. Über beide Absperrelemente können zusätzliche Dichtmanschetten gezogen werden. In der Praxis haben sich Applikationen (z. B. Gleitmittel vom Rohrersteller) auf der Blase oder auf der Rohrwand bewährt. Dichtheitsprüfungen mit Luftüberdruck sind nach UVV als gefährliche Arbeiten einzustufen. Während der Prüfung darf aus Sicherheitsgründen der Bereich vor den Absperrelementen nicht betreten werden. Das gilt in verstärktem Maße für Kanäle mit größeren Nennweiten. Die Arbeit muss von einem fachlich geeigneten Aufsichtführenden geleitet werden. Ein Sachkundenachweis ist vorzulegen.

Vor Durchführung der Prüfung sollte durch eine unmittelbar vorher durchgeführte Spülung des Prüfabschnittes eine weitestgehende Wassersättigung der Rohroberfläche erreicht werden.

Das Abnahmekriterium für eine Dichtheitsprüfung mit Luft ist der zulässige Druckabfall bezogen auf die Prüfzeit.

Um einen ausreichenden Temperatur- und Druckausgleich sicherzustellen, muss eine an-

gepasste Beruhigungszeit eingehalten werden. Dies ist bei einem konstanten Verlauf der Druckkurve gegeben. Nach dem Arbeitsblatt DWA-A 139 muss eine Beruhigungszeit von mindestens 1/100 DN in Minuten eingehalten werden. Entsprechend DIN EN 1610 beträgt die Beruhigungszeit mindestens 5 Minuten.

Nach Abdichten der Prüfstrecke ist ein Anfangsdruck einzustellen, der etwa 10 % über dem gewählten Prüfdruck liegen soll. Danach beginnt die Beruhigungszeit, die mindestens 5 Minuten aufrechterhalten werden soll (DIN EN 1610). Sie dient zur Stabilisierung der Temperatur im Rohrstrang, die sich bei einem Wechsel des Druckes ändern und somit das Prüfergebnis beeinflussen kann. Danach wird der vorgesehene Prüfdruck eingestellt und der Druckabfall nach Ablauf der Prüfzeit gemäß Tabelle 6.7 gemessen und mit dem zulässigen Druckabfall verglichen. Ist der gemessene Druckabfall geringer als Δp , entspricht die geprüfte Strecke den Anforderungen.

Wird die Prüfung nicht bestanden, muss nach dem Fließdiagramm Bild 6.40 vorgegangen werden. Wiederholungsprüfungen sind zulässig. Im Zweifelsfall ist die Prüfung mit Wasser verbindlich.

6.14.2.3 Prüfung einzelner Rohrverbindungen mit Luft

Prüfungen einzelner Verbindungen mit Luftüberdruck werden häufig bei Abnahmeprüfungen von Rohrleitungen im nicht begehbaren Bereich mit vielen Zuläufen durchgeführt sowie ebenfalls bei Kanälen mit Nennweiten $\geq$ DN 1200 sowie bei Wiederholungsprüfungen von Kanälen und Leitungen, die bereits in Betrieb sind.

Da in DIN EN 1610 keine Anforderungen an die Dichtheitsprüfungen von Rohrverbindungen enthalten sind, wurden Angaben hierzu im Arbeitsblatt DWA-A 139 aufgenommen.

Folgende Vorgehensweise wird empfohlen:

- Rohrleitung unmittelbar vor der Prüfung spülen sowie reinigen und während der Prüfung von Abflüssen freihalten.
- Prüfgerät auf Funktionsfähigkeit kontrollieren (Dichtheit der Packer und sämtlicher Anschlüsse und Kupplungen prüfen).
- Prüfgerät an einem dichten Prüfrohr kontrollieren (Nullmessung).
- Referenzmessung des Druckabfalls an drei Rohren des zu prüfenden Kanals jeweils

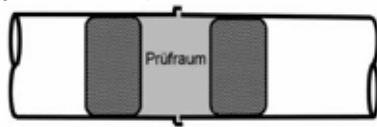
in Rohrmitte wird empfohlen.

- Positionierung des Prüfgerätes.
- Abdichten des Prüfraumes.
- Einstellen des Prüfdruckes: vor Beginn der Prüfzeit muss die Beruhigungszeit abgewartet werden.
- Messen des Druckverlustes.
- Bei nicht bestandener Prüfung: Abweichungsbetrachtung (Abschnitt 6.14.5 Abweichungsbetrachtung bei Einzelverbindungsprüfungen) oder Wiederholung der Prüfung mit Wasser (Abschnitt 6.14.4.3 Prüfung einzelner Rohrverbindungen mit Wasser).

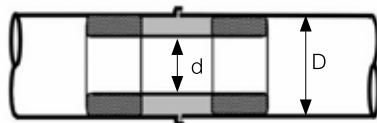
Prüfzeit beim Prüfgerät mit ringförmigem Prüfraum mit:

- $t = (1 - d^2/D^2) \times \text{Prüfzeit nach Tabelle 3 (DIN EN 1610)}$
- d [m] Außendurchmesser des Kernstücks des Prüfgeräts
- D [m] Innendurchmesser der Rohrleitung

a) Prüfgerät mit Absperelementen für den gesamten Rohrquerschnitt



b) Prüfgerät mit ringförmigem Prüfraum



Bei (Stahl-)Betonrohren kann ein Druckabfall auch durch einen Haarriss verursacht werden. Die Dichtheit der Rohrverbindung bzw. des Rohres wird hierdurch jedoch nicht beeinflusst.

Bild 6.42: Prinzipskizze für Verbindungsprüfgeräte

6.14.3 Prüfung mit Luftunterdruck

Nach DIN EN 1610 und DWA-A 139 kann eine Luftprüfung mit negativem Druck verwendet werden, sofern ein spezielles Verfahren und entsprechende Prüfvorgaben in der Planung festgelegt werden.

6.14.4 Prüfung mit Wasser

6.14.4.1 Allgemeines

Nach DIN EN 1610 ist ein Prüfdruck mit einer Wassersäule bis zur Geländeoberkante, maximal von 5,0 m bzw. mindestens von 1,0 m über Rohrscheitel vorgesehen. Höhere Prüfdrücke können für Leitungen vorgegeben werden, die ständig oder zeitweise, z. B. bei Rückstau, unter Überdruck betrieben werden. Rohrquerschnitte, die vom Kreisprofil abweichen, wie Eiprofil, Maulprofil, Rechteckquerschnitt und andere, werden aus geometrischen Gründen besonders durch Innen- und Überdruck belastet. Hier ist gegebenenfalls die zulässige Druckhöhe statisch zu überprüfen.

6.14.4.2 Haltungsweise Prüfung mit Wasser

Bei der Durchführung der Prüfung sind folgende Arbeitsschritte auszuführen:

- Sämtliche Öffnungen des zu prüfenden Leitungsabschnittes sind wasser- und druckdicht abzusperren.
- Verschlussdeckel, Leitungsenden und Rohrkrümmer sind gegen die bei der Prüfung auftretenden Längskräfte (Tabelle 6.8) zu sichern.
- Das Befüllen der Prüfstrecke erfolgt vom Tiefpunkt aus über einen Ausgleichsbehälter (die Füllleitung darf nicht direkt an eine unter Überdruck stehende Wasserleitung oder Pumpe angeschlossen werden); die Entlüftung erfolgt am Hochpunkt.
- Während der Vorbereitungszeit von mindestens einer Stunde ist die Prüfstrecke drucklos gefüllt zu halten.
- Anschließend wird der Prüfdruck aufgebracht, der während der Prüfzeit von 30 Minuten durch Auffüllen mit Wasser mit einer Abweichung von 1 kPa (10 cm Wassersäule) aufrecht zu erhalten ist. Während der Prüfzeit ist die zugefügte Wassermenge zu ermitteln.
- **Wird die zulässige Wasserzugabe im Verhältnis zur Prüfdauer nicht überschritten, kann die Prüfung nach einer Mindestprüfdauer von 5 Min. beendet werden und gilt als bestanden.**

Die Prüfung ist bestanden, wenn die vom Rohrwerkstoff unabhängige Wasserzugabe folgenden Werte in der Prüfzeit von 30 Minuten unterschreitet:

- 0,15 l/m² für Rohrleitungen (siehe Tabelle 6.9).
- 0,20 l/m² für Rohrleitungen einschließlich der Schächte.

Tabelle 6.8: Horizontale Abstützkräfte bei einem Prüfdruck von 50 kPa (5 m Wassersäule)

Nenn- weite DN	300	400	500	600	800	1000	1200	1400	1600	2000
Horizon- talkraft [kN]	3,5	6,3	9,8	14,1	25,1	39,3	56,5	77	100,5	157,1

Werden die Prüfanforderungen nicht erfüllt, ist die Ursache festzustellen und zu beseitigen. Danach ist die Dichtheitsprüfung zu wiederholen.

Tabelle 6.9: Zulässige Wasserzugabemenge für Rohrleitungen in 30 Minuten

DN	Innen- fläche	zul. Zugabe	Leitungslänge [m]								
			Wasserzugabe [l]								
[mm]	[m²]	[l/m]	2	3	4	5	10	20	30	40	50
Kreisprofil											
300	0,94	0,14	0,28	0,42	0,56	0,70	1,40	2,80	4,20	5,60	7,00
400	1,26	0,19	0,38	0,57	0,76	0,95	1,90	3,80	5,70	7,60	9,50
500	1,57	0,24	0,48	0,72	0,96	1,20	2,40	4,80	7,20	9,60	12,00
600	1,88	0,28	0,56	0,84	1,12	1,40	2,80	5,60	8,40	11,2	14,00
700	2,20	0,33	0,66	0,99	1,32	1,65	3,30	6,60	9,90	13,2	16,50
800	2,51	0,38	0,75	1,13	1,51	1,88	3,77	7,53	11,3	15,06	18,83
900	2,83	0,42	0,85	1,27	1,70	2,12	4,25	8,49	12,74	16,98	21,23
1000	3,14	0,47	0,94	1,41	1,89	2,36	4,71	9,42	14,14	18,85	23,56
1100	3,45	0,52	1,04	1,55	2,07	2,59	5,18	10,35	15,53	20,7	25,88
1200	3,77	0,57	1,13	1,70	2,26	2,83	5,66	11,31	16,97	22,62	28,28
1400	4,40	0,66	1,32	1,98	2,64	3,30	6,60	13,2	19,8	26,4	33,00
1500	4,71	0,71	1,41	2,12	2,82	3,53	7,07	14,13	21,2	28,26	35,33
1600	5,03	0,75	1,51	2,26	3,02	3,77	7,55	15,09	22,64	30,18	37,73
1800	5,65	0,85	1,70	2,54	3,39	4,24	8,48	16,95	25,43	33,9	42,38
2000	6,28	0,94	1,88	2,83	3,77	4,71	9,42	18,84	28,26	37,68	47,10
2200	6,91	1,04	2,07	3,11	4,15	5,18	10,37	20,73	31,1	41,46	51,83
2400	7,54	1,13	2,26	3,39	4,52	5,66	11,31	22,62	33,93	45,24	56,55
2500	7,85	1,18	2,36	3,53	4,71	5,89	11,78	23,55	35,33	47,1	58,88
3000	9,42	1,41	2,83	4,24	5,65	7,07	14,13	28,26	42,39	56,52	70,65
Eiprofil											
WN/HN											
400/600	1,59	0,24	0,48	0,72	0,95	1,19	2,39	4,77	7,16	9,54	11,93
500/750	1,98	0,30	0,59	0,89	1,19	1,49	2,97	5,94	8,91	11,88	14,85
600/900	2,38	0,36	0,71	1,07	1,43	1,79	3,57	7,14	10,71	14,28	17,85
700/1050	2,78	0,42	0,83	1,25	1,67	2,09	4,17	8,34	12,51	16,68	20,85
800/1200	3,17	0,48	0,95	1,43	1,90	2,38	4,76	9,51	14,27	19,02	23,78
900/1350	3,57	0,54	1,07	1,61	2,14	2,68	5,36	10,71	16,07	21,42	26,78
1000/1500	3,97	0,60	1,19	1,79	2,38	2,98	5,96	11,91	17,87	23,82	29,78
1200/1800	4,76	0,72	1,44	2,16	2,87	3,59	7,19	14,37	21,56	28,74	35,93

6.14.4.3 Prüfung einzelner Rohrverbindungen mit Wasser

Die Prüfung einzelner Rohrverbindungen mit Wasser wird auch nach negativen Prüfungen bei Rohrverbindungsprüfungen mit Luft erforderlich. Bei Kanälen mit Nennweiten $\geq$ DN 1200 sollten Rohrverbindungsprüfungen mit dem Prüfmedium Wasser durchgeführt werden.

Der Prüfdruck beträgt 50 kPa (5 m Wassersäule) am Rohrscheitel, die zulässige Wasserzugabe während der Prüfzeit von 30 Minuten beträgt 0,15 l/m² benetzter Innenfläche, wobei die Oberfläche eines 1,00 m langen Rohrabschnittes zugrunde zu legen ist (Tabelle 6.9).

Das Ergebnis der Prüfung hängt stark von der in der Muffenfugung befindlichen Luftmenge ab. Deshalb muss entsprechend sorgfältig entlüftet werden. Eine vollständige Entlüftung ist jedoch nicht möglich.

Bei der Durchführung der Prüfung sind die nachfolgenden, wesentlichen Schritte zu beachten:

- Rohrleitung unmittelbar vor der Prüfung spülen und reinigen sowie während der Prüfung von Abflüssen freihalten.
- Prüfgerät auf Funktionsfähigkeit kontrollieren (Dichtheit der Packer und sämtlicher Anschlüsse und Kupplungen prüfen).
- Prüfgerät an einem dichten Prüfrohr kontrollieren (Nullmessung).
- Referenzmessung der Wasserzugabemenge an drei Rohren des zu prüfenden Kanals jeweils in Rohrmitte wird empfohlen.
- Kontrolle der Rohrwandung auf Unebenheiten im Bereich der Abdichtung und diese ggf. nachbessern. In der Praxis haben sich Applikationen (z. B. Gleitmittel vom Rohrhersteller) auf der Blase oder auf der Rohrwand bewährt.
- Positionierung des Muffenprüfgerätes über der Stoßfuge sicherstellen.
- Prüfgerät durch Aufpumpen der beidseitigen Packer/Hohlprofile oder Schläuche abdichten, Prüfkammer mit Wasser füllen und sorgfältig entlüften.
- Prüfdruck aufbringen.
- Wasserzugabe bei Konstanthalten des Druckes messen.
- Wird eine undichte Rohrverbindung festgestellt, diese bei größeren Rohren nachdichten und Prüfung wiederholen.
- Bei nicht bestandener Prüfung besteht zudem noch die Möglichkeit der Abweichungs-betrachtung.

Da die Prüfung der Rohrverbindung nach DIN EN 1610 wegen der dort vorgesehenen Prüfdauer von 30 Minuten sehr zeitaufwändig ist, darf nach Arbeitsblatt DWA-A 139 die Prüfzeit nach Abstimmung zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer auf zum Beispiel 10 Minuten verkürzt werden; die Wasserzugabemenge beträgt dann 0,05 l/m². Bei Rohren $\leq$ DN 1000 führt eine verkürzte Prüfzeit zu nicht mehr praxisgerecht messbaren Wasserzugabemengen.

Bei Stahlbetonrohren kann ein Druckabfall auch durch einen zulässigen Haarriss verursacht werden. Die Dichtheit der Rohrverbindung bzw. des Rohres wird hierdurch jedoch nicht beeinflusst.

6.14.5 Abweichungsbetrachtung bei Einzelverbindungsprüfungen

Aufgrund der komplexen Messtechnik und der fehleranfälligen Abdichtung zwischen Messgerät und Rohrwandung können Abweichungen von den vorgegebenen Grenzwerten auftreten.

Eine Überschreitung des zulässigen Grenzwertes bei einzelnen Verbindungen bedeutet nicht, dass eine Undichtigkeit der Haltung vorliegt. Die Ergebnisse der einzelnen Prüfungen dürfen auf die gesamte Haltungslänge gemittelt werden. Dieser Mittelwert darf bei der Luftüberdruckprüfung den zulässigen Druckabfall von 1,5 kPa nicht überschreiten. Eine Mittelwertbildung ist aber nur zulässig, wenn bei den Einzelprüfungen:

- Der Anfangsprüfdruck aufgebaut werden konnte.
- Der Druck innerhalb der Prüfzeit 50 % des Anfangsdruckes nicht unterschreitet.

Die Anwendung der Abweichungsbetrachtung sollte in Abstimmung mit dem Auftraggeber erfolgen (Bild 6.39 und Bild 6.40). Bei der Einzelverbindungsprüfung mit Wasser muss die Mittelwertberechnung sinngemäß erfolgen.

6.14.6 Prüfung von Schächten und Bauwerken

6.14.6.1 Allgemeines

Grundlage für die Durchführung der Dichtheitsprüfung von Schächten und Inspektionsöffnungen, die zur Rohrleitung gehören, sind DIN EN 1610 und das Arbeitsblatt DWA-A 139. Für Bauwerke, z. B. Becken, Pumpwerke, Sonderbauwerke, ausgenommen zur Rohrleitung gehörende Schächte muss eine objektbezogene Prüfvorgabe durch den Planer erfolgen. Hinweise hierzu enthält das Arbeitsblatt DWA-A 157.

Nach Arbeitsblatt DWA-A 157 muss die Dichtheitsprüfung von Schächten als Wasserdruckprüfung durchgeführt werden.

Schächte und Bauwerke der Kanalisation mit Systemöffnungen oder auch Inspektionsöffnungen müssen die Dichtheitskriterien erfüllen. Die Dichtheit von Schächten und Bauwerken muss in der Regel bis OK Schachthals sichergestellt und nachgewiesen sein.

Bei Bauwerken ist eine auf Wasserdichtheit konzipierte Bauweise (WU-Beton) grundsätzlich kein Dichtheitsnachweis. Jedoch kann die Dichtheitsprüfung in begründeten Ausnahmefällen, z. B. aus baulichen oder betrieblichen Gründen modifiziert werden. Ist eine Dichtheitsprüfung mit Wasser nicht möglich, müssen folgende Voraussetzungen gegeben sein:

- Nachweis der konstruktiven Dichtheit muss vorliegen
Die betrifft beispielsweise:
 - die Anordnung und Lage der Fugensicherung,
 - die Rohreinbindungen,
 - die Einbauten/Dichtungen,
 - die Öffnungen,
 - die Dichtungen.
- eine qualitätsgesicherte Herstellung mit Dokumentation muss erfolgen,
- eine optische Inspektion darf keine Undichtigkeiten oder Schäden aufzeigen.

