

# FBS-Richtlinie

Einbau und Dichtheitsprüfung von FBS-Rohren und FBS-Schachtfertigteilen aus Beton und Stahlbeton

Vorabversion 05/2026

[www.fbs-beton.de](http://www.fbs-beton.de)



Bundesfachverband  
Betonkanalsysteme e.V.



Auflage Mai 2026

Bisherige Ausgaben: Einbau Rohre (2014), Einbau Schachtfertigteile (2019) und Dichtheitsprüfung (2011)  
Nur gültig in der aktuellen Fassung.

Diese Richtlinie wurde sorgfältig und auf Grundlage des aktuellen Standes der Technik sowie der geltenden Normen und Regelwerke erstellt. Für etwaige inhaltliche Fehler oder für nach der Veröffentlichung eintretende Änderungen relevanter Normen wird keine Haftung übernommen.

Sollten Ihnen Unstimmigkeiten oder Fehler in dieser Richtlinie auffallen, bitten wir um eine Mitteilung an den Herausgeber, um eine kontinuierliche Verbesserung und Aktualisierung des Dokuments sicherzustellen.

Alle Rechte vorbehalten.

Jede Art von Vervielfältigung sowie Weitergabe an Dritte nur mit Genehmigung des Herausgebers. Kostenlose Exemplare dieser Richtlinie sind beim Herausgeber erhältlich.

Herausgeber:

Bundesfachverband Betonkanalsysteme e.V. (FBS)

Egermannstraße 1

53359 Rheinbach

[info@fbs-beton.de](mailto:info@fbs-beton.de)

[www.fbs-beton.de](http://www.fbs-beton.de)

# Inhalt

<b>TEIL A – Grundlagen</b>	<b>6</b>
1. Geltungsbereich dieser Richtlinie	6
2. FBS-Qualität – Anforderungen und Sicherungssystem	7
3. Begriffsbestimmungen/Abkürzungen	8
4. Regelwerke und Vorschriften	12
4.1. Allgemeines	12
4.2. Unfallverhütungsvorschriften	12
4.3. Technische Regelwerke	13
5. Qualifikationsanforderungen	15
6. Hebezeuge, Lastaufnahmeeinrichtungen und Transportankersysteme	16
6.1. Allgemeines	16
6.2. Anschlagmittel	16
6.3. Lastaufnahmemittel	16
6.3.1. Formschlüssige Lastaufnahmemittel	17
6.3.2. Kraftschlüssige Lastaufnahmemittel	17
6.4. Transportankersysteme	18
7. Bauseitige Prüfung der Belastungs- und Einbaubedingungen	20
8. Bestellung, Lieferung, Kontrolle, Abladen und Lagerung	21
8.1. Bestellung, Lieferung und Kontrolle	21
8.2. Abladen und Lagerung auf der Baustelle	21
<b>TEIL B – Einbau von FBS-Rohren</b>	<b>24</b>
9. Herstellung und Sicherung des Leitungsgrabens	25
9.1. Allgemeines	25
9.2. Mindestgrabenbreite	25
9.3. Anforderungen an Grabensohle	28
9.3.1. Bettung auf Grabensohle	28
9.3.2. Herstellung einer Gründungsschicht (Bodenaustausch)	28
9.3.3. Herstellung einer Gründungsschicht (Sonderausführung)	29
10. Auswahl geeigneter Baustoffe für die Leitungszone	30
10.1. Allgemeines	30
10.2. Baustoffe	30
10.3. Aufbereitete Verfüllbaustoffe	31
11. Einbau der Rohre	32
11.1. Allgemeines	32
11.2. Arten von Bettungstypen	32
11.2.1. Bettung Typ 1 (Regelausführung)	32
11.2.2. Bettung Typ 2	34
11.2.3. Bettung Typ 3	34
11.2.4. Betonbettung	34
11.3. Ablauf der Bettung der Rohre	36
11.3.1. Einbau auf Bettung Typ 1 (Regelausführung)	36

11.3.2. Einbau auf Betonbettung .....	37
11.4. Zusammenfügen der Rohre .....	39
11.5. Schachtanschluss .....	44
11.6. Bauseitige Erstellung von Anschlussöffnungen (Anbohren) .....	45
12. Verfüllung und Verdichtung .....	48
12.1. Allgemeines .....	48
12.2. Baggergeführte Anbauverdichter .....	49
12.3. Seitenverfüllung und Abdeckung .....	50
12.4. Hauptverfüllung .....	51
12.5. Verwendung von zeitweise fließfähigen, selbstverdichtenden Verfüllbaustoffen (ZFSV) .....	51
13. Rückbau der Leitungsgrabensicherung .....	54
14. Prüfungen beim Rohreinbau und nach Fertigstellung .....	55
14.1. Prüfungen während des Einbaus .....	55
14.2. Prüfungen nach Verfüllung des Leitungsgrabens .....	56

**TEIL C – Einbau von FBS-Schachtfertigteilen ..... 57**

15. Schachteinbau - Grundlagen .....	57
15.1. Allgemeines .....	57
15.2. Baugrube .....	57
15.2.1. Bestandteile der Baugrube .....	57
15.2.2. Baugrubenabmessungen .....	58
15.3. Schachtverbindungen .....	59
15.3.1. Dichtungs- und Lastübertragungselement .....	59
15.3.2. Gleitmittel .....	61
15.4. Verfüllbaustoffe .....	61
15.5. Anbauverdichter .....	61
16. Schachteinbau – Durchführung und Hinweise .....	63
16.1. Allgemeines .....	63
16.2. Erstellung der Baugrube und der Gründungsschicht .....	63
16.3. Einbau der Schachtfertigteile .....	64
16.3.1. Erstellung der Sauberkeitsschicht .....	64
16.3.2. Einbau Schachtunterteil und Anschluss der Rohrleitung .....	64
16.3.2.1. Allgemeines .....	64
16.3.2.2. Variante A: Rohranschluss an Schachtbauwerk (Neubau) .....	65
16.3.2.3. Variante B: Anschluss an bestehende Rohrleitung (Bestandskanal) .....	68
16.3.3. Einbau FBS-Schachtaufbauteile .....	68
16.3.4. Einbau Tangentialschacht .....	71
16.4. Verfüllung und Verdichtung .....	72
16.4.1. Baugrubenverfüllung .....	72
16.4.2. Verwendung von zeitweise fließfähigen, selbstverdichtenden Verfüllbaustoffen (ZFSV) .....	72
16.5. Rückbau des Baugrubenverbaus .....	73
16.6. Prüfungen beim Schachteinbau .....	73
16.6.1. Prüfungen während des Einbaus .....	73
16.6.2. Prüfungen nach Verfüllung der Baugrube .....	74

<b>TEIL D – Dichtheitsprüfung von Kanälen und Schächten .....</b>	<b>76</b>
17. Dichtheitsprüfung – Grundlagen .....	76
17.1. Allgemeines .....	76
17.2. Anforderungen und Hinweise .....	76
17.3. Protokollierung der Dichtheitsprüfung .....	79
17.4. Qualifikationsanforderungen .....	79
18. Dichtheitsprüfung von Rohrleitungen und Kanälen .....	80
18.1. Allgemeines .....	80
18.2. Bestimmung der Ersatznennweite nicht-kreisförmiger Querschnitte .....	81
18.3. Dichtheitsprüfung mit Wasser (Verfahren „W“) .....	81
18.3.1. Anforderungen an die einzusetzenden Geräte .....	81
18.3.2. Dichtheitsprüfung der Rohrleitung mit Wasser (Leitungsprüfung) .....	82
18.3.2.1. Allgemeines .....	82
18.3.2.2. Prüfanforderungen .....	82
18.3.2.3. Durchführung der Leitungsprüfung mit Wasser .....	84
18.3.3. Dichtheitsprüfung einzelner Rohrverbindungen mit Wasser (Einzelverbindungsprüfung) .....	87
18.3.3.1. Allgemeines .....	87
18.3.3.2. Prüfanforderungen .....	87
18.3.3.3. Durchführung der Einzelverbindungsprüfung mit Wasser .....	87
18.3.3.4. Abweichungsbetrachtung bei Einzelverbindungsprüfung .....	89
18.4. Dichtheitsprüfung mit Luft (Verfahren „L“) .....	90
18.4.1. Allgemeines .....	90
18.4.2. Sicherheitsaspekte bei Arbeiten mit Luftüberdruck .....	90
18.4.3. Anforderungen an die einzusetzenden Geräte .....	91
18.4.4. Dichtheitsprüfung der Rohrleitung mit Luftüberdruck (Leitungsprüfung) .....	92
18.4.4.1. Allgemeines .....	92
18.4.4.2. Prüfanforderungen .....	92
18.4.4.3. Durchführung der Leitungsprüfung mit Luftüberdruck .....	93
18.4.5. Dichtheitsprüfung einzelner Rohrverbindungen mit Luftüberdruck (Einzelverbindungsprüfung) .....	96
18.4.5.1. Allgemeines .....	96
18.4.5.2. Prüfanforderungen .....	96
18.4.5.3. Durchführung der Einzelverbindungsprüfung mit Luftüberdruck .....	98
18.4.5.4. Abweichungsbetrachtung bei Einzelverbindungsprüfung .....	100
18.4.6. Dichtheitsprüfung der Rohrleitung mit Luftunterdruck (Leitungsprüfung) .....	100
18.5. Infiltrationsprüfung bei Rohrleitungen und Kanälen .....	100
19. Dichtheitsprüfung von Schächten .....	102
19.1. Allgemeines .....	102
19.2. Anforderungen an die einzusetzenden Geräte .....	103
19.3. Prüfanforderungen .....	104
19.4. Durchführung der Schachtprüfung .....	104
19.5. Sonderfall: Infiltrationsprüfung bei Schächten .....	107

# 1. Geltungsbereich dieser Richtlinie

Die vorliegende Richtlinie stellt eine produktbezogene Herstelleranleitung für den Einbau sowie die Dichtheitsprüfung von Rohren, Formteilen und Schachtfertigteilen aus Beton und Stahlbeton dar, die nach den erhöhten Qualitätsanforderungen des Bundesfachverbandes Betonkanalsysteme e.V. (FBS) hergestellt werden und im erdverlegten Bereich zum Einsatz kommen. Sie findet Anwendung bei Neubau- und Erneuerungsmaßnahmen von Abwasserleitungen und -kanälen in offener Bauweise und ergänzt die werkstoffneutralen Anforderungen der einschlägigen Normen und Regelwerke um eine werkstoffbezogene Betrachtung der besonderen Eigenschaften von Beton- und Stahlbetonbauteilen.

Zur Vereinfachung wird in den Ausführungen teilweise auf die explizite Nennung des Begriffs FBS verzichtet. Dennoch gilt die Richtlinie ausschließlich für Bauteile in FBS-Qualität und ist nicht auf andere Werkstoffe oder Bauweisen, insbesondere Kunststoff-, Steinzeug- oder Gussrohrsysteme oder geschlossene Bauverfahren wie Rohrvortrieb anwendbar.

Die Richtlinie richtet sich an alle an Planung, Ausschreibung, Bauausführung und Überwachung beteiligte Personen und Organisationen, insbesondere an:

- Auftraggeber und Betreiber von Entwässerungsanlagen
- Planungs- und Ingenieurbüros
- Bauunternehmen und ausführende Fachbetriebe
- Bauüberwacher und Qualitätskontrollstellen

Übergeordnete Normen und Regelwerke, insbesondere DIN EN 1610 und DWA-A 139, bleiben in ihrer jeweils gültigen Fassung verbindlich; die vorliegende Richtlinie stellt eine ergänzende werkstoffbezogene Präzisierung dar.

# 2. FBS-Qualität – Anforderungen und Sicherungssystem

Seit mehr als 30 Jahren stehen die FBS-Mitgliedsunternehmen für die Herstellung hochwertiger Beton- und Stahlbetonbauteile. Sie verpflichten sich freiwillig, Produkte bereitzustellen, deren Qualität die jeweils geltenden normativen Anforderungen deutlich übertrifft. Die erhöhten Qualitätsanforderungen des FBS umfassen insbesondere:

- Maßhaltigkeit,
- Oberflächenbeschaffenheit,
- Druckfestigkeit,
- Wasserdichtheit,
- den Einsatz leistungsfähiger Dichtungssysteme.

Das hierfür entwickelte FBS-Qualitätssicherungssystem® basiert auf einem mehrstufigen, systematisch aufgebauten Prüf- und Überwachungsprozess und stellt eine zentrale Grundlage für die kontinuierliche Sicherung der Produktqualität dar.

Durch die werkseigene Produktionskontrolle (WPK) sowie die halbjährlich stattfindenden Prüfungen durch unabhängige und akkreditierte Prüf- und Überwachungsstellen (Fremdüberwachung) werden die Qualität der FBS-Produkte sichergestellt, vollständig dokumentiert und durch den FBS zertifiziert. In die Bewertung fließen neben den Produkteigenschaften auch die organisatorischen Abläufe, die Qualifikation des eingesetzten Personals sowie die technische Ausstattung des Werkes ein.

Ein wesentliches Element jeder Rohrleitung sind die eingesetzten Dichtungssysteme. Für FBS-Rohre sind ausschließlich Dichtungselemente nach DIN EN 681-1 sowie nach der FBS-Qualitätsrichtlinie QR 4060 zugelassen, die gegenüber den normativen Mindestanforderungen erhöhte Leistungsmerkmale nach den Vorgaben des FBS aufweisen.

Die erhöhten Qualitätsanforderungen des FBS bieten Auftraggebern, Planenden und ausführenden Unternehmen eine verlässliche Grundlage, um langlebige, robuste und nachhaltig betreibbare Entwässerungssysteme zu planen und zu realisieren.

# 3. Begriffsbestimmungen/ Abkürzungen

- **Absperrelement**  
Verschlusselement (Packer) zum dichten Abschluss des Prüfraumes.
- **Bauwerkshinterfüllbereich**  
Der unmittelbar an das Bauwerk anschließende Bereich von der Baugrubensohle bis Konstruktionsoberkante des Bauwerks (OK Decke).
- **Bauwerksüberschüttbereich**  
Als Überschüttbereich gilt die unmittelbar oberhalb der Konstruktionsoberkante des Bauwerks anschließende Zone bis 1,0 m Dicke.
- **Beruhigungszeit**  
Zeitraum zwischen der vollständigen Erstbefüllung des Prüfobjektes und dem Beginn der Prüfdurchführung, abhängig vom jeweiligen Prüfmedium (Wasser oder Luft) und dem Prüfverfahren (Leitungsprüfung oder Einzelverbindungsprüfung).
- **DGUV**  
Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V.
- **Dichtheitsprüfgerät**  
Sammelbegriff für Gerätschaften, die zum Prüfen der Dichtheit benötigt werden (z. B.: Absperrblasen, Ausschubsicherung, Druckmesseinrichtung, Füllstandsanzeige, Schläuche, etc.).
- **DIN**  
Deutsches Institut für Normung e.V.
- **DWA**  
Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.
- **Einzelverbindungsprüfung**  
Dichtheitsprüfung einer Rohrverbindung in einer Rohrleitung bzw. in einem Kanal mit Prüfmedium Wasser oder Luft (sog. Muffendruckprüfung).
- **FBS-Bauteile**  
Begriffliche Zusammenführung für FBS-Rohre und FBS-Schachtfertigteile aus Beton und Stahlbeton.
- **FBS-Bauwerke**  
Werkseitig hergestellte Schachtbauwerke, monolithisch oder in plattenbauweise, in Rechteck- oder Polygonalausführung (Vieleck), die nicht der DIN 4034-1 entsprechen.

- **FBS-Rohre**

Begriffliche Zusammenführung von FBS-Betonrohren, FBS-Stahlbetonrohren und FBS-Formstücken aus Beton und Stahlbeton – auch mit anderen als kreisrunden Innenquerschnitten.

- **FBS-Schachtfertigteile**

Begriffliche Zusammenführung der unterschiedlichen FBS-Schachtfertigteile aus Beton und Stahlbeton. Diese umfassen FBS-Schachtunterteile und FBS-Schachtaufbauteile wie FBS-Schachtringe und FBS-Konen oder FBS-Abdeckplatten.

- **FBS-Schächte**

Begriff für den Endzustand der eingebauten FBS-Schachtfertigteile.

- **Gleitmittel**

Material zum Auftrag auf Dichtungselemente und Rohrende zur Reduzierung der Reibung beim Zusammenfügen von FBS-Bauteilen.

- **Hebezeugbetrieb**

Betrieb von Kranen und Baggern.

- **HN**

Lichte Höhe bei Rohren mit nicht kreisförmigem Querschnitt (z. B. Eiprofile).

- **Lastaufnahmeeinrichtung** (Abbildung 1)

bestehend aus: Tragmittel, Anschlagmittel und Lastaufnahmemittel.

- **Tragmittel**

mit dem Hebezeug dauernd verbundene Einrichtung zum Aufnehmen von Lastaufnahmemittel, Anschlagmittel oder Lasten. Tragmittel sind: z. B. Kranhaken und -seile.

- **Anschlagmittel**

mit dem Hebezeug dauernd verbundene Einrichtung zum Aufnehmen von Lastaufnahmemittel, Anschlagmittel oder Lasten. Tragmittel sind: z. B. Kranhaken und -seile.

Tragmittel sind: z. B. Kranhaken und -seile.

- **Lastaufnahmemittel**

nicht zum Hebezeug gehörende Einrichtungen, die zum Aufnehmen der Last mit dem Tragmittel des Hebezeugs verbunden werden können.

Lastaufnahmemittel sind: Rohrgreifer, Schachtgreifer, Transport- und Verlegeanker mit zugehörigem Gehänge, mit oder ohne Traverse, Klauen, Klemmen.

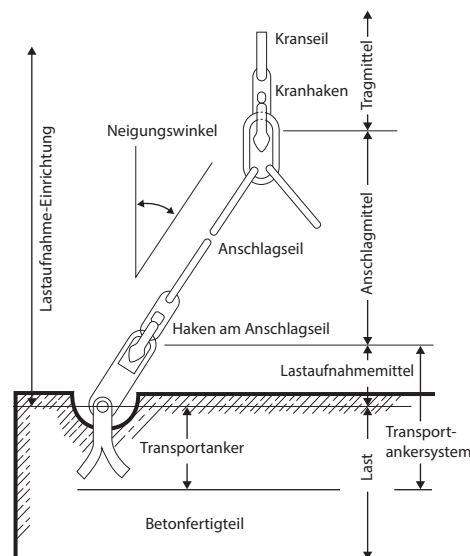


Abbildung 1: Lastaufnahmeeinrichtung und Transportankersystem, schematische Darstellung (DGV 101-001)

- **Leitungsprüfung**  
Dichtheitsprüfung einer Rohrleitung bzw. eines Kanals mit Prüfmedium Wasser oder Luft.
- **Leitungszone**  
Nach DIN EN 1610 besteht die Leitungszone aus der Bettung (untere und obere Bettungsschicht), der Verfüllung der seitlichen Rohrzwickel, der Seitenverfüllung und der Abdeckung der Rohrleitung.
- **Nullmessung**  
Eine vor der Dichtheitsprüfung durchzuführende Messung, bei der geprüft und dokumentiert wird, dass die eingesetzten Geräte bis zum Absperrerelement dicht sind. Hier ist die Forderung  $\Delta p = 0$  kPa einzuhalten.
- **OD<sub>h</sub>**  
Horizontaler Außendurchmesser
- **RAL**  
Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e.V. (Abkürzung für Reichs-Ausschuss für Lieferbedingungen)
- **Referenzmessung**  
Eine durchzuführende Messung der eingesetzten Absperrerelemente auf Dichtheit im Bereich des Sitzes des Absperrerelementes. Die Messung ist zu dokumentieren. Wenn die Messergebnisse die Dichtheit der Absperrerelemente aufzeigen, sind diese zum weiteren Einsatz geeignet. Reproduzierbare Dichtheitsprüfungen sind somit möglich.
- **Rohrbegriffe** (Abbildung 2)

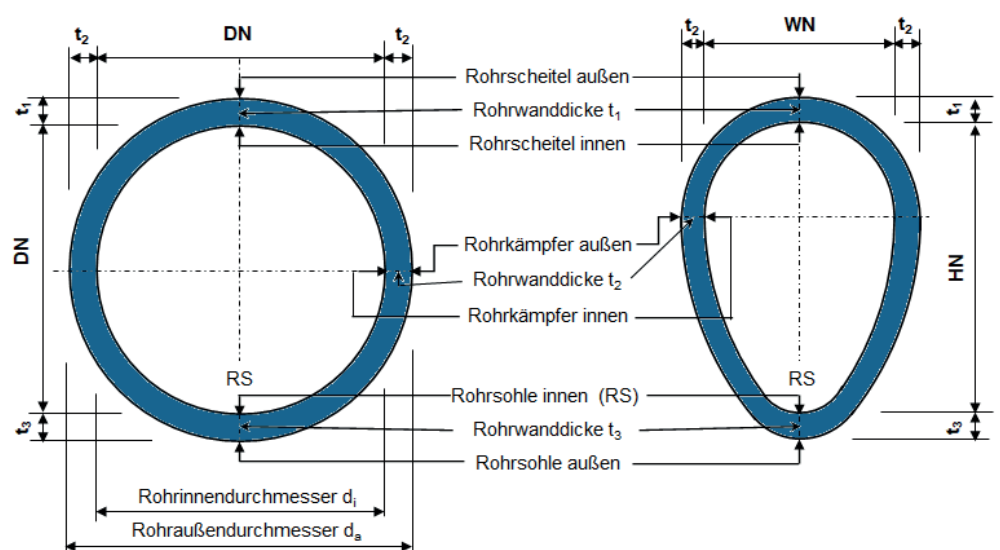


Abbildung 2: Rohrbegriffe

- **Transportankersystem**

bestehend aus: Transportanker und Lastaufnahmemittel (siehe Lastaufnahmeeinrichtung)

- Transportanker

Fest und dauerhaft in Beton/Stahlbeton-Bauteilen eingebaute, geeignete Lastübertragungsbauteile.

- Abhebekupplungen

Lastaufnahmemittel für Transportanker.

- **Verfahren „L“**

Dichtheitsprüfung mit Luft

- **Verfahren „W“**

Dichtheitsprüfung mit Wasser

- **Vorbereitungszeit**

Zeitraum, bestehend aus Beruhigungszeit und Sättigungszeit, um eine weitestgehende Wassersättigung des Prüfobjektes zu erreichen.

- **Wasserzugabe**

Die bei einer Dichtheitsprüfung mit Wasser hinzugegebene Menge an Wasser in Liter [l], jeweils bezogen auf die Nennweite und die Länge des Prüfobjekts.

- **WN**

Lichte Weite bei Rohren mit nicht kreisförmigem Querschnitt (z. B. Eiprofile)

- **ZFSV**

Zeitweise fließfähige, selbstverdichtende Verfüllbaustoffe

# 4. Regelwerke und Vorschriften

### 4.1. Allgemeines

Voraussetzung für ein langfristig funktionsfähiges und dichtes Kanalnetz ist neben der Verwendung geeigneter und genormter Bau- und Werkstoffe insbesondere der fachgerechte Einbau der jeweiligen Bauteile.

Für den fachgerechten und sicheren Einbau von FBS-Rohren und FBS-Schachtfertigteilen in offener Bauweise sowie deren Dichtheitsprüfung ist die Beachtung der jeweils gültigen Unfallverhütungsvorschriften (DGUV), der Technischen Regelwerke und der allgemein gültigen Herstellervorschriften in den Betriebsanleitungen zwingend erforderlich.

Nach DIN EN 1610, Arbeitsblatt DWA-A 139 und Arbeitsblatt DWA-A 157 müssen sich Auftraggeber vor der Vergabe von der erforderlichen Fachkunde, Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit der Auftragnehmer überzeugen. Der Nachweis einer Gütesicherung, bestehend aus Eigen- und Fremdüberwachung, ist einzufordern. Unternehmen, die beispielsweise das RAL-Gütezeichen der Gütegemeinschaft „Güteschutz Kanalbau“ führen, erfüllen diese Anforderungen.

**GÜTESCHUTZ  
KANALBAU**



### 4.2. Unfallverhütungsvorschriften

Bei der Verwendung von FBS-Rohren und FBS-Schachtfertigteilen sind die folgenden wesentlichen Vorschriften, Informationen und Regeln zur Unfallverhütung zu beachten:

- DGUV Vorschrift 1 Grundsätze der Prävention
- DGUV Vorschrift 38 „Bauarbeiten“
- DGUV Regel 100-001 Grundsätze der Prävention
- DGUV Regel 100-500 Betreiben von Arbeitsmitteln
- DGUV Regel 101-001 Transportanker und -systeme von Betonfertigteilen
- DGUV Regel 101-004 Kontaminierte Bereiche
- DGUV Regel 101-604 Branche Tiefbau
- DGUV Regel 103-003 Arbeiten in umschlossenen Räumen von abwassertechnischen Anlagen
- DGUV-Regel 103-602 Branche Abwasserentsorgung
- DGUV Information 103-007 Steiggänge für Behälter und umschlossene Räume
- DGUV Information 201-022 Handlungsanleitung für die Arbeit mit Geräten zur provisorischen Rohrabspernung
- DGUV Information 201-052 Rohrleitungsbauarbeiten
- DGUV Information 209-013 Anschläger
- DGUV Information 209-021 Belastungstabellen für Anschlagmittel

Über die Unfallverhütungsvorschriften hinaus sind Sicherheits- und Gesundheitschutzmaßnahmen zu beachten, die sich aus den einschlägigen staatlichen und berufsgenossenschaftlichen Vorschriften ergeben, darunter:

- Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG)
- Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV)
- Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV)
- Baustellenverordnung (BaustellV), u. a. Sicherheits- und Gesundheitsschutzkoordinator (SiGeKo)
- Biostoffverordnung (BiostoffV)



#### HINWEIS

Die Durchführung von Dichtheitsprüfungen sind als gefährliche Arbeiten einzustufen.

Vor Beginn der Arbeiten sind alle potenziellen Gefährdungen baustellen- und verfahrensbezogen zu ermitteln und zu bewerten. Dabei sind mögliche Störfälle zu berücksichtigen (sog. Gefährdungsbeurteilung). Auf Grundlage der Gefährdungsbeurteilung sind die erforderlichen Schutzmaßnahmen festzulegen und zu dokumentieren.

Das auf der Baustelle eingesetzte Personal ist anhand der Gefährdungsbeurteilung umfassend und angemessen über Sicherheits- und Gesundheitsschutz bei der Arbeit zu unterweisen. Die Unterweisung muss auf die jeweiligen Aufgabenbereiche der Beschäftigten abgestimmt sein, an die Entwicklung der Gefährdungslage angepasst werden und erforderlichenfalls regelmäßig wiederholt werden.

### 4.3. Technische Regelwerke

Bei der Verwendung von FBS-Rohren und FBS-Schachtfertigteilen auf der Baustelle müssen die allgemein anerkannten Regeln der Technik (a.a.R.d.T.) beachtet werden. Dabei sind die Inhalte der folgenden Regelwerke besonders hervorzuheben:

- Gütesicherung Kanalbau, RAL-GZ 961, Herstellung und Instandhaltung von Abwasserleitungen und -kanälen
- DIN 4124 - Baugruben und Gräben - Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten
- DIN 19573 - Mörtel für Neubau und Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden
- DIN 19695 - Befördern und Lagern von Rohren, Formstücken und Schachtfertigteilen aus Beton und Stahlbeton
- DIN EN 1610 - Einbau und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen
- DWA-A 127 - Statische Berechnung von Abwasserleitungen und -kanälen
- DWA-A 127 - Statische Berechnung von Abwasserkanälen und -leitungen
- DWA-A 139 - Einbau und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen
- DWA-A 157 - Bauwerke der Kanalisation



#### GEFÄHRDUNGS- BEURTEILUNG

- DWA-M 149-6 - Dichtheitsprüfung bestehender erdüberschütteter Abwasserleitungen und -kanäle
- ZTV E-StB 17 - Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau.
- ZTV-ING Teil 3 Massivbau – Abschnitt 3-4

# 5. Qualifikationsanforderungen

Zur Überwachung, Ausführung sowie Abschlussuntersuchung und -prüfung ist ausgebildetes und erfahrenes Personal erforderlich. Die notwendige Qualifikation ist vom Auftraggeber vor der Auftragsvergabe einzufordern. Hinweise hierzu enthält die VOB/A (DIN 1960).

Der FBS empfiehlt zur Sicherstellung einer qualitativ hochwertigen Bauausführung den Nachweis der Gütesicherung Kanalbau RAL-GZ 961 oder vergleichbarer Systeme. Dieses System dient der Qualifikationsprüfung ausführender Unternehmen sowie ausschreibender und bauüberwachender Stellen.

Mit der Erfüllung der Anforderungen der Güte- und Prüfbestimmungen RAL-GZ 961 weisen Bieter ihre besondere fachtechnische Qualifikation (Fachkunde, technische Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit in der technischen Vertragserfüllung) nach. Diese Qualifikation wird von Auftraggebern insbesondere bei der Vergabe von Bauleistungen gemäß § 6a Abs. 3 der VOB/A gefordert.

Weitere Informationen hierzu finden sich auf der Internetseite des Güteschutz Kanalbau ([www.kanalbau.com](http://www.kanalbau.com)).

# 6. Hebezeuge, Lastaufnahmeeinrichtungen und Transportankersysteme

## 6.1. Allgemeines

Die eingesetzten Hebezeuge, Lastaufnahmeeinrichtungen und Transportankersysteme müssen sich in einem technisch einwandfreien Zustand befinden. Die Bedienung und Benutzung darf ausschließlich durch beauftragte und qualifizierte Personen erfolgen. Es dürfen nur zugelassene und unbeschädigte Lastaufnahmeeinrichtungen verwendet werden. Maßgebend für die Anwendung ist die Bedienungsanleitung des Herstellers. Die maximal zulässige Traglast darf unter keinen Umständen überschritten werden.

Für die Dimensionierung der Lastaufnahmeeinrichtung sind das Gewicht des Betonfertigteils, die Einflüsse aus dem Transport und dem Einbau sowie der Spreizwinkel der Lastaufnahme zu berücksichtigen.



### HINWEIS

Es wird von einem vorsichtigen und langsamen Transport der jeweiligen FBS-Bauteile auf ebenem Gelände ausgegangen.

## 6.2. Anschlagmittel

Beim Heben, Transportieren oder Versetzen von FBS-Bauteilen dürfen ausschließlich Anschlagmittel (z. B. Ketten, Seile, Bänder, Haken) verwendet werden, die korrekt gekennzeichnet sind und damit nachweislich für diesen Einsatz zugelassen und geeignet sind.

## 6.3. Lastaufnahmemittel

Lastaufnahmemittel werden gemäß den einschlägigen Regelwerken in formschlüssige und kraftschlüssige Ausführungen unterteilt. Es dürfen ausschließlich zugelassene, gekennzeichnete und für die jeweilige Last geeignete Lastaufnahmemittel eingesetzt werden.



### HINWEIS

Lastaufnahmemittel müssen vor jedem Einsatz einer Sichtprüfung unterzogen werden. Beschädigte Lastaufnahmemittel dürfen nicht verwendet werden.

### 6.3.1. Formschlüssige Lastaufnahmemittel

Zu den formschlüssigen Lastaufnahmemitteln zählen Kugelkopfkankersysteme (Abbildung 3 und Abbildung 8) sowie Einschraubankersysteme (siehe Abbildung 4). Diese Ankersysteme bestehen aus einem wiederverwendbaren Lastaufnahmemittel und einbetonierten Ankern. Es dürfen ausschließlich systemkompatible Transportanker, Gewindeanker und Lastaufnahmemittel verwendet werden, um die Sicherheit und Funktionalität zu gewährleisten.

Bei Einschraubankersystemen sind die Seilschlaufen vollständig einzudrehen.

**HINWEIS**

Formschlüssige Lastaufnahmemittel, die mit den FBS-Bauteilen ausgeliefert werden, müssen auch für den Transport auf der Baustelle bzw. für den Einbau auf der Baustelle verwendet werden.



Abbildung 3: Kugelkopfkanker (Pfeifer)



Abbildung 4: Ankerschleife für Einschraubanker (Pfeifer)

**KUGELKOPFKANKER  
UND EINSCHRAUBANKER**



Abbildung 5: Transportanker am Spitzende



Abbildung 6: Rohr mit Kugelkopfkanker (Berding Beton)

### 6.3.2. Kraftschlüssige Lastaufnahmemittel

Zu den kraftschlüssigen Lastaufnahmemitteln zählen Rohrgreifer (Abbildung 7 und Abbildung 8), Seilschlaufen (Abbildung 9) sowie Schachtringgreifer und -klemmen (Abbildung 10 bis Abbildung 13).

Es dürfen ausschließlich mechanische oder hydraulische Rohrgreifer mit Sicherheitsverriegelung verwendet werden, die sich beim Absetzen der FBS-Bauteile nicht selbstständig öffnen können.

**ROHR- UND  
SCHACHTGREIFER,  
SEILSCHLAUFEN UND  
ZANGEN**



Kraftschlüssige Lastaufnahmemittel für FBS-Schachtfertigteile sind ausschließlich im bodennahen Bereich einzusetzen. FBS-Schachtkonen dürfen niemals außermittig aufgenommen werden, sondern ausschließlich im Lastschwerpunkt.



Abbildung 7: Rohrgreifer (Schmölz, SchachtFIX)



Abbildung 8: Rohrgreifer (Probst)



Abbildung 9: Seilschlaufen



Abbildung 10: Schachtgreifer (Schachtfix)



Abbildung 11: Schachtheber (WIMAG)



Abbildung 12: Schachtzange (WIMAG)



Abbildung 13: Schachtringgehänge (Probst)

## 6.4. Transportankersysteme

Transportanker für FBS-Bauteile sind so ausgelegt, dass ein sicherer und ordnungsgemäßer Umgang auf der Baustelle gewährleistet ist. Dabei hat die Sicherheit des Baustellenpersonals oberste Priorität. Die Bemessung der Transportanker richtet sich nach verschiedenen Parametern, wie beispielsweise der Wandstärke, dem Gewicht der Rohre und Schachtfertigteile sowie der Baulänge der Rohre. Detaillierte Informationen hierzu sind bei den FBS-Mitgliedsunternehmen erhältlich.

FBS-Rohre dürfen mit eingebauten Transportankern und gespreizten Seilen oder Ketten nur angehoben werden, wenn der am Haken gemessene Spreizwinkel maximal  $60^\circ$  beträgt (Abbildung 14).



**SPREIZWINKEL**

Beim Anschlagen von FBS-Schachtfertigteilen mit eingebauten Transportankern ist darauf zu achten, dass der am Haken gemessene Neigungswinkel  $\beta$  (von der Vertikalen ausgehend) mindestens  $15^\circ$  und maximal  $30^\circ$  beträgt. Dies dient der Vermeidung von Querzugkräften (Abbildung 15 und Abbildung 16).



**NEIGUNGSWINKEL**

**HINWEIS**  
 Als Faustregel für die Mindestlänge des Anschlagmittels kann der jeweilige Nenndurchmesser des Schachtfertigteils herangezogen werden.

Wie Anschlagmittel müssen auch Abhebekupplungen mindestens einmal jährlich von einer sachkundigen Person auf ihren betriebssicheren Zustand geprüft werden.

Ruckartiges Anheben oder Senken, schlagartiges Aufsetzen, das Abrollen der FBS-Bauteile vom Fahrzeug sowie das Schleifen über den Boden sind strikt untersagt. Unsachgemäße Verwendung der Transportanker, wie beispielsweise durch ruckartige Bewegungen, kann zum Versagen des Systems führen. Dies stellt eine erhebliche Lebensgefahr dar!