Die Bauwerkskonstruktion muss alle Belastungszustände aus der Dichtheitsprüfung berücksichtigen. Die Dichtheit ist von innen und außen zu gewährleisten. Die Dichtheitsprüfung wird nach Fertigstellung des Bauwerks und Verfüllen der Baugrube durchgeführt. Wird die Dichtheitsprüfung in Sonderfällen bei unverbüllter Baugrube durchgeführt, muss dies bei der Konstruktion und der Statik berücksichtigt werden.

Bei der Dichtheitsprüfung von Schächten und Bauwerken im Grundwasser gilt folgende Vorgehensweise:

- Bauwerk nur teilweise im Grundwasser:
 - Bis Höhe Grundwasserspiegel ist die Infiltration optisch zu kontrollieren,
 - Sofern keine Auffälligkeiten festgestellt werden, erfolgt eine Dichtheitsprüfung mit Wasser zur Beurteilung des oberhalb des Grundwassers liegenden Bauwerkteils.
- Bauwerk vollständig im Grundwasser:
 - Infiltrationsprüfung.

6.14.6.2 Ablauf der Prüfung

Schächte und Bauwerke sollten möglichst einzeln geprüft werden. Die Ergebnisse der Dichtheitsprüfungen, auch nicht bestandene Prüfungen, müssen dokumentiert werden.

Die Prüfung von Schächten und Bauwerken mit Luftüberdruck ist wegen der hohen Unfallgefährdung unzulässig.

Bei der Prüfung mit Wasser muss die Verbindung Rohr-Schacht mitgeprüft werden. Eine ausreichende Vorbereitungs- und Vorfüllzeit ist zu berücksichtigen.

Die Prüfung ist bestanden, wenn folgende bauwerksspezifischen Wasserzugabewerte eingehalten werden:

- Schächte und Inspektionsöffnungen nach DIN 4034
 $0,4 \text{ l/m}^2 \times \text{benetzte Fläche in 30 Min} = \text{zulässige Wasserzugabe}$
- Bauwerke nach Arbeitsblatt DWA-A 157
 $0,3 \text{ l/m}^2 \times \text{benetzte Fläche in 30 Min} = \text{zulässige Wasserzugabe}$

Nach Arbeitsblatt DWA-A 157 kann bei Bauwerken mit einer freien Wasserspiegelfläche $\leq 3 \text{ m}^2$ die Dichtheitsprüfung gemeinsam mit der Kanalhaltung entsprechend den Vorgaben DIN EN 1610 und Arbeitsblatt DWA-A 139 erfolgen. Der zulässige Wasserzugabewert beträgt:

- Für Rohrleitungen einschl. Schächte und Bauwerke
 $0,2 \text{ l/m}^2 \times \text{benetzte Fläche in 30 Min} = \text{zulässige Wasserzugabe}$

Bei Bauwerken mit einer Wasserspiegelfläche $> 3 \text{ m}^2$ muss die Dichtheitsprüfung als Einzelprüfung erfolgen.

Die benetzte Fläche ist die Innenwandfläche des Bauwerkes. Gerinne und Auftritt werden übermessen. Öffnungen werden bei der Ermittlung der Innenwandfläche nicht in Abzug gebracht.

Nach Ablauf der Prüfzeit von 30 Minuten wird die tatsächliche Wasserzugabemenge ermittelt und dokumentiert. Dies kann unter Verwendung des Formblattes nach Arbeitsblatt DWA-A 157, Anhang B, erfolgen.

Sofern der freie messbare Wasserspiegel bei beliebigen Bauwerken eine Fläche $> 10 \text{ m}^2$ aufweist, kann eine Wasserspiegelabsenkung nicht mehr gesichert festgestellt werden (mm-Bereich). Dementsprechend muss bei diesen Bauwerken die Prüfzeit auf 48 Stunden erhöht werden. Die Prüfung gilt als erfüllt, wenn der Wasserspiegel während der Prüfzeit nicht messbar absinkt.

Niederschrift Dichtheitsprüfung nach DWA-A 157 Prüfverfahren "W", Schächte und Bauwerke		Nr. _____ Doku-Nr. _____
Bauherr: _____	Projekt-Nr.: _____	
Baumaßnahme: _____		
ausführende Bauunternehmung: _____		
Dichtheitsprüfung ausführende Unternehmung: _____		
Bauüberwachung: _____		
Straße/Lagebeschreibung: _____		
Schacht-/Bauwerksbezeichnung: _____	Schachttiefe: _____ m (abgehende Fließsohle bis OK Konus)	
Schacht-/Bauwerksabmessungen: _____	Werkstoff: _____	
Schacht-/Bauwerksart: _____	Lieferwerk: _____	
Bauweise: ☐ _____ ☐ Fertigteil ☐ Ort beton		
Entsorgungssystem: ☐ Schmutzwasser ☐ Mischwasser ☐ Regenwasser		
Zulauf DN: _____ Ablauf DN: _____ zusätzl. Zulauf DN: _____		
Anschlussstutzen vorhanden: ☐ ja Anzahl und DN: _____		
erforderliche Füllhöhe: _____		
Grundwasserstand: ☐ nicht bekannt ☐ bekannt _____ m		
Infiltrationsprüfung: ☐ ja ☐ nein		
kalibrierte Drucksonde vorhanden: _____		
Wasserspiegelgröße: ☐ > 10 m ² Prüfzeit: ☐ 48 Stunden ☐ _____		
Die Prüfung gilt als erfüllt, wenn der Wasserspiegel während der Prüfzeit nicht messbar absinkt.		
Wasserspiegelgröße: ☐ > 3 m ² (Einzelprüfung) ☐ ≤ 3 m ²		
Prüfzeit: ☐ 30 min (+/- 1 Minute) ☐ _____		
benetzte innere Oberfläche: (Innenwandflächen des Bauwerkes ohne Berücksichtigung von Gerinne und Aufritt. Öffnungen werden bei der Ermittlung der Innenwandfläche nicht in Abzug gebracht) = _____ m²		
Grundfläche + Wandfläche + Deckenfläche + Schachtringe + Schachtkonus zulässige Wasserzugabemenge: _____ m ² x _____ l/m ² = _____ l (in 30 min bei Beton-/Stahlbeton Schächten/Bauwerken ≤ 0,3 l/m²; bei anderen Werkstoffen außer Mauerwerk ≤ 0,15 l/m²) Die Prüfung gilt als erfüllt, wenn die zulässige Wasserzugabemenge in der Prüfzeit nicht überschritten wird.		
Dichtheitsprüfung Verfahren "W" ☐ Erstprüfung ☐ Wiederholungsprüfung Nr: _____		
Prüfung an verfüllter / unverfüllter Baugrube _____ am: _____		
Beginn Vorfüllzeit: _____ Uhr Wetter: _____		
Beginn Prüfzeit: _____ Uhr Prüfdruck: _____ (Bauwerkssohle bis OK Konus)		
Ende Prüfzeit: _____ Uhr zugegebene Wassermenge: _____ l		
Feststellungen während der Prüfung: _____		
Prüfergebnis entspricht der Vorgabe! Prüfergebnis entspricht <u>nicht</u> der Vorgabe!		
>>>> Maßnahmen: _____		
Ort, Datum _____		
-Bauunternehmung-	-Bauüberwachung-	-Aufsicht Führender-

Kapitel 7

Bauausführung in geschlossener Bauweise – Rohrvortrieb



Hinterlassen Sie nachhaltig
einen guten Eindruck



FBS-Betonteile werden energiesparend, umweltfreundlich und nachhaltig aus natürlichen Materialien hergestellt und sind langlebig sowie recycelbar. In ihrer Energiebilanz überzeugen sie bei der Herstellung mit einem vergleichsweise kleinen CO₂-Fußabdruck und erfüllen heute schon den „Buying Green“-Standard der EU-Kommission.

7.1 Allgemeines

Beim Rohrvortrieb werden Produkt- oder Schutzrohre von einem Startschacht aus unterirdisch bis zu einem Zielschacht vorgetrieben (Bild 7.1). Gegenüber der offenen Bauweise hat die geschlossene Bauweise den Vorteil, dass:

- Hindernisse, wie stark befahrene Straßen, Bahnlinien, Wasserstraßen oder Gebäude unterfahren werden können,
- die Geländeoberfläche – Straßen, Bebauung, Bäume etc. – geschont wird,
- die Beeinträchtigung der Umwelt infolge Lärm und Luftverschmutzung sowie Behinderungen durch Verkehrsumleitungen stark verringert werden,
- der Platzbedarf für die Baumaßnahme wesentlich geringer ist, da neben ausreichendem Lagerraum für Baugeräte und -material nur Platz für Start- und Zielschächte benötigt wird,
- bei großer Tiefenlage des Kanals die Bauausführung wirtschaftlicher wird.

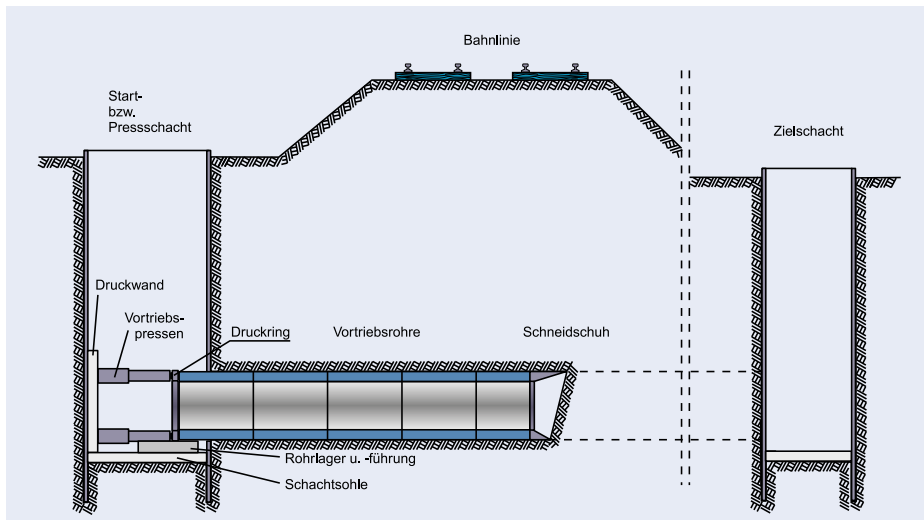


Bild 7.1: Prinzipskizze eines Rohrvortriebes

Mit der Durchführung des Rohrvortriebes dürfen nur erfahrene Unternehmen betraut werden, die das erforderliche, hohe technische Niveau nachweisen können, da Störungen hier bedeutend schwerwiegendere Folgen haben als bei der offenen Bauweise. Die Europäische Norm DIN EN 12889 und das Arbeitsblatt DWA-A 125 sind für die Planung und Ausführung von Vortriebsarbeiten heranzuziehen. In diesem Abschnitt des Handbuchs wird

insbesondere auf die Aspekte des Rohrvortriebes eingegangen, die für FBS-Betonrohre und FBS-Stahlbetonrohre von Bedeutung sind.

Bei Rohrvortrieben wird zwischen dem bemannten und dem unbemannten Vortrieb unterschieden. Bei bemannten Vortrieben ist ständig Personal im Rohrstrang und/oder in der Vortriebsmaschine, wohingegen bei unbemannten Vortrieben – soweit möglich – nur vorübergehend Personaleinsatz erfolgt.

Beim unbemannten Vortrieb, auch Microtunneling genannt, werden im Gegensatz zum bemannten Vortrieb Abbau, Förderung und Steuerung vollautomatisch vom Startschacht aus geregelt. Wird Personal im Rohrstrang oder in der Vortriebsmaschine eingesetzt, sind in Abhängigkeit von der Vortriebslänge Mindestlichtmaße (MLM) einzuhalten.

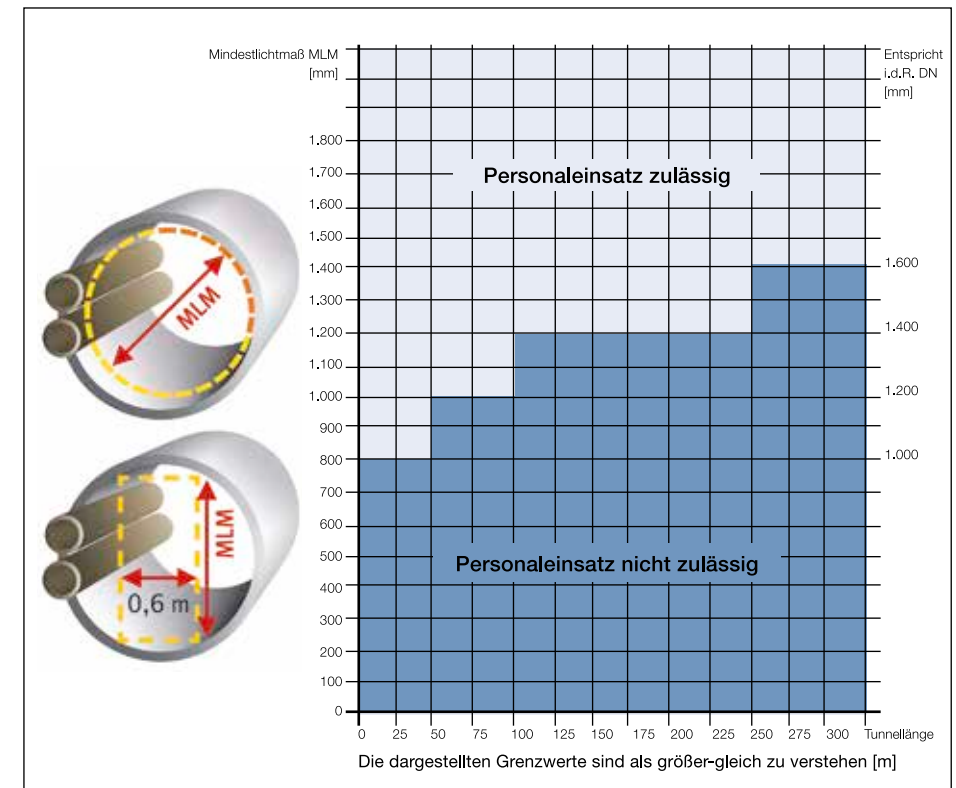


Bild 7.2: Tunnellänge in Abhängigkeit vom Mindestlichtmaß nach Arbeitsblatt DWA-A 125

Bei Rohrleitungen mit einem Lichtmaß von weniger als 600 mm darf kein Personal eingesetzt werden. Die Einsatzbereiche sind in Bild 7.2 und Tabelle 7.1 dargestellt.

Der bemannte Vortrieb erfolgt in der Regel mit FBS-Stahlbetonrohren. Für den unbemann-ten Vortrieb könnten auch FBS-Betonrohre eingesetzt werden.

Wird bei Rohrvortrieben Personal in Bereichen mit Druckluft eingesetzt, muss die „Verord-nung über Arbeiten in Druckluft – Druckluftverordnung DruckLV“ angewandt werden. Dar-aus ergeben sich für bemannte Verfahren mit offenem Schild und Druckluftbeaufschlagung der Ortsbrust folgende Mindestlichtmaße:

- Schleusenkammer: lichte Höhe min. 1,60 m,
- Arbeitskammer: lichte Höhe min. 1,80 m,
- Atmosphärischer Rohrstrang: MLM = 1,40 m bzw. DN 1600.

Für unbemannte und bemannte Rohrvortriebe hinter Vortriebsmaschinen mit geschlosse-nen Schilden gelten:

- Druckluftschleuse: lichte Höhe min. 1,60 m,
- Rohrstrang: MLM = 1,40 m bzw. DN 1600.

7.2 Vorbereitungen zur Bauausführung

Besondere Sorgfalt ist bei der Erkundung der Boden- und Grundwasserverhältnisse in der Vortriebstrasse erforderlich.

Es sollte dafür immer ein geotechnischer Bericht gemäß DIN 4020 von einem mit dieser Bauweise vertrauten Büro angefordert werden. Rohrvortriebe sind der Geotechnischen Kategorie GK3 zugeordnet. Diese umfasst Bauvorhaben mit schwierigen Konstruktionen und Baugrundverhältnissen, die erweiterte geotechnische Kenntnisse erfordern.

Nach dem Ergebnis der Untersuchung entscheidet sich, ob ein Vortrieb überhaupt möglich ist und welches Vortriebsverfahren eingesetzt werden kann. Für die Erstellung der Rohrstatik, die vor Baubeginn vorliegen muss, sind exakte Angaben zu den anstehenden Böden und zum Grundwasser erforderlich (Angabenblatt hierzu siehe Abschnitt 11). Die Einstufung der Böden erfolgt gemäß Arbeitsblatt DWA-A 161 auf der Grundlage von DIN 18196 bzw. DIN 18319.

Bei der Beurteilung der Bodenart ist darauf zu achten, wie die Wasserdurchlässigkeit

Tabelle 7.1: Vorübergehender Personaleinsatz bei unbemannten Verfahren

MLM (mm)	i.d.R. DN (mm)	Personaleinsatz
< 600	< 800	nicht zulässig
≥ 600 bis < 800	≥ 800 bis < 1000	zulässig bei Vortriebslängen ≤ 150 m unter Berücksichtigung des Kap. IX der UVV „Bauarbeiten“ (BGV C22) • nur zum Beheben von Störungen • nicht für Hindernisbeseitigung aus der Vortriebsmaschine heraus • nicht für Kontrollvermessungen
≥ 800 bis < 1000	≥ 1000 bis < 1200	zulässig bei Vortriebslängen ≤ 200 m unter Berücksichtigung des Kap. IX der UVV „Bauarbeiten“ (BGV C22) • nur zum Beheben von Störungen und für Inspektion und Wartung • nicht für Hindernisbeseitigung aus der Vortriebsmaschine heraus • nicht für Kontrollvermessungen
≥ 1000 bis < 1200	≥ 1200 bis < 1400	zulässig bei Vortriebslängen ≤ 250 m • für Kontrollvermessungen möglich, wenn Sohle frei von Einbauten • nicht für Hindernisbeseitigung aus der Vortriebsmaschine heraus
≥ 1200 bis < 1800	≥ 1400 bis < 2000	zulässig • Hindernisbeseitigung nur eingeschränkt möglich, in Abhängigkeit von Art, Lage und Abmessungen des Hindernisses, vom Maschinentyp und vom Baugrund und der erforderlichen Hilfs- und Sicherungsmaßnahmen
≥ 1800	≥ 2000	zulässig • Hindernisbeseitigung möglich, in Abhängigkeit von Art, Lage und Abmessungen des Hindernisses, vom Maschinentyp und vom Baugrund und der erforderlichen Hilfs- und Sicherungsmaßnahmen

der Bodenschichten einzustufen ist und ob Lockerboden oder harte/felsige Böden angeschnitten werden. In letzterem Fall sind gesonderte Überlegungen bei der Berechnung anzustellen, um den tatsächlichen Einbaufall möglichst genau zu erfassen. In Abschnitt 8 des Arbeitsblattes DWA-A 161 werden hierzu Hinweise gegeben. Insbesondere bei einem Wechsel von Lockerboden zu Fels sind wesentlich höhere Belastungen auf das Rohr zu erwarten als bei einem Vortrieb im Lockerboden. Besonders wichtig sind dabei ausreichende und genaue Angaben zu den Bodenverhältnissen über dem Rohr und im Bereich des Rohres.

Erfolgt der Vortrieb unter Gewässern, ist zu prüfen, ob eine durchgehende wasserdichte Schicht zwischen Gewässer und Vortriebstrasse vorliegt. Andernfalls sind besondere Maßnahmen zu ergreifen, z. B. Vortrieb unter Druckluft.

Bei Baumaßnahmen in bestehendem oder ehemaligem Industriegelände ist der Boden im Hinblick auf eine Kontamination zu überprüfen, da kontaminierte Böden eine Gefährdung des Personals darstellen können. Darüber hinaus ist das abgebaute, kontaminierte Material entsprechend zu entsorgen.

In jedem Fall sind Erkundigungen über kreuzende Ver- und Entsorgungsleitungen, Kabel, evtl. in der Trasse liegende Fundamente und ggf. Kampfmittel einzuholen.

Zu den Vorüberlegungen gehört auch, ob beim Vortrieb der Reibungswiderstand durch ein Gleitmittel, z. B. Bentonitsuspension, reduziert werden kann. Durch Anordnung einer ausreichenden Anzahl von Austrittsöffnungen über den Rohrumfang ist für eine möglichst gleichmäßige Beaufschlagung der Rohrmantelfläche mit Gleitmittel und Stützmittel zu sorgen. Bei nicht begehbaren Querschnitten wird die Gleit- und Stützmittelsuspension in der Regel vom Bohrkopf aus oder im Bereich des Nachläufers der Vortriebsmaschine in den Überschnitt gepresst.

Nach Beendigung des Vortriebes kann der Überschnitt mit einem sogenannten Dämmer, meist ein Zement-Bentonitgemisch, verfüllt werden. Das empfiehlt sich besonders bei geringen Überdeckungen oder unterhalb setzungsempfindlicher Bauwerke. Unterhalb von Gleisanlagen der Deutschen Bahn AG wird das Verdämmen grundsätzlich gefordert.

Die Verwendung von Gleit- und Stützmittelsuspension beim Vortrieb und das nachträgli-

che Verdämmen verringern eine Oberflächensetzung und ergeben statisch eine günstigere Stützwirkung gegenüber dem umgebenden Boden.

Bei begehbarem Vortrieb kann die mögliche Vortriebslänge durch den Einsatz von Zwischenpressstationen, sogenannten Dehnern (Bild 7.3 und Bild 7.4), vergrößert werden. In der Zwischenpressstation befindet sich eine eigene Presseneinheit, womit der Rohrstrang

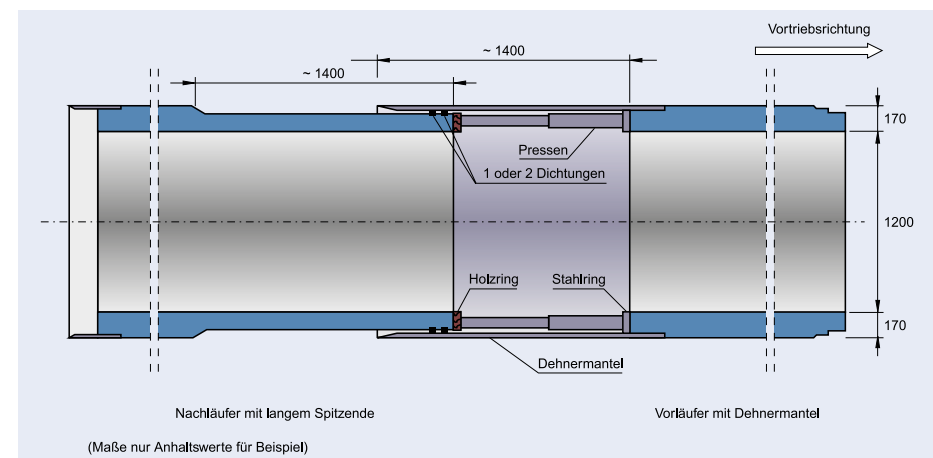


Bild 7.3: Prinzipskizze einer Zwischenpressstation (Dehner - Längsschnitt)



Bild 7.4: Teilansicht einer Zwischenpressstation

abschnittsweise vorgetrieben werden kann (Bild 7.5), was zu einer Verringerung der erforderlichen Vortriebskräfte führt. Während der Vortriebsarbeiten sollten die Pressenzylinder immer mindestens 10 % ausgefahren und miteinander hydraulisch verbunden sein. Nach Beenden des Vortriebes werden die Pressen entfernt und die Dehner zusammengeschoben, um einen durchgehenden Rohrstrang zu erhalten.

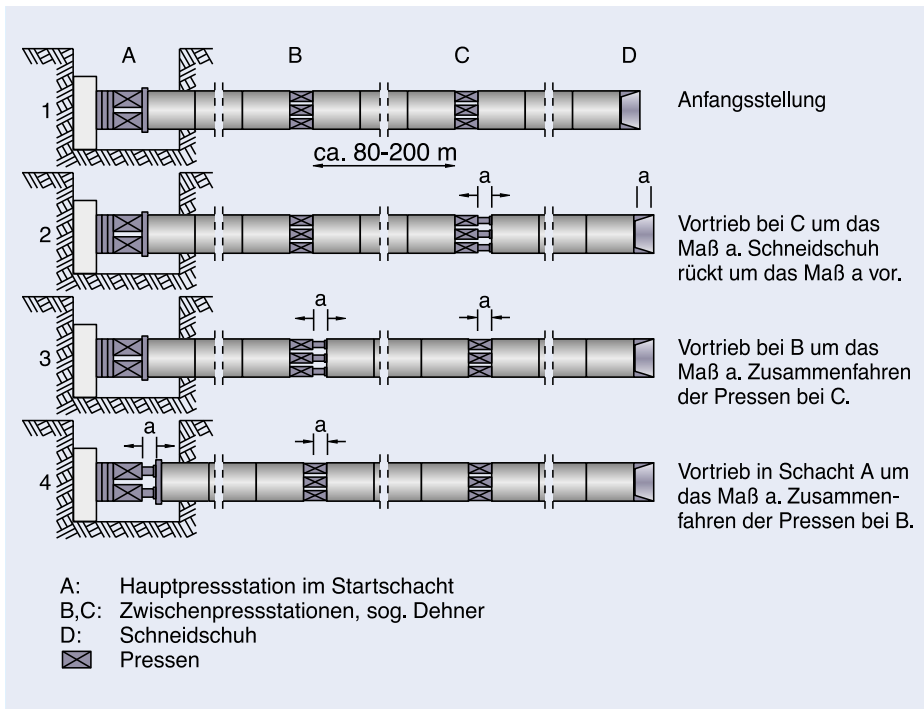


Bild 7.5: Schema eines Rohrfortschritts mit Haupt- und Zwischenpresstationen

Auch bei einem nicht begehbaren Vortrieb kann der Widerstand an der Ortsbrust (der Ort an welchem der Baugrund beim Vortrieb abgebaut wird) von einer Dehnerstation hinter dem Bohrkopf überwunden werden. Dadurch kann die mögliche Vortriebsstrecke bei gegebener, zulässiger Vortriebskraft verlängert werden. In diesem Fall ist nach Beendigung des Vortriebes der Rohrstrang bis zum Dehner in den Zielschacht durchzuschieben. Gegebenenfalls ist hierzu ein größerer Zielschacht erforderlich.

Zur Abschätzung der erforderlichen Vortriebskräfte können die folgenden Richtwerte für den Widerstand an der Ortsbrust und für die Mantelreibung angesetzt werden. Für Lockerböden muss je nach Bodenart mit einem Widerstand an der Ortsbrust von 300 kN/m² bis 600 kN/m² - bei sehr schwerem Boden bis zu 1000 kN/m² - gerechnet werden. Für die Mantelreibung sind ohne Schmierung ungefähr 20 kN/m² bis 30 kN/m² der Mantelfläche des Rohrstranges - bei sehr ungünstigen Bedingungen bis zu 60 kN/m² - anzusetzen.

Durch optimale Schmierung lässt sich die Mantelreibung auf unter 10 kN/m² verringern. Bei vorhandenem Grundwasser ist die Mantelreibung evtl. noch geringer, allerdings steigt dann meist der Ortsbrustwiderstand an.

Es wird empfohlen, die vom Rohr vorgegebene, zulässige Vortriebskraft gemäß Arbeitsblatt DWA-A 161 planmäßig nur bis zu 80 % auszunutzen, um für unvorhergesehene Widerstände noch Reserven zu besitzen.

7.3 Start- und Zielschacht

Der Startschacht dient zur Aufnahme der Presseinrichtung mit Pressenwiderlager und zur Bereitstellung von mindestens einem Vortriebsrohr (Bild 7.6). Im Zielschacht werden Schneidschuh, Abbaueinrichtung und evtl. Arbeitsrohre geborgen. Der Startschacht ist in der Regel deutlich größer als der Zielschacht. Deshalb empfiehlt sich aus wirtschaftlichen Gründen den Vortrieb aus dem Startschacht heraus in mehrere Richtungen auszuführen. Die Sicherung der Start- und Zielschächte erfolgt meist durch eine Spritzbetonschale, eine Bohrpfehlwand oder eine Spundwand. Der Schachtverbaue ist statisch nachzuweisen. Die Sohle von Start- und Zielschächten wird in der Regel wasserdicht unter Einhaltung der Auftriebssicherheit betoniert.

Beim Microtunneling kommen vielfach Start- und Zielschächte aus Fertigteilen mit vorbereiteten Aus- und Einfahröffnungen zur Anwendung, die im Absenkverfahren eingebracht werden.



Bild 7.6: Blick in den Startschacht

In gleicher Bauart werden auch Durchfahrschächte angeboten, wenn der Vortrieb nicht unterbrochen werden soll, aber später dort ein Einstiegsschacht geplant wird.

Bei den Aus- und Einfahröffnungen sind zur Vermeidung von Boden- und gegebenenfalls Grundwassereintritten besondere Maßnahmen erforderlich. Aus den Fertigschächten heraus können auch Hausanschlussleitungen in geschlossener Bauweise hergestellt werden.

Start- und Zielschächte dienen üblicherweise im Endzustand in reduzierter Größe als Einsteig- oder Kontrollschächte. Die Anschlüsse an diese Schächte sind wie bei üblichen Ortbetonschächten auszubilden (s. Abschnitt 6.12). Die dabei offen eingebauten Rohre unterliegen in der Regel einer deutlich höheren vertikalen Belastung als beim Vortrieb und sind deshalb nach Arbeitsblatt DWA-A127 zu bemessen.

Der Übergang der Vortriebstrasse sollte im Bereich der Außenseite der Baugrubenwand der Start-, Ziel- oder Durchfahrtschächte gelenkig ausgeführt werden (analog Abschnitt 6.12).

In Sonderfällen kann ein Schacht auch nachträglich auf die im Rohrvortrieb eingebauten Rohre aufgebracht werden. Dabei wird ein Schacht aus Fertigteilen auf ein entsprechend vorbereitetes Rohr abgesenkt.

7.4 Grundwasserhaltung

Je nach Vortriebsverfahren sind mehrere Arten der Grundwasserhaltung möglich:

1. Offene Wasserhaltung:

Das anfallende Wasser wird durch die Vortriebsstrecke zum Startschacht abgeleitet. Dabei ist ein Ausspülen der Ortsbrust zu verhindern.

2. Geschlossene Wasserhaltung:

Der Grundwasserspiegel wird bis mindestens unter die Rohrsohle abgesenkt – zumindest im Bereich der Ortsbrust. Gleiches gilt im Bereich der Aus- und Einfahröffnungen bei den Schächten, wenn die Dichtheit nicht durch bauliche Maßnahmen gesichert ist.

3. Wasserhaltung durch Druckluft:

Dieses Verfahren ist sowohl beim unbemannten als auch beim bemannten Vortrieb möglich. Bei Letzterem wird der Rohrstrang ganz oder teilweise so unter atmosphärischen Überdruck gesetzt, dass anstehendes Grundwasser nicht eindringen kann. Üblicherweise stehen nur an der Ortsbrust einige Rohre unter Innendruck, die dann zugfest miteinander verbunden sein müssen.

Bei den Arbeiten sind die Sicherheitsbestimmungen der Druckluftverordnung einzuhalten.

Eine Wasserhaltung mit Druckluft ist nicht möglich, wenn die Gefahr von Ausbläsern besteht. Dies ist z. B. bei zu geringer Überdeckung oder bei einem sehr durchlässigen Boden der Fall.

7.5 Bodenabbau und Bodenförderung

Das Abbauverfahren an der Ortsbrust ist abhängig von der anstehenden Bodenart und vom Rohrdurchmesser. Neben dem Abbau von Hand ist der Einsatz von mechanischen Hilfsmitteln, z. B. Bagger, Schrämen oder Teil- bzw. Vollschnittmaschinen möglich. Bei geeignetem Boden kann der Abbau auch durch Flüssigkeitsdruckstrahlen erfolgen. Dabei ist die Sicherung der Ortsbrust von entscheidender Bedeutung.



Bild 7.7: Materialabbau an der Ortsbrust

Beim Abbau ist sorgfältig darauf zu achten, dass nur der vorgesehene Querschnitt mit dem geplanten Überschnitt abgebaut wird. Bei nicht standfesten Böden ist durch geeignete Maßnahmen (z. B. Schutzschilder, Druckluft u.a.) ein Bodeneinbruch zu verhindern. Bei hartem Boden ist besonders im Sohlbereich die genaue Einhaltung eines Abbauprofiles entsprechend der Rohraußenform wichtig, um einen möglichst großen Bettungswinkel des Rohres zu erreichen.

Die Beseitigung von Vortriebshindernissen aus einem begehbaren Schild heraus darf nur unter besonderen Sicherungsmaßnahmen erfolgen. Dabei entstehende Hohlräume über den geplanten Ausbruchquerschnitt hinaus sind mit geeignetem Material zu verfüllen.

Die Abbaueinheit befindet sich meist in Arbeitsrohren aus Stahl, die nach Beendigung des Vortriebes wieder geborgen werden.

Für den horizontalen Transport des Abbaumaterials im Rohrstrang kommen u.a. Kübel-, Band-, Schnecken- oder Spülförderung in Frage (Bild 7.7). Letztere ist besonders für den Vortrieb im Microtunnelingverfahren geeignet.

7.6 Vortriebsprotokolle

Sowohl im unbemannten als auch im bemannten Vortrieb sind verschiedene Vortriebsparameter ständig zu erfassen. Das kann durch kontinuierlich arbeitende graphische Messwertschreiber oder in Intervallen nach Arbeitsblatt DWA-A 125 erfolgen. Bei steuerbaren Vortrieben ist eine automatische, kontinuierliche Aufzeichnung alle 100 mm bzw. 90 s vorgesehen. Die Aufzeichnungen müssen nach Zeit und Vortriebslänge zuzuordnen sein. Ein mitlaufender Messwertschreiber hat den Vorteil, dass auch kurzfristige Ausschläge der Messwerte erfasst werden. Eine Echtzeitübertragung der Vortriebsdaten ist Stand der Technik.

Folgende geometrische Größen sind nach derzeitigem Stand der Normung u.a. aufzuzeichnen:

- Datum und Uhrzeit,
- Vortriebslänge,
- Abweichung im Bereich der Ortsbrust nach Höhe und Seite (zulässige Werte nach Arbeitsblatt DWA-A 125, Tabelle 7.1),
- Verrollung und Neigung (nicht bei Pilotvortrieb),
- Schneidrad-Drehmoment bei Vollschnittmaschinen,
- Steuerzylinderhübe und -kräfte (nicht bei Pilotvortrieben),
- Ggf. Stütz- bzw. Erddruck (bei $DA \geq 1300$ mm) bei Flüssigkeits- oder Erddruckstützung,
- Ggf. räumliche Abwinklung in der maßgeblichen Rohrfuge,
- Luftdruck und Druckluftverbrauch bei Druckluftbeaufschlagung der Ortsbrust,
- Bentonitverbrauch.

Tabelle 7.2: Maximal zulässige Abweichung von der Sollage für Abwasserkanäle und -leitungen (nach Arbeitsblatt DWA-A 125)

Neandurchmesser DN [mm]	Abweichung vertikal [mm]	Abweichung horizontal [mm]
< 600	± 20	± 25
≥ 600 bis ≤ 1000	± 25	± 40
> 1000 bis < 1400	± 30	± 100
≥ 1400	± 50	± 200

Bei begehbaren Rohrvortrieben mit gerader oder planmäßig gekrümmter Trasse sind die Klaffungen in den Rohrfugen zu kontrollieren und mit den rechnerisch angesetzten Abwinklungen zu vergleichen. Werden die in der Statik angesetzten Werte überschritten, sind die zulässigen

Vortriebskräfte entsprechend zu verringern. Bei gekrümmter Vortriebstrasse sind möglichst Übergangsbögen zwischen den Krümmungen vorzusehen. Wenn dies gesichert ist, können die rechnerisch anzusetzenden Steuerbewegungen gemäß Arbeitsblatt DWA-A 161 reduziert werden.

Auch die Vortriebskräfte sind laufend zu kontrollieren und aufzuzeichnen. Die Aufzeichnung der Vortriebskräfte kann in kPa (bar) erfolgen, wenn eine Umrechnung auf die dann wirkende Vortriebskraft in kN vorliegt. Die Messung muss sowohl an der Hauptpressstation als auch an allen Zwischenpressstationen erfolgen. Die gemessenen Werte sind mit den zulässigen Vortriebskräften gemäß der Rohrstatik zu vergleichen. Bei Annäherung an den maximal zulässigen Wert ist Rücksprache mit dem Bauleiter zu halten, ob gegebenenfalls der Einsatz einer weiteren Zwischenpressstation (Dehner) erforderlich wird. Wenn Gefahr besteht, dass der zulässige Pressdruck nicht ausreicht, sind rechtzeitig in Absprache mit dem Statiker und dem Rohrhersteller geeignete Vorkehrungen zu treffen.