**ORDNUNGSGEMÄSSE HANDHABUNG**

**HINWEIS**  
 Der Aufenthalt von Personen unter schwebender Last oder im Gefahrenbereich ist verboten. Es besteht Lebensgefahr!

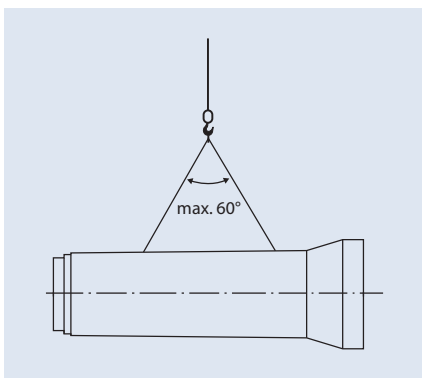


Abbildung 14: Spreizwinkel bei Seil- und Kettengehängen

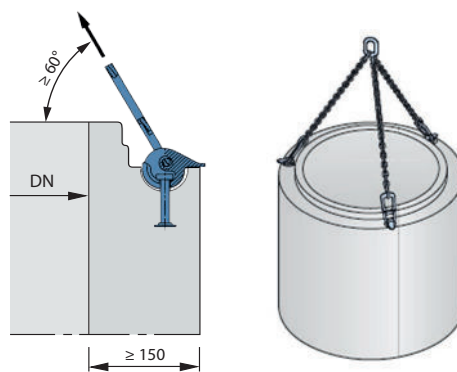


Abbildung 15: Anordnung des Transportankersystems am Spitzende (DEHA)

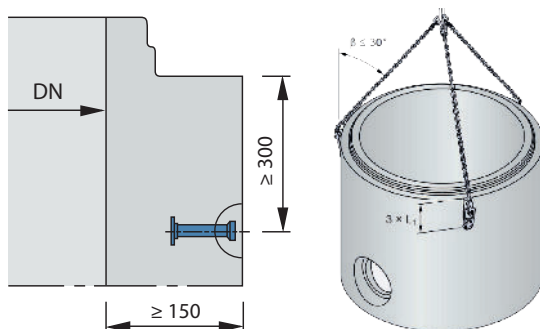


Abbildung 16: Seitliche Anordnung des Transportankersystems (DEHA)

# 7. Bauseitige Prüfung der Belastungs- und Einbaubedingungen

Vor Beginn der Bauausführung ist das Tragwerkssystem Rohr/Boden bzw. Schacht/Boden vom Auftraggeber oder Planer eindeutig vorzugeben. Die dazugehörigen statischen Nachweise gemäß Arbeitsblatt DWA-A 127 und DIN V 1201 (für Rohre) bzw. DIN 4034-1 (für Schächte, sofern erforderlich) müssen vorliegen und den Beteiligten inhaltlich bekannt sein. Die Belastungs- und Einbaubedingungen sind auf Übereinstimmung mit den Planungsvorgaben und den entsprechenden statischen Nachweisen (Rohr-/Schachtstatik) zu überprüfen.

Nachfolgende Punkte sind zu kontrollieren und zu bewerten:

- Höhe der Erdüberdeckung
- Einbautiefe
- Art und Größe der Verkehrslast
- Bodenart und Verdichtung in Leitungszone und Hauptverfüllung
- Grundwasserstand (Bemessungswasserstand)
- Baugrubenausbildung (z. B. Stufengraben)
- Grabenbreite
- Ausführung der Leitungszone
- Verfüllung von Baugrube und Leitungsraben
- Art und Rückbau des Verbaus (z. B.: Spundwand mit Tiefe der Unterrammung unter Rohrsohle außen).

# 8. Bestellung, Lieferung, Kontrolle, Abladen und Lagerung

## 8.1. Bestellung, Lieferung und Kontrolle

FBS-Bauteile sind rechtzeitig unter Berücksichtigung des Beginns und des Ablaufs der Bauausführung zu bestellen. Die Erstellung eines Rohrfolgeplans kann hierbei unterstützend wirken.

Vor dem Abladen ist jede Lieferung durch den Empfänger auf folgende Punkte zu prüfen:

- Übereinstimmung mit der Bestellung,
- Kennzeichnung,
- Beschaffenheit,
- eventuelle Beschädigungen, insbesondere im Bereich der Transportanker.

### HINWEIS

Betonbauteile in FBS-Qualität müssen eine entsprechend sichtbare Kennzeichnung „FBS“ aufweisen. Diese kann entweder gestempelt oder auf einem Etikett aufgedruckt sein.

Der ordnungsgemäße Zustand der FBS-Bauteile ist auf dem Lieferschein zu bestätigen. Beschädigte Bauteile sind unverzüglich auszusortieren und dem Produkthersteller anzuzeigen.

### HINWEIS

Spätere Beanstandungen, die nicht unverzüglich nach Erhalt der Lieferung gemeldet werden, können nur im Rahmen der gesetzlichen Gewährleistungsfristen berücksichtigt werden.

## 8.2. Abladen und Lagerung auf der Baustelle

FBS-Bauteile dürfen ausschließlich mit geeigneten Hebezeugen abgeladen werden. Diese Hebezeuge müssen über eine Feinhubfunktion verfügen. Ruckartiges Anheben oder Absenken, schlagartiges Aufsetzen, das Abrollen der FBS-Bauteile vom Fahrzeug sowie das Schleifen über den Boden sind strikt untersagt.

Das Abladen und Befördern von FBS-Rohren mit mittig angeordnetem Seilschlupf, längs durchgezogenem Seil oder mehreren FBS-Rohren in einem Schlupf ist aufgrund möglicher Beschädigungen der Produkte ebenfalls unzulässig. Pro Entladevorgang darf immer nur ein Bauteil abgeladen werden.

## LASTAUF- NAHMEMITTEL AM TANGENTIALSCHACHT



Beim Be- und Entladen von Rohren, Schachtfertigteilen und Formstücken müssen die Bauteile im Schwerpunkt aufgenommen werden, um ein Abkippen oder Abstürzen zu verhindern. Gleichzeitig ist darauf zu achten, dass die auf dem Fahrzeug verbleibenden Bauteile gesichert sind, insbesondere bei einseitiger Fahrzeugentladung, um eine Kippgefahr des Fahrzeugs zu vermeiden. Falls erforderlich, sind die Fahrzeuge abzustützen. Schrägzug ist beim Abheben nicht zulässig.

Die an einem Tangentialschacht angebrachten Lastaufnahmemittel am Schachtansatz dürfen ausschließlich zum Ausrichten des Tangentialschachtes während des Einbaus verwendet werden. Beschädigungen durch ungeeignete Halte- oder Greifvorrichtungen, unzulässige Aufhängung oder Stöße sind unbedingt zu vermeiden.



### HINWEIS

Hängende Lasten dürfen nicht über ungeschützte Arbeitsplätze geführt werden und Personen dürfen sich nicht unter hängenden Lasten aufhalten.

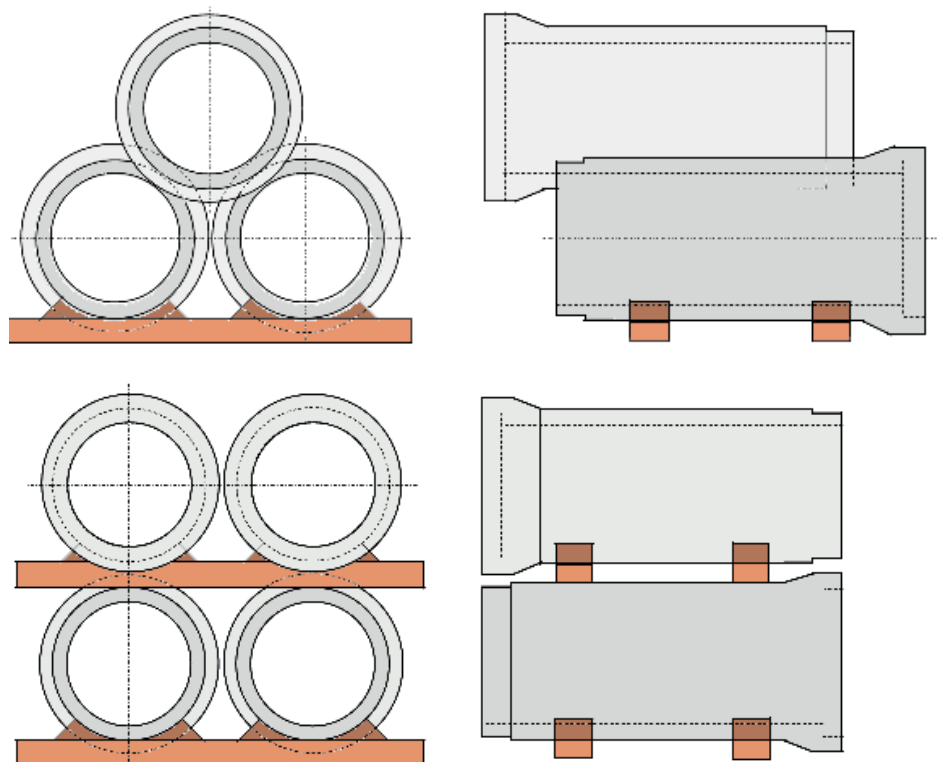


Abbildung 17: Beispiele für lagenweise gelagerte Rohre

## LAGERUNG AUF DER BAUSTELLE



Bei der Lagerung auf der Baustelle müssen FBS-Bauteile vor Beschädigungen und Verschmutzungen (insbesondere an den Dichtflächen), geschützt werden. Die FBS-Bauteile sind durch unterlegte Kanthölzer und/oder Holzkeile gegen ein Anhaften oder Anfrieren am Erdbereich bzw. am Boden zu schützen und gegen Verrollen zu sichern. Das Stapeln von FBS-Rohren ist nur unter Beachtung der statischen Belastbarkeit der Rohre und der Tragfähigkeit des Untergrunds zulässig. Das Stapeln von Rohren ist nur bis zu einer Nennweite von  $< DN1400$  zulässig. FBS-Schachtfertigteile mit integrierten Dichtungen dürfen nicht direkt übereinander gestapelt werden.

Direkte Sonneneinstrahlung und hohe Außentemperaturen sollten bei Röhren größerer Nennweite (insbesondere bei ausgeprägter Glockenausbildung) vermieden werden. Hier sind geeignete Maßnahmen (bspw. Weißanstrich im Scheitel außen) mit dem Rohrhersteller abzustimmen.

Lose oder fest eingebaute Dichtungen sind vor direkter Sonneneinstrahlung und Frost zu schützen.

Die Standsicherheit von Baugruben und Böschungen darf durch das Lagern von FBS-Bauteilen nicht gefährdet werden. Es ist ein Schutzstreifen von mindestens 60 cm bis zur Böschungs-/Baugrubenkante freizuhalten. Zudem müssen die Transportwege auf der Baustelle ausreichend tragfähig und sicher befahrbar sein.

# Überblick

Die Tragfähigkeit, Gebrauchsfähigkeit, Betriebssicherheit und die bestimmungsgemäße Nutzungsdauer der Abwasserleitungen und -kanäle sind maßgeblich von der Qualität der Erdarbeiten (Einbau und Verdichtung) im Bereich der Leitungszone beeinflusst.

Der Vorgang des Einbaus von Rohren umfasst die nachfolgenden Arbeitsschritte:

- **Kapitel 9**  
Herstellung und Sicherung des Leitungsgrabens
- **Kapitel 10**  
Auswahl geeigneter Baustoffe für die Leitungszone
- **Kapitel 11**  
Einbau der Rohre
- **Kapitel 12**  
Verfüllung und Verdichtung
- **Kapitel 13**  
Rückbau der Leitungsgrabensicherung
- **Kapitel 14**  
Prüfungen beim Rohreinbau und nach Fertigstellung

Die einzelnen Schritte werden nacheinander innerhalb der folgenden Kapitel detailliert beschrieben und mit zahlreichen Informationen und Hinweisen unterlegt.

# 9. Herstellung und Sicherung des Leitungsgrabens

## 9.1. Allgemeines

Die Arbeiten im Bereich des Leitungsgrabens sind unter Beachtung der DIN 4124 und der gesetzlichen Vorschriften zur Unfallverhütung auszuführen. Die Art der Leitungsgrabensicherung (Verbau bzw. Böschung) richtet sich unter anderem nach den Bodenverhältnissen, dem Grundwasseranfall und dem zur Verfügung stehenden Verkehrsraum.

Soll ein Mehrfach- oder Stufengraben ausgeführt werden, muss dies bei der statischen Berechnung berücksichtigt werden – auch wenn der Bau der verschiedenen Leitungen nacheinander erfolgt.

Die in DIN EN 1610 und Arbeitsblatt DWA-A 139 definierten Begriffe des Leitungsgrabens können der folgenden Abbildung entnommen werden.



### BEGRIFFE LEITUNGSGRABEN

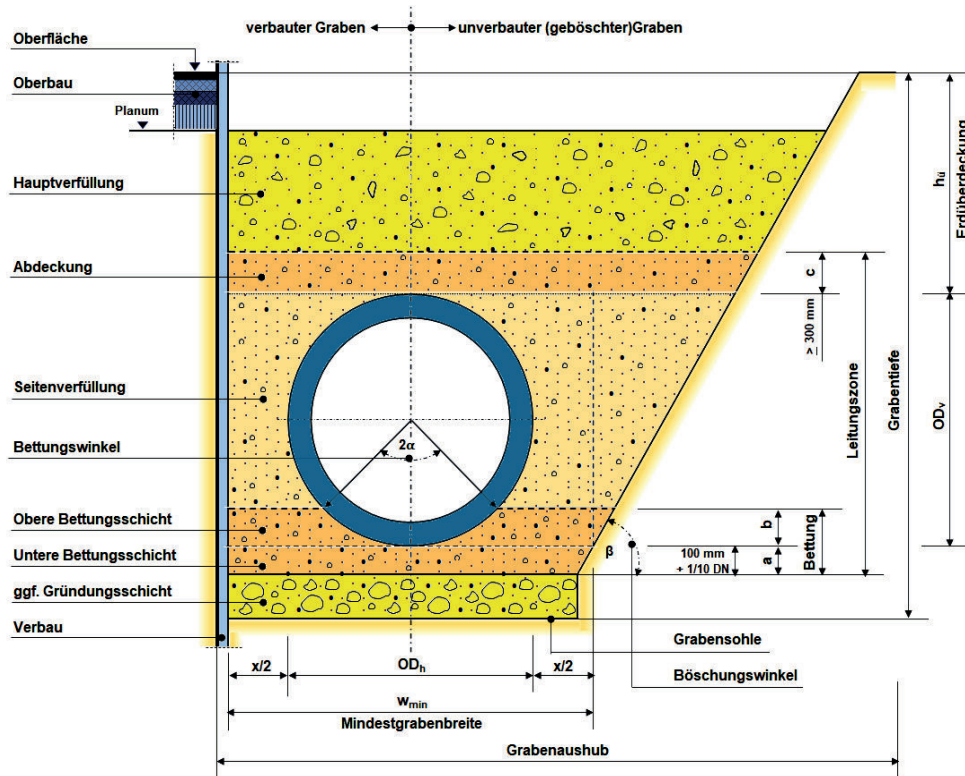


Abbildung 18: Leitungsgrabenquerschnitt (verbauter und unverbauter geböschter Graben)

## 9.2. Mindestgrabenbreite

Die Grabenbreite ist so zu bemessen, dass ein fachgerechter und sicherer Einbau der Rohre und Schachtfertigteile sowie eine ausreichende Verdichtung der Rohrzwickel und der Seitenverfüllung möglich sind. Die Mindestgrabenbreite muss einen



Grabenwänden in Höhe der oberen Bettungsschicht bzw. zwischen den Innenkanten der Verbaukonstruktion. Bei nicht kreisförmigen Querschnitten (z. B. Eiprofilen) erfolgt die Einordnung in die DN-Gruppe nach der lichten Höhe (HN). Im Bereich von Schächten ist ein Arbeitsraum von mindestens 60 cm einzuhalten. Die lichte Mindestgrabenbreite wird bei geböschten Gräben gemäß DIN 4124 „Baugruben und Gräben - Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten“ bestimmt (Abbildung 20).

Tabelle 1: Lichte Mindestgrabenbreite in Abhängigkeit von der Nennweite DN nach Tabelle 1, DIN EN 1610

Nennweite DN	Lichte Mindestgrabenbreite $W_{min} (OD_h^* + x^{**})$ [m]		
	verbauter Graben	unverbauter Graben	
		$\beta^{***} > 60^\circ$	$\beta^{***} \leq 60^\circ$
$\leq 225$	$OD_h + 0,40$	$OD_h + 0,40$	$OD_h + 0,40$
$> 225$ bis $\leq 350$	$OD_h + 0,50$	$OD_h + 0,50$	
$> 350$ bis $\leq 700$	$OD_h + 0,70$	$OD_h + 0,70$	
$> 700$ bis $\leq 1200$	$OD_h + 0,85$	$OD_h + 0,85$	
$> 1200$	$OD_h + 1,00$	$OD_h + 1,00$	

\*  $OD_h$  = Außendurchmesser des Rohrschaftes in m  
 \*\* Der Mindestarbeitsraum zwischen Rohr und Grabenwand bzw. -verbau beträgt  $x/2$   
 \*\*\*  $\beta$  = Böschungswinkel des unverbauten Grabens, gemessen gegen die Horizontale

Tabelle 2: Lichte Mindestgrabenbreite in Abhängigkeit von der Grabentiefe nach Tabelle 2, DIN EN 1610

Grabentiefe [m]	Lichte Mindestgrabenbreite $W_{min}$ [DK2 [m]
$< 1,00$	nicht vorgegeben
$\geq 1,00$ bis $\leq 1,75$	0,80
$> 1,75$ bis $\leq 4,00$	0,90
$> 4,00$	1,00

Die Festlegung einer größeren Grabenbreite kann aus Gründen der Bauverfahrenstechnik (z. B. notwendiger Raum für die Verdichtungs- und Prüfgeräte, Grabenverbau, gleichzeitige Herstellung von Anschlussleitungen und Abstützung von angrenzenden Rohren) oder aufgrund der örtlichen Randbedingungen (z. B. Abfangen benachbarter Leitungen) notwendig werden.

Der Mindestarbeitsraum  $x/2$  sollte gemäß DIN EN 1610 bei Rohren  $\geq$  DN 600 mind. 0,5 m in verbauten oder unverbauten Gräben betragen, bei denen eine maschinelle Verdichtung der Bettung oder Seitenverfüllung erforderlich ist.

**HINWEIS**  
 Für eine bessere Zugänglichkeit bei der Verdichtung der Bettung und Seitenverfüllung wird empfohlen, als Mindestgrabenbreite  $OD_h + 1,0$  m festzulegen. Dies sollte in der Regel ebenfalls für den Einsatz von leichten baggergeführten Verdichtungsgeräten ausreichend sein.



**GRÖßERE GRABENBREITE**



**MINDEST-ARBEITSRAUM**

## EINBAU VON ROHREN NEBENEINANDER



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 ZFSV oder Beton eingebracht wird, kann der Abstand verringert werden.

Von der Mindestgrabenbreite nach Tabelle 1 bzw. 2 darf in folgenden Situationen 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)

### 9.3. Anforderungen an Grabensohle

Die Bettung der Rohrleitung kann bei ausreichend tragfähigem Baugrund direkt auf der Grabensohle erfolgen. Sofern kein geeigneter Boden zur Bettung vorhanden ist, ist die Herstellung einer Gründungsschicht (Bodenaustausch oder Sonderausführung) erforderlich. Genaue Angaben zur Ausbildung der Leitungsgrabensohle sind dem Geotechnischen Bericht zu entnehmen.

## BETTUNG AUF GRABENSOHLE



### 9.3.1. Bettung auf Grabensohle

Die Grabensohle muss wasser- und frostfrei sein. Hierfür sind geeignete Maßnahmen zu treffen, z. B. eine ausreichende Wasserhaltung und im Falle von Frost das Abdecken der Grabensohle. Eine gleichmäßige, störungsfreie Bettung der Rohre in Längsrichtung ist zu gewährleisten. Weitere Anforderungen an die Grabensohle sind gemäß DIN EN 1610 „Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen“ zu berücksichtigen.

### 9.3.2. Herstellung einer Gründungsschicht (Bodenaustausch)

Bei nicht ausreichend tragfähigen Böden unterhalb der Bettung oder bei stark wechselnden Bodenschichten ist zur Stabilisierung eine Gründungsschicht erforderlich. Die Gründungsschicht muss über die gesamte Grabenbreite und in sehr breiten Baugruben oder in Dämmen auf einer Breite des vierfachen Rohraußendurchmessers erstellt werden. Die Dicke der Gründungsschicht ist vom Planer vorzugeben und sollte mindestens 30 cm betragen.

## GEEIGNETE MATERI- ALIEN FÜR GRÜNDUNG



Folgende Materialien können für die Gründungsschicht verwendet werden:

- Schüttmaterial: Grobkörnige Böden der Bodengruppe G1 oder G2 gem. DIN 18196 „Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke“ mit einem Verdich-

tungsgrad von  $D_{pr} > 97\%$  bzw. nach statischer Berechnung. Die Baugrubensohle muss einen Verformungsmodul  $EV_2$  von mindestens  $45\text{ MN/mm}^2$  aufweisen.

- Beton: Die Geometrie, Mindestdruckfestigkeit und eventuell erforderliche Bewehrung sind vom Planer vorzugeben. Es wird empfohlen, eine konstruktive Bewehrung einzubauen.

Beim Einbau von Rohren in weichen, schwer zu entwässernden Böden kann eine Stabilisierung der Gründungsschicht erforderlich werden (Abbildung 21). Hierzu wird die Gründungsschicht mit einem Geokunststoff mit Trenn- und Filtereigenschaften gem. DIN EN ISO 10318 „Geotextilien und geotextilverwandte Produkte“ umhüllt, um eine Wechselwirkung von Feinkornanteilen zwischen dem anstehenden Boden und der Leitungszone zu verhindern.

Die Einflüsse der Gründungsschicht sind gegebenenfalls im statischen Nachweis zu berücksichtigen.

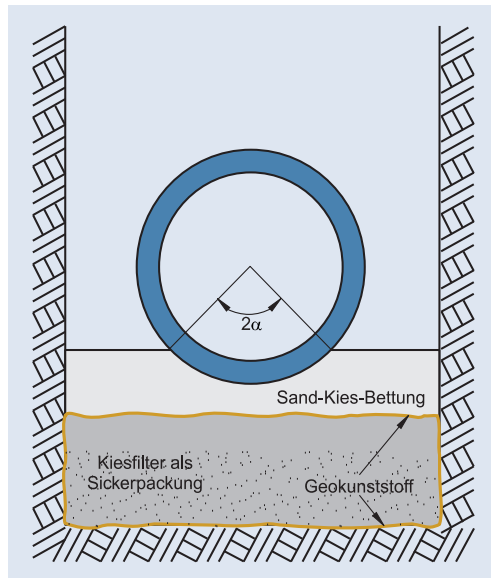


Abbildung 21: Schutz gegen Ausspülen der Bettung und des anstehenden Bodens durch Geokunststoff



**GEOKUNSTSTOFF  
GEGEN AUSSPÜLEN  
DER BETTUNG**

### 9.3.3. Herstellung einer Gründungsschicht (Sonderausführung)

Sofern ein Bodenaustausch bei nicht tragfähigen Böden (z. B. Fließsand, Torf) nicht möglich ist, können besondere Ausführungen der Bettung und/oder Tragkonstruktion zur Ausführung kommen. Diese erfordern in der Regel eine statische Berechnung und müssen den Vorgaben der DIN 1054 „Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau - Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1“ entsprechen.

Mögliche Maßnahmen sind:

- Bodenverbesserung durch Tiefenverdichtung oder Injektionsverfahren
- Gründung der Rohrleitung auf Pfählen mit einer Stahlbetonplatte
- Gründung der Rohrleitung auf Rohrsätteln



#### HINWEIS

Für Sonderausführungen sind entsprechende Planunterlagen und ein zugehöriger statischer Nachweis vorzulegen.



**SONDERAUSFÜHRUNG  
DER GRABENSOHLE**

# 10. Auswahl geeigneter Baustoffe für die Leitungszone

### 10.1. Allgemeines

Für die Leitungszone ist gleichmäßiges, relativ feinkörniges und gut verdichtbares Material zu verwenden. Dies kann entweder (bei nachgewiesener Eignung) der entnommene anstehende Boden oder aber neu angelieferter Baustoff sein.

Nach DIN EN 1610 dürfen keine Bestandteile verwendet werden, die größer sind als:

- 40 mm bei Rohren  $\leq$  DN 600,
- 60 mm bei Rohren  $>$  DN 600

Für FBS-Rohre sollte das Größtkorn des eingesetzten Materials maximal die halbe Rohrwandstärke betragen, jedoch 63 mm nicht überschreiten.



#### HINWEIS

Fortschreitende Maschinenteknik, bspw. Separatorschaufeln (sog. „Bodenrecycler“), ermöglicht, den ausgehobenen Boden auf eine maximale Größe von 80 mm zu bearbeiten. Aktuell laufen Untersuchungen seitens FBS hinsichtlich der Beschaffenheit der Kornverteilung von 0 bis 80 mm, um eine Schädigung der Rohre beim Verdichtungsprozess zwingend zu vermeiden.

#### GRÖSSTKORN IN DER LEITUNGSZONE



#### GEOKUNSTSTOFF BEI GRUNDWASSERANFALL



In der Leitungszone ist generell eine Wechselwirkung zwischen anstehendem Boden und Verfüllmaterial auszuschließen. Dies erfordert besonders bei Grundwasseranfall geeignete Maßnahmen, z. B. den Einsatz von Geokunststoffen (Abbildung 22).

### 10.2. Baustoffe

Bei einer Wiederverwendung des anstehenden Bodens muss dieser den Verdichtungsanforderungen genügen und frei von Stoffen sein, die das Rohr schädigen können. Geeignete angelieferte Baustoffe sind:

- Ungebundene Baustoffe, z. B.:
  - Material mit abgestufter Körnung
  - Sand

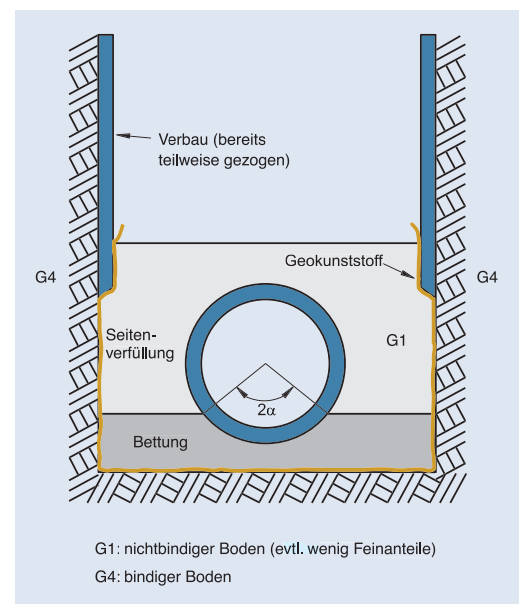


Abbildung 22: Einsatz von Geokunststoff

- Korngemische
- Gebrochenes Material
- Gebundene Baustoffe, z. B.:
  - Stabilisierter Boden
  - Beton bewehrt/unbewehrt
  - Selbstverdichtende Verfüllbaustoffe

Sofern die ZTV E-StB 17 ausgeschrieben ist, muss auf die Verwendung von grobkörnigen Böden und Baustoffen mit einem Größtkorn von 22 mm geachtet werden.

In der Leitungszone muss nach Arbeitsblatt DWA-A 139 bei nichtbindigen bis schwachbindigen Böden (G1/G2) ein Verdichtungsgrad von  $D_{Pr} > 97\%$  erreicht werden.

### 10.3. Aufbereitete Verfüllbaustoffe

Bei der Verwendung von aufbereiteten natürlichen oder künstlichen Verfüllbaustoffen sind die entsprechenden Anforderungen und Eignungsnachweise vor der Bauausführung festzulegen.



**GRÖSSTKORN BEI  
ZTV E-STB 17**



**VERDICH-  
TUNGS-  
GRAD LEITUNGSZONE**



**VERFÜLLBAUSTOFFE  
IN DER LEITUNGSZONE**

# 11. Einbau der Rohre

### 11.1. Allgemeines

Die fachgerechte Ausführung der Bettung ist entscheidend für die Funktionstüchtigkeit und Langlebigkeit der Rohrleitung. Dabei ist besonderes Augenmerk auf eine gleichmäßige Druckverteilung in Längs- und Querrichtung zu legen. FBS-Rohre müssen daher vollflächig auf der Bettung aufliegen. Linien- oder Punktlagerungen sind zu vermeiden.

Für die untere und obere Bettungsschicht sowie in Längsrichtung ist stets das gleiche Material zu verwenden.

Das für die Bettung verwendete Material muss gut verdichtbar sein. Der Verdichtungsgrad der oberen Bettungsschicht muss mindestens dem der unteren Bettungsschicht entsprechen.



#### HINWEIS

Eine unsachgemäße Ausführung der Bettung ist häufig Ursache für Rissbildung und Undichtigkeiten am Rohr, welche im Rahmen von TV-Inspektionen erkennbar sind.

### 11.2. Arten von Bettungstypen

Die Rohrbettung kann grundsätzlich unterschiedlich ausgeführt werden. Nachfolgend werden die verschiedenen Bettungstypen erläutert:

- Bettung Typ 1 (Regelausführung)
- Bettung Typ 2
- Bettung Typ 3
- Betonbettung

#### BETTUNG TYP 1



#### 11.2.1. Bettung Typ 1 (Regelausführung)

Die Bettung Typ 1 (Abbildung 23) wird in eine untere und eine obere Bettungsschicht unterteilt.

#### UNTERE BETTUNGSSCHICHT



#### Untere Bettungsschicht:

Die Mindestdicke der unteren Bettungsschicht  $a$  muss nach DIN EN 1610 folgende Anforderungen erfüllen:

- bei normalen Bodenverhältnissen:  $a = 100 \text{ mm}$
- bei Fels oder festgelagerten Böden (z. B. Tonstein, Mergel, Moränenkies):  $a = 150 \text{ mm}$

Zur Vermeidung schädlicher Lastkonzentrationen und Setzungen ist nach Arbeitsblatt DWA-A 139 die Dicke  $a$  der unteren Bettungsschicht in Abhängigkeit von der Nennweite des Rohrdurchmessers (DN) zu erhöhen:

- $a = 100 \text{ mm} + 1/10 \text{ DN}$  (DN in mm) bei normalen Bodenverhältnissen
- $a = 100 \text{ mm} + 1/5 \text{ DN}$  (DN in mm) bei Fels oder festgelagerten Böden, mindestens jedoch 150 mm

**Obere Bettungsschicht:**

Die Dicke  $b$  der oberen Bettungsschicht muss dem statischen Nachweis bzw. den Planvorgaben entsprechen. Sie ergibt sich aus dem Bettungswinkel ( $2\alpha$ ) und beträgt z. B.:

- bei  $2\alpha = 90^\circ \rightarrow b = 0,15 * OD_h$
- bei  $2\alpha = 120^\circ \rightarrow b = 0,25 * OD_h$



**OBERE  
BETTUNGSSCHICHT**

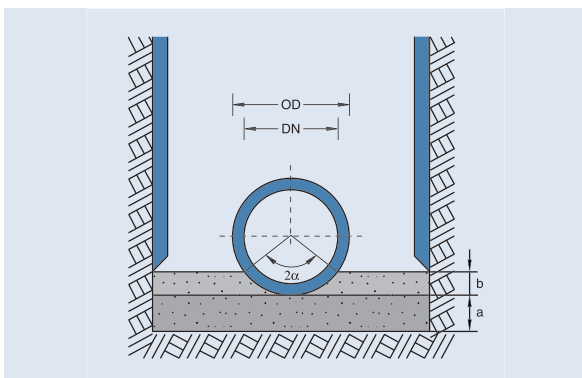


Abbildung 23: Bettung Typ 1 nach DIN EN 1610 (Regelausführung nach Arbeitsblatt DWA-A 139) bei normalen und festgelagerten Böden

**Verdichtung:**

Bei der Bettung Typ 1 darf die untere Bettungsschicht nicht stärker als die obere Bettungsschicht verdichtet werden (Abbildung 24).

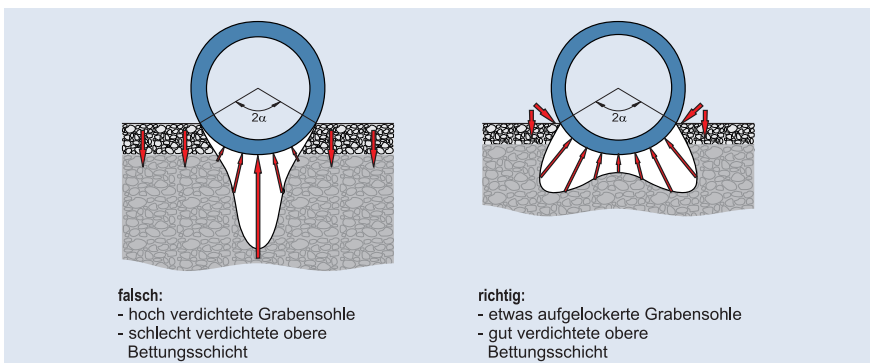


Abbildung 24: Spannungsverteilung im Bettungsbereich bei falscher (links) und richtiger Verdichtung (rechts)

**HINWEIS**

Bei FBS-Rohren mit Fuß entspricht die Auflagerfläche der Breite des Betonfußes. Im Randbereich des Betonfußes ist ein Unterstopfen dringend zu empfehlen.

## BETTUNG TYP 2



### 11.2.2. Bettung Typ 2

Bei der Bettung Typ 2 werden die Rohre in lockeren, feinkörnigen Böden direkt auf eine vorbereitete und vorgeformte Grabensohle eingebaut (Abbildung 25). Die untere Bettungsschicht entfällt bei dieser Ausführung, sodass der anstehende Boden als für den direkten Einbau (lockere, feinkörnige Böden) geeignet sein muss.

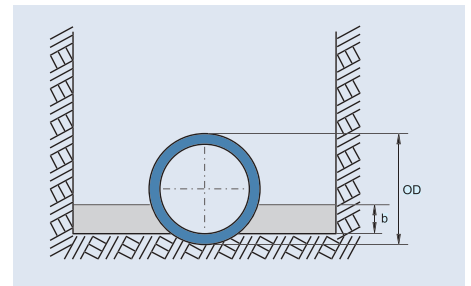


Abbildung 25: Bettung Typ 2 nach DIN EN 1610

Die noch auszuführende obere Bettungsschicht verringert sich um die Höhe der vorgeformten Mulde. Die Herstellung dieser Bettung ist in der Praxis sehr schwierig und wird daher, mit Blick auf den Wunsch nach einer möglichst langen Lebensdauer **nicht empfohlen**.

## BETTUNG TYP 3



### 11.2.3. Bettung Typ 3

Die Bettung Typ 3 darf unter den gleichen Bedingungen wie die Bettung Typ 2 ausgeführt werden, d. h. in lockeren, feinkörnigen Böden, die für den direkten Einbau der Rohre geeignet sind. Sie unterscheidet sich von der Bettung Typ 2 lediglich dadurch, dass die Vorförmung der Grabensohle entfällt (Abbildung 26). Die Rohre werden direkt auf eine vorbereitete Grabensohle eingebaut.

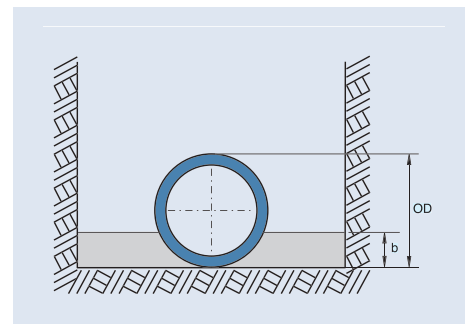


Abbildung 26: Bettung Typ 3 nach DIN EN 1610

Mit dem Anspruch an eine möglichst lange Lebensdauer wird für FBS-Rohre ohne Fuß dieser Bettungstyp ebenfalls nicht empfohlen, da bei nicht fachgerechter Ausführung die Gefahr einer Linienlagerung besteht.