Bei Verwendung von Gleit- und Stützmitteln (z. B. Bentonitsuspension) sind Einpressdruck, Viskosität und Verbrauchsmengen kontinuierlich zu überprüfen und zu protokollieren.

7.7 Sonderfälle des Rohrvortriebes

Mit modernen Steuerungseinrichtungen besteht die Möglichkeit, Kurven in vertikaler und horizontaler Richtung aufzufahren. Die dabei entstehende Abwinklung an der Rohrverbindung kann durch den Einsatz kürzerer Rohre verringert werden. Eine Kurve sollte vorzugsweise am Ende einer Vortriebsstrecke vor dem Zielschacht sein; Wechselkurven sind soweit möglich zu vermeiden. Die Vortriebskräfte können durch die Wahl geeigneter Druckübertragungsringe (Werkstoff und Geometrie), die auch in die Berechnung der zulässigen Vortriebskräfte eingehen, positiv beeinflusst werden.

Bei schwierigen bzw. langen Vortriebsmaßnahmen wird der Einsatz eines baubegleitenden Qualitätssicherungssystems (Messung der Verwinkelung in Verbindung mit der Berechnung zulässiger Pressenkräfte) empfohlen.

Bei besonders engen Kurvenradien oder mehreren Wechselkurven kann der Einsatz einer sogenannten „Hydraulischen Fuge“ (fluidgefüllte Druckübertragungsmittel) sinnvoll sein. Dabei sind gemäß Arbeitsblatt DWA-A 161 / Abschnitt 4.7.2 weitere Nachweise zu beachten.

Bei Kurvenfahrten sind die zulässigen Vortriebskräfte geringer. Erhöhte Klaffungen von $z/da < 0,50$ sind in der Berechnung durch erhöhte Mindestschnittgrößen (siehe Arbeitsblatt DWA-A 161) zu berücksichtigen. Vor allem bei Kurvenfahrten sind die Grenzen der Übertragung der Vortriebskräfte an den Rohrstoßen durch die Lastkonzentration besonders zu beachten.

Der Einsatz von inneren, bereits beim Vortrieb vormontierten Fugenabdichtungen erfordert schmalere Druckübertragungsringe, wodurch die zulässigen Vortriebskräfte deutlich reduziert werden.

Bei einem Vortrieb im Bereich von unterirdischen Bauwerken (z. B. Fundamenten) ist besondere Sorgfalt angebracht. Der Überschnitt ist ggf. zu begrenzen und nach dem Vortrieb zu verdämmen. Besteht z. B. bei einem Brückenfundament die Gefahr einer Auflockerung der Bettung durch nachrutschenden Boden in den Abbaubereich, kann das Fundament u.a. durch eine im Boden verbleibende Spundwand gesichert werden.

Unter Bahngleisen ist gemäß RIL 836 und Arbeitsblatt DWA-A161 der Mindestabstand h_u von Oberkante Rohr bis Oberkante Schwelle wie folgt einzuhalten:

- h_u soll $\geq 1,50$ m sein,
- h_B^* muss $= 2,0 \times d_a$, jedoch mindestens $= 0,50$ m sein
(* h_B = Überdeckung Rohrscheitel bis Unterkante Schotter/Planum).

Wegen der Gefahr von Setzungen sind größere Überdeckungen als diese Mindestwerte anzustreben.

Für die Ausführung von Vortrieben mit kleinerer Überdeckung ist eine unternehmensinterne Genehmigung (UiG) der DB AG und ggf. eine Zustimmung im Einzelfall (ZiE) des Eisenbahnbundesamtes (EBA) erforderlich.

Bei Rohrleitungen mit begehbarem Querschnitt können Anschlussleitungen, z. B. für Hausanschlüsse, direkt aus dem Querschnitt heraus im Microtunnelingverfahren hergestellt werden.

7.8 Halboffene Bauweise

Die halboffene Bauweise ist eine Mischung zwischen offener und geschlossener Bauweise. Sie kann z. B. bei geringer Überdeckung und eingeschränkten Platzverhältnissen zum

Einsatz kommen. Dabei wird die Rohrleitung von einem Startschacht aus vorgeschoben. Im Gegensatz zur geschlossenen Bauweise erfolgt der Bodenabbau vor dem Rohr von der Geländeoberfläche aus. Dabei erreicht der auszuhebende Schlitz im Erdreich in der Regel am Kämpfer die Breite des Rohraußendurchmessers.

Eine Variante dieser Bauweise liegt vor, wenn sich die Pressstation an der Spitze des Vortriebes befindet und sich am bereits eingebauten Rohrstrang abstützt und nach vorne gepresst wird. In die entstehende Lücke wird ein neues Rohr eingebaut.

Diese Bauweise bietet u.a. folgende Vorteile im Vergleich zur offenen Bauweise:

- Wesentlich weniger bis gar kein Verbau,
- Geringere Aushubmenge,
- Kein Aufwand für die Herstellung der Rohrbettung,
- Keine Verfüllung und Verdichtung seitlich der Rohre unterhalb des Kämpfers.

Kapitel 8

Statische Berechnung von Rohren für die offene Bauweise

FBS-Betonbauteile bestehen aus natürlichen, überall verfügbaren heimischen Rohstoffen. Auch nach ihrer langen Nutzungsdauer können sie als Baustoffe zeitgemäß mit wenig Energieaufwand weiterverarbeitet und wieder verwendet werden. **Klarer Fall: FBS setzt auf eine ökologisch lückenlose Lieferkette.**



8.1 Vorbemerkung

Die für die Berechnung maßgebende Richtlinie Arbeitsblatt ATV-DWK A-127 (Stand 08/2000) wird zurzeit überarbeitet, (neuer Name ist vermutlich Arbeitsblatt DWA A-127-2). Mit einer Veröffentlichung im Weißdruck wird nicht vor 2020 gerechnet.

Die Grundzüge der Berechnung bleiben zwar bestehen, es gibt aber eine Vielzahl von Änderungen.

So werden die Rohrwerkstoffkennwerte in einem eigenen DWA-Arbeitsblatt zusammengefasst. Hinweise zu Beanspruchungen in Rohrlängsrichtung und bei besonders geringer Überdeckung werden ergänzt. Straßen- und Eisenbahnverkehrslasten sind nach DIN EN 1991-2, den zugehörigen Nationalen Anhang (NA) bzw. RIL 836 geregelt.

Die Aktualisierung von Arbeitsblatt DWA-A 139 wird berücksichtigt.

Für die Berechnung von Schächten ist das Merkblatt DWA-M 127-4 vorgesehen.

Mögliche Änderungen ergeben sich z. B. für:

- Nummerierung der A 127-Reihe,
- Einführung von Teilsicherheitsbeiwerten,
- Ansprache der Böden:
 - Anstehender Boden analog Arbeitsblatt DWA-A 161,
 - Verfüllmaterial über Proctordichte,
- Reibungswinkel bei G1 nur noch 32,5° (statt 35°), bei G4 nur 15° (statt 20°),
- Versuch der Einbeziehung der ZFSV (zeitweise fließfähige, selbstverdichtende Verfüllbaustoffe – umgangssprachlich Flüssigboden genannt),
- A4/B4 wird zu A0/B0,
- Straßenverkehrslast LM 1 statt SLW 60,
- Seitliche Stützwirkung aus Verkehr kann in der Berechnung herangezogen werden:
 - Bei Straßenverkehrslasten und Flugverkehrslasten (BFZ) ohne Stoßbeiwert (bei Straße wird aber stützend nur 1 Rad angesetzt!),
 - Bei Bahnlasten mit reduziertem Stoßbeiwert,
- Verkehrslast Straße abhängig von der Rohrlänge und dem Durchmesser (Unstetigkeitsstelle bei $h_{\text{ü}} = 1\text{ m}$),

- Bahnlasten auch für $h \geq 1,1\text{ m}$ und Sonderregelungen für bahnparallele Leitungen,
- Ermüdungsnachweise analog wie in Arbeitsblatt DWA-A 161,
- Mögliche Vereinfachung der Berechnung bei Stufengraben,
- Einwirkung bei Spundwand $\leq \text{DN } 800$ nur A3/B3 ohne erhöhte Ausladung und Lastkonzentration,
- Bei größeren DN wird die Ausladung begrenzt und der Lastkonzentrationsfaktor reduziert,
- Informative Hinweise auf Wirkung von Längsbiegung,
- Bei A2/B2 Verdichtung mit D_{Proctor} 92 % statt 90 % angesetzt,
- Bei zu kleiner Grabenbreite ist der Abminderungsfaktor α_{B} wie bei A3/B3 anzunehmen,
- m- und n-Beiwerte für Betonrohre und Stahlbetonrohre mit Kreisquerschnitt und Fuß, Betonrohre und Stahlbetonrohre mit Kreisquerschnitt und Fuß mit Nut mit entsprechender Bettung, dies gilt auch für Betonrohre und Stahlbetonrohre mit Eiquerschnitt und Fuß und Betonrohre und Stahlbetonrohre mit Eiquerschnitt und Fuß mit Nut mit entsprechender Bettung,
- Bemessung über Einbauziffern (Lastklassen) nicht mehr vorgesehen.

Da die Neufassung von Arbeitsblatt DWA-A 127 aber noch nicht verabschiedet ist und sich gegebenenfalls noch Änderungen ergeben können, wird das Kapitel 8 dieses Technischen Handbuches noch nicht geändert. Es bleibt die aktuelle Fassung von Arbeitsblatt ATV-DWK A-127 weiterhin gültig.

Zu beachten sind allerdings auch jetzt schon geänderte Anforderungen der Bahn nach RIL 836 mit angehobenen Stoßbeiwerten und erhöhten Lastwechselzahlen beim Ermüdungsnachweis.

8.2 Allgemeines

Seit etwa 1930 sind bedeutende Arbeiten zur statischen Berechnung von Rohren veröffentlicht worden.

Das im Jahre 1984 eingeführte Arbeitsblatt ATV-DWK A-127 "Richtlinien für die statische Berechnung von Entwässerungskanälen und -leitungen" ermöglichte erstmalig die differenzierte Berechnung von Rohren in Abhängigkeit von den jeweiligen Einbaubedingungen. Bei der Erstellung des Arbeitsblattes wurde für alle Rohrwerkstoffe ein gleiches Sicherheitsniveau definiert.

Im Zuge der europäischen Harmonisierung wurde für die statische Berechnung von erdverlegten Rohrleitungen die europäische Norm DIN EN 1295 Teil 1 geschaffen. Da aufgrund der Vielfalt unterschiedlicher Berechnungsverfahren in den europäischen Mitgliedsstaaten kein einheitliches Verfahren eingeführt werden konnte, bleiben die national eingeführten Berechnungsverfahren noch für einen bestimmten Zeitraum gleichberechtigt nebeneinander bestehen. Der Planer muss jeweils entscheiden, welches dieser Verfahren er anwenden will. Für Deutschland bedeutet dies, dass in den meisten Fällen bis auf weiteres das Arbeitsblatt ATV-DVWK A-127 angewendet werden kann.

Neben den Normen für Beton- und Stahlbetonrohre DIN EN 1916 und DIN V 1201 sind zwischenzeitlich u.a. noch DIN V 1202, die Hinweise zur Verwendung und zum Nachweis der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit von Beton- und Stahlbetonrohren enthält sowie der DIN-Fachbericht 101 mit neuen Verkehrslasten erschienen. Die damit verbundenen Änderungen konnten in das Arbeitsblatt ATV-DVWK A-127 wegen des früheren Erscheinungstermines des Arbeitsblattes nicht berücksichtigt werden.

Die Lastmodelle des DIN FB 101 gelten für Brückenbauwerke und damit nicht automatisch für die Belastung erdüberschütteter Rohre. Da noch keine Anpassung der neuen Lastmodelle an die des Arbeitsblattes ATV-DVWK A-127 vorliegt und die Unterschiede in der Belastung gering sind, kann nach Ansicht des FBS auch weiterhin mit den Werten des Arbeitsblattes ATV-DVWK A-127 gerechnet werden.

Die Bemessung von Beton- und Stahlbetonbauteilen wurde mit Erscheinen der DIN 1045-1 (neu: DIN EN 1992-1-1/NA) und weiterer zugehöriger Normen auf das System der Teilsicherheitsbeiwerte umgestellt. In DIN V 1202 werden die entsprechenden Teilsicherheitsbeiwerte für Beton- und Stahlbetonrohre sowohl für die Einwirkungen (Belastungen), als auch für die Bestimmung des Tragwiderstandes im Grenzzustand der Tragfähigkeit angegeben. Da die bestehenden Rechenprogramme meist noch nicht umgestellt sind und zudem die bisherige Berechnung mit globalen Sicherheitsbeiwerten immer auf der sicheren Seite liegt, kann die Bemessung mit einem entsprechenden Hinweis ohne Bedenken bis auf weiteres wie bisher durchgeführt werden.

In den Rohrnormen DIN EN 1916 und DIN V 1201 wurden zur Einstufung der Rohre Lastklassen auf der Grundlage von Scheiteldruckversuchen eingeführt. Die direkte Bemessung anhand dieser Lastklassen wirft insbesondere bei Stahlbetonrohren Probleme auf. So bringt ein Scheiteldruckversuch nicht immer konkrete Aussagen zur Gebrauchstauglichkeit und zum eventuell erforderlichen Dauerschwingnachweis, der jetzt als Ermüdungsnachweis bezeichnet wird. Zudem muss bei der Bewertung eines Scheiteldruckversuches berücksichtigt werden, dass sich für die Rohre hierbei günstige Lastumlagerungen einstellen, die im Einbauzustand nicht entstehen können. Aus diesen und anderen Gründen hält der FBS an der Bemessung nach den Regeln des Beton- und Stahlbetonbaus fest, wie sie auch DIN V 1201 als Möglichkeit vorsieht.

Nachfolgend werden deshalb die Grundzüge einer statischen Berechnung von Beton- und Stahlbetonrohren auf Grundlage des Arbeitsblattes ATV-DVWK A-127 vorgestellt.

8.3 Ablauf der Rohrberechnung

Den grundsätzlichen Ablauf des Berechnungsverfahrens für biegesteife und biegeweiche Rohre zeigt Bild 8.1.

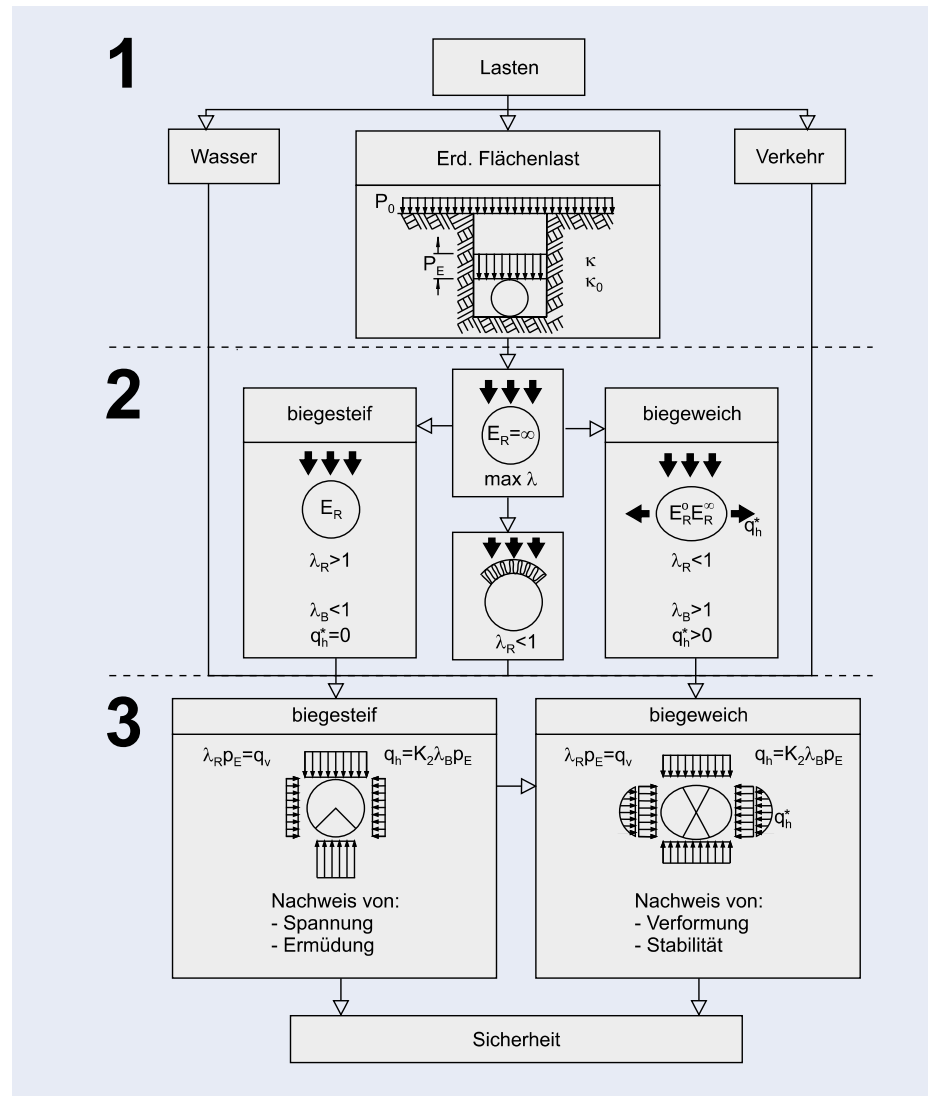


Bild 8.1: Berechnungsablauf für biegesteife und biegeweiche Rohre

Das Berechnungsverfahren nach Arbeitsblatt ATV-DWK A-127 ist anwendbar für genormte, biegesteife und biegeweiche Rohre unterschiedlicher Rohrsteifigkeiten und Einbaubedingungen, mit stetigem Übergang vom Graben zum Damm, wobei die Belastung der Rohre von den Verformungseigenschaften der Rohre, des Bodens und deren gegenseitiger Wechselwirkung abhängt. Es gilt für kreisförmige und eiförmige Rohre. Für andere Querschnitte kann es sinngemäß angewendet werden.

Wichtige Voraussetzung ist, dass die Vorgaben für die statische Berechnung mit der Bauausführung übereinstimmen (s. Abschnitt 6).

Biegesteif sind Rohre, bei denen die Belastung keine wesentliche Verformung hervorruft und damit keine Auswirkungen auf die Druckverteilung hat.

Biegeweich sind Rohre, deren Verformung die Belastung und Druckverteilung wesentlich beeinflusst, da der Boden Bestandteil des Tragsystems ist.

Beton- und Stahlbetonrohre sind biegesteife Rohre. Die folgenden Ausführungen werden sich daher im Wesentlichen auf diese beziehen. Zum Verständnis der Zusammenhänge wird auch kurz auf die Auswirkung der Rohrverformung und die Rohr-Boden-Interaktion eingegangen, die für die Belastungsentwicklung biegeweicher Rohre von besonderer Bedeutung sind.

Wie aus Bild 8.1 ersichtlich, erfolgt die statische Berechnung in drei Schritten:

- Schritt 1: Lastermittlung,
- Schritt 2: Lastaufteilung/Lastkonzentration,
- Schritt 3: Spannungsnachweis für biegesteife Rohre und für biegeweiche Rohre zusätzlich Verformungs- bzw. Dehnungs- und Stabilitätsnachweise.

8.4 Rohrwerkstoffe

Das Arbeitsblatt ATV-DWK A-127 bezieht sich nur auf genormte Rohrwerkstoffe, für die die Werkstoffkennwerte in den Produktnormen festgeschrieben sind. Nicht genormte bzw. neue Werkstoffe oder Rohrsysteme bedürfen daher im Hinblick auf die außerordentlichen Anforderungen besonderer Sorgfalt.

8.5 Lastermittlung

8.5.1 Erdlasten

In die Berechnung der Erdlasten gehen die vorhandenen Bodenarten mit Wichte und Reibungswinkel (Tabelle 8.1) sowie die Einflüsse aus den zu erwartenden Verlegebedingungen – wie Grabenbreite, Grabenverbau, Dammbedingung, Rohrbettung, Bodenverdichtung, Grundwassereinfluss u.a. – ein.

Folgende Bodenarten können unterschieden werden (in Klammern sind die Kurzzeichen nach DIN 18196 angegeben):

- Gruppe 1: Nichtbindige Böden (GE, GW, GI, SE, SW, SI)
- Gruppe 2: Schwachbindige Böden (GU, GT, SU, ST)
- Gruppe 3: Bindige Mischböden, Schluff (bindiger Sand und Kies, bindiger, steiniger Verwitterungsboden), (GU*, GT*, SU, ST*, UL, UM),
- Gruppe 4: Bindige Böden (z. B. Ton) (TL, TM, TA, OU, OT, OH, OK, UA)

Sofern im Einzelfall für die genannten Bodenarten keine genaueren Angaben vorliegen, sind die Rechenwerte aus Tab. 8.1 zu verwenden.

Tabelle 8.1: Bodenarten

Gruppe	Wichte	Wichte unter Wasser	Innerer Reibungswinkel	Verformungsmodul E_B^* [N/mm ²] bei Verdichtungsgrad D_{pr} in %					
	γ_B [kN/m ³]	γ'_B [kN/m ³]	φ' [°]	85	90	92	95	97	100
G1	20	11	35	2	6	9	16	23	40
G2	20	11	30	1,2	3	4	8	11	20
G3	20	10	25	0,8	2	3	5	8	13
G4	20	10	20	0,6	1,5	2	4	6	10

* Die Verformungsmoduln gelten für einen Spannungsbereich zwischen 0 und 0,1 N/mm². Dies entspricht ca. 5 m Überdeckung. Bei höherer Überdeckung können nach Arbeitsblatt ATV-DVWK A-127 höhere Werte ermittelt werden.

Die Erdlasten werden als Bodenspannung in der Ebene des Rohrscheitels berechnet, gegebenenfalls unter Berücksichtigung der Entlastung der Reibungskräfte an der Grabenwand (Silowirkung) oder der Laststeigerung durch Auflockerungen beim Ziehen des Grabenverbau. Die Größe der Be- und Entlastung wird durch die Überschüttungsbedingungen A1 bis A4 und die Einbettungsbedingungen B1 bis B4 bestimmt.

- A1 Lagenweise gegen den gewachsenen Boden verdichtete Grabenverfüllung (ohne Nachweis des Verdichtungsgrades), gilt auch für Trägerbohlwände (Berliner Verbau).
- A2 Senkrechter Verbau des Rohrgrabens mit Kanaldielen, die erst nach dem Verfüllen gezogen werden. Verbauplatten oder -geräte, die bei der Verfüllung des Grabens schrittweise entfernt werden. Unverdichtete Grabenverfüllung. Einspülen der Verfüllung (nur geeignet bei Böden der Gruppe G1)
- A3 Senkrechter Verbau des Rohrgrabens mit Spundwänden, Leichtspundprofilen, Holzbohlen, Verbauplatten oder -geräten, die erst nach dem Verfüllen entfernt werden.
- A4 Lagenweise gegen den gewachsenen Boden verdichtete Grabenverfüllung mit Nachweis des nach ZTVE-StB erforderlichen Verdichtungsgrades, gilt auch für Trägerbohlwände (Berliner Verbau). Die Überschüttungsbedingung A4 ist nicht anwendbar bei Böden der Gruppe G4.

Die entlastende Wirkung der Grabenwände (sog. Silowirkung) sollte in bebauten Gebieten nicht angesetzt werden, weil diese Entlastung durch spätere Baumaßnahmen wieder aufgehoben werden kann, wenn die ursprünglichen Grabenwände entfernt werden.

Einen bedeutenden Einfluss auf die Rohrbelastung durch die Erdauflast hat das Ziehen des Verbaus. So führt das nachträgliche Ziehen von Spundwänden zu erheblichen Laststeigerungen, die durch die bisherigen Rechenansätze nur unzureichend erfasst werden. So wird u.a. das Einbinden der Spundwand unterhalb der Rohrsohle bisher nicht berücksichtigt. Die ATV-Arbeitsgruppe 1.5.5 "Verbaumethoden" schlägt deshalb Rechenansätze vor, die bis zum etwa 3-fachen der bisherigen Lastansätze gehen. Zu ähnlichen Ergebnissen kommen Großversuche, die im Institut für Unterirdische Infrastruktur (IKT) in Gelsenkirchen durchgeführt wurden.

Die starke Auflockerung des Bodens beim nachträglichen Ziehen der bis unterhalb der Rohrbettung einbindenden Spundwand führt zu einer erheblichen Vergrößerung der Rohrausladung und zu einer zusätzlichen Konzentration der Bodenspannungen im Scheitel- und Sohlbereich (q_{VN} und q_{AN} statt q_V und q_A) und einer Minderung des stützenden Seitendruckes (Bild 8.2).

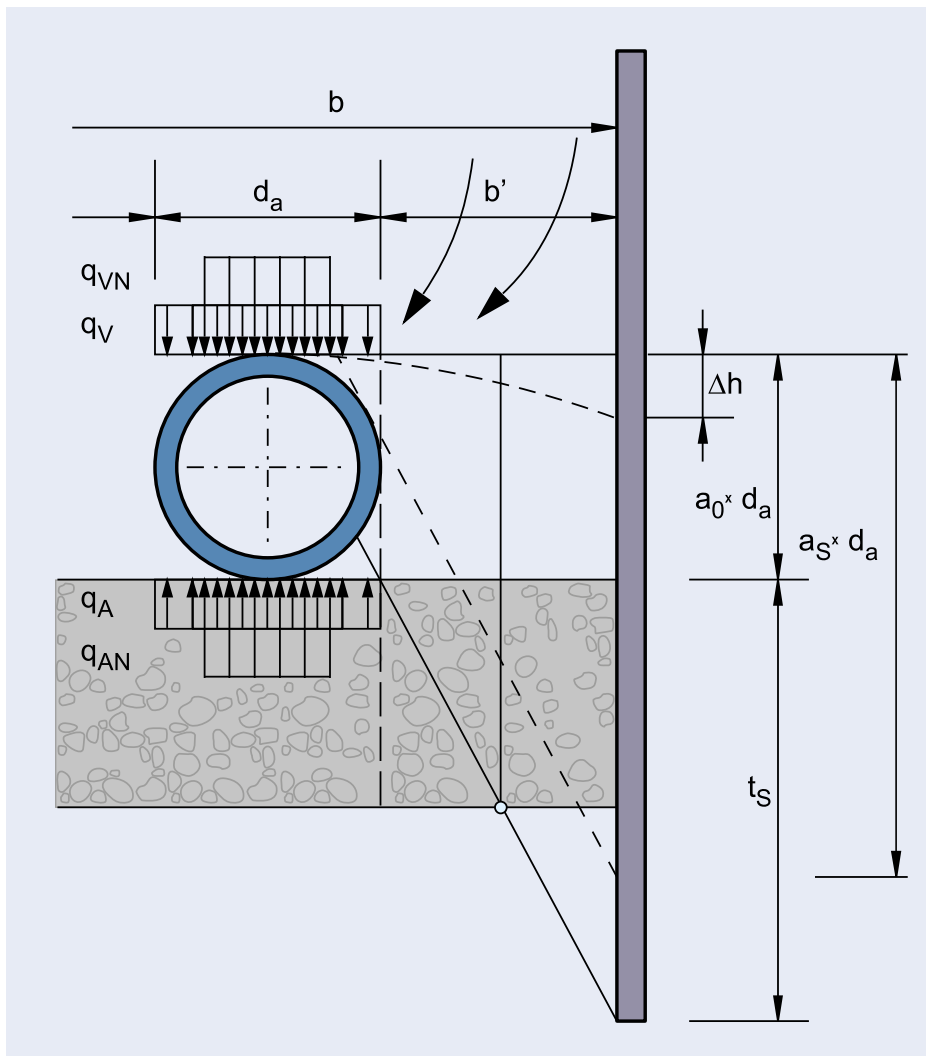


Bild 8.2: Lastumlagerung beim Spundwandverbau

In Bild 8.2 sind die Zusammenhänge ersichtlich. Je weiter die Spundwand unterhalb des Rohres einbindet (t_s) und je näher sie sich am Rohr befindet, desto größer sind die Auflockerungen und das Nachsetzen des Bodens (Δh) seitlich des Rohres. Dadurch entzieht sich der Boden in diesem Bereich der Lastabtragung und die Erdlasten oberhalb des Rohrscheitels stützen sich auf dem Rohr ab.

Nach den neuen Rechenansätzen wird die höhere Rohrbeanspruchung mittels einer Konzentration der Belastungs- und Reaktionsverteilung sowie einer erhöhten Rohrausladung erfasst.

Die neue Auflage des Arbeitsblattes ATV-DWK A-127 berücksichtigt diese Erkenntnisse, indem die Einbettungsbedingungen etwas verändert werden und auf die o.g. Berechnungsansätze in einer Fußnote verwiesen wird.

Die Einbettungsbedingungen werden wie folgt definiert:

- B1 Lagenweise gegen den gewachsenen Boden bzw. lagenweise in der Dammschüttung verdichtete Einbettung (ohne Nachweis des Verdichtungsgrades), gilt auch für Trägerbohlwände (Berliner Verbau).
- B2 Senkrechter Verbau innerhalb der Leitungszone mit Kanaldielen, die bis zur Grabensohle reichen und erst nach dem Verfüllen gezogen werden. Verbauplatten und -geräte, unter der Voraussetzung, dass die Verdichtung des Bodens nach dem Ziehen des Verbaus erfolgt.
- B3 Senkrechter Verbau innerhalb der Leitungszone mit Spundwänden oder Leichtspundwänden und Verdichtung gegen den Verbau, der bis unter die Grabensohle reicht.
- B4 Lagenweise gegen den gewachsenen Boden bzw. lagenweise in der Dammschüttung verdichtete Einbettung mit Nachweis des nach ZTVE-StB erforderlichen Verdichtungsgrades. Die Einbettungsbedingung B4 ist nicht anwendbar bei Böden der Gruppe G4.

Es wird darauf hingewiesen, dass die Auswirkung eines Verbaus, der erst nach dem Verfüllen und Verdichten der Leitungszone gezogen wird, durch kein gesichertes Rechenmodell erfassbar ist.

8.5.2 Verkehrslasten

Mögliche Verkehrslasten sind:

- Straßenverkehrslasten (SLW 60, SLW 30, LKW 12),
- Eisenbahnlasten (UIC 71),
- Flugbetriebslasten (BFZ 90 bis BFZ 750).

Infolge der Lastausbreitung im Boden ist ihre belastende Wirkung abhängig von der Tiefenlage der Rohre. Die daraus resultierende Rohrbelastung ist den Diagrammen D2 bis D4 des Arbeitsblattes ATV-DVWK A-127 zu entnehmen. Die zusätzliche, lasterhöhende dynamische Wirkung ist durch Stoßbeiwerte zu berücksichtigen (s. Arbeitsblatt ATV-DVWK A-127).

Unter Verkehrslasten sind die folgenden Mindestüberdeckungshöhen einzuhalten, um die notwendige Lastverteilung sicherzustellen:

- Unter Straßen $h = 0,5 \text{ m}$,
- Unter Flugbetriebsflächen $h = 1,0 \text{ m}$,
- Unter Eisenbahnen (nach DS 804),
Für $d_a \geq 1,00 \text{ m}$ muss $h = 1,50 \text{ m}$ bzw. $= \text{DN}$ sein,
Für $d_a < 1,00 \text{ m}$ soll $h = 1,50 \text{ m}$ sein und muss die Überdeckung Rohrscheitel bis Unterkante Schotter (Planum) $\geq 2,0 d_a$, jedoch $\geq 0,5 \text{ m}$ sein.

Bei Unterschreitung dieser Mindestwerte sind besondere Überlegungen zur Berechnung anzustellen und gegebenenfalls entsprechende Maßnahmen mit dem Auftraggeber abzustimmen.

Für Rohre, die überwiegend einer Verkehrsbelastung unterliegen, ist in der Regel ein Dauererschwingnachweis bzw. Ermüdungsnachweis zu führen.

8.5.3 Flächen- und Bauwerkslasten

Zu diesen Lasten zählen u.a. Schütt- und Stapelgüter sowie Fundamentlasten, die dauernd oder vorübergehend einwirken. Für begrenzte Flächenlasten wird die Druckausbreitung mit 2:1 bzw. 1:1 eingesetzt.

Großflächige verdichtete oder unverdichtete Aufschüttungen werden wie Erdüberdeckungen behandelt.

8.5.4 Innere Lasten

Folgende zusätzliche Belastungen wirken u.a. auf das Rohr ein:

- Eigengewicht,
- Wasserfüllung,
- Innerer Wasserüberdruck,
- Temperatur.

Die Auswirkung einer Wasserfüllung und eines Wasserüberdruckes ist abhängig von der Geometrie der Rohrinne. Während bei einem kreisförmigen Rohr fast nur tangentialer Rohrspannungen entstehen, können bei davon abweichenden Querschnittsformen – z. B. Eiprofil, Maulprofil, Rechteckprofil – maßgebliche Momentenbeanspruchungen entstehen.

8.6 Lastaufteilung und Lastkonzentration

8.6.1 Allgemeines

Aus der Statik ist allgemein bekannt, dass Steifigkeit Lasten anzieht. Diese Lastkonzentration auf das Rohr wird in Arbeitsblatt ATV-DVWK A-127 durch Lastkonzentrationsfaktoren λ_R und λ_B für den Bereich über und seitlich des Rohres berücksichtigt. Die Höhe der Lastkonzentration ergibt sich aus dem Steifigkeitsverhältnis von Rohr und Boden.

Bei einer möglichst steifen Einbettung des Rohres wird ein größerer Teil der vertikalen Erdlast von der Bodenzone neben dem Rohr mitgetragen, als bei einer weichen Einbettung. Eine gute Verdichtung in diesem Bereich kann daher zu einer erheblichen Lastminderung führen, während umgekehrt eine schlechte Einbettung die Lastkonzentration auf das Rohr verstärkt.

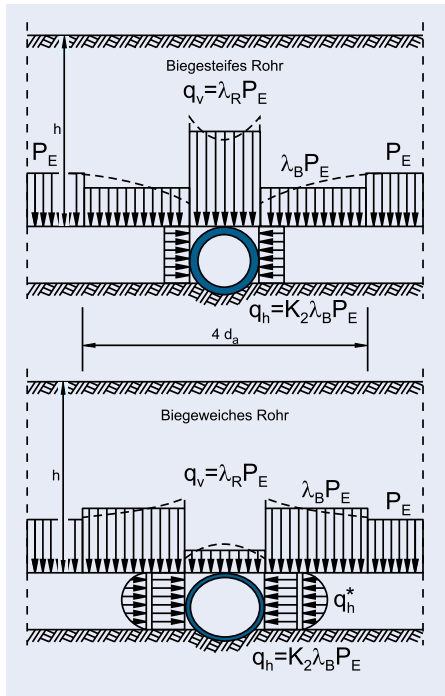


Bild 8.3: Umlagerung der Bodenspannungen

8.6.2 Bodenverformungsmodul

Um das Rohr sind vier Bereiche – E1 bis E4 – mit unterschiedlichen Verformungsmoduln definiert (Bild 8.4):

- E1 Überschüttung über dem Rohrscheitel,
- E2 Leitungszone seitlich des Rohres,
- E3 Anstehender Boden neben dem Graben bzw. eingebauter Boden neben der Leitungszone,
- E4 Boden unter dem Rohr (Baugrund).

Während sich beim biegesteifen Rohr eine vertikale Lastkonzentration über dem Rohr ergibt, entzieht sich ein biegeweiches Rohr dieser Lastabtragung. Dessen Tragfähigkeit ist aber entscheidend abhängig von einer guten Seitenabstützung, die die Verformung des Rohres begrenzen muss.

Das Verhältnis der Lastkonzentration λ_R und λ_B ist auch abhängig von der relativen Grabenbreite. Bei einer Grabenbreite $> 4 d_a$ bleiben die Lastkonzentrationsfaktoren unbeeinflusst von der Art des Grabenverbaus.

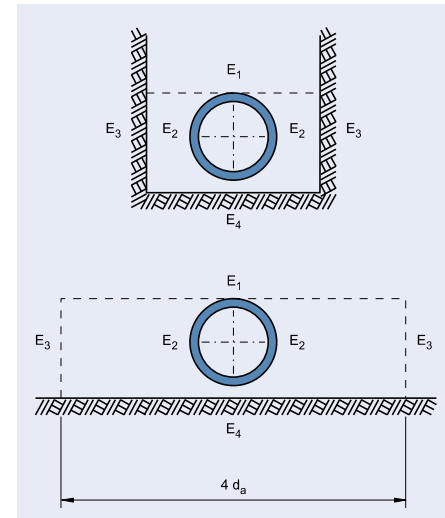


Bild 8.4: Bereiche der Verformungsmoduln

Diese Verformungsmoduln werden im Wesentlichen durch folgende Faktoren beeinflusst:

- Bodenart,
- Verdichtungsgrad,
- Überschüttungsbedingungen A1 bis A4,
- Einbettungsbedingungen B1 bis B4.