## BETONBETTUNG



### 11.2.4. Betonbettung

Eine Betonbettung ist zweckmäßig, wenn der Untergrund für die Bettungstypen 1 bis 3 nicht geeignet ist. Dies ist beispielsweise der Fall bei:

- unzureichender Tragfähigkeit des Untergrundes
- örtlich wechselnden Bodenarten
- ungünstigen Grundwasserständen
- stark geneigter Grabensohle
- sehr dicht gelagerten Böden oder Fels
- anderen statischen Erfordernissen

Je nach Belastung der Rohre kann die Ausführung der Betonbettung mit unterschiedlichen Bettungswinkeln  $2\alpha$  von  $90^\circ$ ,  $120^\circ$ ,  $150^\circ$  bis  $180^\circ$  ausgeführt werden (Abbildung 27 und Abbildung 28).

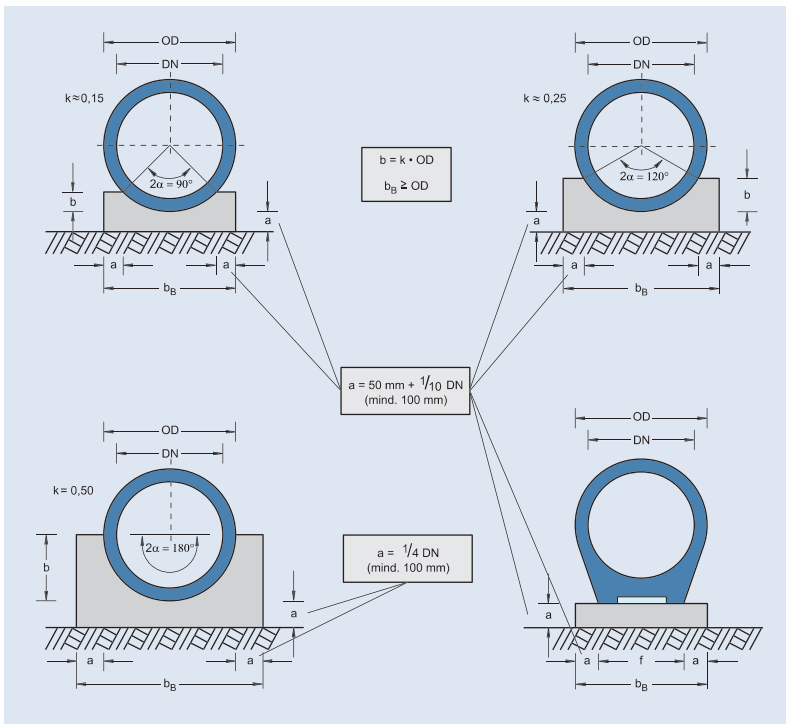


Abbildung 27: Bettung auf Beton (Beispiele für Ausführungsarten und übliche Bettungswinkel)

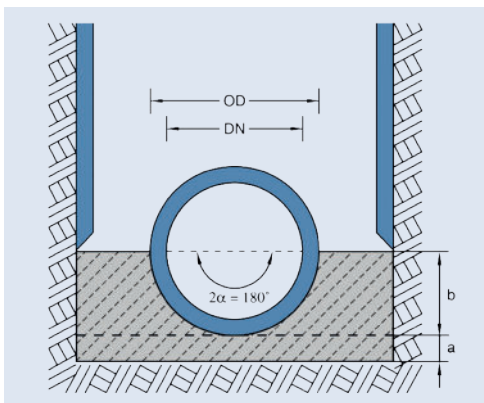


Abbildung 28: Betonbettung 180° a = 1/4 DN, min a = 100 mm

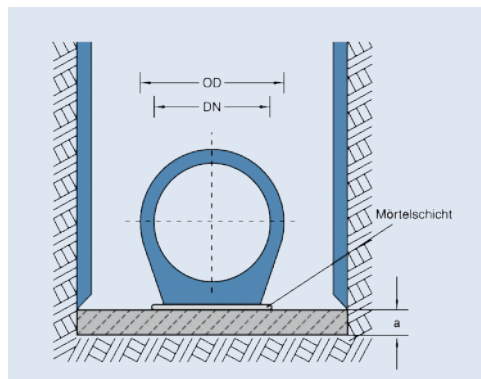


Abbildung 29: Betonbettung für Rohre mit Fuß auf Mörtelschicht a = 50 mm + 1/10 DN, min. a = 100 mm

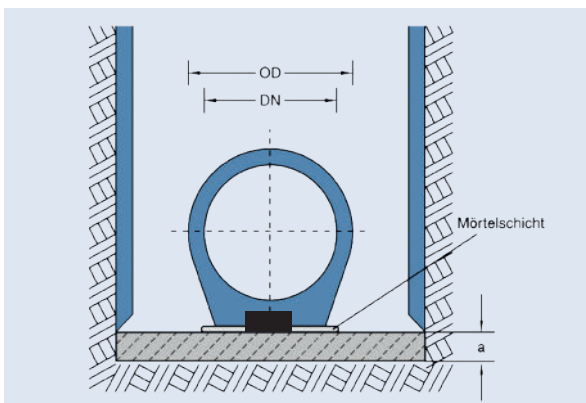


Abbildung 30: Betonbettung für Rohre mit Fuß und Nut auf Mörtelschicht

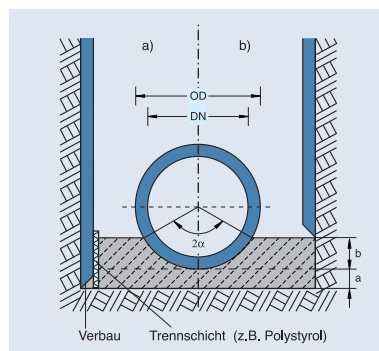


Abbildung 31: Betonauflager  
a) Einbau gegen Verbau  
b) Einbau gegen gewachsenen Boden

Beim Einbau von FBS-Rohren in Gräben wird nach Arbeitsblatt DWA-A 139 empfohlen, die Betonbettung bis an die Grabenwand bzw. gegen den Verbau zu führen. Bei letzterem ist zwischen dem Beton und der Verbauwand eine flexible Trennschicht (z. B. aus Polystyrol, Abbildung 31) vorzusehen.

## BETONGÜTE DER BETTUNG



Sofern die Betonbettung nicht über die gesamte Grabenbreite ausgeführt wird, sind die Mindestabmessungen nach Abbildung 27 einzuhalten.

Die Betongüte der Betonbettung muss mindestens der Festigkeitsklasse C12/15 entsprechen. Bei einer bewehrten Betonbettung ist mindestens die Festigkeitsklasse C16/20 (empfohlen C20/25) zu verwenden.

## ROHRE MIT FUß



### Besonderheit bei FBS-Rohren mit Fuß:

Zum Ausgleich von Unebenheiten sind Rohre mit Fuß auf einer frischen Mörtelschicht einzubauen. Die Randbereiche des Fußes sind nachzustopfen (Abbildung 29). Werden bei FBS-Rohren mit Fuß und Nut in der Sohle die günstigeren statischen Bedingungen genutzt, müssen die FBS-Rohre auf einer erhärteten Betonsohle eingebaut und die Nut freigehalten werden (Abbildung 30).

## 11.3. Ablauf der Bettung der Rohre

In der Praxis werden hauptsächlich zwei Bettungstypen verwendet: Bettung Typ 1 und die Betonbettung. Die Ausführung beider Varianten wird in den folgenden Abschnitten detailliert erläutert.

### 11.3.1. Einbau auf Bettung Typ 1 (Regelausführung)

In der Regel erfolgt die Ausführung der Bettung nach Bettung Typ 1, wobei die Planungsvorgaben stets maßgebend sind. Es wird empfohlen, die Dicke der Bettungsschichten entsprechend Arbeitsblatt DWA-A 139 auszuführen (vgl. Kap. 12.2.1). Die Höhe der oberen Bettungsschicht (Bettungswinkel) ist der statischen Berechnung zu entnehmen.

### Besondere Hinweise zur Ausführung der Bettung:

## ROHRE MIT GLOCKENMUFFE



- Bei FBS-Rohren mit Glockenmuffe: Muffenlöcher (Abbildung 31) sind in ausreichender Breite, Länge und Tiefe in der unteren Bettungsschicht auszuheben, um eine Punktauflagerung im Bereich der Rohrverbindungen zu vermeiden. Gleichzeitig wird vermieden, dass sich Bettungsmaterial in die Rohrverbindung schiebt.

## ROHRE MIT FALZMUFFE



- Bei FBS-Rohren mit Falzmuffe: Im Verbindungsbereich ist eine Vertiefung in der unteren Bettungsschicht herzustellen, um zu verhindern, dass sich beim Zusammenschieben der Rohre Bettungsmaterial zwischen den Rohren aufschiebt, der Stoßfugenspalt zu groß wird und die Dichtheit gefährdet wird.

## ROHRE MIT FUß



- Bei FBS-Rohren mit Fuß: Bei geeignetem Boden können die Rohre direkt auf der Grabensohle aufgelagert werden. Zum Ausgleich von Unebenheiten sollte eine dünne Sandschicht eingebracht werden. Ein Unterstopfen der Fußrandbereiche ist weiterhin erforderlich.

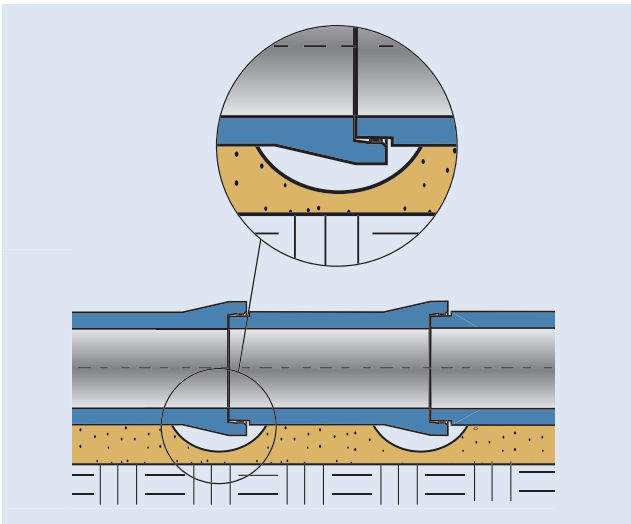


Abbildung 31: Gleichmäßige Lagerung des Rohrschafts und Freilegen der Rohrverbindung (Muffenloch)

### 11.3.2. Einbau auf Betonbettung

#### Hinweise für den Einbau von FBS-Rohren bis DN 800:

Bei FBS-Rohren bis ca. DN 800 kann der Einbau auf erdfeuchtem Beton (Betonbettung) erfolgen. Der Arbeitsablauf entspricht dem Vorgehen bei einer Sand-Kies-Bettung (Bettung Typ 1). Es ist sicherzustellen, dass die FBS-Rohre erst nach ausreichendem Erhärten der Betonbettung durch die Überschüttung belastet werden.



**EINBAU ROHRE  
≤ DN 800**

#### ! HINWEIS

Bei FBS-Rohren ohne Fuß sind die seitlichen Rohrzwickel fachgerecht zu unterstopfen. Bei FBS-Rohren mit Fuß entfällt hingegen dieser Vorgang.

Erfolgt die Herstellung der Betonbettung gegen den Verbau (z. B. Spundwand, Gleitschienenverbau), so ist zwischen Beton und Verbau eine flexible Trennschicht vorzusehen (Abbildung 32), um Schäden an der Betonbettung beim Rückbau des Verbaus zu verhindern. Nach dem Ziehen des Verbaus (z. B. bei Verbauplatten) muss der Spalt zwischen dem gewachsenen Boden und der Betonbettung verfüllt und ausreichend verdichtet werden.

**Sofern möglich, wird empfohlen, die obere und die untere Bettungsschicht über die gesamte Grabenbreite einzubauen (Abbildung 32).**

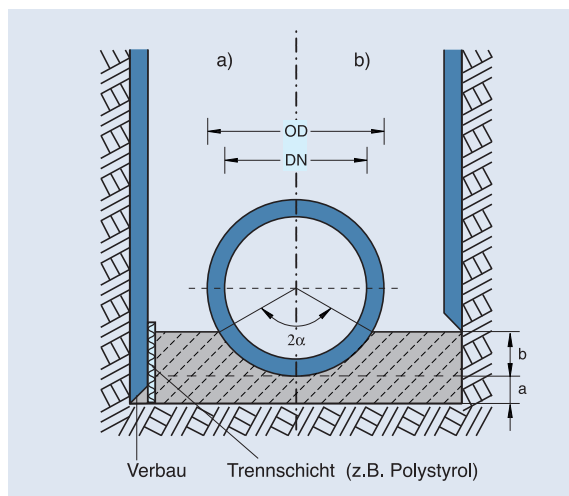


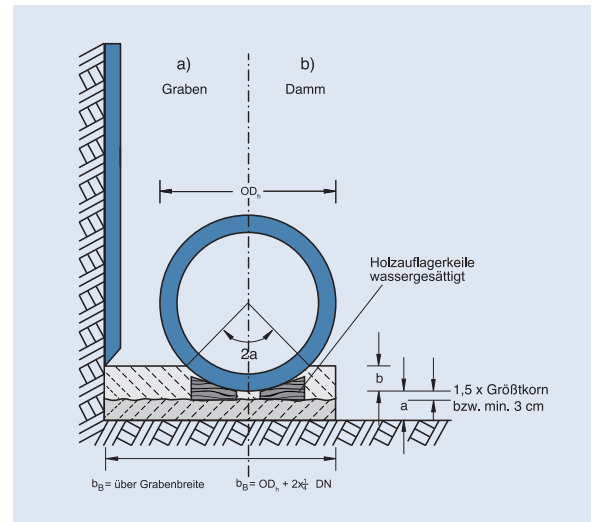
Abbildung 32: Betonauflager a) Einbau gegen Verbau, b) Einbau gegen gewachsenen Boden

## EINBAU ROHRE > DN 800



### Hinweise für den Einbau von FBS-Rohren größer als DN 800:

Bei größeren FBS-Rohren ab ca. DN 800 wird zuerst eine Betonsohle (untere Bettungsschicht) erstellt. Die Oberkante der unteren Bettungsschicht soll einen Abstand von mindestens 3 cm zur äußeren Rohrsohle aufweisen. Für FBS-Rohre mit Glockenmuffe ist eine ausreichende Ausparung für die Glockenausbildung (Muffenlöcher) vorzusehen.



Nach dem Erhärten der Betonsohle erfolgt der Einbau auf wassergesättigten Holzkeilen

(Abbildung 33). Hierbei ist das Spitzende des einzubauenden FBS-Rohres zentrisch und zwängungsfrei in die Muffe des bereits eingebauten FBS-Rohres einzufügen. Der Abstand der Holzkeile von der Rohrmuffe bzw. dem Spitzende sollte mindestens 20 cm betragen.

Abbildung 33: Einbau eines FBS-Rohres auf Betonsohle mit nachträglich betonierter oberer Bettungsschicht (Empfehlung), a) Einbau im Graben, b) Einbau im Damm

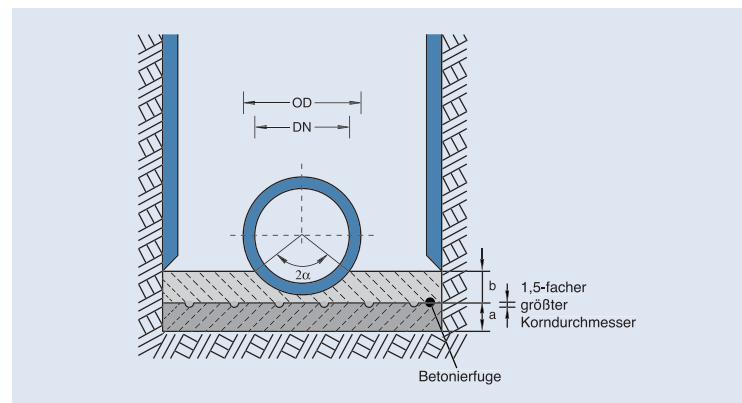


Abbildung 34: Empfohlene Ausführung für Betonbettung nach DWA-A 139 für Rohre ohne Fuß ( $a = 50 \text{ mm} + 1/10 \text{ DN}$ ,  $\min a = 100 \text{ mm}$ , obere Bettung nach Rohreinbau betoniert)



### HINWEIS

Die Betonsohle muss so rau sein, dass sich eine schubfeste Verbindung mit der zu einem späteren Zeitpunkt eingebrachten oberen Bettungsschicht aus Beton ergibt (Abbildung 34).

## OBERE BETTUNGSSCHICHT AUS BETON



Beim anschließenden Betonieren der oberen Bettungsschicht sollte ein schwindarmer Beton der Konsistenzklasse  $\geq \text{F2}$  (mindestens plastisch) verwendet werden. Die Verdichtung kann gegebenenfalls mit Flaschenrüttlern erfolgen, damit die seitlichen Rohrzwickel vollflächig verfüllt werden. Der Beton soll auch nach dem Abbinden vollflächig an der Rohrwandung anliegen. Die verwendeten Auflagerkeile aus Holz verbleiben in der Bettung.

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

#### 11.4. Zusammenfügen der Rohre

Sofern möglich, sollte mit dem Zusammenfügen der FBS-Rohre am Tiefpunkt der Rohrleitung bzw. am Schacht begonnen werden. Die Abfolge wird empfohlen, immer das Spitzende des neu einzubauenden Rohres in die Muffe des bereits eingebauten Rohres zu schieben.

FBS-Rohre sind sodann mit Hebezeugen, die mit Feinhub ausgestattet sind (z. B. Autokran oder Bagger) in den Leitungsgraben abzulassen.

Vor dem Ablassen mittels Hebezeugen, die mit Feinhub ausgestattet sind, in den Rohrgraben, sind FBS-Rohre samt Dichtung auf innere und äußere Beschädigungen zu prüfen. Der Rohrfügetungsbereich (Muffe auf der Innenseite und Spitzende auf der Außenseite) ist besonders zu betrachten und von Verschmutzungen und gegebenenfalls von festgefrorenem Boden, Eis etc. zu befreien sowie ggfs. zu reinigen.

Anschließend ist das Auftragen von Gleitmittel erforderlich, um die für das Zusammenfügen der Rohre erforderliche Rückstellkraft zu überwinden.

**HINWEIS** – Es sind nur vom Rohrhersteller mitgelieferte bzw. vom Dichtmittelhersteller zugelassene Gleitmittel zu verwenden.

Unabhängig vom Rohrtyp und von der Art sowie der Platzierung der Dichtung (auf dem Spitzende oder in der Muffe integriert) sollte bei Rohren stets auf beiden zu verbindenden Rohrenden Gleitmittel aufgetragen werden (Abbildung 35 und Abbildung 36). Dabei sind die Vorgaben des Rohr- und Dichtungsherstellers bezüglich der Art und Menge des Gleitmittels zu beachten.

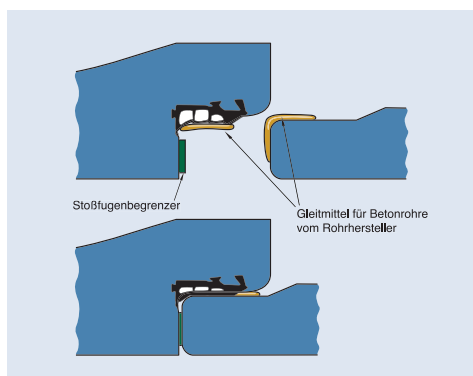


Abbildung 35: Auftragen des Gleitmittels bei einer fest in der Muffe eingebauten Gleitringdichtung

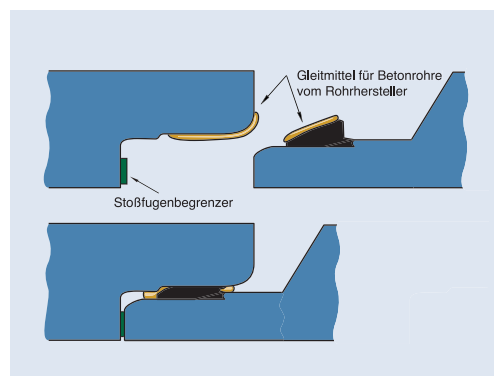


Abbildung 36: Auftragen des Gleitmittels bei einer auf dem Spitzende fixierten Gleitringdichtung



#### PRÜFUNG AUF BESCHÄDIGUNGEN



#### AUFTRAGEN VON GLEITMITTEL

! Es wird empfohlen, den Auftrag des Gleitmittels auf das Spitzende sowie in die Muffe mittels eines Handschuhs vorzunehmen, um die beim Fügungsvorgang relevanten Kontaktflächen satt zu benetzen (Abbildung 37).



Abbildung 37: Auftragen des Gleitmittels auf dem Spitzende



**HINWEIS**

Ein unzureichender und/oder einseitiger Auftrag von Gleitmittel kann die erforderlichen Kräfte, die für das Zusammenfügen der Rohre erforderlich sind, erheblich erhöhen. Bei unzureichendem Gleitmittelauftrag werden ebenso Beschädigungen, zumeist an der Rohrmuffe, begünstigt.

**VERWENDUNG VON STOSSFUGENBEGRENZERN PFLICHT!**



Um die Beweglichkeit der Rohrverbindungen zu gewährleisten, ist zwischen FBS-Rohren gem. Herstellervorgaben sowie nach Arbeitsblatt DWA-A 139 eine Mindeststoßfugenbreite von 5 mm einzuhalten. Dies wird durch die Verwendung von Stoßfugenbegrenzern erreicht, die auf der Baustelle auf dem Muffenspiegel (Abbildung 38) gleichmäßig über den Umfang zu verteilen und zu fixieren sind (z. B. mit dem vorhandenen Gleitmittel). Die Stoßfugenbegrenzer können z. B. aus Holzplättchen (etwa der Größe 15 x 15 x 5 mm) bestehen. Empfohlene sowie maximale Angaben zu Stoßfugenbreiten sind Tabelle 3 zu entnehmen.

Tabelle 3: Stoßfugenbreiten\* und Stoßfugenbegrenzung der Rohrverbindung von FBS-Rohren

Nennweite	Empfohlene Stoßfugenbreite [mm]	Maximale Stoßfugenbreite* [mm]	Anzahl Stoßfugenbegrenzer [Stück]
< 1,00	nicht vorgegeben	nicht vorgegeben	nicht vorgegeben
≥ 1,00 bis ≤ 1,75	0,80	0,80	0,80
> 1,75 ≤ 4,00	0,90	0,90	0,90
> 1,75 ≤ 4,00	0,90	0,90	0,90

\*) Größere Stoßfugenbreiten sind nur in Abstimmung mit dem Rohr- und Dichtmittelhersteller zulässig.



**HINWEIS**

Größere als die in Tabelle 3 angegebenen maximalen Stoßfugenbreiten sind mit dem Rohr- und Dichtmittelhersteller abzustimmen, da bei Überschreitung Undichtigkeiten als Folge auftreten können.

Beim Verbinden der Rohre wird das Spitzende des neuen Rohres in die Muffe des bereits eingebauten Rohres eingeführt.



Abbildung 38: Anbringung Stoßfugenbegrenzer auf Muffenspiegel

**HINWEIS**

Bei Rohren und Schachtfertigteilen von unterschiedlichen Herstellern ist auf eine aufeinander abgestimmte Rohrverbindung bzw. Schachteinbindung zu achten. Trotz Einhaltung der normativen Abmessungen bestehen zulässige Produktionstoleranzen, die dazu führen können, dass Bauteile unterschiedlicher Hersteller nicht ineinander passen. Es wird daher empfohlen, vor Bestellung Kontakt mit den entsprechenden Rohrherstellern aufzunehmen.

Das neue Rohr sollte nicht auf der Bettung aufliegen, sondern sollte sich frei an einem Hebegerät hängend befinden (Abbildung 39 und Abbildung 49), um die aufzubringenden Verbindungskräfte möglichst gering zu halten. Auf eine zentrische Ausrichtung ist zu achten.



Abbildung 39: FBS-Rohr frei am Hebegerät hängend (FBS)

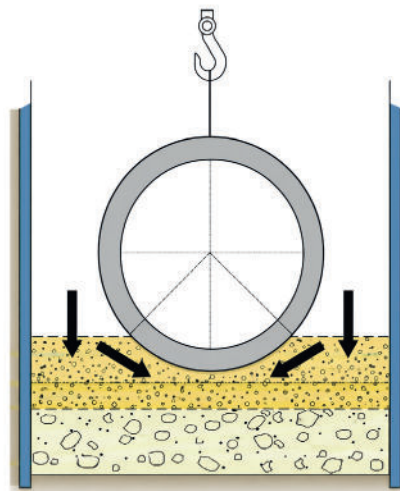


Abbildung 40: Einbau von FBS-Rohren (frei hängend)

**Ausrichtung von Rohren mit Sonderquerschnittsform**

FBS-Rohre mit Eiquerschnitt müssen in vertikaler Richtung genau ausgerichtet werden. Scheitel und Sohle müssen lotrecht übereinanderstehen. Nach dem Einbau ist die Ausrichtung zu prüfen und eventuell zu korrigieren. Verrollungen sind zwingend zu vermeiden.



**EIQUERSCHNITT**

## TROCKENWETTER- RINNE UND DRACHEN- QUERSCHNITT



FBS-Rohre mit Trockenwetterrinne oder Drachenquerschnitt müssen ebenfalls in vertikaler Richtung genau ausgerichtet werden. Scheitel und Sohle müssen senkrecht übereinanderstehen. Die oberen Ränder der Trockenwetterrinne und der Bermenan-satz müssen nach Lage und Höhe auf einer Linie liegen.



Beim Einbau von nicht-kreisförmigen Rohren (Eiprofil) und Profilen mit Trockenwetterrinne oder Drachenquerschnitt wird vor dem Einbau die Markierung des Scheitels und der Sohle bzw. der Kämpferbereiche empfohlen, um axiale Verschiebungen zu vermeiden. Ebenso ist besonderes Augenmerk auf die korrekte Anbindung an das Anschlussbauwerk zu legen.

## EINBAUGERÄTE



Es dürfen nur Einbaugeräte verwendet werden, die ein kontrolliertes, zwängungs-freies und zentrisches Zusammenführen der FBS-Rohre ermöglichen, um ein Ab-scheren der Dichtelemente sowie Beschädigungen der Rohrmuffe zu vermeiden. Die Einbaugeräte sind auf die Rohrgeometrie und auf das Rohrgewicht abzustimmen. Zu empfehlen sind Rohrzuggeräte, die entweder außen oder innen am Rohr angreifen (Abbildung 41 und Abbildung 43). Der Einsatz von Rohrschiebeadap-tern ist bei Er-füllung der vorgenannten Anforderungen ebenso zulässig (Abbildung 42 und Ab-bildung 47). Die Betriebsanleitung des jeweiligen Maschinenherstellers ist zwingend zu beachten.



Abbildung 41: Rohrzuggerät (WIMAG)



Abbildung 42: Rohrverlegedorn (Probst)



Abbildung 43: Rohrzuggerät (WIMAG)



Abbildung 44: Rohrschiebeadapter (MTS)

## HINWEIS

Das Zusammenführen von FBS-Rohren mit dem Baggerlöffel und das Zusammenziehen mit an den Transportankern befestigten asymmetrischen Kettengehängen sind wegen unkontrollierter Kraftentfaltung und aufgrund möglicher Beschädigungen unzulässig. Hier besteht erhebliche Verletzungsgefahr!

Beim Zusammenfügen von FBS-Rohren bei niedrigen Umgebungstemperaturen sind die Dichtelemente restlos von Frost bzw. Vereisung zu befreien. Dichtmittel aus Elastomeren sind bei Temperaturen von  $-10^{\circ}\text{C}$  bis  $+70^{\circ}\text{C}$  funktionssicher. Gleitmittel sind bei jedem Wetter von  $-10^{\circ}\text{C}$  bis  $+50^{\circ}\text{C}$  einsetzbar. Beim Einbau bei niedrigen Temperaturen sind folgende Hinweise, bezogen auf die maßgebende Temperatur von Umgebung oder Bauteil, zu beachten:

- **$\geq 0^{\circ}\text{C}$ : keine Einschränkungen zu erwarten.**
- **$< 0^{\circ}\text{C}$  bis  $\geq -5^{\circ}\text{C}$ : geringe Einschränkungen zu erwarten:**  
Es ist von einer Reduzierung der Wirksamkeit des eingesetzten Gleitmittels sowie von erhöhten Montagekräften auszugehen.
- **$< -5^{\circ}\text{C}$ : wesentliche Einschränkungen zu erwarten:**  
Es ist von einer verminderten Dichtleistung der Dichtelemente und einer reduzierten Wirksamkeit des eingesetzten Gleitmittels auszugehen. Folglich ist mit stark erhöhten Montagekräften und mit einem höheren Risiko von Beschädigungen zu rechnen. Unter vorgenannten Bedingungen wird von einem Einbau abgeraten.

Als Orientierungswert für die Montagekraft kann etwa das 2- bis 3-fache des Rohrgewichtes angenommen werden. Dies resultiert maßgeblich aus der Rückstellkraft der Dichtung.

Nach dem Zusammenfügen der Rohre ist das zuletzt eingebaute Rohr ggfs. in seiner Lage nach Höhe und Seite auszurichten. Jede notwendige Höhenkorrektur muss durch Auffüllen und / oder Abtragen der Bettung erfolgen.

## HINWEIS

Lagekorrekturen durch Drücken, Schieben oder Schlagen mit dem Baggerlöffel oder mit anderen schweren Baugeräten sind aufgrund der unkontrollierten Krafteinwirkung unzulässig.



### EINBAU BEI NIEDRIGEN UMGEBUNGSTEMPERATUREN



### MONTAGEKRAFT DICHTUNGEN



### LAGEKORREKTUREN

## SEITLICHER ROHRZWICKEL



Das Rohr ist sowohl in der Sohllinie als auch im seitlichen Rohrzwickel mittels geeigneter Verdichtungsgeräte gleichmäßig zu unterstopfen (Abbildung 45). Bei FBS-Rohren mit Fuß entfällt die Verdichtung des seitlichen Rohrzwickels. Hier ist nur der Randbereich des Fußes zu verdichten.

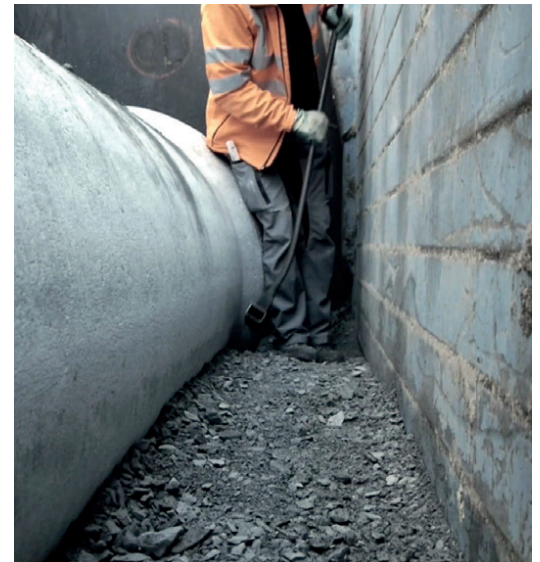


Abbildung 45: Manuelle Verdichtung der seitlichen Rohrzwickel



### HINWEIS

Die Verdichtung der seitlichen Rohrzwickel beeinflusst maßgeblich die spätere Tragfähigkeit des FBS-Rohres.

## VERSCHLIESSEN VON TRANSPORT-ANKERN



Nach dem Zusammenfügen der FBS-Rohre mit werkseitig eingebauten Transportankern sind die Ankermulden vor dem Verfüllen des Leitungsgrabens dauerhaft, dicht und korrosionssicher zu verschließen.

Das Zusammenfügen zweier Rohre ist somit abgeschlossen und der weitere Einbauvorgang kann fortgesetzt werden. Sobald die gesamte Leitung verlegt ist, erfolgt in den überwiegenden Fällen der Anschluss der Leitung an den nächst gelegenen Schacht.

## 11.5. Schachtanschluss

## DOPPELGELENKIGER UND SCHERKRAFTSICHERER SCHACHTANSCHLUSS



Der Anschluss von FBS-Rohren an FBS-Schachtfertigteile, FBS-Schachtbauwerke und Ortbetonbauwerke ist entsprechend Arbeitsblatt DWA-A 157 bis zu einer Rohrnennweite von DN 1200 doppelgelenkig und scherkraftsicher auszuführen (Abbildung 46).

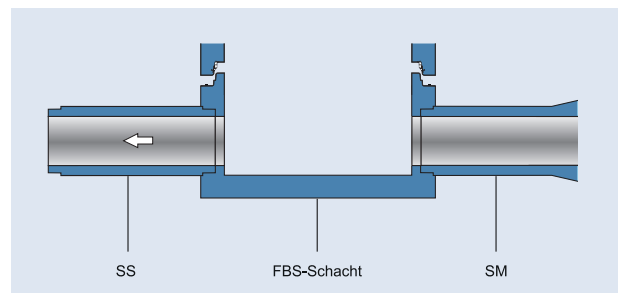


Abbildung 46: Doppelgelenkiger Schachtanschluss mittels Gelenkstück SS und Gelenkstück SM

Hierbei sind FBS-Gelenkrohre mit Baulängen nach Tabelle 4 gem. DIN V 1202 zu verwenden. Diese Vorgaben gelten sinngemäß auch für FBS-Rohre mit anderen als kreisrunden Querschnitten. Bei Tangentialschächten kann auf die Verwendung von Gelenkstücken verzichtet werden.

Tabelle 4: Baulänge von FBS-Gelenkstücken (nach DIN V 1202)

Nennweite FBS-Gelenkstück	Baulänge [m]
DN 300 bis DN 600	≤ 1,00
DN 700 bis DN 1200	≤ 1,50
≥ DN 1300	≤ Regelbaulänge

Bei Verwendung von FBS-Anschlussstücken ist der Überstand  $L_{\text{Ü}}$  vom FBS-Anschlussstück über die Schachtaußenwand hinaus so kurz wie möglich zu halten (Abbildung 53). Als Richtwerte für den maximalen  $L_{\text{Ü, max}}$  von FBS-Anschlussstücken können folgende Werte dienen (Zwischenwerte können interpoliert werden):

- Bei DN 300:  $L_{\text{Ü, max}} = 0,50 \text{ m}$ ,
- Bei DN 1500:  $L_{\text{Ü, max}} = 1,00 \text{ m}$ .