(Überschüttungs- und Einbettungsbedingungen s. Abschnitt 8.5.1)

Der Verformungsmodul E2 ist zusätzlich abhängig vom Grundwassereinfluss und der Verdichtungsqualität im engen Rohrgraben.

Sofern für den Bettungsbereich keine Messwerte vorliegen, ist $E4 = 10 \times E1$ anzusetzen. Bei sehr hartem bzw. felsigem Untergrund erhöht sich der Verformungsmodul E4 drastisch, was zu einer größeren Lastkonzentration auf das Rohr führt.

8.6.3 Relative Ausladung

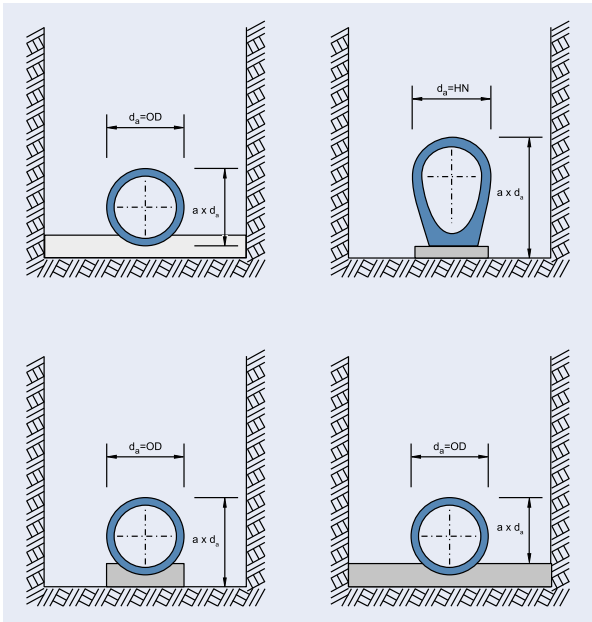


Bild 8.5: Relative Ausladung

Folgende Fälle sind zu unterscheiden:

- Bei einer Sand-Kies-Bettung entspricht die Ausladungshöhe dem vertikalen Rohraußendurchmesser,
- Bei einer abgeschalteten Betonbettung reicht die Ausladungshöhe vom Rohrscheitel bis Unterkante Betonbettung,
- Bei einer durchgehenden Betonbettung bis zur Grabenwand reicht die Ausladungshöhe vom Rohrscheitel bis Oberkante Betonaufleger.

Je größer die Ausladung ist, desto größer ist die Lastkonzentration auf dem Rohr.

Ein Bodenaustausch unterhalb der Rohrbettung erhöht in der Regel ebenfalls die Steifigkeit im Bereich des Rohrgrabens und führt zu einer höheren Lastkonzentration, was rechnerisch durch eine höhere relative Ausladung berücksichtigt werden kann.

Die Verformungs- und Setzungsunterschiede zwischen Rohr und Boden bedingen entsprechende Lastumlagerungen auf das Rohr. Das Maß der Setzungsunterschiede ist abhängig von der Ausladungshöhe.

Die relative Ausladung ist definiert als Verhältnis der Ausladungshöhe ($a \times d_a$) zum horizontalen Rohraußendurchmesser (Bild 8.5).

8.6.4 Gesamtbelastung des Rohres

Unter Berücksichtigung der o.g. Einflüsse setzt sich die Gesamtbelastung des Rohres zusammen aus der vertikalen Auflast q_v und dem seitlichen Erddruck q_h . Hierbei sind q_v und q_h rechteckförmig verteilt anzusetzen (Bild 8.3).

8.6.5 Bettungsreaktion - Lagerungsfälle

Die vertikale Lastübertragung vom Rohr zum Baugrund ist abhängig von der Art der Bettung.

Folgende Lagerungsfälle werden unterschieden:

Lagerungsfall I: Bettung im Boden bzw. Sand-Kies- oder Splitt-Bettung – vertikal gerichtete und rechteckförmig verteilte Reaktionen

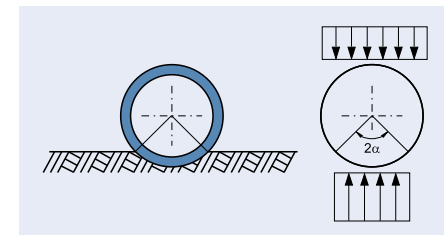


Bild 8.6: Lagerungsfall I

Lagerungsfall II: Feste Bettung, z. B. auf Beton – radial gerichtete und rechteckförmig verteilte Reaktionen

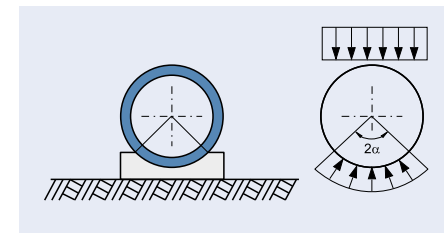


Bild 8.7: Lagerungsfall II

Der in Arbeitsblatt ATV-DVWK A-127 ebenfalls aufgeführte Lagerungsfall III gilt nur für biegegewiche Rohre.

8.7 Schnittkräfte und Spannungen

Die Schnittkräfte, Momente und Normalkräfte werden üblicherweise nur in Ringrichtung berechnet. In Längsrichtung wird eine gleichförmige Bettung des Rohres vorausgesetzt, so dass keine Längsbeanspruchung entsteht.

Die wichtigsten Lastfälle sind:

- Erdlast vertikal und horizontal,
- Verkehrslasten,
- Flächenlasten,
- Rohreigengewicht,
- Wasserfüllung,
- Wasserinnen- und -außendruck.

Längsbiegung auf Grund besonderer Einbauverfahren, Temperaturdifferenzen - z. B. bei Warmwasser- oder Kühlwasserleitungen - und Auftrieb sind gegebenenfalls zusätzlich zu berücksichtigen.

Die Ermittlungen der Schnittkräfte und Spannungen erfolgt nach den Gleichungen in Arbeitsblatt ATV-DWK A-127.

8.8 Bemessung

8.8.1 Bemessung durch Nachweis der zulässigen Spannung

Bei **Betonrohren** wird der Nachweis durch Vergleich der bestehenden mit den zulässigen Spannungen geführt. Dabei ist ein Sicherheitsbeiwert von 2,2 (bisher als globaler Sicherheitsbeiwert, jetzt als Teilsicherheitsbeiwert von in der Regel 1,35 für die Einwirkungen und von 1,6 beim Tragwiderstand) gegenüber der im Versuch nachzuweisenden Rohrvergleichsspannung von 6,0 N/mm² einzuhalten.

Bei **Stahlbetonrohren** wird gemäß DIN 1045-1 (neu: DIN EN 1992-1-1/NA) und DIN V 1201 ein Bruchsicherheitsnachweis und ein Gebrauchsspannungsnachweis geführt. Beim Bruchsicherheitsnachweis werden alle Zugkräfte von der Bewehrung übernommen, der Sicherheitsbeiwert beträgt 1,75 (bisher als globaler Sicherheitsbeiwert – jetzt als Teilsicher-

heitsbeiwert von 1,35 für die Einwirkungen und 1,15 für den Betonstahl). Beim Gebrauchsspannungsnachweis wird die Rohrvergleichsspannung (Betonzugspannung) auf 6,0 N/mm² begrenzt. Die Lasten werden dabei ohne eine Erhöhung durch einen Teilsicherheitsbeiwert angesetzt. Dieser Nachweis dient auch zur Rissbreitenbegrenzung, für den insbesondere bei größeren Rohren hilfsweise auch die Tabellen 20 und 21 aus DIN 1045-1 herangezogen werden können.

8.8.2 Bemessung mit Lastklassen

Für Rohre mit definierter Scheiteldrucklast bzw. Lastklasse kann die vorhandene Sicherheit vereinfacht mit einer Einbauziffer nach Arbeitsblatt ATV-DWK A-127 berechnet werden. Aus den in Abschnitt 8.2 genannten Gründen sollte dies aber höchstens für unbewehrte Rohre in Anspruch genommen werden.

Für nicht bewehrte Rohre können die genormten Scheiteldruckkräfte bzw. Lastklassen direkt für den Standsicherheitsnachweis verwendet werden. Der Zusammenhang zwischen Lastklasse und Scheiteldruckkraft ist durch folgende Beziehung gegeben:

$$F_N = LKL \times DN / 1000$$

F_N	Mindestschieiteldruckkraft
LKL	Lastklasse.

Eine Ausnahme ist dann gegeben, wenn durch Planung bereits Beton- oder Stahlbetonrohre in Form einer Lastklasse definiert wurden. In diesem Fall kann diese Lastklasse auch rechnerisch gemäß DIN V 1201 nachgewiesen werden.

8.9 Statische Berechnungen von Entwässerungsleitungen in Deponien

Für die speziellen Einbaubedingungen in Deponien sind die erforderlichen Rechenanweisungen in Merkblatt ATV-M 127-1, Ausgabe März 1996 enthalten.

Das abgedruckte Angabenblatt zur Statischen Berechnung erhalten Sie kostenlos unter www.fbs-beton.de/infocenter

Angaben zur Rohrstatistik (offene Bauweise)

Bauvorhaben: Bauherr:
 Planer: Ausführende Firma:
 Bauleiter: Angaben durch:

Rohrdaten	Rohrform (Kreis, Ei, Maulquerschnitt)	1				
	Stahlbeton DIN V 1201, DIN EN 1916, DN	2				
	Beton DIN V 1201, DIN EN 1916, DN	3				
	Regelbaulänge	4				
Sonderausführung	Auskleidung, Sohlshalen, u. a.	5				
Überdeckung über Rohr	min. m	6				
	max. m	7				
Verkehrslast	LM1 ($\alpha_0 = 0,8$ oder $\alpha_0 = \dots$)	8				
	LM1 (50%)	9				
	LM71 (ein- oder mehrgleisig)	10				
	sonstige (z.B. Flugzeug BFZ)	11				
	Keine	12				
anstehender Boden (oder nach A-161)	G1 nichtbindig	13				
	G2 schwachbindig	14				
	G3 bindiger Mischboden, Schluff	15				
	G4 bindiger Boden	16				
Verfüllmaterial Leitungszone	G1 nichtbindig	17				
	G2 schwachbindig	18				
	G3 bindiger Mischboden, Schluff	19				
	G4 bindiger Boden	20				
Verfüllmaterial Hauptverfüllung (Überschüttung)	G1 nichtbindig	21				
	G2 schwachbindig	22				
	G3 bindiger Mischboden, Schluff	23				
	G4 bindiger Boden	24				
Baugrund	wie anstehender Boden	25				
	felsig oder sehr hart	26				
	nicht tragfähiger Boden	27				
Boden-Aust. u. Rohr	max. m	28				
Überdruck im Rohr	 bar/bzw. m Wassersäule	29				
GW zur Rohrsäule	min/max. m	30				
Bettungswinkel	Sand-Kies bzw. gewachsener Boden	31				
	Beton, abgeschalt	32				
	Beton über gesamte Grabenbreite	33				
Betonummantelung	Teil-/Vollummantelung	34				
Dammlage		35				
Grabenbedingung	Einfachgraben	36				
	Mehrfachgraben (lt. Skizze)	37				
	Stufengraben (lt. Skizze)	38				
Grabenbreite	 m (min. nach DIN EN 1610)	39				
Verbau	ohne; Böschungswinkel =°	40				
	Verbauplatten etc.	41				
	Kanalwänden/Leichtspundwand < 80 mm	42				
	Spundwand	43				
	Einbindung unter Rohrsohle m	44				
Rückbau des Verbaus	Schrittweise beim Verfüllen	45				
	Schrittweise nur in der Leitungszone	46				
	nach dem Verfüllen in einem Zug	47				
Verfüllung	lagenweise verdichtet	48				
	lagenweise verdichtet, Nachweis der Proctordichte (in Leitungszone)	49				
	eingespült (nicht zulässig)	50				
	unverdichtet (nicht in der Leitungszone)	51				

Datum: Unterschrift:

Kapitel 9

Statische Berechnung von Vortriebsrohren

Die Natur ist ein fragiles System. Die größten Belastungen für die Natur entstehen durch urbane Gebiete. Helfen Sie mit, die Natur so gering wie möglich zu belasten. Rohre und Schächte aus Beton und Stahlbeton sind das Fundament, auf das Sie bauen können.



9.1 Vorbemerkung

Mit Erscheinen des Arbeitsblattes DWA-A 161 in seiner aktuellen Fassung ergeben sich deutliche Änderungen bei der statischen Berechnung von Vortriebsrohren.

Für Vortriebsrohre aus Beton und Stahlbeton – nur die sollen hier betrachtet werden – gilt nach wie vor DIN EN 1916, DIN V 1201 und DIN V 1202 (teils eingeschränkt wegen Änderungen in der übergeordneten europäischen Normung wie z. B. DIN EN 1992-1-1) und neuere Vorgaben aus Arbeitsblatt DWA-A 161 sowie fallbezogene Vorschriften wie z. B. RIL 836.

Die wichtigsten Änderungen und Ergänzungen betreffen:

- Einführung von Teilsicherheitsbeiwerten,
- Teils etwas geänderte und detailliertere Angaben zur Bestimmung des gewachsenen Bodens,
- Berücksichtigung der Verkehrslasten nach DIN EN 1991-2 mit NA (Nationaler Anhang),
- Unterschiedliche m-/n-Beiwerte während und nach Beendigung des Vortriebes bei Lockerboden,
- Erweiterung des Anwendungsbereiches auch für den Vortrieb im Fels und im Übergangsbereich Fels/Lockerboden,
- Hinweis auf zusätzliche Nachweise bei Verwendung von fluidgefüllten Druckübertragungsringen,
- Bei der Ermittlung der zulässigen Vortriebskräfte werden zusätzlich berücksichtigt:
 - Steuerbewegungen,
 - Werkstoffverhalten von Druckübertragungsringen in Abhängigkeit der Belastungsschichte,
 - Geometrie der Druckübertragungsringe,
 - Rohrtoleranzen,
- Vortriebskräfte können auch für planmäßige Kurvenfahrten ermittelt werden,
- Beim Nachweis für Mindestschnittgrößen (zur Berücksichtigung der Zwängungskräfte) können sich für Kurvenfahrten erhöhte Werte ergeben.

Im Folgenden soll nur auf die wichtigsten Punkte für die Berechnung von Vortriebsrohren eingegangen werden. Die genaue Berechnung selbst muss Ingenieuren vorbehalten bleiben, die zu dieser Bauweise entsprechende Erfahrung besitzen (Geotechnische Kategorie GK3 der DIN 4020).

9.2 Anwendungsbereich

Das im Arbeitsblatt DWA-A 161 empfohlene Berechnungsverfahren gilt nur für Rohre mit biegesteifem Verhalten – z. B. für FBS-Beton- und FBS-Stahlbetonrohre – und für biege- weiche Rohre (z. B. Stahlrohre), die gemäß Arbeitsblatt DWA-A 125 eingebaut werden. Alle Bemessungsansätze gelten für den Rohrvortrieb mit gerader oder gekrümmter Trassenführung in bindigen und nichtbindigen Lockerböden. Auch für Vortriebe vollständig und teilweise im Festgestein werden Vorschläge zur Bemessung gemacht. Hierbei sind immer besondere ingenieurmäßige Überlegungen anzustellen.

Für den Rohrvortrieb unter Bahnanlagen oder unter Wasserstraßen sind besondere Bedingungen und Auflagen zu beachten.

9.3 Konstruktive Besonderheiten unter Bahnanlagen

Unter Bahnanlagen ist ein Ermüdungsnachweis für 10^8 Lastwechsel statt der sonst üblichen 2×10^6 Lastwechsel zu führen (bis zu einer Überdeckung von 5,50 m ab Schwellenoberkante). Eine Verringerung des Teilsicherheitsbeiwertes bei der Bemessung in Rohrlängsrichtung wegen Begrenzung des Pressendruckes und einem kontinuierlich messenden Überwachungssystem ist unter Bahnanlagen nicht zulässig. Die weitergehende, konstruktive Ausbildung der Vortriebsrohre unter Bahnanlagen ist ergänzend in der Technischen Mitteilung der EBA TM 4-2014-10525 I.NVT 4 geregelt (u.a. Anordnung der Abstandhalter, zweilagige Bewehrung, Mindeststabdurchmesser 7 mm für Längsstab).

9.4 Einführung von Teilsicherheitsbeiwerten

Das Arbeitsblatt wurde wie bei den EN-Normen auf das semi-probabilistische Sicherheitskonzept mit Teilsicherheitsbeiwerten umgestellt. So ist auf der Widerstandsseite bei Beton ein Teilsicherheitsbeiwert von 1,50 und bei Betonstahl von 1,15 zu beachten.

Auf der Einwirkungsseite wurde der Sicherheitsbeiwert für Verkehrslasten und ständige Lasten vereinfacht mit 1,35 festgelegt.

Bei Druckleitungen mit einem Betriebsdruck über 0,5 bar ist für den Innendruck ein Teilsicherheitsbeiwert von 1,50 anzusetzen.

Für die Belastungen in Rohrlängsrichtung gilt für die vorübergehende Bemessungssituation der Beiwert 1,30, der bei kontrolliertem Einbau auf 1,15 reduziert werden kann.

9.5 Lastermittlung

9.5.1 Erdlasten

Sofern keine genauen Angaben im Einzelfall vorliegen, gelten für die Berechnung der Erdlasten die Bodenkennwerte der Tabelle 9.1.

Tabelle 9.1: Bodengruppen

Boden-Gruppe	Wichte		Winkel der inneren Reibung	Grundwert des Verformungsmoduls (gewachsene Böden)	Spannungs-exponent
	feucht	unter Auftrieb			
	γ_B kN/m³	γ_B' kN/m³	φ' Grad	E_0 (N/mm²)	z –
1	20	11	32,5	50	0,4
2	20	11	30	30	0,5
3	20	10	25	20	0,6
4	20	10	15	15	0,7

Die anstehenden Böden können zusätzlich noch durch ihre Lagerungsdichte (sehr locker bis sehr dicht bzw. flüssig bis halbfest bis fest) unterschieden werden. Diese haben bei hoher Überdeckung einen sehr großen Einfluss auf die Silowirkung, d. h. wieviel Auflast noch beim Rohr ankommt.

Auf den Verformungsmodul und die seitliche Stützwirkung hat auch die Wahl des Vortriebsverfahrens über den Faktor f_2 einen Einfluss (z. B. Vollschnittmaschine mit Erdbreistützung an der Ortsbrust und kontinuierliche Ringspaltstützung mit Dokumentation bis zu einem vergleichsweise hohen Überschnitt ohne gesicherte Ringspaltstützung).

Grundsätzlich ist zu beachten, dass eine Berechnung ohne Ansatz des Grundwassers über dem Rohrscheitel bei biegesteifen Rohren auf der sicheren Seite liegt.

9.5.2 Vortrieb im Festgestein

Neu im Arbeitsblatt DWA-A 161 sind Hinweise zur möglichen Berechnung der Belastung des Rohres bei einem Vortrieb im Festgestein (Bild 9.1) bzw. im Übergang von Festgestein zu Lockerboden (Bild 9.2). Grundsätzlich sind in diesen Fällen in Abstimmung mit dem geologischen Sachverständigen ingenieurmäßige Überlegungen anzustellen.

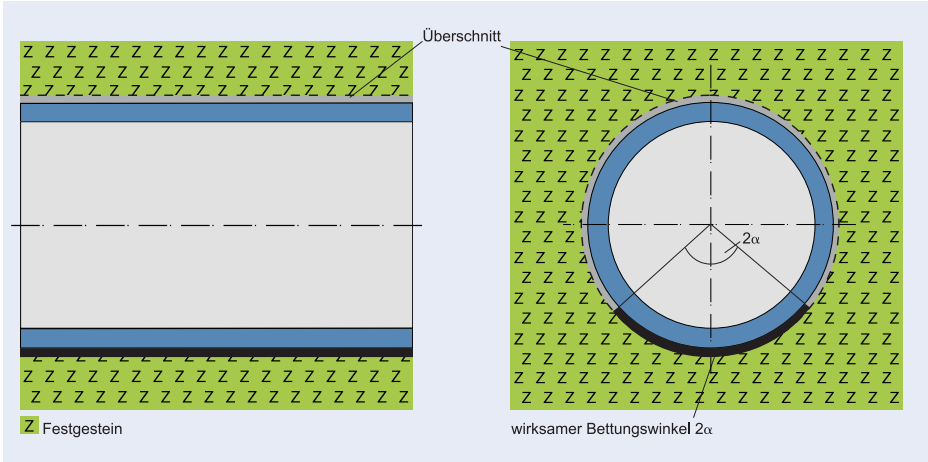


Bild 9.1: Vortrieb vollständig im Festgestein

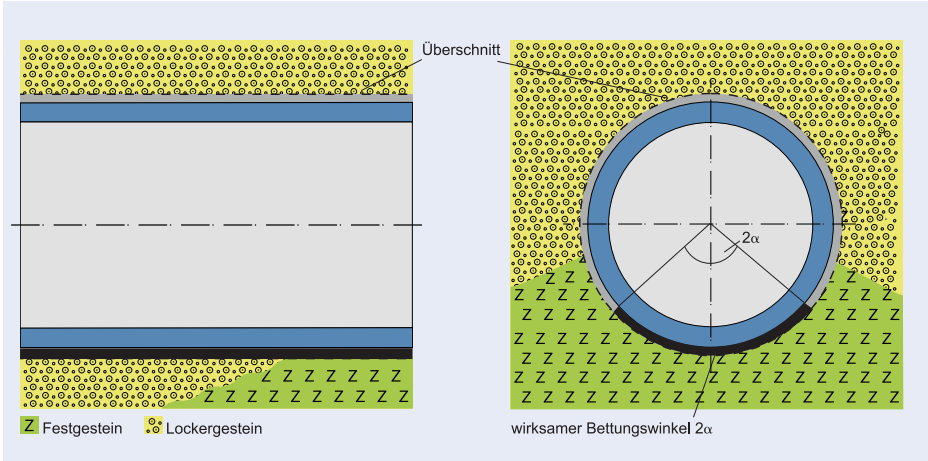


Bild 9.2: Vortrieb mit Bettung im Übergang von Festgestein zu Lockergestein

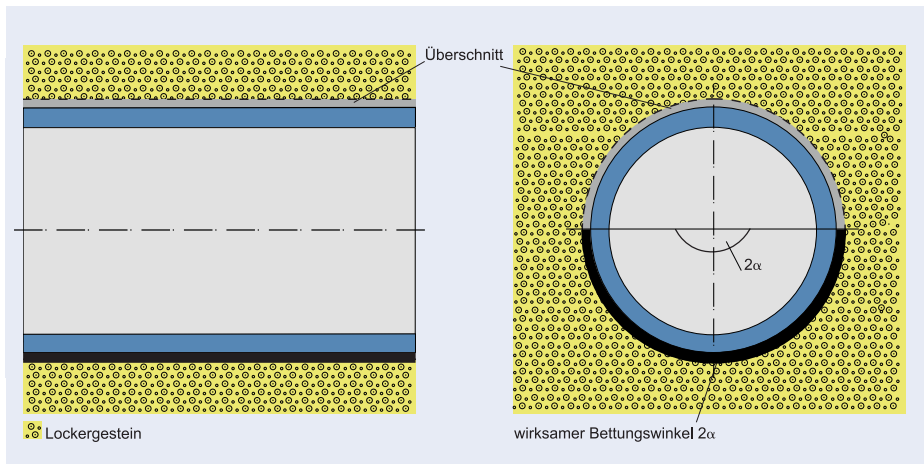


Bild 9.3: Vortrieb mit Bettung im Lockergestein

Eine Bettung im Fels bedeutet in der Regel einen verringerten, wirksamen Bettungswinkel und damit eine höhere Rohrbelastung. Entsprechende Momenten- und Normalkraftbeiwerte werden in Arbeitsblatt DWA-A 161 in Abhängigkeit vom erreichbaren Bettungswinkel vorgeschlagen.

Liegt das Rohr im Festgestein, gelten auch andere Einflussfaktoren für die Wahl des Vortriebes mit $f_{2,F}$ statt f_2 .

Ab einer Rohrüberdeckung von mind. dem zweifachen Rohraußendurchmesser im gewachsenen Fels kann die wirksame Überdeckungshöhe gegebenenfalls reduziert werden.

9.5.3 Verkehrslasten und weitere Lasten

Die Straßenverkehrslasten orientieren sich an dem Lastmodell LM1 aus DIN EN 1991-2 mit einem Tandemsystem. Die in Arbeitsblatt DWA-A 161 angegebenen Werte gelten für den Lastanpassungsfaktor $\alpha_Q = 0,8$, was einem Tandemsystem von 4 Radlasten von je 120 kN und auf der Nebenspur einem identischen Fahrzeug mit Radlasten von 80 kN entspricht. In diesen Radlasten ist ein Stoßbeiwert bereits enthalten. Dieser wird zu 1,2 angenommen. Für den Ermüdungsnachweis gilt das leichtere Ermüdungsmodell 3 (FLM3).

Mit $\alpha_Q = 0,8$ für LM1 werden die gleichen Radlasten wie bei SLW 60 aber bei geringerem Abstand erreicht. Da LM1 als Ersatzlast für Brücken gilt, was nicht direkt mit der Belastung über Rohren zu vergleichen ist, erscheint $\alpha_Q = 0,8$ durchaus als ausreichend. Wird ein α_Q von 1,0 gefordert, sind die Lasten mit dem Faktor 1,25 zu erhöhen. Für untergeordnete Straßen und Grünflächen wird der Ansatz von $0,5 \times LM1$ empfohlen.

Für Bahnlasten gelten die neuen, erhöhten Werte aus RIL 836 mit dem ebenfalls erhöhten Stoßbeiwert in Abhängigkeit von der Überdeckung, ab $h \leq 1,5$ m ist $red\phi_2 = 1,67$.

Flugbetriebslasten können aus Arbeitsblatt DWA-A 161 entnommen werden.

Bei Verkehrsbelastung darf ebenso die horizontale Stützwirkung aus der Verkehrslast in reduzierter Form angesetzt werden, indem die enthaltenen Stoß-(Schwing-)beiwerte von 1,2 (Straße) und 1,5 (Flugbetrieb) herausgerechnet bzw. auf $red\phi_{2,H,dyn} = 0,5 (red\phi_2 + 1)$ (Bahn) reduziert werden. Bei Straßenverkehrslasten wird zur Stützung – allerdings weit auf der sicheren Seite liegend – nur die Last eines Rades angesetzt.

Begrenzte Flächenlasten sind im Gegensatz zur großflächigen Auflasten wie eine Verkehrslast zu berücksichtigen.

Ein Wasserinnendruck durch Vollenfüllung oder infolge Überdruck ist zu berücksichtigen, während ein Wasseraußendruck bei biegesteifen Rohren günstig wirkt und in der Regel nicht als gesichert angesetzt werden kann.

9.6 Bemessung quer zur Rohrachse

Für die Bemessung quer zur Rohrachse sind lastunabhängige und lastabhängige Nachweise zu führen.

Lastunabhängig sind:

- Mindestwanddicke und Mindestbewehrung gemäß DIN V 1201,
- Bemessung für Mindestschnittgrößen.

Während des Rohrvortriebes können in den Rohren und Rohrverbindungen sogenannte

„Zwängungskräfte“ – auch als Führungskräfte bezeichnet – auftreten. Ursachen solcher Zwängungskräfte sind z. B. ungleichmäßige oder punktuelle Reibungskräfte, unvorhergesehene Hindernisse im Boden, Querverschiebungen oder ungewollte Steuerbewegungen. Da ihre Auswirkungen nur schwer abschätzbar sind, werden sie durch die Mindestbemessung erfasst. Die Mindestschnittgrößen erhöhen sich demgemäß auch bei einem Fugenklaffungsmaß von $z_k/d_{a,min} < 0,5$ z. B. durch engere Kurvenradien. Eine Erhöhung der Mindestschnittkräfte wird auch bei einer erhöhten Betongüte über C 40/50 empfohlen, weil dadurch höhere Vortriebskräfte möglich sind.

Die lastabhängigen Nachweise sind:

- Bemessung für den Bauzustand,
- Bemessung für den Betriebszustand,
- Gegebenenfalls bei entsprechender Belastung ein Ermüdungsnachweis.

Bei der Bemessung von Bau- und Betriebszustand erfolgt auch ein Nachweis der Rohrvergleichsspannung im Gebrauchszustand, womit die Anforderung der Rissbreitenbegrenzung erfüllt wird.

9.7 Bemessung längs zur Rohrachse

Vortriebsrohre werden in Richtung ihrer Achse durch die von der Haupt- und den Zwischenpressstationen zur Überwindung des Vortriebswiderstandes – z. B. aus Spitzenwiderstand und Mantelreibung – ausgeübten Vortriebskräfte belastet.

Hierbei wird die Spannungsverteilung in der Rohrfuge nicht mehr linear sondern quadratisch angesetzt.

Wie in Abschnitt 9.1 bereits erwähnt, gehen u.a. Geometrie und Werkstoffeigenschaften des Druckübertragungsrings und die Belastungsgeschichte (z. B. Durchfahrt einer zweiten Kurve) in die Berechnung mit ein. Zusätzlich werden auch Steuerbewegungen berücksichtigt, die sich an Erfahrungswerten anlehnen.

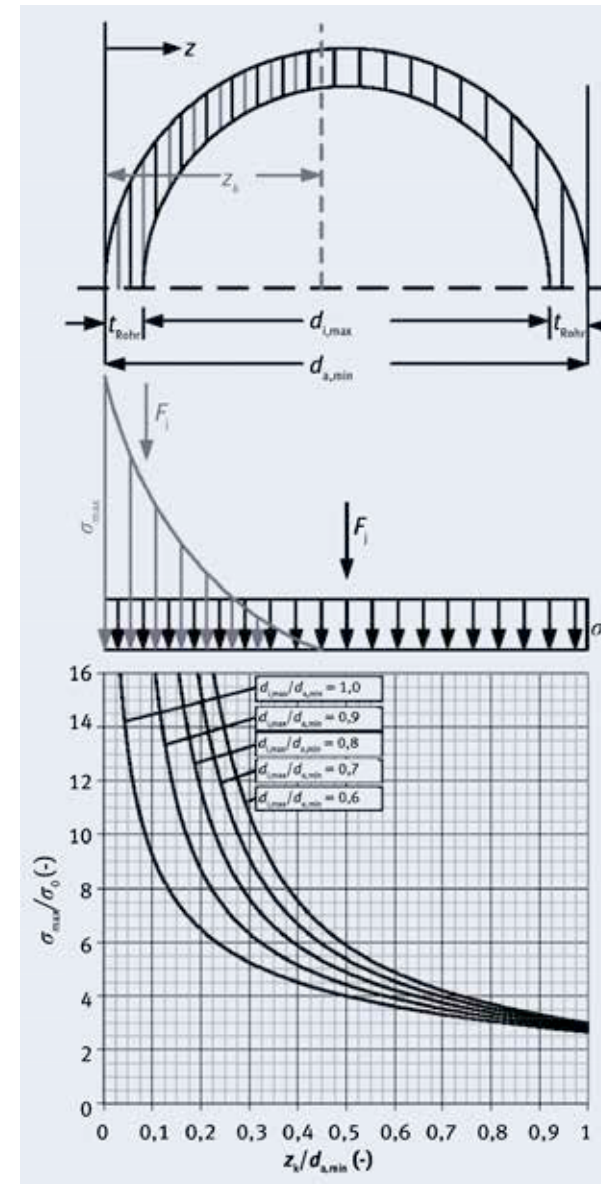


Bild 9.4: Spannungsverhältnis $\sigma_{\max}/\sigma_0$ in Abhängigkeit vom Fugenklaffungsmaß $z_k/d_{a,min}$ bei Druckübertragungsrings aus Holz oder Holzwerkstoffen (Arbeitsblatt DWA-A 161, Fugenklaffungsmaß)

9.8 Allgemeine Konstruktionsregeln für Vortriebsrohre

Bei Stahlbetonrohren sind zusätzlich folgende konstruktive Maßnahmen zu beachten:

- Bei Wanddicken > 120 mm: Einbau einer doppelagigen Bewehrung (immer zu empfehlen), Mindestabstand der Bewehrungslagen 40 mm,
- Maximaler Längsstababstand ist 333 mm, bei Kurvenradien < 1000 x DN (planmäßig oder durch Steuerbewegungen) beträgt dieser 250 mm,
- Verstärkung der Wendelbewehrung an den Rohrenden durch einen verringerten Achsabstand von 50 mm auf eine Länge von mindestens 400 mm, **eine Verbügelung der Rohrenden ist dann nicht erforderlich**,
- Betondeckung der Bewehrung möglichst nicht größer als in DIN V 1201, Tabelle 11 in Abhängigkeit von den Umgebungsbedingungen (siehe Abschnitt 9.4). DIN EN 1916 ist zu beachten.

Oftmals wird die Betongüte bei Vortriebsrohren über die Mindestbetongüte von C 40/50 hinaus erhöht, wodurch u.a. höhere Vortriebskräfte möglich werden.

FBS-Beton- und FBS-Stahlbetonrohre sind für den Einsatz beim Rohrvortrieb besonders geeignet und haben sich seit Jahrzehnten bewährt. Durch die individuelle Bemessung können sie allen Herausforderungen angepasst werden und tragen durch hohe Qualitätsanforderungen zu einer langlebigen Erhaltung der unterirdischen Infrastruktur bei.

Das abgedruckte Angabenblatt zur Statischen Berechnung erhalten Sie kostenlos unter www.fbs-beton.de/infocenter

Mindestangaben für die statische Berechnung von Vortriebsrohren

Bauvorhaben: Bauherr:
Planer: Ausführende Firma:
Bauleiter: Angaben durch:

			Variante 1	Variante 2
Rohre DN		1		
Rohrwerkstoff	Stahlbeton	2		
	Beton	3		
	Regellänge der Rohre	4		
Sonderausführung	Inliner etc.	5		
Vortriebslänge	lfd. Meter	6		
Überdeckung Rohr	min. $h_{\text{Ü}}$ (m)	7		
	max. $h_{\text{Ü}}$ (m)	8		
Verkehrslast	LM1 ($\alpha_0 = 0,8$ oder $\alpha_0 = \dots$)	9	☐	☐
	LM1 (50%)	10	☐	☐
	LM71 (ein-/mehrgleisig)	11	☐ eingeleisig ☐ mehrgleisig	☐ eingeleisig ☐ mehrgleisig
	Sonstige (z.B. Flugzeug)	12	☐ Typ:	☐ Typ:
	Keine	13	☐	☐
Boden in Rohrhöhe	G1 Nichtbindig	14		
	G2 Schwachbindig	15		
	Lagerungsdichte D	16	☐ locker ☐ mitteldicht ☐ dicht ☐ sehr dicht	☐ locker ☐ mitteldicht ☐ dicht ☐ sehr dicht
	G3 bindiger Mischboden, Schluff	17	☐	☐
	G4 bindiger Boden	18	☐	☐
	Kosistenz I_c	19	☐ breiig ☐ weich ☐ steif ☐ halb fest	☐ breiig ☐ weich ☐ steif ☐ halb fest
	Festgestein	20	☐ angewittert ☐ fest	☐ angewittert ☐ fest
	G1 Nichtbindig	21		
	G2 Schwachbindig	22		
	Lagerungsdichte D	23	☐ locker ☐ mitteldicht ☐ dicht ☐ sehr dicht	☐ locker ☐ mitteldicht ☐ dicht ☐ sehr dicht
Boden Überschüttung	G3 bindiger Mischboden, Schluff	24	☐	☐
	G4 bindiger Boden	25	☐	☐
	Kosistenz I_c	26	☐ breiig ☐ weich ☐ steif ☐ halb fest	☐ breiig ☐ weich ☐ steif ☐ halb fest
	Festgestein	27	☐ angewittert ☐ fest	☐ angewittert ☐ fest
	Mindesthöhe Festgestein (gewachsener Fels) über Rohrscheitel (m)	28		
	von Arbeitsblatt DWA-A 161/DVGW GW 312 abweichende Werte	29		
	Wichte kN/m^3	30		
	Reibungswinkel φ	31		
	Grundwasser im Bauzustand	32		
	Grundwasser im Betriebszustand	33		
Vortrieb unter Druckluft im Strang	max bar	34		
	 m Wassersäule			
Wasserüberdruck im Rohr	max bar			
	 m Wassersäule			