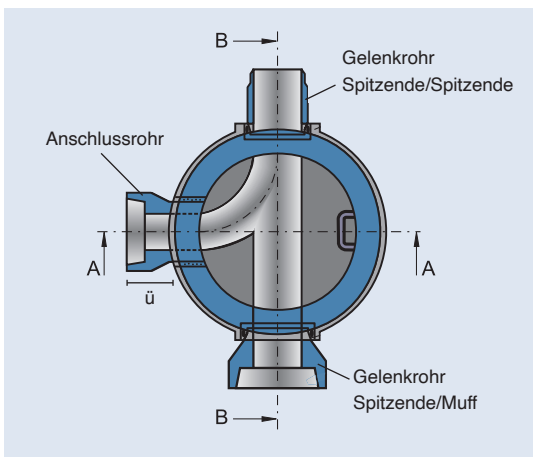
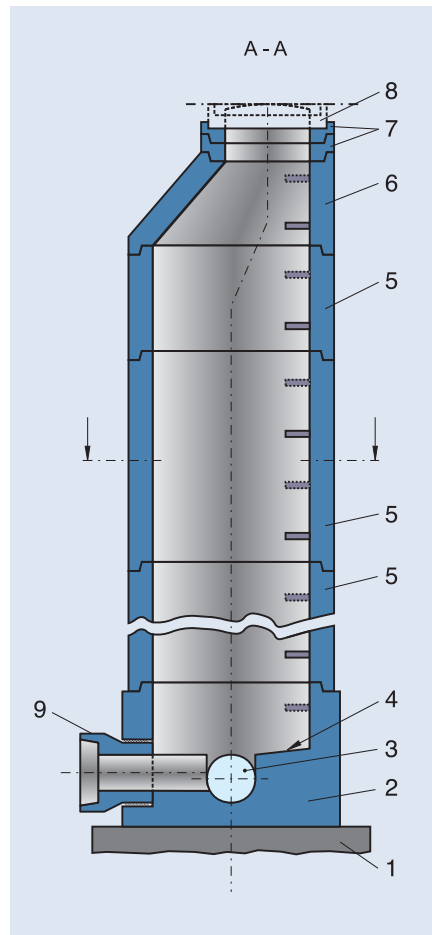


Abbildung 47: Mögliche Varianten eines Rohranschlusses an ein Bauwerk



Abbildungsunterschrift: Schachtunterteil mit Anschlussstück



### ÜBERSTAND DES ANSCHLUSSSTÜCKS ( $L_{\text{Ü}}$ )

### HINWEIS

Bei größeren Nennweiten ist eine Rücksprache mit dem Rohrhersteller erforderlich.

Die Gelenkigkeit der Rohrverbindung bei einer Bettung auf Beton ist durch flexible Trennschichten sicherzustellen. Dies gilt sowohl zwischen FBS-Gelenkstück und Schachtanschluss und zwischen FBS-Gelenkstück und übrigen Rohrstrang. Im Bereich des eigentlichen Rohrstrangs ist eine flexible Trennung der Rohrverbindungen in der Regel nicht erforderlich, da bei einer Biegebeanspruchung in Längsrichtung die Rohre steifer sind als die Bettung.

Werden FBS-Rohre durch Mauern oder Schächte geführt, sind zur Abdichtung gegenüber dem Bauwerk entsprechende Manschetten oder Schachtfutter einzusetzen.

## 11.6. Bauseitige Erstellung von Anschlussöffnungen (Anbohren)

Bauseitig herzustellende Anschlussöffnungen an FBS-Rohre dürfen grundsätzlich nur mit einem geeigneten Kernbohrgerät hergestellt werden. Die Fixierung der Bohrgeräte ist für eine fachgerechte Ausführung der Bohrung erforderlich. Hierzu ist die



### FLEXIBLE TRENNUNG BEI BETONBETTUNG



### SPEZIALFALL: WAND-DURCHFÜHRUNGEN



### ANBOHREN VON ROHREN

Fixierung durch Gurte, Vakuumpplatten o.ä. vorzunehmen. Das Andübeln der Bohrgeräte an FBS-Rohre ist unzulässig.

Die Größe der Bohrkronen des Kernbohrgeräts und die Abmessungen des Anschlusssystems (je nach Hersteller verschieden) müssen aufeinander abgestimmt sein. 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.

Bei einer Kernbohrung an FBS-Stahlbetonrohren ist der freigelegte Bewehrungsstahl durch geeignete Maßnahmen vor Korrosion zu schützen, z. B. durch Auftrag von ein- oder mehrlagigen Oberflächenschutzsystemen. Die Herstelleranleitungen und die ZTV-ING Teil 3 Massivbau Abschnitt 3-4 sind hier hilfreich.

Eine Bohrung darf nicht im Bereich der Rohrverbindung erfolgen und muss von den Rohrenden mindestens einen lichten Abstand des 2-fachen Bohrlochdurchmessers aufweisen. Der Bohrlochrandabstand zwischen zwei Zuläufen sollte in keiner Richtung 1,00 m unterschreiten. Es können ebenso gegenüberliegende Bohrungen ausgeführt werden, sofern der Mindestabstand von 1,00 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  $\leq$  2,50 m sind Anschlüsse im ersten und/oder letzten Drittel des durchgehenden Rohres anzuordnen (Abbildung 48). Der Bohrlochrandabstand soll hier ebenfalls 1,00 m nicht unterschreiten.

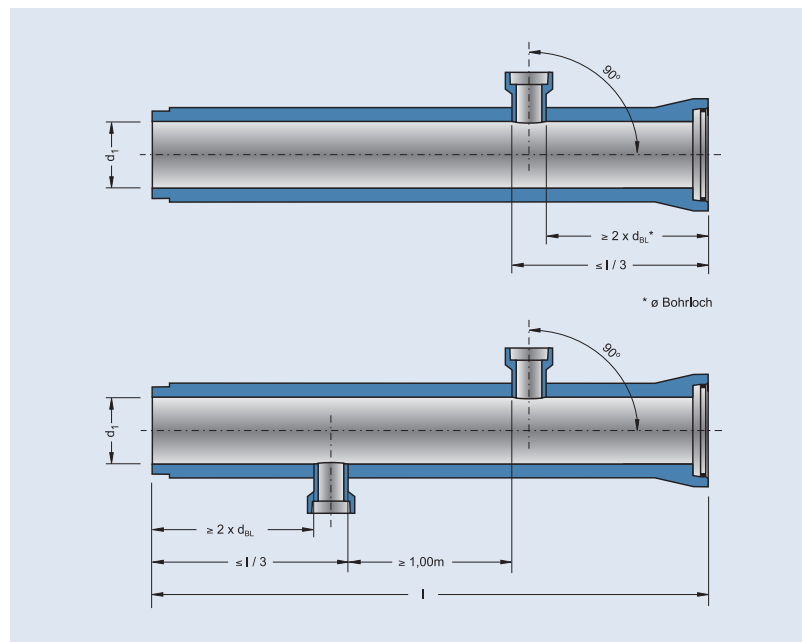


Abbildung 48: FBS-Rohre mit unterschiedlicher Anordnung von Abzweigen

Grundsätzlich sollte der Nenndurchmesser des Zulaufs nicht größer als 50 % des Nenndurchmessers des durchgehenden Rohres (Hauptrohr) sein. Beispielhaft beträgt bei einem Hauptrohr mit Nennweite DN 300 der Zulauf maximal DN 150.

Der Anschluss des Zulaufs hat in der oberen Hälfte des Rohrumfangs des Hauptrohres (zwischen 9 Uhr und 3 Uhr) zu erfolgen. Ein Anschluss auf 12 Uhr ist ebenso legitim und möglich.

Die Achse der Anschlussöffnung ist auf die Längsachse des Hauptrohres (lotrecht) auszurichten (Abbildung 49). Für davon abweichende Anordnungen sind besondere Überlegungen und Maßnahmen in Absprache mit dem Rohrhersteller zu treffen.

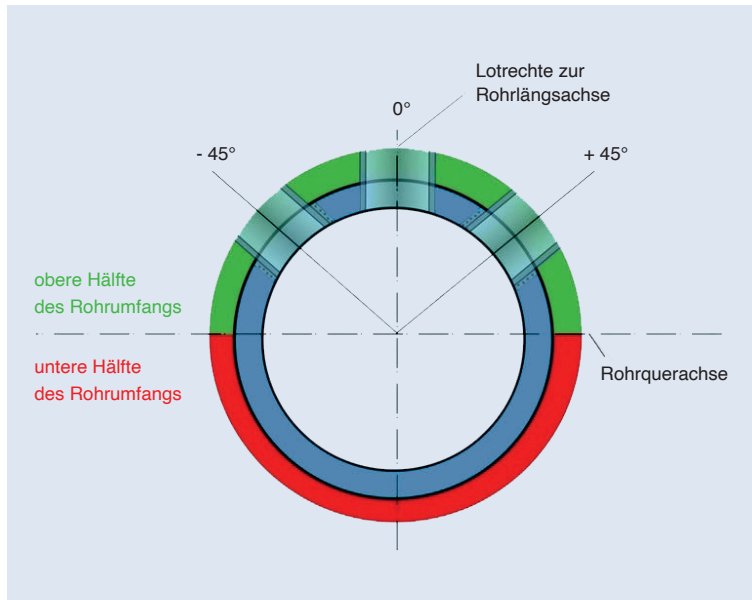


Abbildung 49: Rohrquerschnitt, zulässiger (grün markiert) bzw. unzulässiger (rot markiert) Anbohr-Bereich am Rohrumfang

Im Bereich des Anschlusses an das Hauptrohr und im weiteren Verlauf des Zulaufrohres ist eine besonders sorgfältige Verdichtung vorzunehmen (Abbildung 50).

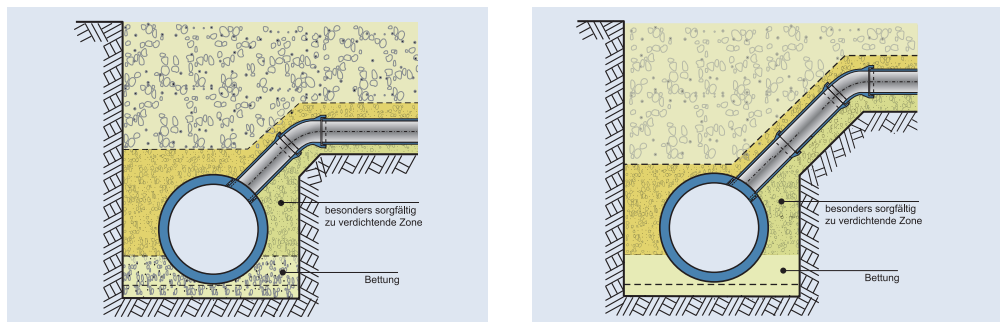


Abbildung 50: Einbaubeispiele seitlicher Anschlüsse

# 12. Verfüllung und Verdichtung

## 12.1. Allgemeines

Die Auswahl des Verdichtungsgerätes, die Anzahl der Verdichtungsübergänge, das Verfüllmaterial und die zu verdichtende Schütthöhe sind auf die Gegebenheiten vor Ort abzustimmen. Schütthöhe und Anzahl der Übergänge/Einsatzzeiten können für gängige Verdichtungsgeräte der Tabelle 5 (Erfahrungswerte) entnommen werden. Genauere Werte sind durch eine Probeverdichtung festzulegen.

Tabelle 5: Bodenverdichtung, Schütthöhen und Zahl der Übergänge (Quelle: Arbeitsblatt DWA-A 139)

Geräteart	Dienstgewicht [kg] oder Breite [m] und Filekraft [kN]	Verdichtbarkeitsklassen											
		V1			V2			V3					
		Kurzzeichen nach DIN 18196 GW, GI, GE, SW, SI, SE, GU, GT, SU, ST	Schütthöhe [cm]	Zahl der Übergänge/Einsatzzeit [s]	Kurzzeichen nach DIN 18196 GU*, GT*, SU*, ST*	Schütthöhe [cm]	Zahl der Übergänge/Einsatzzeit [s]	Kurzzeichen nach DIN 18196 UL, UM, TL, TM, TA <sup>1)</sup>	Schütthöhe [cm]	Zahl der Übergänge/Einsatzzeit [s]	Eignung	Schütthöhe [cm]	Zahl der Übergänge/Einsatzzeit [s]
<b>1. Verdichtungsgeräte (Leitungszone und bis 1 m oberhalb des Rohrscheitels)</b>													
Vibrationsstampfer	leicht	+	bis 20	4	+	bis 20	4	-	-	-	-	-	-
	mittel	0	20-40	4	0	20-30	4	-	-	-	-	-	-
Flächenrüttler	schwer	0	30-50	4	0	20-40	4	-	-	-	-	-	-
	leicht	+	bis 20	5	+	bis 15	6	-	-	-	-	-	-
Anbauverdichter *)	mittel	0	20-30	5	0	15-20	6	-	-	-	-	-	-
	klein	+	20-40	5s – 12s	+	30-40	5s – 12s	-	-	-	-	-	-
<b>2. Verdichtungsgeräte (ab 1 m oberhalb des Rohrscheitels)</b>													
Vibrationsstampfer	mittel	+	20-40	4	+	20-30	4	0	0	10-30	4	0	4
	schwer	+	30-50	4	+	20-40	4	0	0	20-30	4	0	4
Flächenrüttler	mittel	+	20-40	5	0	20-40	5	-	-	-	-	-	-
	schwer	+	30-60	5	0	30-50	5	-	-	-	-	-	-
Vibrationswalzen	schwer	+	30-80	6	+	30-60	6	0	0	30-60	4	0	4
	mittel	+	30-75	5s – 12s	+	30-70	5s – 12s	0	0	30-70	8s – 15s	0	8s – 15s
Anbauverdichter	groß	+	50-100	5s – 12s	+	50-100	5s – 12s	+	+	50-100	8s – 15s	+	8s – 15s
	mittel	+	0,40 m bis 0,75 m bis 25 kN bis 75 kN	5s – 12s	+	0,40 m bis 0,75 m bis 25 kN bis 75 kN	5s – 12s	+	+	0,40 m bis 0,75 m bis 25 kN bis 75 kN	5s – 12s	+	5s – 12s

Anmerkungen: + empfohlen; 0 meist geeignet; - muss auf den Einzelfall abgestimmt werden; - ungeeignet

\*) Zweikelverdichtung manuell

\*\*) im verdichteten Zustand

Sofern die ZTV E-StB zur Anwendung kommt, dient nachfolgende Darstellung in Bezug auf die Verwendung von Bodenklassen, Verdichtungsgeräten und Verdichtungsgrad.

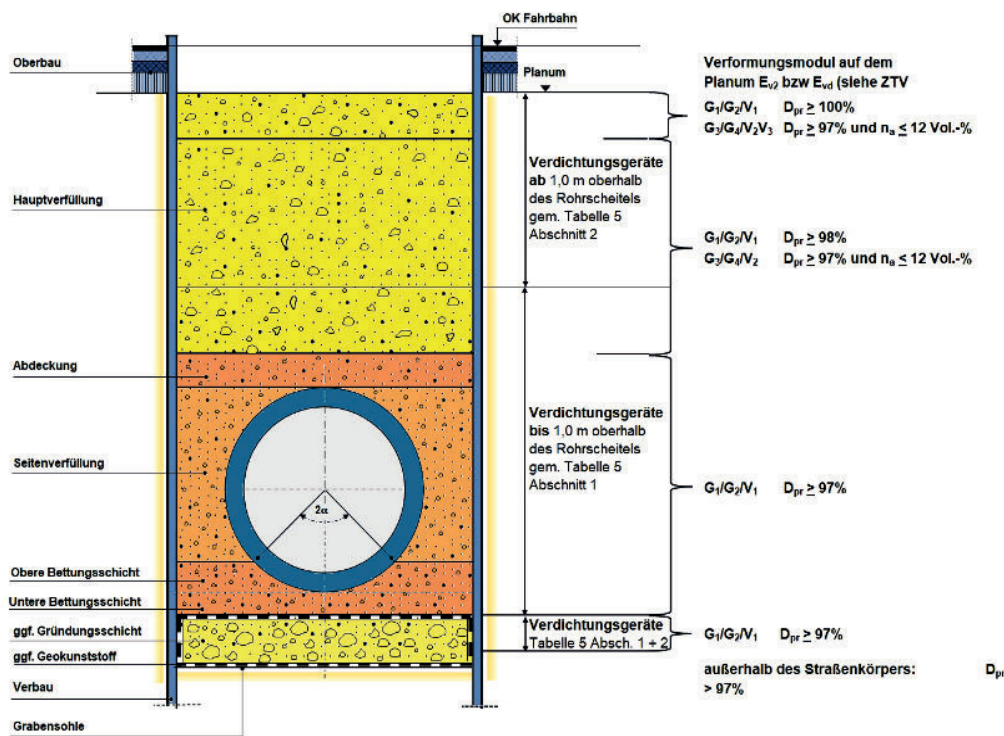


Abbildung 51: Verdichtungsanforderungen nach ZTV E-StB 16

## 12.2. Baggergeführte Anbauverdichter

Baggergeführte Anbauverdichter dürfen nur von geschultem Personal bedient werden. Die Schulung hat beim Maschinenhersteller zu erfolgen und sollte regelmäßig (alle 2 Jahre) wiederholt werden.

### HINWEIS

Anbauverdichter sollten nicht für die Verdichtung der seitlichen Rohrzwickel verwendet werden. Die Zwickelverdichtung und das Unterstopfen der Rohre müssen händisch bzw. mit leichten motor- oder pressluftbetriebenen Stampfern erfolgen, um eine fachgerechte Auflagerung sicherzustellen.

Für weitergehende Hinweise zur Anwendung von baggergeführten Anbauverdichtern wird auf den Arbeitsbericht „Fachgerechte Verdichtung von Leitungsgräben nach Arbeitsblatt DWA-A 139 mit baggergeführten Anbauverdichtern, Arbeitsbericht der Projektgruppe ‚Anbauverdichter‘ der DWA-Arbeitsgruppe ES-5.1“ verwiesen.

Die Einsatzmöglichkeiten von baggergeführten Anbauverdichtern zur Verdichtung der Rohrgrabenverfüllung sind im Einzelfall sorgfältig zu prüfen, insbesondere bei einer größeren Anzahl kreuzender Ver- und Entsorgungsleitungen ist der Einsatz von baggergeführten Anbauverdichtern abzuwägen.



## ANBAUVERDICHTER

## VORAUSSETZUNGEN ANBAUVERDICHTER



Nachfolgende Voraussetzungen gelten für den fachgerechten Einsatz von baggergeführten Anbauverdichtern, um Beschädigungen an der Rohrleitung zu vermeiden:

- Dienstgewicht und Schütthöhen sind gemäß Tabelle 5 einzuhalten,
- die Schütthöhe der Abdeckung (Mindeststärke 300 mm) oberhalb des Rohrscheitels ist entsprechend den Angaben in Tabelle 5 möglichst groß zu wählen,
- der seitliche Abstand zum Rohr muss größer gleich dem 1,5-fachen des Größtkorndurchmessers des einzubauenden Verfüllmaterials sein. Der Mindestabstand von 10 cm ist einzuhalten,
- die Seitenverfüllung beidseitig der FBS-Rohre ist abwechselnd und gleichmäßig einzubauen. Das Rohr darf weder in der Höhe noch in der Lage verändert werden,
- die Verdichtung des Grabenquerschnittes hat von der Grabenwand zur Grabenmitte zu erfolgen,
- eine Frequenzkontrolle zur Steuerung der richtigen Frequenz und Leistung des baggergeführten Anbauverdichters muss vorhanden und einsatzfähig sein,
- ein Auflastassistent zur Kontrolle der Auflast muss vorhanden und einsatzfähig sein,
- in der Leitungszone und bis 1,0 m oberhalb des Rohrscheitels dürfen nur geeignete kleine baggergeführte Anbauverdichter (mit einer maximalen Breite von 0,4 m und einer Fliehkraft kleiner 25 kN) eingesetzt werden (Abbildung 52),
- eine bzw. (nach Bedarf) mehrere Probeverdichtungen zur Festlegung der Schütthöhen und Verdichtungszeiten müssen vor Beginn des Einsatzes durchgeführt und dokumentiert werden,
- eine baustellenbezogene Arbeitsanweisung der zum Einsatz vorgesehenen Typen der baggergeführten Anbauverdichter muss vorliegen.

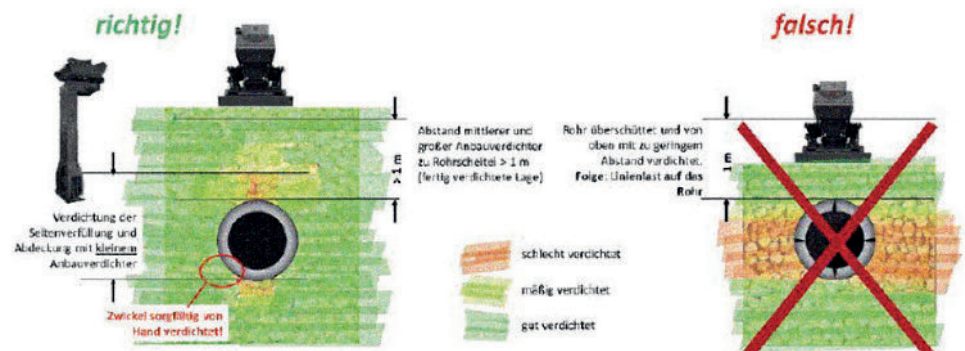


Abbildung 52: Verwendung von mittleren und großen Anbauverdichtern ab 1 m über dem Rohrscheitel

### 12.3. Seitenverfüllung und Abdeckung

## SEITENVERFÜLLUNG



Die Seitenverfüllung ist entsprechend den Anforderungen der Planung und dem statischen Nachweis der FBS-Rohre fachgerecht auszuführen.

Hierbei ist geeignetes Verfüllmaterial beidseitig der Rohrleitung gleichmäßig und wechselseitig in Lagen einzubringen und zu verdichten.

Bei Ausführung einer Bettung auf Beton darf mit der Seitenverfüllung erst begonnen werden, wenn der Beton eine ausreichende Druckfestigkeit erreicht hat.

Für die Verfüllung der Abdeckung über der Rohrleitung ist geeignetes Verfüllmaterial einzubringen und ebenfalls lagenweise zu verdichten.



## ABDECKUNG

Die Dicke der Abdeckung  $c$  über der Rohrleitung sollte mindestens 300 mm betragen, unmittelbar über der Rohrverbindung (bei Glockenmuffenausbildung) darf eine Mindesthöhe von 150 mm keinesfalls unterschritten werden.

Die Verdichtung im Bereich der Abdeckung darf bis zu einer Einbauhöhe von 1,00 m, gemessen oberhalb des Rohrscheitels, nur mit geeigneten Verdichtungsgeräten nach Tabelle 5 ausgeführt werden.

### 12.4. Hauptverfüllung

Die Hauptverfüllung ist entsprechend den Anforderungen der Planung und dem statischen Nachweis der FBS-Rohre fachgerecht auszuführen. Bei den Materialien für die Hauptverfüllung ist zu prüfen, inwiefern der beim Grabenaushub angefallene Boden wiederverwendet werden kann.



## HAUPTVERFÜLLUNG

#### HINWEIS

Das Einfüllen großer Erdmassen in sehr kurzer Zeit (schlagartig) und der Einsatz von Fallgewichten zur Verdichtung sind nicht zulässig. Besondere Belastungen während des Bauzustandes sind nicht erlaubt, sofern hierfür kein statischer Nachweis vorliegt. Beispielsweise durch das Befahren der überschütteten Rohrleitung bei geringer Überdeckung mit schweren Baugeräten und Baufahrzeugen und/oder die Lagerung von Bodenaushub über der Rohrleitung.

Der Einsatz von geeigneten Verdichtungsgeräten im Bereich der Hauptverfüllung (bis 1 m bzw. ab 1 m über Rohrscheitel außen) ist Tabelle 5 zu entnehmen.

### 12.5. Verwendung von zeitweise fließfähigen, selbstverdichtenden Verfüllbaustoffen (ZFSV)



## ZFSV

In Sonderfällen kann die Rohrleitung teilweise oder ganz mit fließfähigen, selbstverdichtenden, hydraulisch gebundenen Verfüllbaustoffen (bspw. Bodenmörtel, Dämmen, Beton oder ZFSV) eingebettet werden. Dies ist bei engen Gräben oder Gräben mit zahlreichen querenden Leitungen, die keine ausreichende Verdichtung der Leitungszone zulassen, gegeben. Ein dauerhafter Formschluss zwischen Rohrleitung und Verfüllmaterial ist zu gewährleisten.

#### HINWEIS

Vor dem Einbau ist der Nachweis zur Auftriebssicherheit zu erbringen, da während dem Verfüllen des Leitungsgrabens die ZFSV fließfähige Konsistenz besitzen und aufgrund ihrer hohen Wichte starken Auftrieb erzeugen können.

## HINWEISE FÜR DEN EINSATZ VON ZFSV



Beim Einbau von Rohren mit ZFSV als Verfüllbaustoff (und Bettung) sind folgende Punkte zu beachten:

- Für eine Unterstützung und Lagesicherung der FBS-Rohre sollte ein Auflager verwendet werden, mit dem beim Einbau horizontale und vertikale Lageabweichungen vermieden werden können.
- Bei FBS-Rohren ist die maximale Füllhöhe der ersten Einbaulage des ZFSV ohne Auftriebssicherung bis etwa zur halben Nennweite über Rohrsohle außen möglich (Abbildung 53). Die zweite Einbaulage ist erst nach ausreichendem Erhärten der ersten Einbaulage einzubringen. Somit ist die Verfüllung des Leitungsgrabens bei der Verwendung von ZFSV in zwei Arbeitsgängen ohne Auftriebssicherung bei FBS-Rohren möglich.

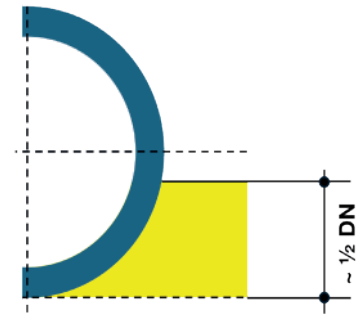


Abbildung 53: Einbauhöhe ZFSV ohne Auftriebssicherung

- Das Ziehen des Verbaus muss erfolgen, solange sich der Verfüllbaustoff noch im fließfähigen Zustand befindet und der anstehende Boden sicher durch den sich verfestigenden Verfüllbaustoff gestützt wird. Es ist durch konstruktive Maßnahmen sicherzustellen, dass beim Ziehen des Verbaus die Auftriebssicherungen – sofern vorhanden – nicht beschädigt werden. Kann der Verbau erst nach dem Erhärten des ZFSV gezogen werden, ist dies im statischen Nachweis der Rohrleitung zu berücksichtigen.

Die Anforderungen an ZFSV werden für den jeweiligen Anwendungsfall in Abhängigkeit der Verträglichkeit mit dem Baugrund und anderen Baustoffen und Bauteilen vorab festgelegt. Der ZFSV sollte bodenähnliche Eigenschaften aufweisen. Die Anforderungen und Nachweise vor, während und nach dem Einbau von ZFSV durch den Auftragnehmer sind Arbeitsblatt DWA-A 139, Anhang F zu entnehmen.

## EIGNUNGSNACHWEIS ZFSV



Die Eignung (Eignungsnachweis) hat der Auftragnehmer vor der Bauausführung entsprechend den Anforderungen des Auftraggebers vorzulegen. Bei Änderung der Art und Eigenschaften des Bodens gegenüber der Eignungsprüfung ist eine erneute Eignungsprüfung erforderlich und evtl. ein geänderter statischer Nachweis zu erstellen.

## EIGEN- UND FREMD-ÜBERWACHUNG



Der Anwender des Verfahrens (Einbau von ZFSV) muss über ein Qualitätssicherungsverfahren, bestehend aus Fremd- und Eigenüberwachung, verfügen. Zur Qualitätssicherung wird auf die „RAL Gütegemeinschaft Flüssigboden e.V., Gütezeichen 507“ verwiesen.

Hierzu gehört eine Arbeitsanweisung mit einer detaillierten Einbauanweisung des ZFSV und der FBS-Rohre.

Im Rahmen der Eigenüberwachung müssen auf der Baustelle folgende Prüfungen durchgeführt werden:

- a) Vor dem Einbau
  - Übereinstimmung des anstehenden Bodens mit der Eignungsprüfung
  
- b) Während des Einbaus
  - Kontrolle des Lieferscheins
  - Kennzeichen des Lieferfahrzeuges
  - Name und Adresse des Herstellers/Lieferanten
  - Name des Produktes, Sorten-Nr.
  - Konsistenz (z. B. plastisch, fließfähig)
  - Kunden- und Baustellenbezeichnung
  - Lieferscheinnummer
  - Menge (Volumen)
  - Herstellungsdatum und -uhrzeit
  - Uhrzeit der Übergabe des Flüssigbodens (ZFSV)
  - Unterschriftenfelder
  - Regelung für die Wasserzugabe vor Ort
  - Zusammensetzung
  - Fließfähigkeit (Ausbreitmaß)
  - Überprüfung der Verarbeitungszeit
  - Temperaturaufzeichnung
  - Prüfung und Einhaltung der max. freien Fallhöhe
  - Rückstellproben
  - Prüfungsumfang gemäß vertraglicher Regelung (Prüfhäufigkeit, Homogenität der Mischung etc.).

Nach dem Einbau muss durch den Bauunternehmer ein Vergleich der Soll-Ist-Werte geliefert werden.

Der Güteschutz Kanalbau stellt für den Einbau von Flüssigboden auf der Baustelle einen eigenen Leitfaden für die Eigenüberwachung zur Verfügung. Dieser kann unter nachfolgender URL heruntergeladen werden: [https://kanalbau.com/files/kanalbau/upload/pdf/leitfaden/leitfaden\\_ak\\_fluessigboden\\_einbau.pdf](https://kanalbau.com/files/kanalbau/upload/pdf/leitfaden/leitfaden_ak_fluessigboden_einbau.pdf)

Güteschutz Kanalbau  
Leitfaden für die Eigenüberwachung  
AK - Anlage Flüssigboden  
Einbau auf der Baustelle  
[www.kanalbau.com](http://www.kanalbau.com)

## 13. Rückbau der Leitungsgrabensicherung

Die Leitungsgrabensicherung darf nur entfernt werden, soweit sie durch das Verfüllen oder durch andere Sicherungsmaßnahmen entbehrlich geworden ist.

### WECHSELSEITIGER RÜCKBAU



Beim Rückbau der Grabensicherung ist darauf zu achten, dass durch die fachgerechte Verdichtung des Verfüllmaterials eine ausreichende Verzahnung mit dem anstehenden (gewachsenen) Boden der Grabenwand entsteht. Bis der Verbau vollständig aus der Leitungszone bzw. dem Leitungsgraben entfernt ist, wechseln sich schrittweise das Ziehen und das unmittelbar anschließende Nachverdichten ab.

### VERDICHTUNG GEGEN VERBAU



Das Verfüllen und Verdichten gegen einen dickwandigen Verbau z. B. aus Verbauplatten, mit darauffolgendem Ziehen der Grabensicherung ohne wirksame Nachverdichtung oder Verdämmung ist zwingend zu vermeiden. Dies führt zu einer unkontrollierten Mehrbelastung der Rohrleitung, die zu Schäden führen kann. Zuvor beschriebener Lastfall ist durch kein Rechenmodell abgesichert!

### RÜCKBAU NACH VERFÜLLEN



Ist ein Rückbau erst nach dem Verfüllen möglich, z. B. beim Einsatz von Kanaldielen und Spundwänden, ist dies im statischen Nachweis der FBS-Rohre zu berücksichtigen. In besonderen Fällen ist die Grabensicherung im Boden zu belassen.

# 14. Prüfungen beim Rohreinbau und nach Fertigstellung

## 14.1. Prüfungen während des Einbaus

Zur Sicherstellung einer fachgerechten Bauausführung sind während des Einbaus der FBS-Rohre fortlaufend Sichtprüfungen durchzuführen. Zudem ist die Prüfung der Dichtheit der Rohrleitung und der Erdarbeiten vorzunehmen. Dies kann im Rahmen der Eigen- und Fremdüberwachung z. B. bei einer gütegesicherten Bauausführung erfolgen.

Durchgeführte Prüfungen sind zu dokumentieren, ersetzen jedoch nicht die Abnahmeprüfung nach Fertigstellung der Baugrubenverfüllung und falls vorhanden nach Fertigstellung der Fahrbahnbefestigung.

Die Sichtprüfungen umfassen u.a.

- die Kontrolle der FBS-Rohre inkl. der Dichtmittel auf Beschädigungen,
- die Funktionskontrolle der verwendeten Einbaugeräte,
- die laufende Kontrolle und ggf. Justierung der Lasereinstellung,
- die Überprüfung von Richtung (Seitenlage), Höhenlage und Gefälle der eingebauten FBS-Rohre,
- die Kontrolle der Ausführung der Rohrverbindungen und Anschlüsse einschließlich der erforderlichen Spaltmaße,
- die Kontrolle von Verbindungsstellen auf Risse/Abplatzungen außen und ggfs. innen
- das ordnungsgemäße Verschließen der Aussparungen für Transportanker.

Die Ergebnisse der Sichtprüfung sind zu dokumentieren.

Eine Dichtheitsprüfung vor dem Einbringen der Seitenverfüllung, also an der noch nicht vollständig überschütteten Rohrleitung, ist zu empfehlen, insbesondere dann, wenn während des Einbauvorgangs Auffälligkeiten (Muffenplatzer, Risse im Verbindungsbereich, „Knackgeräusche“ ohne optische Beeinträchtigung) aufgetreten sind. Dies ersetzt zwar nicht die Abnahmeprüfung der Rohrleitung nach der Fertigstellung der kompletten Grabenverfüllung und falls vorhanden nach Fertigstellung der Oberflächenbefestigung, erspart jedoch unter Umständen das Entfernen der fertiggestellten Rohrleitung, sofern ein Mangel durch Austausch behoben werden soll.

Die Prüfung der Erdarbeiten umfasst u.a. Probeverdichtungen zu Beginn der Baumaßnahme und Verdichtungsprüfungen im Zuge des Baufortschritts. Im Bereich der Leitungszone ist es zweckmäßig, den Verdichtungsgrad während des Einbaus (z. B. mittels dynamischem Plattendruckversuch) zu überprüfen. Zu den Prüfungen im Rahmen eines Qualitätssicherungskonzepts enthält das Arbeitsblatt DWA-A 139 ausführliche Hinweise.



**SICHTPRÜFUNGEN  
CHECKLISTE**



**DICHTHEITSPRÜFUNG  
VOR FERTIGSTELLUNG  
KANN NÜTZLICH SEIN**



**PRÜFUNG DER  
ERDARBEITEN**

## KONTROLLE AUF ÜBEREINSTIMMUNG



### 14.2. Prüfungen nach Verfüllung des Leitungsgrabens

Der Einbau der Rohrleitung ist abgeschlossen, wenn die Hauptverfüllung fertiggestellt, der Rückbau der Baugrubensicherung erfolgt und, falls vorhanden, die Oberfläche hergestellt ist.

Anschließend sind die ausgeführten Bauleistungen durch den Auftraggeber bzw. dessen Beauftragten (Bauüberwachung) auf Übereinstimmung mit den

- Planvorgaben,
- baustellenspezifischen statischen Nachweisen,
- vertraglichen Vereinbarungen,

zu prüfen.

Nach Fertigstellung des Leitungsgrabens sind Sichtprüfungen, die Prüfung der Verdichtung und die Dichtheitsprüfung des Kanals bzw. der Rohrleitung zur Abnahme durch den Auftragnehmer oder gegebenenfalls durch den Auftraggeber bzw. des beauftragten Planungsbüros durchzuführen.

## SICHTPRÜFUNG NACH ABSCHLUSS



Die Sichtprüfung der Rohrleitung umfasst die Kontrolle von

- Richtung,
- Höhenlage.
- Rohrverbindungen,
- Anschlüsse,
- Beschädigungen.

Die innere Sichtprüfung kann bei begehbaren Kanälen und Leitungen durch eine Begehung oder TV-Inspektion geschehen. Bei nicht begehbaren Rohrleitungen ist die optische Prüfung lediglich durch eine TV-Inspektion möglich.

## PRÜFUNG DER VERDICHTUNG



Die Ausführung der Leitungszone und der Hauptverfüllung erfolgt durch Prüfung der Verdichtung auf Übereinstimmung mit den Planvorgaben bzw. des statischen Nachweises der FBS-Rohre. Abnahmekriterien für den Grad der Verdichtung sind der DIN EN 1610 und dem Arbeitsblatt DWA-A 139 zu entnehmen.



Gemäß DIN EN 1610 und Arbeitsblatt DWA-A 139 sind Abwasserleitungen und -kanäle nach Verfüllen des Leitungsgrabens und Entfernen des Verbaus mit Wasser oder Luft auf Dichtheit zu prüfen. Ausführliche Erläuterungen und Hinweise zur Dichtheitsprüfung befinden sich in Teil D dieser Richtlinie.

Eine erfolgreiche Dichtheitsprüfung ist in vielen Fällen Bestätigung für einen fachgerechten Einbau der Rohrleitung und trägt wesentlich zur langlebigen Nutzungsdauer bei.

# 15. Schachteinbau - Grundlagen

## 15.1. Allgemeines

Der Einbau von Schachtfertigteilen ist elementarer Bestandteil des Leitungs- und Kanalbaus.

Aufbauend auf grundlegenden Hinweisen zu Baugrube, Schachtverbindungen, Verfüllbaustoffen sowie der Anwendung von Anbauverdichtern erfolgen ausführliche Hinweise zum schrittweisen Einbau von Schachtfertigteilen. Diese beziehen sich im Wesentlichen auf die Schritte

- Herstellung der Baugrube (mit Erstellung der Gründungsschicht, falls erforderlich, oder Ausführung Sauberkeitsschicht/Bettungsschicht)
- Einbau der Schachtfertigteile,
- Verfüllung und Verdichtung,
- Rückbau des Baugrubenverbaus,
- Prüfungen beim Schachteinbau und nach Fertigstellung.

Die wesentlichen Inhalte zu vorgenannten Arbeitsschritten werden nachfolgend ausführlich beschrieben.

## 15.2. Baugrube

Die Baugrube (evtl. auch kombinierter Bestandteil des Leitungsgrabens) ist unter Berücksichtigung der Bauteilabmessungen geböscht oder verbaut und unter Beachtung der DIN 4124 sowie der DGUV-Vorschriften, herzustellen.

Die Art des Verbaus richtet sich u.a. nach den örtlichen Gegebenheiten (z. B.: Bodenart, Grundwasserstand, Einbautiefe, benachbarte Bauwerke etc.).

### 15.2.1. Bestandteile der Baugrube

Die für den Leitungsgraben und die Baugrube relevanten Begriffe sind Bestandteil der einschlägigen Normen und Regelwerke, wie DIN V 1201, DIN 4034-1, DIN EN 1610, DWA-A 139 und DWA-A 157.

Neben der verbauten Ausführung der Baugrube besteht ebenso die Variante der geböschten (unverbauten) Ausführung. Beide Varianten samt einzelner Bestandteile und unterschiedlichen Aufbauten werden nachfolgend dargestellt.

## BAUGRUBENQUERSCHNITT SCHACHTFERTIGTEILE

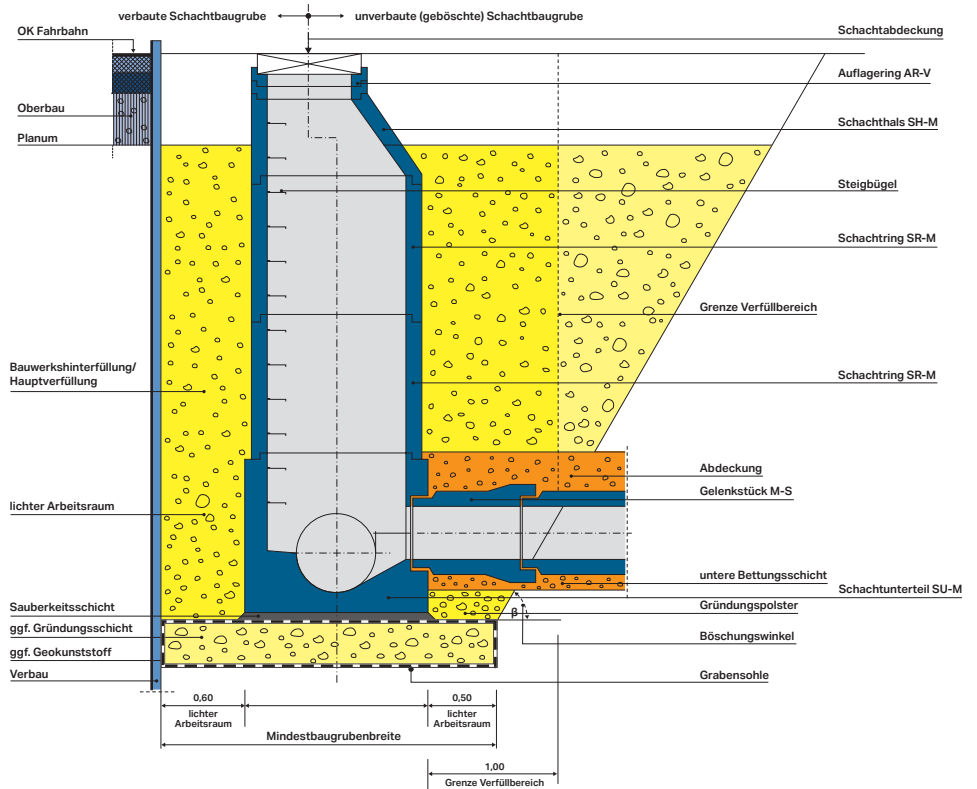


Abbildung 54: Baugrubenquerschnitt (unverbaut und verbaut) für Schachtfertigteile nach DIN 4034-1

## BAUGRUBENQUERSCHNITT MIT BAUWERK UND SCHACHTFERTIGTEILEN

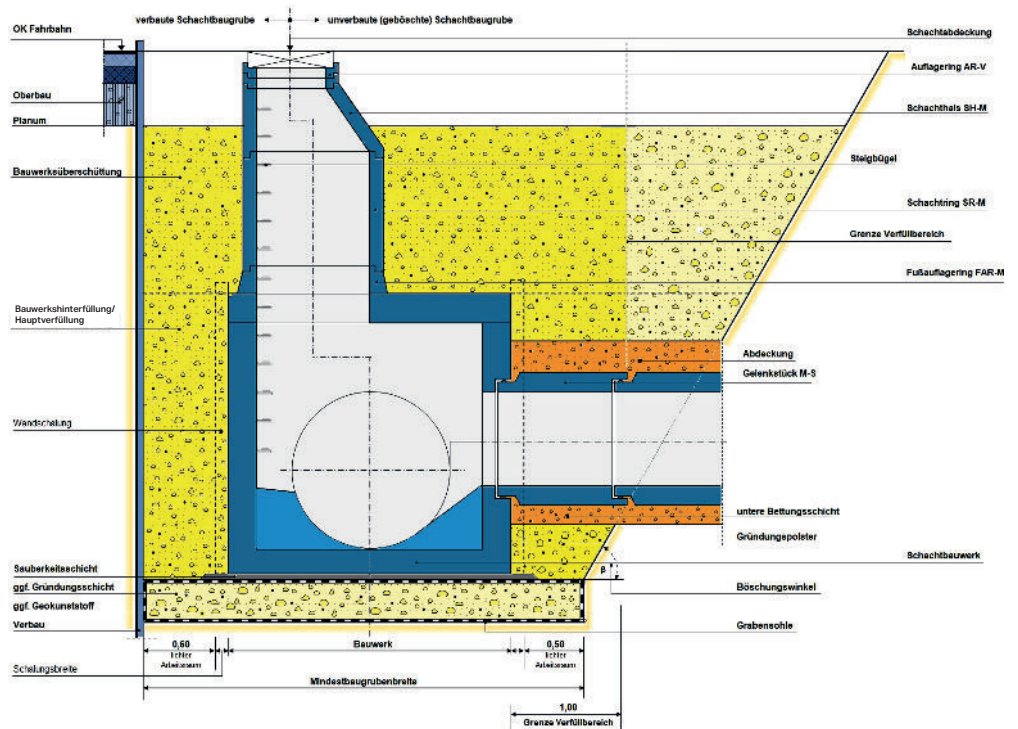


Abbildung 55: Baugrubenquerschnitt (unverbaut und verbaut) eines Fertigteilbauwerks (rund oder eckig) mit aufgesetzten Schachtfertigteilen nach DIN 4034-1

### 15.2.2. Baugrubenabmessungen

Die Abmessung der Baugrube ist abhängig von der Bauteilgeometrie sowie von den Anforderungen der Arbeitsraumbreite nach DIN 4124 und den zu verwendenden Ein-

baugerätschaften. Die Arbeitsraumbreite muss dabei mindestens

- 0,5 m bei geböschten Baugruben bzw.
- 0,6 m bei verbauten Baugruben

betragen. Dies ermöglicht einen fachgerechten und sicheren Einbau der FBS-Schachtfertigteile sowie eine fachgerechte Verdichtung der Seitenverfüllung.

Als Arbeitsraumbreite gilt bei geböschten Baugruben:

- der waagrecht gemessene Abstand zwischen dem Böschungsfuß und der Außenseite des Schachtes.

Als Arbeitsraumbreite gilt bei verbauten Baugruben:

- der lichte Abstand zwischen der Innenkante des Verbaus und der Außenseite des Schachtes.

## 15.3. Schachtverbindungen

### 15.3.1. Dichtungs- und Lastübertragungselement

Dichtelemente sind wesentliche Bestandteile von Bauteilen der Entwässerung. Grundsätzlich sind bei FBS-Schächten nur Dichtungselemente nach DIN EN 681-1 und nach den erhöhten Anforderungen gemäß FBS-Qualitätsrichtlinie QR4060 zulässig.

Zwischen den einzelnen Schachtfertigteilen ist eine gleichmäßige, nicht federnde vertikale Lastübertragung sicherzustellen. Die Lastübertragung muss so gestaltet sein, dass ein vertikaler Abstand der Schachtfertigteile von der Spitzendstirnfläche zum Muffenspiegel von 15 mm nicht überschritten wird. Die Mitgliedsunternehmen des FBS haben hierfür integrierte Lastausgleichselemente, die Bestandteile von Schachtdichtungen sein können.

#### HINWEIS

Sofern sich im Verbindungssystem kein Lastübertragungselement befindet, kann eine Frischmörtelschicht mit einer maximalen Dicke von 10 mm verwendet werden. Bei der Vermörtelung von Schachtfertigteilen ist ein Frischmörtel nach DIN 19573 der Mörtelgruppe III zu verwenden. Für andere Lastübertragungselemente muss ein Eignungsnachweis nach DIN 4034-1 vorliegen.

Die Verbindung von FBS-Schachtfertigteilen kann dabei in verschiedenen Varianten ausgeführt werden, hier eine Auflistung der Möglichkeiten:

- Werkseitig fest in der Muffe eingebaute Dichtung mit losem Lastübertragungselement auf dem äußeren Spitzendspiegel (Abbildung 56),
- Werkseitig fest in der Muffe eingebaute Dichtung mit fest im Muffenspiegel eingebautem Lastübertragungselement (Abbildung 57),



#### INFORMATIONEN ARBEITSRAUM



#### VERTIKALE LAST- ÜBERTRAGUNG



#### FIRSCHMÖRTEL ZUR LASTÜBERTRAGUNG



#### 7 SCHACHTVER- BINDUNGSARTEN

- Werkseitig fest in der Muffe eingebaute Dichtung mit fest eingebautem Lastausgleichselement auf der äußeren Muffenstirnfläche (Abbildung 58),
- Gleitringdichtung auf dem Spitzende mit losem Lastübertragungselement auf dem äußeren Spitzendspiegel (Abbildung 59),
- Gleitringdichtung auf dem Spitzende mit anvulkanisiertem Lastübertragungselement auf der inneren Spitzendstirnfläche (Abbildung 60).
- Werkseitig fest in der Muffe eingebaute Dichtung mit Frischmörtelschicht auf dem äußeren Spitzendspiegel (ohne Abbildung)
- Gleitringdichtung auf dem Spitzende mit Frischmörtelschicht auf dem äußeren Spitzendspiegel (ohne Abbildung)

Beim Einbau der Schachtfertigteile ist auf die Kompatibilität der Verbindungssysteme zu achten. Hier wird eine konsistente Verwendung der Verbindungssysteme empfohlen.



Abbildung 56: Schacht mit fest in der Muffe eingebauter Dichtung und losem Lastübertragungselement auf dem äußeren Spitzendspiegel

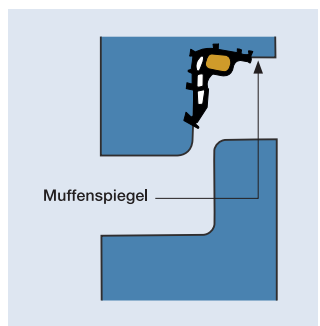


Abbildung 57: Schacht mit fest in der Muffe eingebauter Dichtung und fest im Muffenspiegel eingebautem Lastübertragungselement

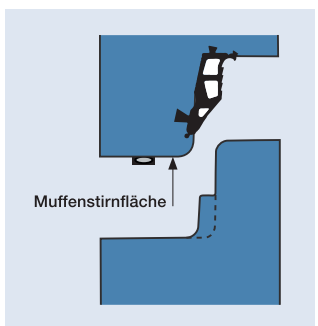


Abbildung 58: Schacht mit fest in der Muffe eingebauter Dichtung und fest eingebautem Lastübertragungselement auf der äußeren Muffenstirnfläche (mit oder ohne Stützschulter)

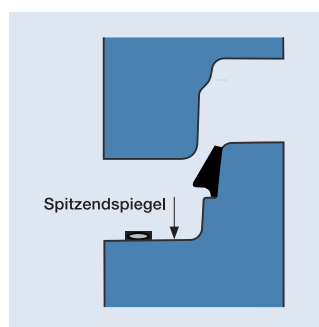


Abbildung 59: Schacht mit Gleitringdichtung auf dem Spitzende und losem Lastübertragungselement auf dem äußeren Spitzendspiegel

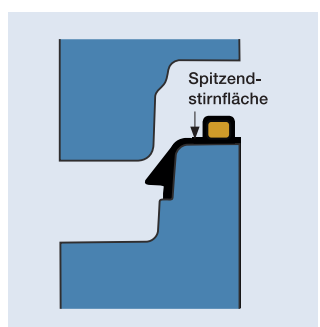


Abbildung 60: Schacht mit Gleitringdichtung auf dem Spitzende und anvulkanisiertem Lastübertragungselement auf der inneren Spitzendstirnfläche

### 15.3.2. Gleitmittel

Das Gleitmittel ist wesentlicher Bestandteil beim Einbau von Schachfertigteilen sowie bei der Anbindung von Rohren an Schächte. Es hat die Funktion, die Montagekräfte beim Zusammenfügen von FBS-Bauteilen deutlich zu reduzieren. Dabei ist wichtig, das vom Schachthersteller mitgelieferte bzw. vom Dichtmittelhersteller zugelassene Gleitmittel zu verwenden.

#### HINWEIS

Bei selbstschmierenden Dichtungen darf kein Gleitmittel bei der Montage eingesetzt werden. Für die korrekte Anwendung siehe Kapitel 11.4.

### 15.4. Verfüllbaustoffe

Bei der Bauwerkshinterfüllung und -überschüttung bzw. die Hauptverfüllung wird empfohlen, die gleichen Verfüllbaustoffe wie für den Leitungsgraben zu verwenden (Filterstabilität beachten).

Zur Sicherstellung eines schadenfreien Einbaus wird unabhängig von der Baugrubenform und dem Leitungsgraben ein maximales Größtkorn von 64 mm für die Bauwerkshinterverfüllung/Hauptverfüllung empfohlen.

Bei geböschten Baugruben sollte der Hinterfüllbereich (der Bereich, bis zu dem die Verfüllung umzusetzen ist) mindestens 1 m gegenüber dem angrenzenden Erdkörper betragen.

Bei der Verwendung von aufbereiteten Verfüllbaustoffen sind die entsprechenden Anforderungen und Nachweise durch einen Eignungsnachweis zu erbringen. Für das Verfüllen der Baugrube und des Leitungsgrabens können ebenso ZFSV eingesetzt werden (siehe analog der Verwendung von ZFSV im Rohrleitungsgraben Kap. 12.5)

### 15.5. Anbauverdichter

Baggergeführte Anbauverdichter eignen sich zur effizienten Verdichtung von Leitungsgraben und Baugrube. Aufgrund ihres hohen Anpressdrucks und ihrer starken Verdichtungskraft kann oftmals eine höhere Verdichtungswirkung gegenüber konventionellen Verdichtungsgeräten erreicht werden. Aufgrund der großen Kräfte und der damit verbundenen Tiefenwirkung sowie zwecks Schadensvermeidung sind die Einsatzmöglichkeiten von baggergeführten Anbauverdichtern sorgfältig zu prüfen.

Voraussetzung für den Einsatz und die fachgerechte Anwendung von baggergeführten Anbauverdichtern ist die Erfüllung nachfolgender Anforderungen:

- Dienstgewicht und Schütthöhen sind gemäß Tabelle 5, Seite 48 einzuhalten,
- die Schütthöhe der Abdeckung (mind. 300 mm oberhalb des Rohrscheitels der angeschlossenen Rohrleitung) ist entsprechend den Angaben in Tabelle 5 möglichst groß zu wählen,



**GRÖSSTKORN  
VON 64 MM**



**VERWENDUNG  
ANBAUVERDICHTER**

- elektronischer Auflastassistent zur Kontrolle der Auflast,
- der seitliche Abstand zur Schachtaußenwand von 10 cm ist einzuhalten (zweischalenförmige Lastausbreitung im Erdreich und Gefahr von Beschädigungen am Bauwerk),
- die Baugrubenverfüllung ist rundum gleichmäßig einzubauen,
- die Verdichtung der Baugrubenverfüllung hat von der Baugrubenwand zum Schacht zu erfolgen,
- Verwendung einer Frequenzkontrolle zur Steuerung der richtigen Frequenz und Leistung des baggergeführten Anbauverdichters,
- im Bauwerksüberfüllbereich bis 1,0 m über Oberkante Übergangsplatte des Bauwerks dürfen nur geeignete kleine baggergeführte Anbauverdichter (mit einer maximalen Breite von 0,4 m und einer Fliehkraft kleiner 25 kN) eingesetzt werden (Tabelle 5),
- eine bzw. (nach Bedarf) mehrere Probeverdichtungen zur Festlegung der Schütthöhen und Verdichtungszeiten sind vor Beginn des Einsatzes durchzuführen und zu dokumentieren.



#### **HINWEIS**

Es dürfen nur baggergeführte Anbauverdichter mit elektronischem Auflastassistent zur Kontrolle der Auflast verwendet werden, um Schäden an Bauwerken zu vermeiden.

# 16. Schachteinbau – Durchführung und Hinweise

### 16.1. Allgemeines

Beim Einbau von Schachtfertigteilen und Rohren ist die Qualität der Erdarbeiten im Bereich der Baugrube maßgeblich für die Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit, Betriebssicherheit und die bestimmungsgemäße Nutzungsdauer der Bauwerke verantwortlich.

Hinweise für den Einbau bei niedrigen Temperaturen:

- bei Frost kann es erforderlich sein, die Baugrubensohle zu schützen,
- gefrorenes Material darf für die Baugrubenverfüllung nicht verwendet werden,
- bei Frost ist dafür zu sorgen, dass sich in den Bauteilen kein Wasser ansammeln kann.

Nachfolgend werden die einzelnen Arbeitsschritte zum Einbau von Schachtfertigteilen erläutert und beschrieben.

Diese gliedern sich in

- Erstellung der Baugrube und der Gründungsschicht
- Einbau der Schachtfertigteile
- Verfüllung und Verdichtung
- Rückbau des Baugrubenverbaus
- Prüfungen beim Schachteinbau

### 16.2. Erstellung der Baugrube und der Gründungsschicht

Die Baugrubensohle ist gemäß den Vorgaben der Planung und der objektbezogenen Statik umzusetzen. Detaillierte Angaben zur Ausbildung der Baugrubensohle bzw. zur Tragfähigkeit der Gründungsschicht sind dem Geotechnischen Bericht zu entnehmen.

#### HINWEIS

Bei Abweichungen von Einbautiefe bzw. Lastannahmen gegenüber der DIN 4034-1 ist eine objektbezogene Statik aufzustellen.

Sofern die Baugrubensohle ausreichend tragfähig ist, kann diese als Gründungsschicht für das Bauwerk verwendet werden.

Bei instabilen und nicht tragfähigen Baugrundverhältnissen ist ein Bodenaustausch erforderlich, um eine standfeste Gründungsschicht herzustellen. Die Dicke der Gründungsschicht wird vom Planer vorgegeben.



**EINBAU BEI NIEDRIGEN TEMPERATUREN**



**BAUGRUBENSOHLE**



**BODENAUSTAUSCH**

## GEEIGNETES GRÜNDUNGSMATERIAL



Für die Erstellung einer Gründungsschicht eignen sich:

- Grobkörnige Böden (Filterstabilität beachten)
- Beton C12/15 unbewehrt
- Beton C16/20, empfohlen C20/25, bewehrt.

Die Baugrubensohle muss zum Einbau von Schachtfertigteilen stets wasser- und frostfrei sein.

## NACHWEIS AUF- TRIEBSSICHERHEIT



Im Rahmen der Planung ist der Nachweis der Auftriebssicherheit zu führen. Sofern während der Bauausführung Abweichungen in Bezug zu dem Bemessungswasserstand festgestellt werden, ist ein neuer Nachweis zur Auftriebssicherheit erforderlich und Rücksprache mit dem Auftraggeber bzw. Planer zu führen.

### 16.3. Einbau der Schachtfertigteile

#### 16.3.1. Erstellung der Sauberkeitsschicht

## SAUBERKEITS- SCHICHT



Auf die Baugrubensohle bzw. die Gründungsschicht wird zunächst eine Sauberkeitsschicht von ca. 10 cm Stärke aufgebracht. Diese dient als Trennlage zwischen anstehendem Boden und den aufragenden Bauteilen. Die Sauberkeitsschicht ist profilgerecht und eben herzustellen. Für die Sauberkeitsschicht eignen sich folgende Materialien:

- Splitt
- Sand/Kies
- Beton (mind. C12/15)

Sofern die Baugrubensohle bereits mittels Bodenaustausch unter Verwendung von Splitt bzw. Sand/Kies hergestellt wurde, kann auf eine zusätzliche Sauberkeitsschicht verzichtet werden.

Bei einer Sauberkeitsschicht aus Beton ist zum Ausgleich von Unebenheiten das Aufbringen einer mindestens 25 mm dicken Frischmörtel- oder feinkörnigen Splitt-/ Sandschicht erforderlich.

Der seitliche Überstand der Sauberkeitsschicht sollte mindestens 5 cm betragen und umlaufend ausgeführt werden.

#### 16.3.2. Einbau Schachtunterteil und Anschluss der Rohrleitung

##### 16.3.2.1. Allgemeines

Beim Einbau von Schachtunterteilen können in der Praxis zwei verschiedene Varianten auftreten.

## VARIANTE A: NEUBAU



Zum einen kann der Schachteinbau während der Erstellung einer Rohrleitung erfolgen, demnach wird der Schacht an die Rohrleitung angeschlossen (Variante A, Neubau).

Zum anderen ist es ebenso möglich, dass ein neuer Schacht in die Leitungsführung einer bestehenden Rohrleitung zu integrieren ist (Variante B, Bestandskanal).



### VARIANTE B: BESTANDSKANAL

Beide Varianten werden nachfolgend getrennt voneinander beschrieben.

Aufgrund unterschiedlicher Sohlhöhen von Rohren und Schachtfertigteilen kann das Gelenkstück bis zum Einbau des Schachtfertigteils nicht fachgerecht eingebettet werden. Das Gelenkstück ist aus diesem Grund lage- und höhenmäßig zu sichern. Nach dem Einbau des FBS-Schachtfertigteils wird ein Gründungspolster lagenweise bis auf Höhe der unteren Bettungsschicht eingebaut und verdichtet (Abbildung 61). Dabei muss ein Verdichtungsgrad von  $D_{pr} > 97\%$  erreicht werden.

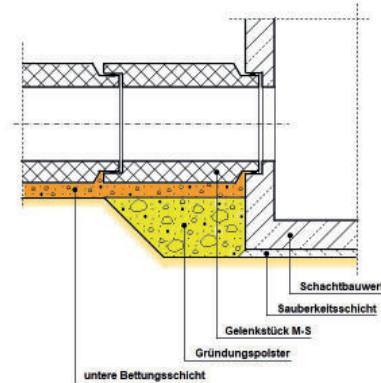


Abbildung 61: Gründungspolster Gelenkstück

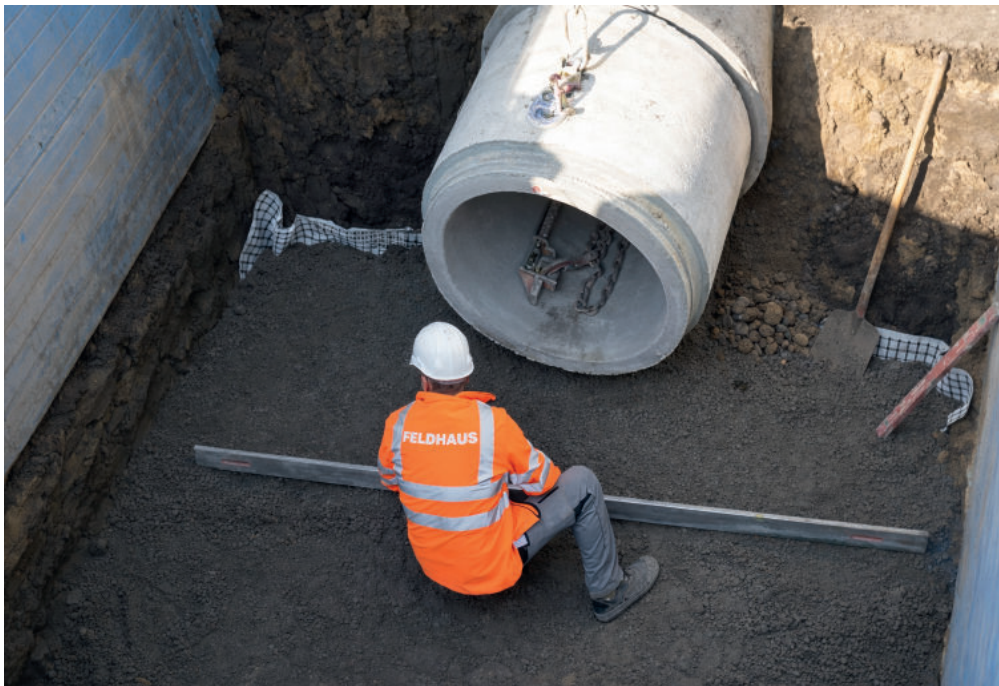


Abbildung 62: Herstellung der Sauberkeitsschicht für Schachtbauwerke

### 16.3.2.2. Variante A: Rohranschluss an Schachtbauwerk (Neubau)



### VARIANTE A: NEUBAU

Beim Neubau werden Schachtunterteile anschlussfertig mit angeformter/integrierter Muffe bzw. einbetoniertem Anschlussstück hergestellt und auf die Baustelle geliefert.

#### HINWEIS

Bei Rohren und Schächten von unterschiedlichen Herstellern ist auf eine aufeinander abgestimmte Fügung zu achten. Es wird daher empfohlen, vor Bestellung Kontakt mit den entsprechenden Rohr- und Schachtherstellern aufzunehmen.

Aufgrund der unterschiedlichen Setzungspotentiale von Rohrleitungen und Schachtbauwerken ist der Anschluss stets doppelgelenkig auszuführen. Der doppelgelenkige Anschluss kann dabei wie folgt ausgebildet sein:

- Gelenkstück mit Ausführung Spitzende/Spitzende (SS),
- Gelenkstück mit Ausführung Spitzende/Muffe (SM),

Je nach Durchmesser der Rohrleitung werden seitens FBS unterschiedliche Baulängen für zugehörige Gelenkstücke empfohlen.

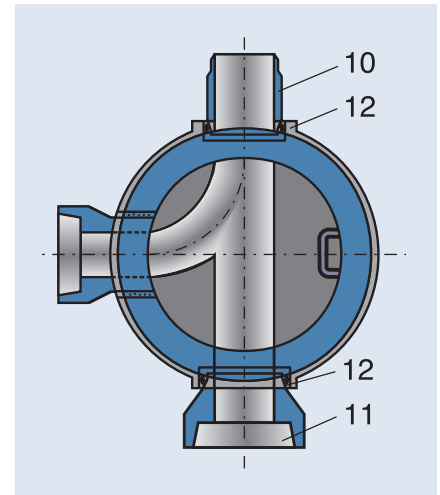


Abbildung 63: Anschlussmöglichkeiten an Schachtunterteile

Tabelle 6:

Durchmesser	Baulänge
≤ DN 600	l ≤ 1,00 m
DN 700 bis DN 1200	l ≤ 1,50 m
≥ DN 1300	l = Regelbaulänge



**HINWEIS**

Für den Anschluss von FBS-Rohren mit anderen Querschnittsformen oder bei anderen Werkstoffen sind entsprechend geeignete Anschlussstücke zu verwenden.

**GLEITMITTEL-AUFTRAG**



Vor dem Einbau des FBS-Schachtunterteils ist Gleitmittel mittels eines Handschuhs deckend auf dem Spitzende des FBS-Rohres (Abbildung 64) sowie auf der Dichtung des Rohranschlusses (Schachtfutter, Abbildung 65) aufzutragen. Bei FBS-Rohren mit Spitzendichtung und Rohranschluss ohne Dichtung gilt dies analog. Hierbei sind ebenso die Verarbeitungshinweise des Gleitmittel- oder Rohr- bzw. Schachtherstellers zu beachten.



Abbildung 64: Gleitmittelauftrag auf dem Spitzende



Abbildung 65: Gleitmittelauftrag am Rohranschluss (Schachtfutter)

Das Schachtunterteil ist anschließend axial an das bereits eingebaute Gelenkstück bzw. Rohr heranzuführen und anzuschließen. Das Schachtfertigteil sollte sich während des gesamten Einbauvorgangs frei hängend am Hebegerät befinden (Abbildung 66). Hierdurch kann die Dichtung gleichmäßig erfasst und ein zwängungsfreies, zentrisches Zusammenführen in Richtung der Rohrachse ermöglicht werden. Das Zusammenziehen kann sodann mittels Zuggeräten (Rohrzuggeräte und/oder sonstigen Hilfsvorrichtungen) oder mithilfe von Pressen erfolgen.



Abbildung 66: Einbau FBS-Schachtunterteil

Beim Verbinden von Rohr und Schacht ist ebenfalls – analog zur Verbindung von Rohr zu Rohr – auf die Verwendung von Stoßfugenbegrenzern zu achten (vgl. Kap. 12.4), um eine dauerhaft gelenkige Verbindung zu ermöglichen und Schäden in Form von Rissen, Abplatzungen oder Muffenplatzer zu vermeiden.

**HINWEIS** – Das Zusammenführen mit dem Baggerlöffel ist aufgrund der unkontrollierten Krafteinleitung unzulässig.

Das Schachtunterteil ist nach dem Abschluss des Zusammenziehvorgangs vollflächig auf die Sauberkeitsschicht abzusetzen und im Hinblick auf Lage und Höhe zu kontrollieren. Sofern keine Korrekturen erforderlich sind, kann das Gelenkstück nun vollflächig unterstopft werden. Hierbei sollte dem Gründungsposter im Zwickel- und Rohranschlussbereich besondere Beachtung geschenkt werden).

Der weitere Einbau der an den Schacht anschließenden, nachfolgenden Rohre (FBS-Gelenkstück und weitere FBS-Rohre) erfolgt analog zum Einbauvorgang von Rohren



## VERBINDUNG ROHR UND SCHACHT



## STOSSFUGENBEGRENZER VERWENDEN



## UNTERSTOPFEN ANSCHLUSSBEREICH

(siehe Kap. 11). Nach erfolgreichem Einbau des Schachtunterteils kann mit dem Einbau von Schachtaufbauteilen fortgefahren werden (siehe Kap. 16.3.2).

### 16.3.2.3. Variante B: Anschluss an bestehende Rohrleitung (Bestandskanal)

Sofern ein Schachtbauwerk in eine bestehende Leitungsführung (nachträglich) zu integrieren ist, sind nacheinander folgende Arbeitsschritte vorzunehmen, die nochmals auf die Gegebenheit vor Ort abzustimmen sind:

- die bestehende Rohrleitung ist durch Trennschnitte auf die entsprechende Länge zu öffnen
- die ausgeschnittenen Rohrbestandteile sind zu entfernen,
- der Abstand der zwei Trennschnitte muss situativ ausreichend gewählt werden, um die folgenden Bauteile zwischen beiden aufgetrennten Enden einbauen zu können:
  - zwei Anschlussstücke mit Rohrmanschetten (auf beiden Rohranschlussseiten)
  - Schachtunterteil
  - Schaftstück (Rohr mit zwei geschnittenen Enden) mit Manschette
- Anschlussstück an den Bestandskanal anschließen.
- Schachtunterteil so positionieren, dass ein Einbau der anzuschließenden Rohrleitungen axial erfolgen kann.
- Anschließend das zweite Anschlussstück an das Schachtunterteil montieren.
- Montage des Schaftstücks vornehmen und Einbindung abschließen.



#### HINWEIS

Zur fachgerechten Verwendung der Rohrmanschetten wird auf die Montageanleitung des Manschettenherstellers verwiesen.

#### BEWEHRUNGS- SCHUTZ



Bei Stahlbetonrohren ist der freigelegte Bewehrungsstahl durch geeignete Maßnahmen vor Korrosion zu schützen, z. B. durch Auftrag von ein- oder mehrlagigen Oberflächenschutzsystemen. Ebenso können hierzu die Herstelleranleitungen und die ZTV-ING Teil 3 Massivbau Abschnitt 3 bis 4 als Orientierung herangezogen werden.

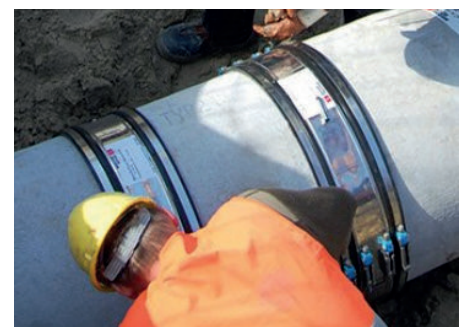


Abbildung 67: Eingebaute Rohrmanschette

### 16.3.3. Einbau FBS-Schachtaufbauteile

Nach dem Einbau des Schachtunterteils erfolgt der Einbau der Schachtaufbauteile. Diese sind derart auszurichten, dass die eventuell vorhandenen innenliegenden Steiggänge fluchtgerecht übereinander angeordnet sind.

#### SCHACHTAUF- BAUTEILE



**HINWEIS**

Hierbei ist aus Sicherheitsgründen auf der Außenfläche, vor dem Einheben in die Baugrube, eine entsprechende Markierung am Betonbauteil anzubringen. Diese Markierung kann auch werkseitig auf den Schachtaufbauteilen außen, z. B. in Form von einer Erhöhung/Vertiefung (Abbildung 68) oder einer farblichen Markierung (Abbildung 69), angebracht sein. Alle Schachtaufbauteile sind so einzubauen, dass diese Markierungen lotrecht übereinander angeordnet werden.



Abbildung 68: Schachtringmarkierung als Erhöhung außen



Abbildung 69: Steiggangmarkierung außen

Beim Einbau von Schachtfertigteilen können selbstschmierende Dichtungselemente verwendet werden. Hierbei ist der Einsatz von zusätzlichem Gleitmittel nicht erforderlich.

Vor dem Einbau sind die Verbindungsbereiche von Schachtfertigteilen (Spitzende und Muffe) zu reinigen.