Bild 1.1 + 1.2:	H.-O. Lamprecht, Opus Cementitium, Beton-Verlag GmbH, 1993
Bild 2.13:	Udo Kretzschmann, 2016
Bild 2.17:	PV Betonfertigteilewerke GmbH, 2019
Bild 2.20:	HABA-Beton, 2018
Bild 2.22 + 2.24:	Finger Baustoffe GmbH, 2018
Bild 2.23:	Betonwerk Müller GmbH & Co. KG, 2018
Bild 2.25:	Matthias Borkenfeld, TUTTAHS & MEYER, 2016
Bild 2.27:	HABA-Beton, 2018
Bild 2.29:	Erich Valtwies, 2018
Bild 2.30, 2.32, 2.36, 2.37, 2.38, 2.39, 2.40, 2.42, 2.45, 2.46, 2.47, 2.54, 2.55:	HABA-Beton, 2018
Bild 2.51:	Markus Lanzerath, 2019
Bild 2.56:	Weischer GmbH, Olfen, 2018
Bild 2.57:	DW Betonrohre GmbH, Nievenheim, 1999
Bild 3.1:	Verein Deutscher Zementwerke e.V., 2018
Bild 3.3:	Liebherr Mischtechnik GmbH, 2018
Bild 3.4:	mbk Maschinenbau GmbH, 2018
Bild 3.7 + 3.9:	Hawkeye Pedershaab, 2018
Bild 3.13:	Schlüsselbauer Technology GmbH & Co. KG, 2018
Bild 3.14:	HABA-Beton, 2018
Bild 3.15:	Schlüsselbauer Technology GmbH & Co. KG, 2018
Bild 5.1 - 5.4:	BERDING BETON GmbH, 2018
Bild 5.5 - 5.7:	BETONWERK BIEREN GmbH, 2018
Bild 5.9:	JOSEF SCHNURRER GmbH & Co. KG, 2017
Bild 5.10:	HABA-Beton, 2018
Bild 5.11 + 5.12:	JOSEF SCHNURRER GmbH & Co. KG, 2018
Bild 5.13:	HABA-Beton, 2018
Bild 5.14 + 5.15:	BETONWERK BIEREN GmbH, 2018
Bild 5.16:	JOSEF SCHNURRER GmbH & Co. KG, 2018
Bild 5.17 + 5.18:	BERDING BETON GmbH, 2018
Bild 5.20, 5.22, 5.23:	Finger Baustoffe GmbH, 2018
Bild 5.21:	HABA-Beton, 2018
Bild 5.24:	Finger Baustoffe GmbH, 2018
Bild 5.25:	Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH, 2018

Bild 5.26 + 5.27:	BERDING BETON GmbH, 2018
Bild 5.28:	Ingenieurbüro Schmidt-Thrö, 2018
Bild 5.29:	HABA-Beton, 2018
Bild 5.30:	Ingenieurbüro Schmidt-Thrö, 2018
Bild 5.31:	BERDING BETON GmbH, 2018
Bild 5.34 + 5.35:	Ingenieurbüro Schmidt-Thrö, 2018
Bild 5.36:	HABA-Beton, 2018
Bild 6.25:	DIN EN 1610/DWA-A 139, 2019
Bild 6.3 + 6.4:	Probst GmbH, 2018
Bild 6.35:	Hermann Mücher GmbH & Co. KG
Bild 7.2:	BG BAU – H.ZWEI.S Werbeagentur, 2018
Bild 7.4, 7.6, 7.7:	Ingenieurbüro Schmidt-Thrö, 2018
Bild 9.4:	DWA, A-161, 2014

11.1 Normen, Richtlinien, Arbeits- und Merkblätter

DIN 488

Betonstahl, Teil 1 bis Teil 6

DIN 1045-2 (Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1)

Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 2: Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität

DIN 1045-3 (Anwendungsregeln zu DIN EN 13670)

Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 3: Bauausführung

DIN 1045-4

Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 4: Ergänzende Regeln für die Herstellung und die Konformität von Fertigteilen

DIN 1054 (Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1)

Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau

DIN 1055-2

Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 2: Bodenkenngößen

DIN 1164-10

Zement mit besonderen Eigenschaften – Zusammensetzung, Anforderungen und Übereinstimmungsnachweis von Zement mit niedrigem wirksamen Alkaligehalt

DIN V 1201

Rohre und Formstücke aus Beton, Stahlfaserbeton und Stahlbeton für Abwasserleitungen und -kanäle Typ 1 und Typ 2; Anforderungen, Prüfung und Bewertung der Konformität

DIN V 1202

Rohrleitungen und Schachtbauwerke aus Beton, Stahlfaserbeton und Stahlbeton für die Ableitung von Abwasser – Nachweis der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit, Bauausführung

DIN 1211-1

Steigeisen für zweiläufige Steigeisengänge – Teil 1: Steigeisen zum Einmauern oder Einbetonieren

DIN 1211-2

Steigeisen für zweiläufige Steigeisengänge – Teil 2: Steigeisen zum Einbau in Betonfertigteile

DIN 1211-3

Steigeisen für zweiläufige Steigeisengänge – Teil 3: Steigeisen zum An- und Durchschrauben

DIN 1212-1

Steigeisen mit Aufkantung für zweiläufige Steigeisengänge – Teil 1: Steigeisen zum Einmauern oder Einbetonieren

DIN 1212-2

Steigeisen mit Aufkantung für zweiläufige Steigeisengänge – Teil 2: Steigeisen zum Einbau in Betonfertigteilen

DIN 1212-3

Steigeisen mit Aufkantung für zweiläufige Steigeisengänge – Teil 3: Steigeisen zum An- und Durchschrauben

DIN V 1264

Steigeisen für Steigeisengänge in Schächten – Verwendung in Bauwerken für die Abwasserentsorgung

DIN 4020

Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke - Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-2

DIN 4030-1

Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase; Teil 1: Grundlagen und Grenzwerte

DIN 4034-1

Schächte aus Beton-, Stahlfaserbeton- und Stahlbetonfertigteilen – Teil 1: Anforderungen, Prüfung und Kennzeichnung für Abwasserleitungen und -kanäle in Ergänzung zu DIN EN 1917

DIN 4034-2

Schächte aus Beton-, Stahlfaserbeton- und Stahlbetonfertigteilen – Teil 2: Schächte für Brunnen- und Sickeranlagen

DIN 4060

Rohrverbindungen von Abwasserkanälen und -leitungen mit Elastomerdichtungen; Anforderungen und Prüfungen an Rohrverbindungen, die Elastomerdichtungen enthalten

DIN 4124

Baugruben und Gräben – Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten

DIN 4263

Kennzahlen von Abwasserleitungen und -kanälen für die hydraulische Berechnung im Wasserwesen

DIN V 18004

Anwendung von Bauprodukten in Bauwerken – Prüfverfahren für Gesteinskörnungen nach DIN V 20000-103 und DIN V 104

DIN 18196

Erd- und Grundbau – Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke

DIN 18306

VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Entwässerungskanalarbeiten

DIN 19555

Steigeisen für einläufige Steigeisengänge - Steigeisen zum Einbau in Beton

DIN EN 197-1

Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Normalzement, Teil 1

DIN EN 206-1

Beton – Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität

DIN EN 476

Allgemeine Anforderungen an Bauteile für Abwasserkanäle und -leitungen für Schwerkraft-entwässerungssysteme

DIN EN 640

Stahlbetondruckrohre und Betondruckrohre mit verteilter Bewehrung (ohne Blechmantel), einschließlich Rohrverbindungen und Formstücke

DIN EN 681-1

Elastomerdichtungen: Werkstoff-Anforderungen für Rohrleitungsdichtungen, Anwendungen in der Wasserversorgung und Entwässerung - Teil 1: Vulkanisierter Gummi

DIN EN 752

Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden

DIN EN 1295-1

Statische Berechnung von erdverlegten Rohrleitungen unter verschiedenen Belastungsbedingungen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen

DIN EN 1610

Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen

DIN EN 1916

Rohre und Formstücke aus Beton, Stahlfaserbeton und Stahlbeton

DIN EN 1917

Einsteig- und Kontrollschächte aus Beton, Stahlfaserbeton und Stahlbeton

DIN EN 1990

Grundlagen der Tragwerksplanung; Deutsche Fassung

DIN EN 1990/NA

Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung

DIN EN 1992-1-1/NA

Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau

DIN EN 1997-1

Eurocode 7 – Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln

DIN EN 1997-2/NA

Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds

DIN EN 12350

Prüfung von Frischbeton, Teil 1 bis Teil 12

DIN EN 12390

Prüfung von Festbeton, Teil 1 bis Teil 10

DIN EN 12504

Prüfung von Beton in Bauwerken, Teil 1 bis Teil 4

DIN EN 12620

Gesteinskörnungen für Beton

DIN EN 12889

Grabenlose Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen

DIN EN 13101

Steigeisen für Steigeisengänge in Schächten: Anforderungen, Kennzeichnung, Prüfung und Beurteilung der Konformität

DIN EN 13369

Allgemeine Regeln für Betonfertigteile; Deutsche Fassung

DIN EN 13670

Ausführung von Tragwerken aus Beton; Deutsche Fassung

DIN EN 13791/A20

Bewertung der Druckfestigkeit von Beton in Bauwerken oder in Bauwerksteilen, Änderung A20

DIN EN 14396

Ortsfeste Steigleitern für Schächte

DIN EN 45011

Allgemeine Anforderungen an Stellen, die Produktzertifizierungssysteme betreiben

DIN EN ISO 9000

Qualitätsmanagementsysteme – Grundlagen und Begriffe

DIN EN ISO 9001

Qualitätsmanagementsysteme – Anforderungen

ATV-DVWK-A 127 (in neuer Fassung: DWA-A 127)

Statische Berechnung von Abwasserleitungen und -kanälen

ATV-M 127-1

Richtlinie für die statische Berechnung von Entwässerungsleitungen für Sickerwasser aus Deponien, Ergänzung zum Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 127

DWA-A 110

Hydraulische Dimensionierung und Leistungsnachweis von Abwasserleitungen und -kanälen

DWA-A 112

Hydraulische Dimensionierung und Leistungsnachweis von Sonderbauwerken in Abwasserleitungen und -kanälen

DWA-M 115

Indirekteinleitung nicht häuslichen Abwassers, Teil 1 bis Teil 3

DWA-A 125

Rohrvortrieb und verwandte Verfahren

DWA-A 139

Einbau und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen

DWA-A 142

Abwasserleitungen und -kanäle in Wassergewinnungsgebieten

DWA-M 154

Geruchsemissionen aus Abwasseranlagen – Teil 1: Grundlagen (Entwurf)

DWA-A 157

Bauwerke der Kanalisation (Entwurf)

DWA-A 161

Statische Berechnung von Vortriebsrohren

DWA-M 146

Abwasserleitungen und -kanäle in Wassergewinnungsgebieten, Hinweise und Beispiele

DWA-M 149-6

Zustandserfassung und -beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 6: Druckprüfungen in Betrieb befindlicher Entwässerungssysteme mit Wasser oder Luft

DWA-M 168

Korrosion von Abwasseranlagen – Abwasserleitungen

DGUV Information 201-052

Rohrleitungsbauarbeiten

DGUV Regel 100-500

Betreiben von Arbeitsmitteln

DGUV Regel 101-001

Sicherheitsregeln für Transportanker und -systeme von Betonfertigteilen

DGUV Regel 103-003

Arbeiten in umschlossenen Räumen von abwassertechnischen Anlagen

DGUV Regel 103-007

Steiggänge für Behälter und umschlossene Räume

DGUV Vorschrift 38

Bauarbeiten

Bose, T.; Kampen, R.; Klose, N.

Betonbauwerke in Abwasseranlagen – Planung, Bau und Instandhaltung, Verlag Bau+Technik, 2011

DAfStb-Richtlinie

Wasserundurchlässige Bauwerke (WU-Richtlinie)
Beuth Verlag, 2017

Güteschutz Kanalbau

Technische Regeln – Kanalbau in offener Bauweise, Band 1 und 2, 2014

IKT-Institut für Unterirdische Infrastruktur

Forschungsbericht Kanalreinigung – Düsen, Drücke, Hochdruckstrahlen, Gelsenkirchen, 2005

Projektgruppe Anbauverdichter der DWA-Arbeitsgruppe ES-5.1

Fachgerechte Verdichtung von Leitungsgräben nach Arbeitsblatt DWA-A 139 mit baggergeführten Anbauverdichtern, Korrespondenz Abwasser 2019, Heft 4, Seite 285

Röser, W.

Präzisionsmessung im Kanal – Volkswirtschaftliche Schäden vermeiden, BFT International 02-2019, Seite 105

VDZ Verein Deutscher Zementwerke e.V.

Zement-Taschenbuch, Verlag Bau+Technik, 2002

Zimmermann, F.

Vergleichende Prüfungen zur Hochdruckspülfestigkeit verschiedener genormter Werkstoffe für Abwasserleitung und -kanäle (Prüfbericht), ETH Zürich, 2000

RAL-GZ 507

Flüssigboden, RAL Gütegemeinschaft Flüssigboden e.V., 2014

H ZFSV

Hinweise für die Herstellung und Verwendung von zeitweise fließfähigen, selbstverdichtenden Verfüllbaustoffen im Erdbau, FGSV-Nr. 976 FGSV Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, 2012

ZTV E-StB 17

Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, FGSV-Nr. 599 FGSV Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, 2017

ZTV A-StB 12

Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen, FGSV-Nr. 599 FGSV Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, 2017

ZTV Ew-StB 14

Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Entwässerungseinrichtungen im Straßenbau, FGSV-Nr. 598 FGSV Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, 2014

FBS-Qualitätssicherungssystem®

Für weitere Informationen: www.fbs-beton.de

FBS-Qualitätsrichtlinie Teil 1

Rohre und Formstücke aus Beton und Stahlbeton in FBS-Qualität für erdverlegte Abwasserleitungen und -kanäle – Ausführungen, Anforderungen und Prüfungen

FBS-Qualitätsrichtlinie Teil 1-1

Betonrohre, Stahlbetonrohre und Vortriebsrohre mit Kreisquerschnitt

FBS-Qualitätsrichtlinie Teil 1-2

Betonrohre und Stahlbetonrohre mit Eiquerschnitt

FBS-Qualitätsrichtlinie Teil 1-3

Sonderquerschnitte und Sonderausführungen von Betonrohre und Stahlbetonrohren

FBS-Qualitätsrichtlinie Teil 1-4

Formstücke aus Beton und Stahlbeton

FBS-Qualitätsrichtlinie Teil 1-5

Betonrohre und Stahlbetonrohre mit Zuläufen (Abzweigen)

FBS-Qualitätsrichtlinie Teil 2

Schachtfertigteile aus Beton und Stahlbeton und Schachtbauwerke aus Stahlbetonfertigteilen in FBS-Qualität für erdverlegte Abwasserleitungen und -kanäle – Allgemeines, Ausführungen, Anforderungen und Prüfungen

FBS-Qualitätsrichtlinie Teil 2-1

Schachtfertigteile aus Beton und Stahlbeton

FBS-Qualitätsrichtlinie Teil 2-2

Schachtbauwerke aus Stahlbetonfertigteilen

FBS-Ausschreibungstexte

Für erdverlegte FBS-Betonrohre und FBS-Stahlbetonrohre, zugehörige Formstücke und Schachtfertigteile sowie FBS-Vortriebsrohre aus Beton und Stahlbeton

Richtlinie für den Einbau von FBS-Rohren aus Beton und Stahlbeton**Richtlinie für die Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen aus FBS-Betonrohren und Stahlbetonrohren auf Dichtheit**

11.2 Veröffentlichungen

Kapitel 1

Lamprecht, H. O.

Opus Ceametitium – Bautechnik der Römer, 5. Auflage, Verlag Bau+Technik. Düsseldorf 1996

Kapitel 4

Breit, W.

Verbesserung des Säurewiderstands von Beton, Beton+Fertigteiljahrbuch, Bertelsmann-Springer Bauverlag GmbH, Gütersloh, 2003

Klose, N.

Nachhaltige sowie kostengünstige Planung und Ausführung von Abwasserkanälen und -leitungen aus technischer Sicht, Beton-Information, Verlag Bau+Technik, Düsseldorf, 2001

Klose, N.

Sulfidprobleme und deren Vermeidung in Abwasseranlagen, Beton-Verlag GmbH, Düsseldorf, 1981

Klose, N.

Sulfide in Abwasseranlagen, Zement-Merkblatt, Bundesverband der Deutschen Zementindustrie, Düsseldorf, 1999

Locher, F.W. / Sprung, S.,

Die Beständigkeit von Beton gegenüber kalklösender Kohlensäure, Beton, Heft 5, 1975

Neck, U. / Spanka, G.

Dichtigkeit von Rohrbeton gegenüber CKW-Durchtritt, Beton, Heft 10, 1992

Thistlethwayte, D.K.B.

Sulfide in Abwasseranlagen – Ursachen, Auswirkungen, Gegenmaßnahmen, Beton-Verlag GmbH, Düsseldorf, 1979

Walz, K. / Wischers, G.

Über den Widerstand von Beton gegen die mechanische Einwirkung von Wasser hoher Geschwindigkeit, Beton 19, Heft 9 und 10, 1969

Wielenberg, M. / Grüß, D.

Reinigung von Abwasserkanälen durch Hochdruckspülung, Hrsg. Joachim Lenz, Vulkan-Verlag, Essen, 1996, Schriftenreihe des Instituts für Rohrleitungsbau der Fachhochschule Oldenburg, Band 11

Kapitel 6

ATV-Handbuch

Bau und Betrieb der Kanalisation, W. Ernst & Sohn, 1996

Hornung, K.

Rohr und Leitungszone – grundlegende Voraussetzungen für die Tragfähigkeit der Rohrleitung, Beton- und Fertigteiljahrbuch, Bauverlag GmbH, Wiesbaden, 1989

Kapitel 8

Bujard, W. et al.

Handbuch für Rohre aus Beton, Stahlbeton, Spannbeton, Bauverlag GmbH, Wiesbaden, 1978

Hornung, K. / Kittel, D.

Statik erdüberdeckter Rohre, Bauverlag GmbH, Wiesbaden, 1989

o.V.

Berechnungsansätze für die Rohrbelastung im Graben mit gespundetem Verbau, Arbeitsbericht der ATV-Arbeitsgruppe 1.5.5 „Verbaumethoden“ im ATV-Fachausschuss 1.5 „Ausführung von Entwässerungsanlagen“, Korrespondenz Abwasser (44), Heft 12, S. 2233 ff., 1997

Kanalisation?

Aus der Region!

CO₂-SPARENDE LÖSUNGEN AUS BETON

MODERNE BETONKANALSYSTEME
IN FBS-QUALITÄT®

Aus der
REGION

④ Betriebsunterhaltung
④ Produktion
④ Transport
④ Einbau



Bundesfachverband
Betonkanalsysteme e.V.

www.fbs-beton.de