Sofern lose Lastübertragungsmittel verwendet werden, sind diese vor dem Einbau der Schachtfertigteile aufzubringen (alternativ Verwendung von Frischmörtelschicht (Abbildung 61/62)).



Abbildung 70: Gleitmittelauftrag Schachtbauerteile

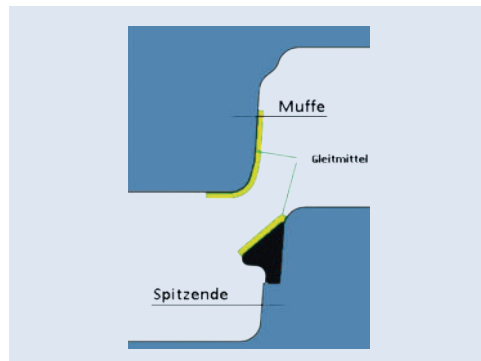


Abbildung 71: Auftragen Gleitmittel auf Spitzende und Muffe

Lose angelieferte Gleitringdichtungen müssen nach dem Aufziehen entspannt werden, bspw. mittels händischem Ziehen über den Umfang verteilt, um eine gleichmäßige Vorspannung zu erreichen.



**TO-DO'S VOR DEM EINBAU**

## GLEITMITTEL- AUFTRAG



Anschließend ist das Gleitmittel mit einem Handschuh deckend auf dem Spitzende des FBS-Schachtaufbauteils (Abbildung 70) aufzutragen. Bei FBS-Schachtaufbauteilen mit Dichtungselement am Spitzende ist das Gleitmittel analog auf die Betonfläche in der Muffe des nachfolgend einzubauenden FBS-Schachtaufbauteils aufzubringen.



### HINWEIS

Zur Auftragung des Gleitmittels im innenliegenden Muffenbereich, unterhalb des jeweils aufzusetzenden Schachtaufbauteils, sind geeignete Maßnahmen zur Gefahrenabwehr bzw. Unfallverhütung zu treffen.

Es ist zu beachten, dass Arbeiten unter schwebenden Lasten verboten sind, hier besteht Lebensgefahr!

## MARKIERUNG VERTIKALE AUSRICHTUNG



Alle Schachtaufbauteile sind lotrecht und zentrisch aufeinander zu setzen. Eventuell außen angebrachte Markierungen zur vertikalen Ausrichtung von Steiggängen sind zu beachten.

Beim Versetzen von Schachtaufbauteilen sind geeignete Lastaufnahmemittel zu verwenden (bspw. Abbildung 72, Abbildung 73 und Abbildung 74). Hierbei ist die Bedienungsanleitung des Herstellers zu beachten.



Abbildung 72: Schachtringheber (WIMAG)



Abbildung 73: Schachtgreifer (Schachtfix)



Abbildung 74: Schachtzange (WIMAG)

## HÖHENAUSGLEICH AUFLAGERING



Ein erforderlicher Höhenausgleich zur Schachtabdeckung bzw. zur Geländeoberfläche ist mit verschiebesicheren Auflagern, die aufzumörteln sind, herzustellen. Die Gesamthöhe der verbauten Auflagern darf 240 mm nicht überschreiten.

## NIEDRIGE UMGE- BUNGSTEMPERATUREN



Beim Zusammenfügen von Schachtaufbauteilen bei niedrigen Umgebungstemperaturen sind die Dichtelemente restlos von Frost bzw. Vereisung zu befreien. Dichtmittel aus Elastomeren sind grundlegend bei Temperaturen von  $-10^{\circ}\text{C}$  bis  $+70^{\circ}\text{C}$  funktionssicher. Gleitmittel sind bei jedem Wetter von  $-10^{\circ}\text{C}$  bis  $+50^{\circ}\text{C}$  einsetzbar, eine frostfrei Lagerung vorausgesetzt. Beim Einbau bei niedrigen Temperaturen sind folgende Hinweise, bezogen auf die maßgebende Temperatur von Umgebung oder Bauteil, zu beachten:

- $\geq 0^{\circ}\text{C}$ : keine Einschränkungen zu erwarten.
- $\geq -5^{\circ}\text{C}$  bis  $< 0^{\circ}\text{C}$ : geringe Einschränkungen zu erwarten:  
Es ist von einer Reduzierung der Wirksamkeit der eingesetzten Gleitmittel und von erhöhten Montagekräften auszugehen.
- $< -5^{\circ}\text{C}$ : wesentliche Einschränkungen zu erwarten:  
Es ist von einer verminderten Dichtleistung der Dichtelemente und reduzierter Wirksamkeit der eingesetzten Gleitmittel auszugehen. Folglich ist mit stark erhöhten Montagekräften und mit einem höheren Risiko von Beschädigungen zu rechnen. Unter vorgenannten Bedingungen wird von einem Einbau abgeraten.

### 16.3.4. Einbau Tangentialschacht

Tangentialschächte sind grundsätzlich ab Rohrenweite DN 700 möglich und werden analog zu Rohren im Leitungsgraben eingebaut. Beim Einbau aufzusetzender Schachtaufbauteile (Schachtringe, Konus etc.) ist eine vertikal lotrechte und axiale Ausrichtung zu beachten.

Die Lastaufnahmemittel am Schachtansatz sind ausschließlich zum Ausrichten des Tangentialschachtes bestimmt. Sofern das Rohr mit dem angeformten Tangentialschacht keinen Fuß besitzt, ist nach dem Einbau auf ein sorgfältiges Unterstopfen des Rohres, insbesondere unterhalb des angeformten Schachtes, zu achten, um einen Kippen des Tangentialschachtes zu vermeiden. Bei Ausbildung einer Betonbettung ist der Schacht durch einen Betonkeil (mindestens C12/15) zu sichern (Abbildung 75). Eine Ausführung mit bis zur Sohle durchgehendem Tangentialschacht ist ebenfalls möglich (Abbildung 76).



#### EINBAU TANGENTIALSCHACHT

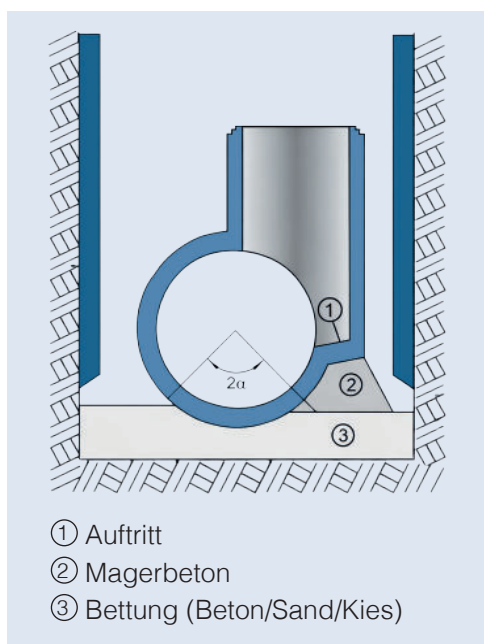


Abbildung 75: Einbau Tangentialschacht auf Magerbeton

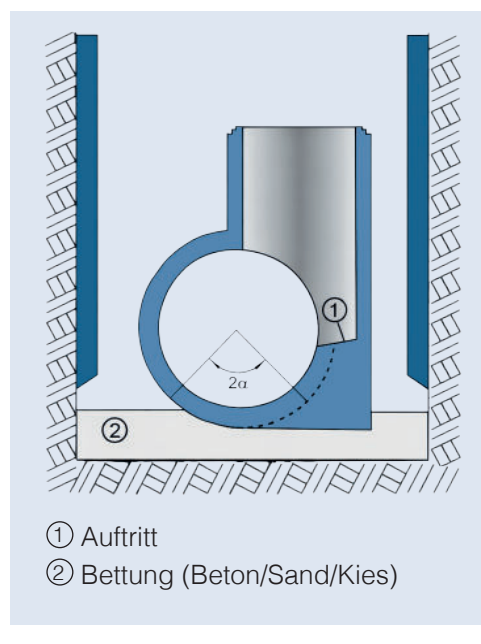


Abbildung 76: Einbau eines bis zur Sohle durchgehenden Tangentialschachts

Die Verwendung von Gelenkstücken ist bei einem Tangentialschacht nicht erforderlich.

Der weitere Einbau der aufgehenden FBS-Schachtaufbauteile auf den Tangentialschacht erfolgt analog Kapitel 18.3.3.

## 16.4. Verfüllung und Verdichtung

### 16.4.1. Baugrubenverfüllung

Im Bereich der Baugrubenverfüllung ist wesentlich auf die Qualität der Erdbaumaßnahmen zu achten, um Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit, Betriebssicherheit und die bestimmungsgemäße Nutzungsdauer der Schachtfertigteile langfristig zu gewährleisten.

#### MATERIAL FÜR BAUWERKSHINTERFÜLLUNG



Ein für die Bauwerkshinterfüllung und -überschüttung geeignetes Verfüllmaterial muss gut verdichtbar sein und ist umlaufend um den FBS-Schacht (Arbeitsraum beachten) gleichmäßig in Lagen einzubringen und sorgfältig zu verdichten. Das Größtkorn sollte dabei 64 mm nicht überschreiten.

Schütthöhe, Verfüllmaterial und das zum Einsatz kommende Verdichtungsgerät sind aufeinander abzustimmen. Schütthöhe und Anzahl der Übergänge beziehungsweise Einsatzzeit können für gängige Verdichtungsgeräte aus Tabelle 5, Seite 40 (ebenso Arbeitsblatt DWA-A 139) entnommen werden.



#### HINWEIS

Im Bereich der angeschlossenen Rohrleitungen gelten die Anforderungen analog zur Herstellung der Hauptverfüllung (Kapitel 12).

In Sonderfällen, z. B. bei engen Baugrubenverhältnissen, die keine Verdichtung zulassen, kann der Arbeitsraum teilweise oder ganz mit fließfähigen Materialien (z. B. Bodenmörtel, Dämmen, Beton, ZFSV) hinterfüllt werden. Dabei ist auf einen dauerhaften Formschluss zwischen Schacht, Boden und Verfüllmaterial zu achten.

Im gesamten Hinterfüllbereich muss ein Verdichtungsgrad von  $D_{Pr} > 97\%$  erreicht werden.

Ergänzend wird auf die Angaben der ZTV E-StB für Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenraum verwiesen.

### 16.4.2. Verwendung von zeitweise fließfähigen, selbstverdichtenden Verfüllbaustoffen (ZFSV)

#### ZFSV



Die Anforderungen und die Verwendung von ZFSV in der Baugrube erfolgen analog zum Einsatz im Leitungsgaben (Kap. 13.5).

Darüber hinaus ist bei Schachtfertigteilen zu beachten, dass der Einsatz von ZFSV nur für die Baugrubenhinterfüllung und -überschüttung zulässig ist (Verhinderung von eventuellem Aufschwimmen).

## 16.5. Rückbau des Baugrubenverbaus

Der Baugrubenverbau darf nur dann entfernt werden, soweit er durch das Verfüllen oder andere Baumaßnahmen entbehrlich geworden ist.

Beim Rückbau des Verbaus ist darauf zu achten, dass durch eine fachgerechte Verdichtung des Verfüllmaterials eine ausreichende Verzahnung mit dem anstehenden (gewachsenen) Boden der Baugrubenwand entsteht. Bis der Verbau vollständig aus der Baugrube entfernt ist, wechseln sich schrittweise das Ziehen des Verbaus und das unmittelbar anschließende Nachverdichten ab.

Ist ein Rückbau erst nach dem vollständigen Verfüllen möglich, z. B. beim Einsatz von Kanaldielen oder Spundwänden, ist dies im statischen Nachweis zu berücksichtigen. In besonderen Fällen ist der Verbau im Boden zu belassen.

## 16.6. Prüfungen beim Schachteinbau

### 16.6.1. Prüfungen während des Einbaus

Zur Sicherstellung einer fachgerechten Bauausführung sind während des Einbaus der Schachtfertigteile laufend Sichtprüfungen an Bauteilen und Einbauhilfsmitteln sowie Prüfungen der Erdarbeiten durchzuführen. Diese müssen im Rahmen der Eigen- und Fremdüberwachung erfolgen. Durchgeführte Prüfungen sind zu dokumentieren, ersetzen jedoch nicht die Abnahmeprüfung nach Fertigstellung der Baugrubenverfüllung und falls vorhanden nach Fertigstellung der Fahrbahnbefestigung.

Die Sichtprüfung an Schachtfertigteilen und Einbauhilfsmitteln umfasst Kontrollen bzw. Funktionsprüfungen analog zum Einbau der Rohre, nämlich u.a.:

- die Kontrolle der FBS-Schachtfertigteile inkl. der Dichtmittel auf Beschädigungen
- die Funktionskontrolle der verwendeten Einbaugeräte,
- Ausführung und Beschädigungen von Gerinne- und Auftrittsbereich und Steigang,
- die laufende Kontrolle und ggf. Justierung der Lasereinstellung,
- Richtung und Höhenlage des Schachtunterteils, Ausrichtung der Aufbauteile (z. B.: lotrechte Anordnung der Steiggänge) und der Gelenkstücke
- die Kontrolle von Verbindungsstellen auf Risse/Abplatzungen außen und ggfs. innen
- das ordnungsgemäße Verschließen der Aussparungen für Transportanker.
- Mindestfugenbreite beim eingesetzten Lastübertragungselement,
- ordnungsgemäßes Verschließen der Aussparungen bei Vorhandensein von Transportankern.

Die Ergebnisse der Sichtprüfung sind zu dokumentieren.

Eine Dichtheitsprüfung vor dem Einbringen der Baugrubenverfüllung ist zu empfehlen, ersetzt jedoch nicht die Abnahmeprüfung der Rohrleitung samt Schacht nach der Fertigstellung der kompletten Baugrubenverfüllung und falls vorhanden nach Fer-



**ENTFERNEN DES  
VERBAUS**



**SICHTPRÜFUNGEN  
CHECKLISTE**



**DHP VOR FERTIG-  
STELLUNG KANN  
NÜTZLICH SEIN**

tigstellung der Oberflächenbefestigung. Hierdurch können jedoch unter Umständen das Entfernen der fertiggestellten Rohrleitung bzw. des Schachtes, sofern ein Mangel durch Austausch behoben werden soll, vermieden werden.



#### HINWEIS

Bei einer Dichtheitsprüfung des eingebauten Schachtes mit Wasser ohne Baugrubenverfüllung hat eine ausreichende Beschwerung des Konus/Abdeckplatte gegen Auftrieb zu erfolgen.

Zur Durchführung der Dichtheitsprüfung von Schachtfertigteilen nach dem Einbau wird auf Teil D dieser Richtlinie verwiesen.

## PRÜFUNG DER ERDARBEITEN



Die Prüfung der Erdarbeiten umfasst u.a. Probeverdichtungen zu Beginn der Baumaßnahme und Verdichtungsprüfungen im Zuge des Baufortschritts.

Im Bereich der Baugrubenhinterfüllung und -überschüttung ist es zweckmäßig, den Verdichtungsgrad während des Einbaus mittels dynamischem Plattendruckversuch oder mittels Rammsondierung zu überprüfen. Zu den Prüfungen im Rahmen eines Qualitätssicherungskonzepts enthält das Arbeitsblatt DWA-A 139 weitergehende Hinweise.

### 16.6.2. Prüfungen nach Verfüllung der Baugrube

Nach Fertigstellung der Baugrubenverfüllung und Rückbau der Baugrubensicherung – und falls vorhanden nach Fertigstellung der Fahrbahnbefestigung – muss die gesamte Kanalbaumaßnahme vom Auftraggeber auf Übereinstimmung mit den Planvorgaben, der baustellenspezifischen statischen Nachweise und den vertraglichen Vereinbarungen sowie den Anforderungen der DIN EN 1610 und des Arbeitsblattes DWA-A 139 entsprechend überprüft und abgenommen werden. Hierzu zählen u.a. die

- Sichtprüfung,
- Prüfung der Verdichtung und
- Dichtheitsprüfung von Schächten und angeschlossenen Rohrleitungen.

## SICHTPRÜFUNG NACH ABSCHLUSS



Die Sichtprüfung umfasst im Wesentlichen die Kontrolle der ordnungsgemäßen Beschaffenheit von:

- Schachtfertigteilen,
- Gerinne- und Auftrittsbereich,
- Steiggang (sofern vorhanden)
- Fugenausbildung.

Sofern eine Begehung des Schachtes nicht möglich oder nicht zulässig ist, muss auf die Verwendung von TV-Inspektionstechnik zurückgegriffen werden.

Die fachgerechte Ausführung der Baugrubenverfüllung ist durch Prüfung der Verdichtung auf Übereinstimmung mit den Planvorgaben (bzw. dem statischen Nachweis, u.a. abhängig von der Einbautiefe gem. DIN 4034-1) nachzuweisen.



#### **PRÜFUNG DER VERDICHTUNG**

Gemäß DIN EN 1610 und Arbeitsblatt DWA-A 139 sind Schächte nach Verfüllen der Baugrube, Entfernen des Verbaus und falls vorhanden nach Fertigstellung der Fahrbahnbefestigung mit Wasser auf Dichtheit zu prüfen. Dies kann zeitlich und ablauftechnisch parallel mit der Dichtheitsprüfung an den Rohrleitungen bzw. Kanälen erfolgen (Kap. 14.1)



#### **DICHTHEITSPRÜFUNG NACH ABSCHLUSS**

Eine erfolgreiche Dichtheitsprüfung ist in vielen Fällen Bestätigung für einen fachgerechten Einbau der Rohrleitung und trägt wesentlich zur langlebigen Nutzungsdauer bei.

Ausführungshinweise und Beschreibungen zur Dichtheitsprüfung von Rohrleitungen, -kanälen und Schächten aus Betonbauteilen sind Bestandteil von Teil D dieser Richtlinie.

# 17. Dichtheitsprüfung – Grundlagen

### GELTUNGSBEREICH



### 17.1. Allgemeines

Als Grundlage für die Dichtheitsprüfung von Bauwerken der Kanalisation, hergestellt aus Rohren und Schächten in FBS-Qualität, können vorrangig die DIN EN 1610, das Arbeitsblatt DWA-A 139 und das Arbeitsblatt DWA-A 157 herangezogen werden.

Die Inhalte dieser Richtlinie berücksichtigen die entsprechenden Normen, Regelwerke und Unfallverhütungsvorschriften, ersetzen jedoch nicht die Gefährdungsbeurteilung. Die Anwendung dieser FBS-Richtlinie für die Dichtheitsprüfung von Kanälen und Leitungen aus Rohren und Schächten ist für Bauteile in FBS-Qualität verpflichtend. Die Richtlinie muss auf der Baustelle vorliegen und dem Anwender inhaltlich bekannt sein.



#### HINWEIS

Die Regelungen der DIN EN 1610 und des Arbeitsblatts DWA-A 139 gelten ausschließlich für neu hergestellte Abwasserleitungen und -kanäle bis zum Ende der gesetzlichen Gewährleistungspflicht. Für bestehende Abwasserleitungen und -kanäle gilt das Merkblatt DWA-M 149-6. (Abbildung 80).

Bei einem Übergang zwischen Neubau und Bestand gilt Arbeitsblatt DWA-A 139 bis ausschließlich zur begrenzenden Rohrverbindung. Die Rohrverbindung selbst darf nach Merkblatt DWA-M 149-6 geprüft werden (Abbildung 80).

Für Dichtheitsprüfungen in Wassergewinnungsgebieten gelten die Festlegungen des Arbeitsblatts DWA-A 142.

### 17.2. Anforderungen und Hinweise

Nach DIN EN 1610 und Arbeitsblatt DWA-A 139 müssen Abwasserleitungen und -kanäle einschließlich der Anschlüsse, Schächte und Inspektionsöffnungen nach Ausführung der Hauptverfüllung und Rückbau der Baugrubensicherung auf Dichtheit geprüft werden.

Entsprechende Vorgaben müssen in der Ausschreibung angegeben sein. Vor Durchführung der Dichtheitsprüfung sind die Planunterlagen heranzuziehen, aus denen Lage und Ordnungsmerkmale der zu prüfenden Objekte eindeutig hervorgehen und die die Rückverfolgbarkeit sicherstellen. Ebenso ist eine Sichtprüfung der Rohrleitung bzw. des Schachtbauwerks (mittels TV-Inspektion nach DIN EN 13508-2 / DWA-M 149-2 oder Begehung) durchzuführen.

**HINWEIS**

Bei der Sichtprüfung handelt es sich um eine gesonderte Leistung, die durch den Planer bzw. Auftraggeber auszuschreiben ist. Ebenso sind Umfang der Sichtprüfung sowie die Art und Weise der Dokumentation festzulegen.

Der Auftraggeber oder ein Vertreter (z. B. beauftragtes Ingenieurbüro) sollte bei der Dichtheitsprüfung anwesend sein. Hierfür muss das mit der Dichtheitsprüfung beauftragte Unternehmen den Auftraggeber oder einen Vertreter mit angemessener Vorlaufzeit über den Beginn und den zeitlichen Ablauf der Dichtheitsprüfung unterrichten.

Die Grundwassersituation muss zum Zeitpunkt der Dichtheitsprüfung im Bereich des Prüfobjektes bekannt sein und dokumentiert werden. In Abhängigkeit des Grundwasserstands, bezogen auf die innere Rohrsohle bzw. den inneren Rohrscheitel, ergeben sich die in Tabelle 7 dargestellten Einsatzgrenzen der Dichtheitsprüfverfahren.

Tabelle 7: Einsatzgrenzen der Dichtheitsprüfverfahren in Abhängigkeit vom Grundwasserstand nach DWA-A 139, ergänzt um das Verfahren LB

Grundwasserstand	Einsatzgrenzen der Dichtheitsprüfverfahren					
	Wasser	LD (200 mbar)	LC (100 mbar)	LB (50 mbar)	Infiltration	Bemerkung
unterhalb der Rohrsohle innen	X	X	X	X	-	-
bis 1 m über Rohrsohle innen	X	-	X	-	-	Druckluft um 1 kPa je 10 cm erhöhen
oberhalb 1 m über Rohrsohle innen	X	-	-	-	-	Druck am tiefsten Punkt max. 50 kPa; am höchsten Punkt min. 10 kPa
ab 1 m über Rohrscheitel innen	X	-	-	-	X*	* fallbezogene Prüfvorgaben sind zu definieren

+ = Einsatz möglich    - = Einsatz nicht möglich



**EINSATZGRENZEN DER DICHTHEITS-PRÜFVERFAHREN**

Die Dichtheitsprüfung von Leitungen und Kanälen aus FBS-Rohren (Leitungsprüfung) erfolgt haltungsweise (von Schacht zu Schacht) mit Wasser (Verfahren „W“) oder mit Luft (Verfahren „L“) als Prüfmedium.

**ACHTUNG**

Die erste Rohrverbindung, ausgehend von einem Schacht, ist gemeinsam mit dem Schacht zu prüfen.

In begründeten Fällen (z. B. aus baulichen oder betrieblichen Gegebenheiten) kann die Dichtheitsprüfung einzelner Rohrverbindungen (Einzelverbindungsprüfung) erfolgen. Bei Einzelverbindungsprüfungen ist sicherzustellen, dass neben den Rohrverbindungen der Hauptleitung ebenso der Anschlussbereich der Abzweige geprüft wird (z. B. mit einem 3-Blasen-Prüfgerät). Die Dichtheitsprüfung einzelner Rohrverbin-



**DHP EINZELNER VERBINDUNGEN**

## SCHÄCHTE NUR MIT WASSER PRÜFEN



dungen (auch Anschlüsse, Reparaturstellen etc.) ermöglicht jedoch keine Aussage zur Dichtheit der gesamten Rohrleitung und sollte daher nur in begründeten Ausnahmefällen durchgeführt werden.

Eine getrennte Dichtheitsprüfung von Rohrleitungen bzw. Kanälen, Schächten und Inspektionsöffnungen ist möglich. Es ist zu beachten, dass Schächte und Inspektionsöffnungen ausschließlich mit Wasser zu prüfen sind, da eine Prüfung mit Luft aus Gründen der Unfallgefährdung nicht zulässig ist.

Eine gemeinsame Dichtheitsprüfung von Rohrleitung und Schacht ist möglich, darf jedoch nur mit Wasser erfolgen.

Nach Arbeitsblatt DWA-A 157 kann bei Schächten und Bauwerken mit einer freien Wasseroberfläche von  $\leq 3,0 \text{ m}_2$  die Dichtheitsprüfung gemeinsam mit der Kanalhaltung entsprechend den Vorgaben der DIN EN 1610 und Arbeitsblatt DWA-A 157 erfolgen.

Bei Schächten und Bauwerken mit einer freien Wasseroberfläche  $> 3,0 \text{ m}_2$  muss die Dichtheitsprüfung als Einzelprüfung durchgeführt werden.

Wegen der besonderen baulichen Gegebenheiten können für Rohrleitungen  $> \text{DN } 1000$  und zugehörige Schächte/Bauwerke Art und Umfang der Dichtheitsprüfung im Einzelfall festgelegt werden. Für weitere Informationen wird auf das Arbeitsblatt DWA-A 157 verwiesen.

Die Dichtheitsprüfung als Leitungsprüfung muss an möglichst langen Prüfabschnitten (haltungsweise von Schacht zu Schacht ist hierbei zu empfehlen) erfolgen und kann entweder mit Wasser oder mit Luft durchgeführt werden. Die Prüfabschnitte dürfen nur in begründeten Fällen (z. B. aus baulichen oder betrieblichen Gegebenheiten) verkürzt werden.

Alle Abzweige im Bereich des Prüfabschnittes müssen vor der Leitungsprüfung sowohl im begehbaren als auch im nicht begehbaren Nennweitenbereich verschlossen werden, sofern Hausanschlussleitungen nicht mitgeprüft wird.

Eine Dichtheitsprüfung gilt als bestanden, wenn der zulässige Druckabfall (bei Verfahren „L“) bzw. der zulässige Wasserzugabewert (bei Verfahren „W“) während der Prüfzeit nicht überschritten wird.

## ERGEBNIS DER WASSERPRÜFUNG IST MAßGEBEND



### ACHTUNG

Im Zweifelsfall ist das Ergebnis der Leitungsprüfung vor den Prüfergebnissen der Einzelverbindungsprüfungen maßgebend. Die Dichtheitsprüfung mit Wasser entspricht den Betriebsbedingungen in einem Kanal und ist für die Beurteilung der Dichtheit entscheidend.

### 17.3. Protokollierung der Dichtheitsprüfung

Ein Protokoll über die Dichtheitsprüfung ist für jede einzelne (auch nicht bestandene) Prüfung und Referenzmessung nach Beendigung durch den Aufsichtführenden vor Ort zu erstellen und mit einer Unterschrift zu bestätigen. Das Protokoll muss folgende Angaben zur Durchführung und dem Ergebnis der Dichtheitsprüfung beinhalten:

- Gemessene Druckdifferenz bzw. Wasserzugabe,
- Messgrafik bei einer Luftüberdruckprüfung: grafische Darstellung des Druckverlaufs (Füllkurve, Beruhigungsphase, Prüfphase, Entlüftungskurve) über die Prüfzeit mit Angabe des geforderten Prüfdrucks, der zulässigen Druckdifferenz, dem Beginn und dem Ende der erforderlichen Beruhigungszeit, dem Beginn und dem Ende der Prüfzeit,
- Angaben zu Korrekturmaßnahmen während der Dichtheitsprüfung,

Die Prüfprotokolle sind mit einer fortlaufenden Nummer zu versehen und für mindestens 10 Jahre zu archivieren.

#### HINWEIS

Protokollmuster für die Verfahren „L“ und „W“ sowie Checklisten zu „Planung, Ausschreibung und Durchführung der Dichtheitsprüfungen“ sind in Anhang G des Arbeitsblattes DWA-A 139 enthalten und werden zur Anwendung empfohlen.

### 17.4. Qualifikationsanforderungen

Zur Durchführung der Dichtheitsprüfung sollte das ausführende Unternehmen die Eignung nach RAL-GZ 961 Ausführungsbereich D oder nach Merkblatt DWA-M 190 nachweisen.

Das Prüfpersonal muss zur Durchführung der Dichtheitsprüfung und zur Bewertung der Untersuchungsergebnisse entsprechend ausgebildet und erfahren sein. Die entsprechenden Nachweise (durch Zertifikate o.ä.) sind auf der Baustelle vorzuhalten.

Die Arbeiten müssen von einem Aufsichtführenden geleitet und ständig überwacht werden, der über einschlägige Kenntnisse in der Durchführung von Dichtheitsprüfungen und deren Messtechnik verfügt. Seine Qualifikation muss nachgewiesen sein, z. B. durch einen Sachkundenachweis nach DWA-Seminar „Sachkunde für die Dichtheitsprüfung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden“ oder vergleichbar.

#### HINWEIS

Das Ergebnis der Dichtheitsprüfung ist von einem Sachkundigen zu bewerten und zu dokumentieren.



**PROTOKOLL ZUR  
DHP**



**EIGNUNG NACH  
RAL-GZ 961**

# 18. Dichtheitsprüfung von Rohrleitungen und Kanälen

### SICHTPRÜFUNG VOR DICHTHEITSPRÜFUNG DURCHFÜHREN



#### 18.1. Allgemeines

Nach DIN EN 1610 und Arbeitsblatt DWA-A 139 ist vor der Durchführung einer Druckprüfung und nach Abschluss des Einbaus, d.h. nach Ausführung der Hauptverfüllung und Rückbau der Baugrubensicherung eine Sichtprüfung mit Dokumentation durchzuführen:

- Bei nicht begehbaren Kanälen eine TV-Inspektion nach DIN EN 13508-2 in Verbindung mit Merkblatt DWA-M 149-2,
- bei begehbaren Kanälen ist eine Begehung oder eine TV-Inspektion nach DIN EN 13508-2 in Verbindung mit Merkblatt DWA-M 149-2 durchzuführen.



#### HINWEIS

Für eine zuverlässige Messung und Dokumentation von Rissbreiten und Verformungen kann der Einsatz geeigneter Messtechnik (z. B. Risssschablone im begehbaren Bereich) erforderlich sein, die im Allgemeinen nicht von der üblicherweise eingesetzten TV-Inspektionskamera abgedeckt werden kann. Derartige Messungen müssen separat ausgeschrieben werden. Auf die Grenzen der Messtechnik wird in DWA-M 149-5 verwiesen.



#### HINWEIS

Bei den innerhalb der TV-Inspektion angegebenen Rissbreiten (bspw. „< 1 mm“) handelt es sich um Schätzwerte, die ingenieurmäßig zu überprüfen und zu bewerten sind.

### DOKUMENTATION DER SICHTPRÜFUNG



Die Dokumentation der Sichtprüfung nach Merkblatt DWA-M 149-1 und DWA-M 149-2 soll unter anderem folgende Informationen beinhalten:

- Allgemeine Informationen:  
Auftraggeber, Bauüberwachung, Auftragnehmer, gegebenenfalls Projektleiter, Aufsichtführender, Geräteführer, Prüfort, Straßename, Haltungsnummer und/oder die Bezeichnungen der die Haltung begrenzenden Schächte.
- Grund- und Zusatzinformationen:  
Prüfabschnitt, Nennweite, Querschnittsabmessungen, Prüflänge, Werkstoff, Kanalart, Schacht, Anschlüsse, Abzweige, Baujahr, Ursprung der Längenmessung, Grundwasserstand, Gefälleangabe.
- Prüfungsbezogene Informationen:  
Angaben über Prüfvorschrift, Datum und Uhrzeit, Prüfzeit, Codierung des Istzustandes, Fahrtrichtung der Kamera (mit oder gegen Gefälle).

## 18.2. Bestimmung der Ersatznennweite nicht-kreisförmiger Querschnitte

Bei nicht-kreisförmigen Rohrquerschnitten ist aus dem Prüfraumvolumen  $V$  und der zugehörigen benetzten Rohrwandinnenfläche  $A$  des Prüfraumes eine Ersatznennweite gemäß folgender Gleichung zu bestimmen:

$$DN_E = 4000 \cdot \sqrt{V/A} \text{ [mm]}$$

mit:  $DN_E$ : Ersatz-Nennweite [mm]

$V$ : Prüfraumvolumen [ $m^3$ ]

$A$ : Benetzte Rohrwandinnenfläche des Prüfraums [ $m^2$ ]

## 18.3. Dichtheitsprüfung mit Wasser (Verfahren „W“)

Zur Bestimmung der Dichtheit von Rohrleitungen und Kanälen mittels dem Medium Wasser stehen zwei verschiedene Prüfverfahren zur Verfügung. Dabei wird die Einzelverbindungsprüfung von der abschnittswisen Leitungsprüfung unterschieden. Beide Verfahren sind Bestandteil der nachfolgenden Ausführungen. Unabhängig von der Verfahrensvariante bestehen Anforderungen an die einzusetzenden Geräte.

### 18.3.1. Anforderungen an die einzusetzenden Geräte

Für die Verwendung von Geräten bei Dichtheitsprüfungen mit Wasser gelten die nachfolgenden Anforderungen:

- Die Kalibrierung der Messgeräte muss durch einen Sachkundigen regelmäßig nachgewiesen werden. Als sachkundig gelten z. B. der Hersteller der Dichtheitsprüfgeräte oder ein akkreditiertes und überwachtes Prüflaboratorium nach DGUV-Information 201-022. Der Nachweis einer durchgeführten Kalibrierung der Messgeräte darf nicht älter als 12 Monate sein. Ein entsprechend gültiger Kalibrierschein über die Messgenauigkeit muss bei den Dichtheitsprüfungen mitgeführt und auf Verlangen vorgelegt werden.
- Bei Verwendung automatisierter Prüfgeräte muss die Messgenauigkeit von einem Sachkundigen durch eine Bescheinigung, die bei jeder Dichtheitsprüfung mitzuführen ist, nachgewiesen werden.
- Die Dichtheitsfläche der Absperrlemente ist auf die Beschaffenheit der Rohrinnenwandfläche (z. B. bei Lunkern, Rissen und Unebenheiten) abzustimmen.

#### HINWEIS

Es ist ratsam, die Absperrlemente mit einem zusätzlichen Moosgummi o.ä. als zusätzlichen Überzug zu versehen bzw. die Betonoberflächen so zu glätten, dass ein dichter Abschluss des Prüfraums gewährleistet werden kann.

- Die eingesetzten Absperrlemente müssen für den erforderlichen Fülldruck (Betriebsdruck) und für den Nenndurchmesser der Rohrleitung geeignet gewählt werden.



**DHP VON NICHT-KREISFÖRMIGEN QUERSCHNITTEN**



**GERÄTEANFORDERUNGEN**

## ANFORDERUNGEN AN ABSPERRELEMENTE



- Die Absperrelemente müssen vom Hersteller mit einem Typenschild mit folgenden Angaben dauerhaft gekennzeichnet werden:
  - Hersteller, Typ, Baujahr,
  - verschließbare Rohrdurchmesser bzw. Rohrdurchmesserbereiche,
  - maximal zulässiger Fülldruck (Betriebsdruck),
  - Datum der letzten Inspektion und Wartung des Prüfgerätes.(Die Absperrelemente sind durch einen Sachkundigen einmal jährlich zu überprüfen. Die Prüfprotokolle sind auf der Baustelle auf Verlangen vorzuzeigen.)
- Zur Durchführung von Wasserdruckprüfungen ist ein Freispiegelbehälter oder eine entsprechende Ausrüstung zur drucklosen Befüllung des Prüfobjektes erforderlich.
- Messbehälter für die Leitungsprüfung müssen eine Messgenauigkeit von mindestens 0,1 l aufweisen.
- Nachfüllgeräte für die Einzelverbindungsprüfung müssen eine Messgenauigkeit von mindestens 0,001 l aufweisen.

### 18.3.2. Dichtheitsprüfung der Rohrleitung mit Wasser (Leitungsprüfung)

#### 18.3.2.1. Allgemeines

Als Leitungsprüfung mit Wasser ist eine abschnittsweise Überprüfung der Dichtheit einer Rohrleitung zu verstehen. Hierbei bestehen Anforderungen, die zur Durchführung der Dichtheitsprüfung zwingend eingehalten werden müssen. Der Ablauf einer Leitungsprüfung mit Wasser ist in Abbildung 78 schematisch dargestellt.

#### 18.3.2.2. Prüfanforderungen

Für die Durchführung der Leitungsprüfung mit Wasser gelten folgende Prüfanforderungen:

- Nach DIN EN 1610 ergibt sich der Prüfdruck aus der Rückstauenebene der Rohrleitung ohne Schächte und Inspektionsöffnungen zu
  - maximal 50 kPa (5 m Wassersäule) am tiefsten Punkt des Prüfobjekts,
  - minimal 10 kPa (1 m Wassersäule) am höchstgelegenen Punkt des Prüfobjekts.



#### HINWEIS

Für Rohrleitungen, die unter ständigem oder vorübergehendem Überdruck betrieben werden, können zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer auch höhere Prüfdrücke vereinbart werden. Der maximale Prüfdruck darf bei Verwendung von FBS-Rohren 2,5 bar nicht überschreiten, sofern keine anderen Abstimmungen zwischen Rohrhersteller, Dichtmittelhersteller und Auftraggeber getroffen wurden. Bei nicht kreisförmigen Querschnitten ist die Auswirkung des Prüfdrucks ggfs. statisch zu überprüfen.

## LEITUNGSPRÜFUNG

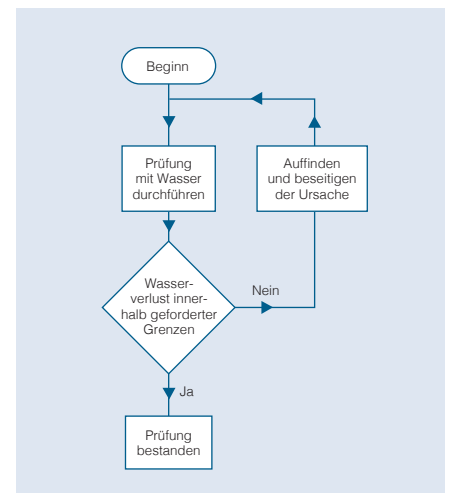


Abbildung 78: Fließdiagramm Leitungsprüfung, Verfahren „W“

- der zulässige Druckabfall während der Dichtheitsprüfung darf 1 kPa (entspricht etwa 0,1 m Wassersäule) nicht überschreiten,
- die Prüfdauer beträgt  $30 \pm 1$  min.,
- die Wasserzugabe muss mit einer Genauigkeit von 0,1 l gemessen werden,
- die zulässige Wasserzugabe ergibt sich nach DIN EN 1610 zu  
0,15 l/m<sup>2</sup> benetzte Innenfläche für Rohrleitungen (Einzelwerte siehe Tabelle 8),  
0,20 l/m<sup>2</sup> benetzte Innenfläche für Rohrleitungen einschließlich der Schächte,  
0,40 l/m<sup>2</sup> benetzte Innenfläche für Schächte und Inspektionsöffnungen

Für Sonderbauwerke sind gesonderte Prüfbedingungen zu vereinbaren.

Tabelle 8: Wasserzugabewerte für Rohrleitungen aus Beton- und Stahlbetonrohren bei einer zulässigen Wasserzugabe von 0,15 l/m<sup>2</sup> benetzter Innenfläche (ohne Schächte)

DN	Innenfläche m <sup>2</sup>	Wasserzugabe l/m	Leitungslänge [m] Wasserzugabe [l]												
			2	3	4	5	6	7	8	9	10	20	30	40	50
1. Rohre mit Kreisquerschnitt															
250	0,79	0,12	0,24	0,35	0,47	0,59	0,71	0,82	0,94	1,06	1,18	2,35	3,53	4,71	5,89
300	0,94	0,14	0,28	0,42	0,57	0,71	0,85	0,99	1,13	1,27	1,41	2,83	4,24	5,66	7,07
400	1,26	0,19	0,38	0,57	0,75	0,94	1,13	1,32	1,51	1,70	1,89	3,77	5,66	7,54	9,43
500	1,57	0,24	0,47	0,71	0,94	1,18	1,41	1,65	1,89	2,12	2,36	4,71	7,07	9,43	11,78
600	1,89	0,28	0,57	0,85	1,13	1,41	1,70	1,98	2,26	2,55	2,83	5,65	8,48	11,31	14,14
700	2,20	0,33	0,66	0,99	1,32	1,65	1,98	2,31	2,64	2,97	3,30	6,60	9,90	13,19	16,49
800	2,51	0,38	0,75	1,13	1,52	1,89	2,26	2,64	3,02	3,39	3,77	7,54	11,31	15,08	18,85
900	2,83	0,42	0,85	1,27	1,70	2,12	2,55	2,97	3,39	3,78	4,24	8,48	12,72	16,97	21,21
1000	3,14	0,47	0,94	1,41	1,89	2,36	2,83	3,30	3,77	4,24	4,71	9,43	14,13	18,85	23,56
1100	3,46	0,52	1,04	1,56	2,07	2,59	3,11	3,63	4,15	4,67	5,18	10,37	15,55	20,73	25,92
1200	3,77	0,57	1,13	1,70	2,26	2,83	3,39	3,96	4,52	5,09	5,66	11,31	16,97	22,62	28,27
1300	4,08	0,61	1,23	1,84	2,45	3,06	3,68	4,29	4,90	5,51	6,13	12,25	18,38	24,50	30,63
1400	4,40	0,66	1,32	1,98	2,64	3,30	3,96	4,62	5,28	5,94	6,60	13,20	19,79	26,39	32,99
1500	4,71	0,71	1,41	2,12	2,83	3,53	4,24	4,95	5,66	6,36	7,07	14,14	21,21	28,27	35,34
1600	5,03	0,75	1,51	2,26	3,02	3,77	4,52	5,28	6,03	6,79	7,54	15,09	22,62	30,16	37,70
1800	5,65	0,85	1,70	2,54	3,39	4,24	5,09	5,94	6,79	7,63	8,48	16,96	25,45	33,93	42,41
2000	6,28	0,94	1,89	2,83	3,77	4,71	5,65	6,60	7,54	8,48	9,42	18,85	28,37	37,70	47,12
2200	6,91	1,04	2,07	3,11	4,15	5,18	6,22	7,26	8,29	9,33	10,37	20,73	31,10	41,47	51,84
2400	7,54	1,13	2,26	3,39	4,52	5,65	6,79	7,92	9,05	10,18	11,31	22,62	33,93	45,24	56,55
2500	7,85	1,18	2,36	3,53	4,71	5,89	7,07	8,25	9,42	10,60	11,78	23,56	35,34	47,12	58,90
3000	9,42	1,41	2,83	4,24	5,65	7,07	8,48	9,90	11,31	12,72	14,14	28,27	42,41	56,55	70,69
2. Rohre mit Eiquerschnitt															
400/600	1,59	0,24	0,48	0,72	0,95	1,19	1,43	1,67	1,91	2,15	2,39	4,77	7,16	9,54	11,93
500/750	1,98	0,30	0,59	0,89	1,19	1,49	1,78	2,08	2,38	2,67	2,97	5,95	8,92	11,89	14,87
600/900	2,38	0,36	0,71	1,07	1,43	1,78	2,14	2,50	2,86	3,21	3,57	7,14	10,71	14,27	17,84
700/1050	2,78	0,42	0,83	1,25	1,67	2,08	2,50	2,91	3,33	3,75	4,16	8,33	12,48	16,65	20,81
800/1200	3,17	0,48	0,95	1,43	1,90	2,38	2,85	3,33	3,80	4,28	4,76	9,51	14,27	19,02	23,79
900/1350	3,57	0,54	1,07	1,61	2,14	2,68	3,21	3,75	4,28	4,82	5,35	10,70	16,06	21,41	26,76
1000/1500	3,97	0,60	1,19	1,78	2,38	2,97	3,57	4,16	4,76	5,38	5,95	11,90	17,84	23,79	29,74
1200/1800	4,76	0,71	1,43	2,14	2,86	3,57	4,28	5,00	5,71	6,42	7,14	14,27	21,41	28,55	35,69
1400/2100	5,55	0,83	1,67	2,50	3,33	4,16	5,00	5,83	6,66	7,49	8,32	16,65	24,98	33,30	41,63

Diese Wasserzugabewerte gelten für eine Vorfüllzeit von mindestens einer Stunde.



## WASSERZUGABE- WERTE

### 18.3.2.3. Durchführung der Leitungsprüfung mit Wasser

Generell muss vor jeder Dichtheitsprüfung die Dichtheit der Prüfeinrichtung (Nullmessung mit  $\Delta p = 0$  kPa) nachgewiesen und protokolliert werden. Festgestellte Undichtigkeiten in der Prüfeinrichtung sind vor Prüfungsbeginn zu beseitigen.



#### HINWEIS

Die Durchführung der Dichtheitsprüfung mit Wasser ist eine manuell auszuführende Tätigkeit. In Ausnahmefällen können automatisiert wirkende Messgeräte verwendet werden.

#### Vorbereitende Maßnahmen:

- Reinigen der zu prüfenden Rohrleitung, möglichst unmittelbar vor Durchführung der Dichtheitsprüfung durch Hochdruckspülen. Hierdurch wird eine weitestgehende Wassersättigung der Rohrwandfläche und die Voraussetzung für einen sicheren Sitz der Absperr Elemente geschaffen.
- Nachweis und Protokollierung der Dichtheit der einzusetzenden Dichtheitsprüfgeräte. Hierzu muss eine Nullmessung nach Herstellerangaben durchgeführt werden.
- Druckdichtes Absperrn sämtlicher Öffnungen des zu prüfenden Leitungsabschnittes.

#### Einbau der Rohrabsperrelemente:

- Überprüfung der Rohrabsperrelemente auf Beschädigung und Dichtheit (noch außerhalb der Rohrleitung und vor der Verwendung).
- Rohrabsperrelemente dürfen ausschließlich an den vom Hersteller vorgesehenen Anschlagpunkten angeschlagen und abgelassen werden.
- Befüllen der Rohrabsperrelemente nur mit ungefährlichen, nicht brennbaren Gasen und Flüssigkeiten.
- Kontrolle der Rohrwand im Bereich der Dichtflächen des Absperr Elements auf Unebenheiten, gegebenenfalls Rohrwandfläche nachbessern oder Dichtflächen des Absperr Elements optimieren.
- Sichern der Absperr Elemente gegen die bei der Dichtheitsprüfung auftretenden Längskräfte (Tabelle 9 und Abbildung 79), die zu einer Verfälschung des Prüfergebnisses führen können.

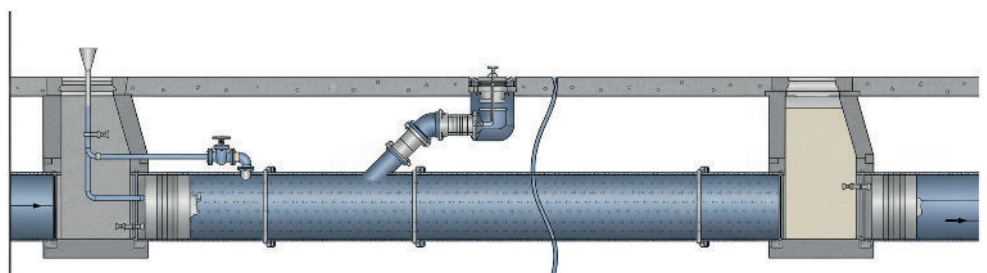


Abbildung 79: Schematische Darstellung der Sicherung der Absperr Elemente

#### VORBEREITUNG



#### ROHRABSPERR- ELEMENTE



Tabelle 9: Längskräfte auf Absperr Elemente bei einem Prüfdruck von 50 kPa (0,5 bar)

Nennweite DN	250	300	400	500	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2800	3000
Längskraft [kN]	2,5	3,5	6,3	9,8	14,1	25,1	39,3	56,5	77,0	100,5	127,2	157,1	190,1	226,2	265,5	307,9	353,4
Gewichtskraft [t]	0,25	0,35	0,63	0,98	1,41	2,51	3,93	5,65	7,70	10,05	12,72	15,71	19,01	22,62	26,55	30,79	35,34
Bezogen auf 1 m WS [t]	0,05	0,07	0,125	0,2	0,285	0,5	0,800	1,15	1,55	2,0	2,5	3,15	3,9	4,5	5,3	6,15	7,05



## LÄNGSKRÄFTE AUF ABSPERRELEMENTE

- Einbau aller zur Dichtheitsprüfung erforderlichen Gerätschaften entsprechend den Herstellervorgaben.
- Je nach Festlegung des Prüfabschnittes (Dichtheitsprüfung einer Haltung einschließlich eines Schachtes bzw. von zwei Haltungen einschließlich eines Schachtes) sind die Absperr Elemente entsprechend anzuordnen (Abbildung 80 und 81).

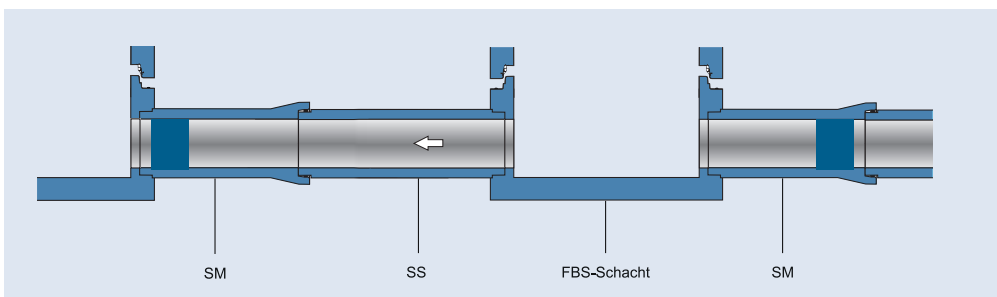


Abbildung 80: Positionierung von Absperr Elementen bei Schachtprüfung mit einer Haltung (ohne Darstellung der Lagesicherung der Absperr Elemente)

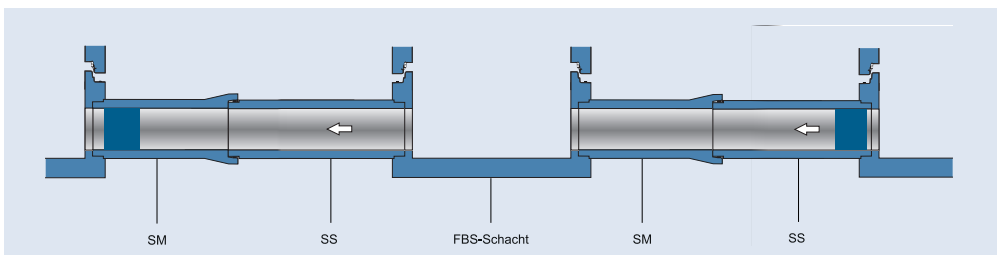


Abbildung 81: Positionierung von Absperr Elementen bei Schachtprüfung mit zwei Haltungen (ohne Darstellung der Lagesicherung der Absperr Elemente)

## Befüllungsvorgang und Vorbereitungszeit:

- Befüllen der zu prüfenden Leitung vom Leitungstiefpunkt ausgehend über einen Freispiegelbehälter mit Wasser. Die zu prüfende Leitung darf zu keinem Zeitpunkt direkt an eine unter Überdruck stehende Wasserleitung, Druckerhöhungsanlage oder Pumpe angeschlossen sein. Durch das einströmende Wasser wird die in der Leitung befindliche eingeschlossene Luft verdrängt. Über das am Hochpunkt der Haltung installierte Absperrventil wird die Leitung entlüftet (Abbildung 82),

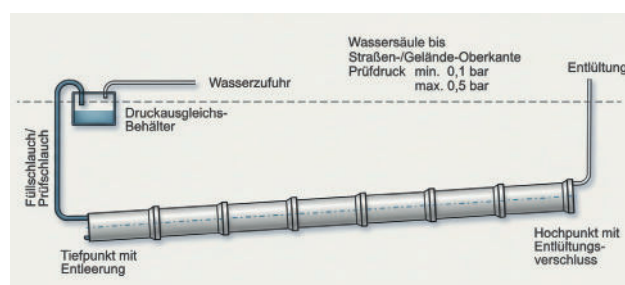


Abbildung 82: Druckloses Befüllen der zu prüfenden Rohrleitung mit Wasser



## BEFÜLLUNG UND VORBEREITUNGSZEIT

## AUSREICHENDE WASSERSÄTTIGUNG IST ZWINGEND ERFORDERLICH!



- Sicherstellen einer weitestgehenden Wassersättigung der Rohrwandung durch ausreichend lange Vorbereitungszeit. Die Vorbereitungszeit wählt der Prüfdurchführende anhand folgender Kriterien:
  - Kriterium 1: In der Regel ist eine Vorbereitungszeit von einer Stunde ausreichend. Bei besonderen klimatischen Verhältnissen und/oder rauer Beschaffenheit der Betonoberfläche kann jedoch eine wesentlich längere Vorbereitungszeit erforderlich sein,
  - Kriterium 2: Der Prüfdruck sollte bereits während der Vorbereitungszeit aufgebracht sein, um die Zeit der Wassersättigung zu verkürzen. Die Vorbereitungszeit ist in Intervalle aufzuteilen, in denen die Wasserzugabe gemessen wird, um den Prüfdruck konstant zu halten.



### HINWEIS

Eine kontinuierliche Abnahme der Wasserzugabe kann ein Indiz einer noch nicht ausreichenden Wassersättigung der Betonoberfläche sein.

- Kriterium 3: Bei FBS-Rohren mit nachträglich eingebauter Querschnittsprofilierung ist unter Umständen eine längere Vorbereitungszeit heranzuziehen. Diese kann nach DIN EN 1916 und DIN V 1201 bis zu 24 Stunden betragen.
- Kriterium 4: Sofern die Leitungsprüfung unter Einbezug der angeschlossenen Schächte und Inspektionsöffnungen erfolgt, ist eine verlängerte Vorbereitungszeit (aufgrund der erforderlichen Wassersättigung der Schachtkörper) zu beachten. Hierbei sind ebenso die oben genannten Anforderungen bezüglich der Wasserzugabe zu berücksichtigen.

### Durchführung der Prüfung:

## PRÜFUNG



- Während der Dichtheitsprüfung ist der Prüfdruck innerhalb der Prüfzeit von  $30 \pm 1$  min konstant zu halten. Dies erfolgt durch Wasserzugabe, spätestens nach einem Druckabfall von 1 kPa. Die entsprechende Wasserzugabe in Litern [l] ist zu messen und zu dokumentieren.
- Die Dichtheitsprüfung kann nach einer Mindestprüfdauer von 5 min vorzeitig beendet werden, wenn die anteilige Wasserzugabe ( $0,15 \text{ l/m}^2$ ) im Verhältnis zur vorgegebenen Prüfzeit ( $30 \pm 1$  min) nicht überschritten wird. Dies entspricht einem Wasserzugabewert von  $(0,15 \text{ l/m}^2 / 30 \text{ min}) \times 5 \text{ min} = 0,025 \text{ l/m}^2$  auf die benetzte Rohrwandfläche bei einer Ersatzrohrlänge von 1,0 m in 5 min.
- Wenn der maximal zulässige Wasserzugabewert während der Prüfzeit nicht überschritten wird, ist die geprüfte Rohrleitung als dicht zu bewerten.
- Bei Nichterfüllung ist die Ursache festzustellen und wie folgt zu beseitigen:
  - Wiederholungsprüfung durchführen
  - Gegebenenfalls Änderung der Prüfdurchführung (z. B. Verlängerung der Vorbereitungszeit)
- Sofern auch nach Wiederholung bzw. Änderung der Prüfdurchführung die Dichtheit nicht sichergestellt werden kann, sind weitere Maßnahmen mit dem Auftraggeber abzustimmen.

### 18.3.3. Dichtheitsprüfung einzelner Rohrverbindungen mit Wasser (Einzelverbindungsprüfung)

#### 18.3.3.1. Allgemeines

Anstelle der gesamten Rohrleitung können in begründeten Ausnahmefällen (z. B. aus baulichen oder betrieblichen Gegebenheiten) einzelne Rohrverbindungen auf Wasserdichtheit geprüft werden.

Als Einzelverbindungsprüfung mit Wasser ist eine Überprüfung der Dichtheit einer Rohrverbindung zu verstehen. Hierbei bestehen Anforderungen, die zur Durchführung der Dichtheitsprüfung zwingend eingehalten werden müssen. Der Ablauf einer Einzelverbindungsprüfung mit Wasser ist in Abbildung 83 schematisch dargestellt.

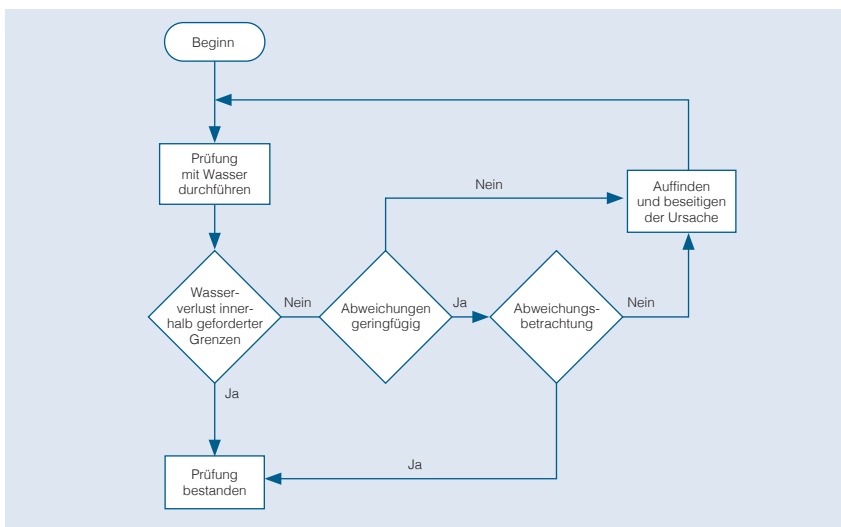


Abbildung 83: Fließdiagramm Verfahren „W“ Einzelverbindungsprüfung mit Abweichungsbetrachtung

#### 18.3.3.2. Prüfanforderungen

Für die Durchführung der Einzelverbindungsprüfung mit Wasser gelten folgende Prüfanforderungen:

- Die Ersatzrohrlänge für die benetzte Oberfläche beträgt 1,0 m (falls nicht anders gefordert),
- der Prüfdruck beträgt 50 kPa (0,5 bar) über dem inneren Rohrscheitel,
- die Prüfzeit beträgt  $30 \pm 1$  min.,
- die zulässige Wasserzugabe beträgt nach DIN EN 1610  $0,15 \text{ l/m}^2$  (bezogen auf die Ersatzrohrlänge),
- die Wasserzugabe ist mit einer Genauigkeit von 0,001 l zu messen.

#### 18.3.3.3. Durchführung der Einzelverbindungsprüfung mit Wasser

Für die Durchführung der Einzelverbindungsprüfung mit Wasser gilt folgende Vorgehensweise:



**PRÜFAN-  
FORDERUNGEN**

## VORBEREITUNG



### Vorbereitende Maßnahmen:

- Reinigen der zu prüfenden Rohrleitung, möglichst unmittelbar vor Durchführung der Dichtheitsprüfung durch Hochdruckspülen. Hierdurch wird eine weitestgehende Wassersättigung der Rohrrinnenwandfläche und ein sicherer Sitz der Absperr Elemente erreicht.
- vor der Dichtheitsprüfung ist die Dichtheit der Prüfeinrichtung (Nullmessung) einmalig nachzuweisen und zu dokumentieren. Die Prüfeinrichtung muss dicht sein ( $\Delta p = 0 \text{ kPa}$ ). Festgestellte Undichtigkeiten in der Prüfeinrichtung sind vor Prüfungsbeginn zu beseitigen.
- Durchführung und Protokollierung einer Referenzmessung nach Herstellerangabe zur Überprüfung der Dichtheit der geeigneten, einzusetzenden Dichtheitsprüfgeräte (bzw. Rohrabsperrelemente). Diese ist an geeigneter Stelle in dem zu prüfenden Rohrleitungsabschnitt vor dem Beginn der Einzelverbindungsprüfung vorzunehmen.
- Anbringung einer Markierung zur mittigen Positionierung des Absperr Elements (Einzelverbindungsprüfgerät) über der Rohr-Stoßfuge bei begehbaren Rohrleitungen. Die Absperr Elemente sind exakt zu positionieren. In nicht begehbaren Nennweiten erfolgt dies mittels optischer Inspektion.
- Die Absperr Elemente dürfen zur Sicherstellung eines dichten Abschlusses des Prüfraums nicht, auch nicht teilweise, auf Zuläufen oder Anschlüssen positioniert werden.
- Kontrolle der Rohrrinnenwandfläche im Bereich der Dichtflächen der Absperr Elemente auf Unebenheiten. Gegebenenfalls ist die Rohrrinnenwandfläche nachzubessern oder die Dichtflächen der Absperr Elemente zu optimieren (z. B. Verwendung von Packern mit geringerer Shore-Härte oder zusätzlicher Packerumhüllung aus geeignetem Material etc.).

### Einbau der Rohrabsperrelemente:

- Überprüfung der Rohrabsperrelemente auf Beschädigung und Dichtheit (noch außerhalb der Rohrleitung und vor der Verwendung).
- Ansetzen des Absperr Elements, Aufpumpen der beidseitigen Hohlprofile oder Schläuche und druck-sichere Abdichtung gegen die Rohrrinnenwandfläche. In nicht begehbaren Rohrleitungen sind Doppelpackersysteme (Abbildung 84) einzusetzen.
- Für die Dichtheitsprüfung ist die Prüfkammer mit Wasser zu füllen, bei gleichzeitiger sorgfältiger Entlüftung, da hiervon das Prüfergebnis entscheidend abhängt.

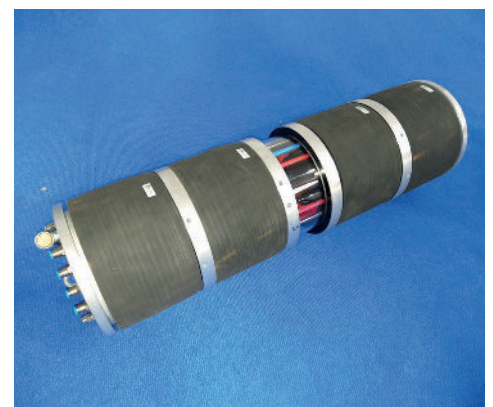


Abbildung 84: Doppelpackersystem

## ROHRABSPERR-ELEMENTE



## Befüllungsvorgang und Beruhigungszeit:

- Vor Beginn der Prüfung muss eine dem Prüfobjekt angepasste Beruhigungszeit eingehalten werden, um eine ausreichende Wassersättigung der Rohroberfläche sicherzustellen. Die Beruhigungszeit ist von dem Prüfdurchführenden festzulegen. Es wird empfohlen, eine Vorfüllzeit von 15 min. nicht zu unterschreiten.
- Der Prüfdruck ist mit einem automatisch messenden Drucksensor im Prüfraum festzustellen und zu protokollieren.



### BEFÜLLUNG UND VORBEREITUNGSZEIT

## Durchführung der Prüfung:

- Während der Dichtheitsprüfung ist der Prüfdruck innerhalb der Prüfzeit von  $30 \pm 1$  min konstant zu halten. Dies erfolgt durch Wasserzugabe, spätestens nach einem Druckabfall von 1 kPa. Die entsprechende Wasserzugabe in ml ist zu messen und zu dokumentieren.
- Die Dichtheitsprüfung kann nach einer Mindestprüfdauer von 5 min vorzeitig beendet werden, wenn die anteilige Wasserzugabe im Verhältnis zur vorgegebenen Prüfzeit ( $30 \pm 1$  min) nicht überschritten wird. Dies entspricht einem Wasserzugabewert von  $(0,15 \text{ l/m}^2 / 30 \text{ min}) \times 5 \text{ min} = 0,025 \text{ l/m}^2$  auf die betonte Rohrwandfläche bei einer Ersatzrohrlänge von 1,0 m in 5 min.
- Wenn der maximal zulässige Wasserzugabewert während der Prüfzeit nicht überschritten wird, ist die geprüfte Rohrleitung als dicht zu bewerten.
- Bei Nichterfüllung ist die Ursache festzustellen und wie folgt zu beseitigen:
  - Wiederholungsprüfung durchführen
  - Gegebenenfalls Änderung der Prüfdurchführung (z. B. Verlängerung der Vorbereitungszeit)
- Sofern auch nach Wiederholung bzw. Änderung der Prüfdurchführung die Dichtheit nicht sichergestellt werden kann, sind weitere Maßnahmen mit dem Auftraggeber abzustimmen.



### PRÜFUNG

## HINWEIS

Um die Vergleichbarkeit der Prüfergebnisse von Einzelverbindungsprüfungen mit einer haltungsweisen Dichtheitsprüfung (Leitungsprüfung) sicherzustellen, müssen die Ergebnisse der Einzelverbindungsprüfungen bezogen auf die betreffende Haltungslänge bewertet werden (Abweichungsbetrachtung, siehe Kapitel 19.3.3.4).

### 18.3.3.4. Abweichungsbetrachtung bei Einzelverbindungsprüfung

Aufgrund der komplexen Messtechnik und der störungsanfälligen Abdichtung zwischen Absperrlement des Dichtheitsprüfgerätes und Rohrwand können Abweichungen von den vorgegebenen Grenzwerten auftreten, sodass betroffene Einzelverbindungsprüfungen als undicht bewertet werden. Bei der Durchführung von Einzelverbindungsprüfungen bedeuten einzelne Überschreitungen der zulässigen Grenzwerte hingegen nicht, dass zwingend eine Undichtigkeit des gesamten Prüfobjektes (z. B. Haltung) vorliegt. Aus diesem Grund muss eine Abweichungsbetrachtung durchgeführt werden (Arbeitsblatt DWA-A 139, Abschnitt 13.4.4).



### ABWEICHUNGSBETRACHTUNG

Bei einer Abweichungsbetrachtung werden die Ergebnisse der Einzelverbindungsprüfungen der einzelnen Rohrverbindungen auf das gesamte Prüfobjekt (z. B. Haltung) bezogen. Hierzu werden die gemessenen Wasserzugaben der Einzelprüfungen addiert und durch die Anzahl der Einzelverbindungsprüfungen dividiert, sodass sich ein Mittelwert ergibt. Dieser Mittelwert darf sodann den festgelegten zulässigen Wasserzugabewert nicht überschreiten. Das Prüfobjekt wird in diesem Fall als dicht bewertet.



#### HINWEIS

Eine Mittelwertberechnung ist nur zulässig, wenn bei den Einzelprüfungen aller Muffen der erforderliche Anfangsprüfdruck aufgebaut werden konnte und der Druck innerhalb der Prüfzeit 50 % des Anfangsprüfdrucks nicht unterschreitet.

## 18.4. Dichtheitsprüfung mit Luft (Verfahren „L“)

### 18.4.1. Allgemeines

Zur Bestimmung der Dichtheit von Rohrleitungen und Kanälen können zwei verschiedene Verfahren angewandt werden, die sich auf die Durchführung mit dem Medium Luft beziehen. Neben der abschnittswisen Leitungsprüfung existiert die Einzelverbindungsprüfung. Beide Varianten erfordern die Beachtung von besonderen Sicherheitsaspekten, da verfahrensbedingt ein sehr hohes Unfallrisiko besteht.

### 18.4.2. Sicherheitsaspekte bei Arbeiten mit Luftüberdruck



#### ACHTUNG

Dichtheitsprüfungen mit Luftüberdruck sind als gefährliche Arbeiten einzustufen. Hierfür sind insbesondere die entsprechenden Unfallverhütungsvorschriften der DGUV zu beachten.

Die richtige Wahl des Prüfdrucks ist daher für die Unfallvermeidung entscheidend und reduziert somit das Schadensrisiko für Personal und die betreffenden Rohrleitungen. Die Sicherheitsvorschriften für die Durchführung von Dichtheitsprüfungen sind daher zwingend einzuhalten.

Nach DIN EN 1610 und Arbeitsblatt DWA-A 139 sollen für die Dichtheitsprüfung mit Luft (Luftüberdruckprüfung) aus messtechnischen Gründen die Prüfdrücke nach Verfahren LC (100 mbar) und LD (200 mbar) angewendet werden. Bei FBS-Rohren mit Nennweite größer DN 1000 ist aus Gründen der Unfallverhütung der Prüfdruck ausschließlich nach Verfahren LB (50 mbar) anzuwenden.



#### ACHTUNG

Mit Luft gefüllte Absperrblasen oder Absperrkissen dürfen in umschlossenen technischen Anlagen (Rohrleitung oder Schachtbauwerk) nur dann eingesetzt werden, wenn sich während Befüll- und Prüfphase keine Personen innerhalb der Objekte aufhalten.

In die Befülleinrichtung der Absperrelemente sind Druckminderventile und Druckbegrenzer in Verbindung mit einer Sicherheitsschaltung (Totmannschaltung) zu integrieren, um eine Überschreitung des zulässigen Fülldruckes sicher zu unterbinden.

Eine Überschreitung des Prüfdruckes ist durch Einsatz geeigneter Sicherheitsschaltungen zuverlässig zu verhindern.

### 18.4.3. Anforderungen an die einzusetzenden Geräte

Für die Verwendung von Geräten bei Dichtheitsprüfungen mit Wasser gelten die nachfolgenden Anforderungen:

- Die Kalibrierung der Messgeräte muss durch einen Sachkundigen regelmäßig nachgewiesen werden. Als sachkundig gelten z. B. der Hersteller der Dichtheitsprüfgeräte oder ein akkreditiertes und überwachtes Prüflaboratorium nach DGUV-Information 201-022. Der Nachweis einer durchgeführten Kalibrierung der Messgeräte darf nicht älter als 12 Monate sein. Ein entsprechend gültiger Kalibrierschein über die Messgenauigkeit muss bei den Dichtheitsprüfungen mitgeführt und auf Verlangen vorgelegt werden.
- Die Messgenauigkeit eines automatisiert messenden Dichtheitsprüfgerätes muss jährlich durch einen Sachkundigen überprüft werden. Als sachkundig gelten z. B. der Hersteller der Dichtheitsprüfgeräte oder ein akkreditiertes und überwachtes Prüflaboratorium nach DGUV-Information 201-022.
- Die Überprüfung der Messgeräte durch den Sachkundigen ist durch eine Bescheinigung, die bei jeder Dichtheitsprüfung mitzuführen ist, nachzuweisen.
- Die Messgeräte müssen durch den Hersteller oder durch ein akkreditiertes Prüflabor regelmäßig kalibriert werden. Der Nachweis einer durchgeführten Kalibrierung der Messgeräte darf nicht älter als 12 Monate sein. Ein entsprechend gültiger Kalibrierschein über die Messgenauigkeit muss bei den Dichtheitsprüfungen mitgeführt und auf Verlangen vorgelegt werden. Der Kalibrierschein darf ebenfalls nicht älter als 12 Monate sein.
- Die Dichtfläche der Absperrelemente ist auf die Beschaffenheit der Rohrinnenwandfläche (z. B. bei Lunkern, Rissen und Unebenheiten) abzustimmen.
- Die eingesetzten Absperrelemente müssen für den erforderlichen Fülldruck (Betriebsdruck) und für den Nenndurchmesser der Rohrleitung geeignet gewählt werden.
- Die Absperrelemente müssen vom Hersteller mit einem Typenschild mit folgenden Angaben dauerhaft gekennzeichnet werden:
  - Hersteller, Typ, Baujahr,
  - verschließbare Rohrdurchmesser bzw. Rohrdurchmesserbereiche,
  - maximal zulässiger Fülldruck (Betriebsdruck),
  - Datum der letzten Inspektion und Wartung.
- Die zulässige Abweichung der Messeinrichtung für den Prüfdruck darf 10 % des Differenzdruckes ( $\Delta p$ ) nicht überschreiten.
- Die zulässige Toleranz der Messeinrichtung für die Prüfzeit beträgt  $\pm 2,5$  s.



#### GERÄTEANFORDERUNGEN

## 18.4.4. Dichtheitsprüfung der Rohrleitung mit Luftüberdruck (Leitungsprüfung)

### 18.4.4.1. Allgemeines

Generell muss vor jeder Dichtheitsprüfung die Dichtheit der Prüfeinrichtung (Nullmessung mit  $\Delta p = 0$  kPa) nachgewiesen und protokolliert werden. Festgestellte Undichtigkeiten in der Prüfeinrichtung sind vor Prüfungsbeginn zu beseitigen.

Der Ablauf einer Leitungsprüfung mit Luftüberdruck ist in Abbildung 85 schematisch dargestellt.

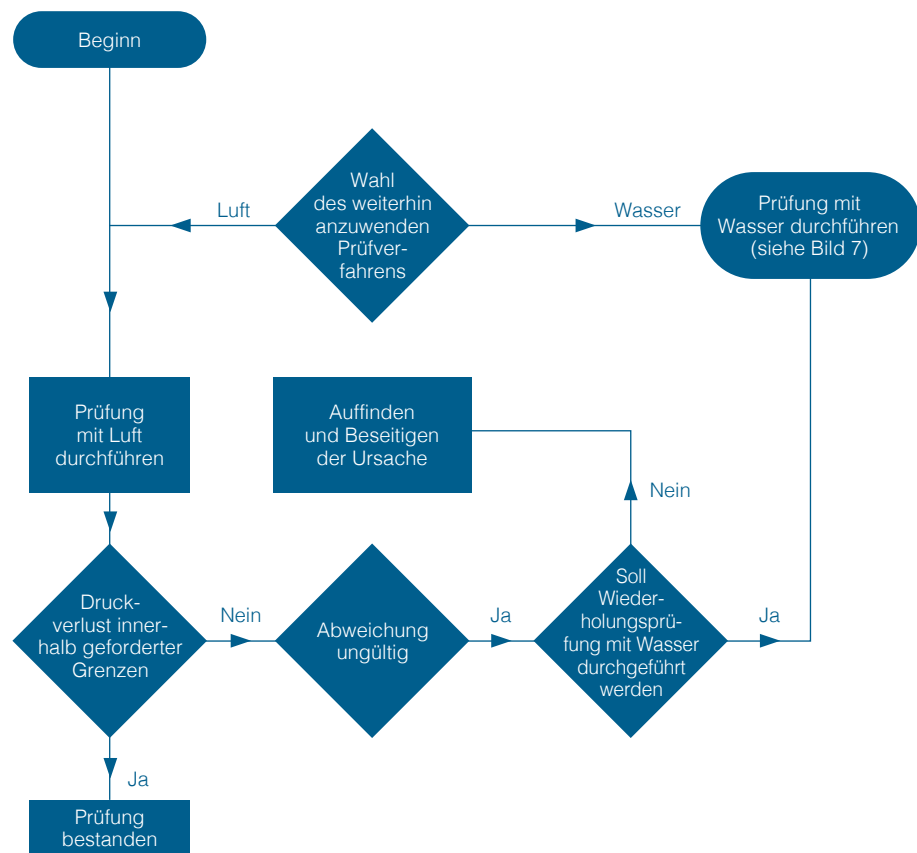


Abbildung 85: Fließdiagramm Leitungsprüfung (Verfahren „L“)

### PRÜFANFORDERUNG



### 18.4.4.2. Prüfanforderungen

Für die Durchführung der Leitungsprüfung mit Luftüberdruck gelten folgende Prüfanforderungen:

- Der maximal zulässige Druckabfall darf 15 mbar (Verfahren LC und LD) bzw. 10 mbar (Verfahren LB) nicht überschreiten,
- für den zulässigen Prüfdruck gilt:
  - bei Nennweiten  $\leq$  DN 1000 sind die Prüfdrücke nach Verfahren LC und LD anzuwenden,
  - bei Nennweiten  $>$  DN 1000 ist der Prüfdruck nach Verfahren LB anzuwenden.

- die Prüfzeit für Kreisprofile nach Tabelle 10 wird wie folgt berechnet:
  - für Verfahren LB:  $t = 0,0186 \times DN$  [min]
  - für Verfahren LC:  $t = 0,01354 \times DN$  [min]
  - für Verfahren LD:  $t = 0,0065 \times DN$  [min]
 mit: DN = Innendurchmesser der Rohrleitung [mm]  
 Die Prüfzeit muss auf die nächsthöhere Minute aufgerundet werden.

**HINWEIS**  
 Bei Temperaturen unter +5°C ist die Prüfdurchführung unzulässig.

Tabelle 10: Prüfkriterien für die Leitungsprüfung mit Luftüberdruck (gem. Tab. 3, DIN EN 1610)

Prüfverfahren	p <sub>0</sub> '	Δp	Prüfzeit t [min]						
			mbar		DN 300	DN 400	DN 600	DN 800	DN 1000
LC	100	15	4	5	8	11	14	19	27
LD	200	15	2	2,5	4	5	7	-	-
k <sub>p</sub> -Wert			0,04	0,03	0,02	0,015	0,012	0,009	0,006
*) Druck über Atmosphärendruck			**) = 12/DN mit einem Höchstwert von 0,058			t = 1/k <sub>p</sub> - ln · p <sub>0</sub> / p <sub>0</sub> - Dp			

**PRÜFKRITERIEN FÜR DIE LEITUNGSPRÜFUNG MIT LUFTÜBERDRUCK**

### 18.4.4.3. Durchführung der Leitungsprüfung mit Luftüberdruck

**HINWEIS**  
 Eine haltungsweise Leitungsprüfung mit Luftüberdruck ist nur in Rohrleitungen mit (weitestgehender) Wassersättigung der Rohrwandoberfläche zulässig.

Für die Durchführung der Leitungsprüfung mit Luft sind folgende Maßnahmen erforderlich:

#### Vorbereitende Maßnahmen:

- Eine weitestgehende Wassersättigung der Rohrrinnenwandfläche ist erforderlich um einen sicheren Sitz der Absperrelemente zu erreichen. Dies kann zum Beispiel durch eine Reinigung der zu prüfenden Rohrleitung, möglichst unmittelbar vor Durchführung der Dichtheitsprüfung durch Hochdruckspülen sichergestellt werden.
- Nachweis und Protokollierung der Dichtheit der geeigneten, einzusetzenden Dichtheitsprüfgeräte. Hierzu muss eine Nullmessung nach Herstellerangaben durchgeführt werden.

#### Einbau der Rohrabsperrelemente:

- Überprüfung der Rohrabsperrelemente auf Beschädigung und Dichtheit (noch außerhalb der Rohrleitung und vor der Verwendung).
- Rohrabsperrelemente dürfen ausschließlich an den vom Hersteller vorgesehenen Anschlagpunkten angeschlagen und abgelassen werden.

**VORBEREITUNG**

**ROHRABSPERR-ELEMENTE**

- druckdichtes Absperren sämtlicher Öffnungen des zu prüfenden Leitungsschnittes mit geeigneten Absperrelementen,



#### HINWEIS

Es sind geeignete Absperrelemente zu verwenden, die eine sichere Abdichtung gegen die Rohrwand gewährleisten.

#### Geeignete Absperrelemente sind:

- Geräte, die durch eine Doppeldichtung auf ihre Dichtwirkung geprüft werden können,
- Absperrrblasen, über die zusätzliche Dichtmanschetten gezogen werden können,
- Absperrrblasen mit verlängerter Dichtfläche.
- Kontrolle der Rohrwand im Bereich der Dichtflächen der Absperrelemente auf Unebenheiten, gegebenenfalls Rohrwandfläche nachbessern oder Dichtflächen des Absperrelements optimieren.
- Sichern der Absperrelemente gegen die bei der Dichtheitsprüfung auftretenden Längskräfte (Tabelle 11 und Abbildung 86)

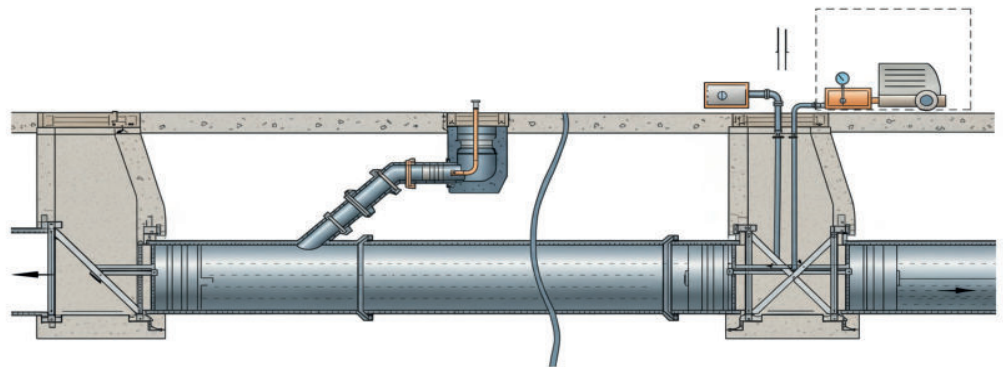


Abbildung 86: Prinzip der Luftüberdruckprüfung von Kanal und Anschluss

Tabelle 11: Längskräfte auf Absperrelemente bei einem Prüfdruck von 100 mbar bzw. 200 mbar

Nennweite DN	Prüfdruck	250	300	400	500	600	700	800	900	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2800	3000
Gewichtskraft [t]	100 mbar	0,05	0,07	0,13	0,20	0,28	0,38	0,50	0,64	0,79	1,13	1,54	2,01	2,54	3,14	3,80	4,52	5,31	6,16	7,07
Gewichtskraft [t]	200 mbar	0,10	0,14	0,25	0,39	0,57	0,77	1,01	1,27	1,57	2,26	3,08	4,02	5,09	6,28	7,60	9,05	10,62	12,32	14,14

#### LÄNGSKRÄFTE AUF ABSPERRELEMENTE



#### BEFÜLLUNG UND VORBEREITUNGSZEIT



#### HINWEIS

Verschlüsse, Abzweige und Leitungsenden sind besonders sorgfältig zu sichern, da beim kompressiblen Medium Luft die Gefahr explosionsartiger Energiefreisetzung besteht.

#### Befüllungsvorgang und Vorbereitungszeit:

- Vor Beginn der Dichtheitsprüfung muss bei Druckaufbau eine dem Prüfobjekt angepasste Beruhigungszeit eingehalten werden, um einen ausreichenden Temperatur- und Druckausgleich sicherzustellen. Dies ist in der Regel erst bei

einem kontinuierlichen Verlauf der Druckkurve gegeben. Die Beruhigungszeit ist durch den Prüfdurchführenden festzulegen. Üblicherweise genügt eine Beruhigungszeit von DN/100 in Minuten.

### Durchführung der Prüfung:

- Beginn der Beruhigungszeit nach Einstellen eines Anfangsdruckes, der den Prüfdruck  $p_0$  um etwa 10 % übersteigen sollte.
- Bei der Dichtheitsprüfung ist die Prüfzeit und der Prüfdruck nach Tabelle 9 einzuhalten.
- Bei anstehendem Grundwasser muss der höchste Grundwasserstand berücksichtigt werden. Je 10 cm Grundwasserstand über der Rohrsohle muss der Prüfdruck nach Tabelle 10 um 10 mbar erhöht werden. Aus sicherheitstechnischen Gründen darf der Prüfdruck auf keinen Fall 200 mbar übersteigen.
- Für die Festlegung der Prüfzeiten ist Tabelle 10 anzuwenden.
- Bei der Dichtheitsprüfung wird zunächst der Druck im Prüfobjekt auf den maßgebenden Prüfdruck eingestellt. Der Prüfdruck und ggfs. der Druckabfall  $\Delta p$  sind zu messen und zu protokollieren.
- Der Prüfdruck wird nach der Messung kontrolliert abgelassen. Dieser Vorgang ist ebenfalls zu protokollieren und damit Bestandteil des Messprotokolls.
- Wenn der gemessene Druckabfall  $\Delta p$  während der Prüfzeit nicht größer als 15 mbar (Verfahren LC und LD) bzw. 10 mbar (Verfahren LB) ist, ist die geprüfte Rohrleitung als dicht zu bewerten.
- Bei Nichterfüllung ist die Ursache festzustellen und wie folgt zu beseitigen:
  - Wiederholungsprüfung durchführen
  - Gegebenenfalls Änderung der Prüfdurchführung (z. B. Verlängerung der Beruhigungszeit)
- Sofern auch nach Wiederholung bzw. Änderung der Prüfdurchführung die Dichtheit nicht sichergestellt werden kann, sind weitere Maßnahmen mit dem Auftraggeber abzustimmen.



## PRÜFUNG



### HINWEIS

Im Falle einmaligen oder wiederholten Nichtbestehens der Leitungsprüfung mit Luftüberdruck ist es zulässig, eine Leitungsprüfung mit Wasser durchzuführen. Das Ergebnis der Leitungsprüfung mit Wasser ist sodann maßgeblich.

## 18.4.5. Dichtheitsprüfung einzelner Rohrverbindungen mit Luftüberdruck (Einzelverbindungsprüfung)

### 18.4.5.1. Allgemeines

Anstelle der gesamten Rohrleitung können in begründeten Ausnahmefällen (z. B. aus baulichen oder betrieblichen Gegebenheiten) einzelne Rohrverbindungen auf Luftdichtheit geprüft werden.

Als Einzelverbindungsprüfung mit Luftüberdruck ist eine Überprüfung der Dichtheit einer Rohrverbindung zu verstehen. Hierbei bestehen Anforderungen, die zur Durchführung der Dichtheitsprüfung zwingend eingehalten werden müssen. Der Ablauf einer Einzelverbindungsprüfung mit Luftüberdruck ist in Abbildung 86 schematisch dargestellt.

Bei der Einzelverbindungsprüfung bestehen höhere Prüfanforderungen als bei einer haltungsweisen Dichtheitsprüfung. Zusätzlich ist die dabei eingesetzte Messtechnik komplex und fehleranfällig. Um die Vergleichbarkeit zur haltungsweisen Dichtheitsprüfung (Leitungsprüfung) sicherzustellen, müssen die Einzelprüfresultate bezogen auf die zutreffende Haltungslänge bewertet werden.

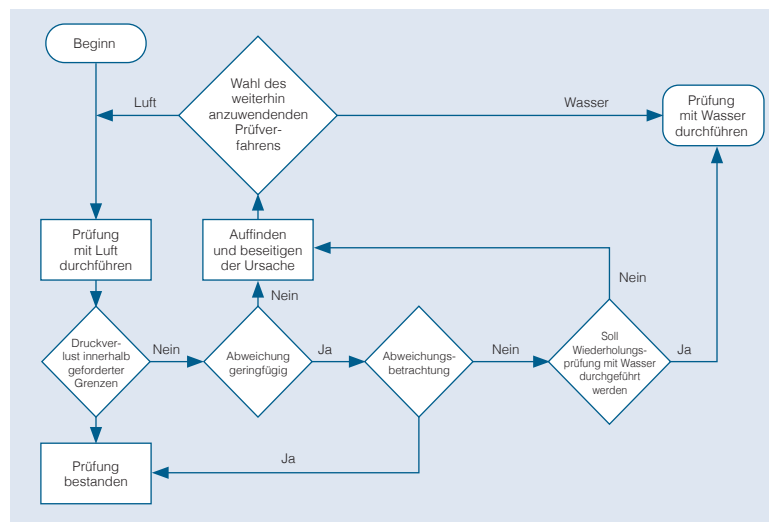


Abbildung 87: Fließdiagramm Einzelverbindungsprüfung Verfahren „L“

### 18.4.5.2. Prüfanforderungen

Für die Durchführung der Einzelverbindungsprüfung mit Luftüberdruck gelten folgende Prüfanforderungen:

- Während der Prüfzeit darf ein maximal zulässiger Druckabfall von 15 mbar (Verfahren LC und LD) bzw. 10 mbar (Verfahren LB) nicht überschritten werden,
- Für den zulässigen Prüfdruck gilt:
  - bei Nennweiten  $\leq$  DN 1000 sind die Prüfdrücke nach Verfahren LC und LD anzuwenden,
  - bei Nennweiten  $>$  DN 1000 ist der Prüfdruck nach Verfahren LB anzuwenden,
- Die Prüfzeit, abhängig von der Bauart des Prüfgerätes, beträgt dabei:

#### PRÜFANFORDERUNGEN



- Bei Prüfgeräten, die den gesamten Rohrquerschnitt verschließen, wird die Prüfzeit nach Tabelle 9 wie folgt berechnet:
  - für Verfahren LB:  $t = 0,0186 \cdot DN$  [min]
  - für Verfahren LC:  $t = 0,01354 \cdot DN$  [min]
  - für Verfahren LD:  $t = 0,0065 \cdot DN$  [min]

mit: DN = Innendurchmesser der Rohrleitung [mm]

Die Prüfzeit ist auf die nächsthöhere Minute aufzurunden.

- Bei Prüfgeräten, die einen ringförmigen Prüfraum erzeugen, wird die Prüfzeit wie folgt berechnet:

$$t_v = (1 - d^2/D^2) \cdot t$$
 [min]

mit:  $d$  = Außendurchmesser des Kernstücks des Prüfgerätes [m]

$D$  = Innendurchmesser der Rohrleitung [m]

$t$  = Prüfzeit nach Tabelle 9 [min]

$t_v$  = Prüfzeit (ringförmiger Prüfraum) [min]

Die Prüfzeit ist auf die nächsthöhere Minute aufzurunden.

### ! HINWEIS

Bei Temperaturen unter +5°C ist die Prüfdurchführung unzulässig.

### ! HINWEIS

Die unterschiedliche Bauart der Prüfgeräte muss innerhalb der Programmierung bei automatischer Messaufzeichnung ausgewählt werden können. Für Prüfgeräte mit ringförmigem Prüfraum muss der Außendurchmesser  $d$  des Kernstücks des Prüfgerätes bekannt sein (Abbildung 88).

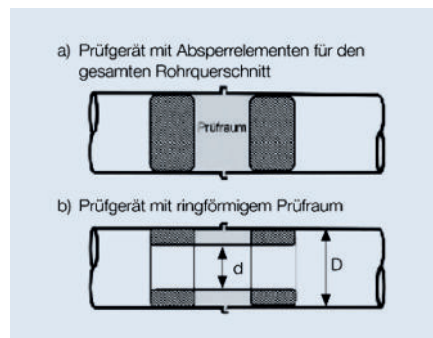


Abbildung 88: Prinzipskizze der Einzelmuffendruckprüfgeräte

Zur Dichtheitsprüfung einzelner Rohrverbindungen müssen Doppelpackersysteme (Abbildung 89) verwendet werden. Die eingesetzten Geräte müssen geeignet sein, Prüffehler infolge von Undichtheiten zwischen Packer und Rohrwand zu erkennen und zu dokumentieren.

Der Prüfdruck muss automatisch im Prüfraum mit einem Drucksensor erfasst und protokolliert werden. Während der Dichtheitsprüfung muss der Prüfraum von den zuführenden Druckschläuchen entkoppelt sein. Der Prüfdruck muss unmittelbar im Prüfraum erfasst werden.



Abbildung 89: Doppelpacker mit einsehbarem Prüfraum (Quelle: unbekannt)

### 18.4.5.3. Durchführung der Einzelverbindungsprüfung mit Luftüberdruck



#### HINWEIS

Eine Einzelverbindungsprüfung mit Luftüberdruck ist nur in Rohrleitungen mit (weitestgehender) Wassersättigung der Rohrwandoberfläche zulässig.

Für die Durchführung der Einzelverbindungsprüfung mit Luftüberdruck gilt folgende Vorgehensweise:

#### Vorbereitende Maßnahmen:

- Reinigen der zu prüfenden Rohrleitung, unmittelbar vor Durchführung der Dichtheitsprüfung durch Hochdruckspülen. Hierdurch wird eine weitestgehende Wassersättigung der Rohrwandfläche und ein sicherer Sitz der Absperr Elemente erreicht
- Vor der Dichtheitsprüfung ist die Dichtheit der Prüfeinrichtung (Nullmessung) einmalig nachzuweisen und zu dokumentieren. Die Prüfeinrichtung muss dicht sein ( $\Delta p = 0 \text{ kPa}$ ). Festgestellte Undichtigkeiten in der Prüfeinrichtung sind vor Prüfungsbeginn zu beseitigen.
- Durchführung und Protokollierung einer Referenzmessung nach Herstellerangabe zur Überprüfung der Dichtheit der geeigneten, einzusetzenden Dichtheitsprüfgeräte (bzw. Rohrabsperr Elementen). Diese ist an geeigneter Stelle in dem zu prüfenden Rohrleitungsabschnitt vor dem Beginn der Einzelverbindungsprüfung vorzunehmen.
- Anbringung einer Markierung zur mittigen Positionierung des Absperr Elements (Einzelverbindungsprüfgerät) über der Rohr-Stoßfuge bei begehbaren Rohrleitungen. Die Absperr Elemente sind exakt zu positionieren. In nicht begehbaren Nennweiten erfolgt dies mittels optischer Inspektion (Abbildung 88).
- Die Absperr Elemente dürfen zur Sicherstellung eines dichten Abschlusses des Prüfraums nicht, auch nicht teilweise, auf Zuläufen oder Anschlüssen positioniert werden.
- Kontrolle der Rohrwandfläche im Bereich der Dichtflächen der Absperr Elemente auf Unebenheiten. Gegebenenfalls ist die Rohrwandfläche nachzubessern oder die Dichtflächen der Absperr Elemente zu optimieren (z. B. Verwendung von Packern mit geringerer Shore-Härte oder zusätzlicher Packermummhüllung aus geeignetem Material etc.),

#### Einbau der Rohrabsperr Elemente:

- Überprüfung der Rohrabsperr Elemente auf Beschädigung und Dichtheit (noch außerhalb der Rohrleitung und vor der Verwendung).
- Ansetzen der Rohrabsperr Elemente, Aufpumpen der beidseitigen Hohlprofile oder Schläuche und drucksicheres Abdichten gegen die Rohrwandfläche. In nicht begehbaren Rohrleitungen sind Doppelpackersysteme (Abbildung 92) einzusetzen.

#### VORBEREITUNG



#### ROHRABSPERR-ELEMENTE



## Befüllungsvorgang und Beruhigungszeit:

- Für die Dichtheitsprüfung wird in der Prüfkammer ein Luftüberdruck (Anfangsdruck) aufgebaut.



### BEFÜLLUNG UND VORBEREITUNGSZEIT

#### HINWEIS

Das Aufbringen des Prüfdruckes, die Kontrolle und das Ablassen des Druckes müssen von der Geländeoberfläche aus erfolgen. Mit Beginn der Druckbeaufschlagung und während der Muffendruckprüfung darf sich gem. DGV keine Person im Bereich der Absperrelemente, in den Schächten oder in angrenzenden Leitungsabschnitten aufhalten.

- Beginn der Beruhigungszeit nach Einstellen eines Anfangsdruckes, der den Prüfdruck  $p_0$  um etwa 10 % übersteigen sollte.
- Vor Beginn der Prüfung muss eine dem Prüfobjekt angepasste Beruhigungszeit eingehalten werden, um einen ausreichenden Temperatur- und Druckausgleich sicherzustellen. Dies ist erkennbar an einem konstanten Verlauf der Druckkurve. Die Beruhigungszeit beträgt mindestens  $DN/100$  bzw. darf 2 min nicht unterschreiten.
- Der Prüfdruck ist mit einem automatisch messenden Drucksensor im Prüfraum festzustellen und zu protokollieren. Der Prüfraum ist von den zuführenden Druckschläuchen zu entkoppeln.

## Durchführung der Prüfung:

- Bei der Dichtheitsprüfung wird zunächst der Prüfdruck  $p_0$  aufgebaut. Dieser wird zusammen mit dem (eventuellen) Druckverlust  $\Delta p$  gemessen und dokumentiert.
- Der Prüfdruck wird nach der Dichtheitsprüfung kontrolliert abgelassen. Dieses Ablassen ist ebenfalls zu messen und zu dokumentieren.
- Wenn der gemessene Druckabfall  $\Delta p$  während der Prüfzeit nicht größer als 15 mbar (Verfahren LC und LD) bzw. 10 mbar (Verfahren LB) ist, wird die geprüfte Einzelverbindung als dicht bewertet.
- Bei Nichterfüllung ist die Ursache festzustellen und wie folgt zu beseitigen.
  - Nach Feststellung einer undichten Rohrverbindung bzw. bei Nichterfüllung der vorgenannten Prüfanforderungen ist eine Referenzmessung durchführen.
  - Die Dichtheitsprüfung ist zu wiederholen.
  - Bei einer bzw. mehrerer nicht bestandener Einzelverbindungsprüfungen kann eine Abweichungsbetrachtung (erst nach Einzelverbindungsprüfungen des gesamten Prüfobjektes) auf Basis des Arbeitsblattes DWA-A 139 Abschnitt 13.4.4 (Siehe Kapitel 19.4.5.4) durchgeführt werden.
  - Sukzessive Dichtheitsprüfung der weiteren Einzelverbindungen des Prüfobjektes.



### PRÜFUNG



- Sofern auch im Anschluss an die Abweichungsbetrachtung die Dichtheitsprüfung als negativ bewertet wird, sind weitere Maßnahmen mit dem Auftraggeber abzustimmen.

#### **18.4.5.4. Abweichungsbetrachtung bei Einzelverbindungsprüfung**

Aufgrund der komplexen Messtechnik und der störungsanfälligen Abdichtung zwischen Absperrerelement des Dichtheitsprüfgerätes und Rohrrinnenwand können Abweichungen von den vorgegebenen Grenzwerten auftreten, sodass betroffene Einzelverbindungsprüfungen als undicht bewertet werden. Bei der Durchführung von Einzelverbindungsprüfungen bedeuten einzelne Überschreitungen der zulässigen Grenzwerte hingegen nicht, dass zwingend eine Undichtigkeit des gesamten Prüfobjektes (z. B. Haltung) vorliegt. Aus diesem Grund muss eine Abweichungsbetrachtung durchgeführt werden (Arbeitsblatt DWA-A 139, Abschnitt 13.4.4).

Bei einer Abweichungsbetrachtung werden die Ergebnisse der Einzelverbindungsprüfungen der einzelnen Rohrverbindungen auf das gesamte Prüfobjekt (z. B. Haltung) bezogen. Hierzu werden die Druckdifferenzen der Einzelprüfungen addiert und durch die Anzahl der Einzelverbindungsprüfungen dividiert, sodass sich ein Mittelwert ergibt. Dieser Mittelwert darf sodann die zulässige Druckdifferenz nicht überschreiten. Das Prüfobjekt wird in diesem Fall als dicht bewertet.



#### **HINWEIS**

Eine Mittelwertberechnung ist nur zulässig, wenn bei den Einzelprüfungen aller Muffen der erforderliche Anfangsprüfdruck aufgebaut werden konnte und der Druck innerhalb der Prüfzeit 50 % des Anfangsprüfdrucks nicht unterschreitet.

#### **18.4.6. Dichtheitsprüfung der Rohrleitung mit Luftunterdruck (Leitungsprüfung)**

Nach DIN EN 1610 und Arbeitsblatt DWA-A 139 können Leitungen und Kanäle auch mit Luftunterdruck auf Dichtheit geprüft werden. Die Luftprüfung mit negativem Druck kann verwendet werden, sofern ein spezielles Verfahren und entsprechende Prüfvorgaben in der Planung festgelegt wurden.

In der Praxis wird dieses Verfahren sehr selten eingesetzt, sodass wenige Erfahrungswerte vorliegen. Aus vorliegenden Gründen wird seitens des FBS keine Empfehlung für die Anwendung dieses Verfahrens ausgesprochen.

#### **18.5. Infiltrationsprüfung bei Rohrleitungen und Kanälen**

Wenn der Grundwasserspiegel mind. 1 m über Rohrscheitel ansteht, kann in Abstimmung mit dem Auftraggeber ebenfalls eine Infiltrationsprüfung als Dichtheitsprüfung durchgeführt werden.

Bei Rohrleitungen und Kanälen sind undichte Stellen optisch durch einen Wassereintritt erkennbar. Diese sind durch Begehung oder durch eine optische Inspektion mit Kamertechnik zu dokumentieren.



**HINWEIS**

Einzelne feuchte Stellen und Tropfen an der Rohrwand stellen kein Indiz für Undichtigkeit dar. Diese verschließen sich in der Regel selbständig. In Ausnahmefällen bedarf es einer Untersuchung der Ursache.

# 19. Dichtheitsprüfung von Schächten

**SICHTPRÜFUNG VOR  
DICHTHEITSPRÜFUNG  
DURCHFÜHREN**



### 19.1. Allgemeines

Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich auf die Dichtheitsprüfung einzelner Schächte. Für die Berücksichtigung einer Leitungsprüfung mit Wasser unter gleichzeitiger Berücksichtigung von Schächten bzw. Inspektionsöffnungen siehe Kapitel 19.3.

Nach DIN EN 1610 ist nach Abschluss des Einbaus, d.h. nach dem Entfernen des Verbaus und der Verdichtung der Baugrube, und vor der Durchführung einer Dichtheitsprüfung zunächst eine Sichtprüfung des Bauwerks sowie der angeschlossenen Rohrleitungen und Kanäle (bei nicht begehbaren Kanälen eine TV-Inspektion nach DIN EN 13508-2 in Verbindung mit Merkblatt DWA-M 149-2) durchzuführen.



#### HINWEIS

In Sonderfällen kann die Dichtheitsprüfung bei einer unverfüllten Baugrube erfolgen. Dies muss bei der Konstruktion und den statischen Nachweisen berücksichtigt werden.

Vor Durchführung einer Dichtheitsprüfung ist der Schacht insbesondere im Hinblick auf Beschädigungen am Schachtkörper sowie an Gerinne, Dichtungselementen und Anschlüssen zu inspizieren und nach DIN EN 13508-2 mittels zugehöriger Kodierung zu dokumentieren.

Die Dokumentation der Sichtprüfung nach Merkblatt DWA-M 149-1 und DWA-M 149-2 gilt analog zu den Anforderungen für Rohrleitungen und Kanäle (vgl. Kapitel 19).

Schachtanschlüsse und Rohranbindungen sind mit dem Schacht bzw. Bauwerk gemeinsam zu prüfen.



#### HINWEIS

Eine Dichtheitsprüfung von Schächten und Bauwerken separat bzw. von Schächten und Bauwerken gemeinsam mit angeschlossenen Rohrleitungen darf nur mit Wasser erfolgen.

Nach Arbeitsblatt DWA-A 157 kann bei Schächten und Bauwerken mit einer freien Wasseroberfläche von  $\leq 3,0 \text{ m}^2$  die Dichtheitsprüfung gemeinsam mit der Kanalhaltung entsprechend den Vorgaben der DIN EN 1610 und Arbeitsblatt DWA-A 157 erfolgen.

Bei Schächten und Bauwerken mit einer Wasserspiegel­fläche  $> 3,0 \text{ m}^2$  muss die Dichtheitsprüfung als Einzelprüfung durchgeführt werden.

 **HINWEIS**

Aus Gründen der Qualitätssicherung sollten Bauwerke einzeln geprüft werden (Einzelprüfung).

## 19.2. Anforderungen an die einzusetzenden Geräte

Für die Anforderungen an die einzusetzenden Geräte bei Dichtheitsprüfungen mit Wasser gilt Folgendes:

- Die Kalibrierung der Messgeräte muss durch einen Sachkundigen regelmäßig nachgewiesen werden. Als sachkundig gelten z. B. der Hersteller der Dichtheitsprüfgeräte oder ein akkreditiertes und überwachtes Prüflaboratorium nach DGUV-Information 201-022. Der Nachweis einer durchgeführten Kalibrierung der Messgeräte darf nicht älter als 12 Monate sein. Ein entsprechend gültiger Kalibrierschein über die Messgenauigkeit muss bei den Dichtheitsprüfungen mitgeführt und auf Verlangen vorgelegt werden.
- Bei Verwendung automatisierter Prüfgeräte muss die Messgenauigkeit von einem Sachkundigen durch eine Bescheinigung, die bei jeder Dichtheitsprüfung mitzuführen ist, nachgewiesen werden.
- Die Dichtheitsfläche der Absperr­elemente ist auf die Beschaffenheit der Rohrinnenwandfläche (z. B. bei Lunkern, Rissen und Unebenheiten) abzustimmen.

 **HINWEIS**

Es ist ratsam, die Absperr­elemente mit einem zusätzlichen Moosgummi o.ä. als zusätzlichen Überzug zu versehen bzw. die Betonoberflächen so zu glätten, dass ein dichter Abschluss des Prüfraums gewährleistet werden kann.

- Die eingesetzten Absperr­elemente müssen für den erforderlichen Füll­druck (Betriebsdruck) und für den Nenndurchmesser der Rohrleitung geeignet gewählt werden.
- Die Absperr­elemente müssen vom Hersteller mit einem Typenschild mit folgenden Angaben dauerhaft gekennzeichnet werden:
  - Hersteller, Typ, Baujahr,
  - verschleißbare Rohrdurchmesser bzw. Rohrdurchmesserbereiche,
  - maximal zulässiger Füll­druck (Betriebsdruck),
  - Datum der letzten Inspektion und Wartung des Prüfgerätes.(Die Absperr­elemente sind durch einen Sachkundigen einmal jährlich zu überprüfen. Die Prüfprotokolle sind auf der Baustelle auf Verlangen vorzuzeigen.)
- Zur Durchführung von Wasserdruckprüfungen ist ein Freispiegelbehälter oder eine entsprechende Ausrüstung zur drucklosen Befüllung des Prüfobjektes erforderlich.
- Messbehälter für die Leitungsprüfung müssen eine Messgenauigkeit von mindestens  $0,1 \text{ l}$  aufweisen.



### ANFORDERUNGEN AN MESS- UND PRÜFGERÄTE

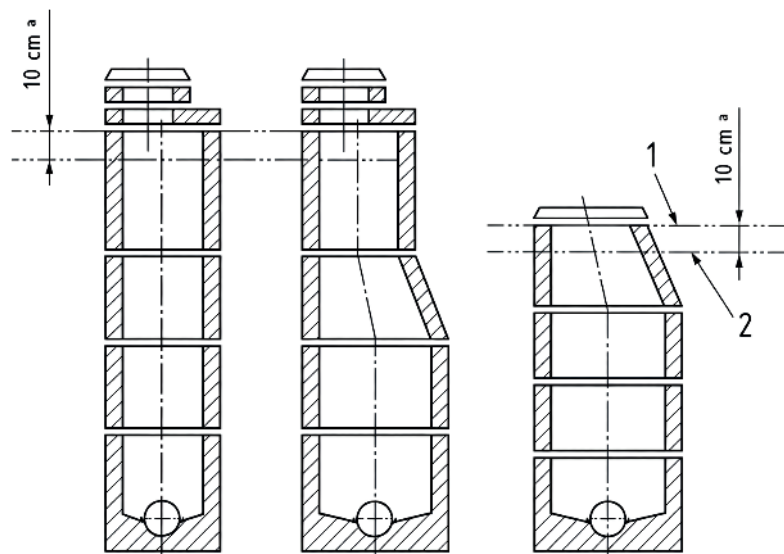


- Bei der Wasserzugabe sind folgende automatisierte Messsysteme verwendbar:
  - Pegelmesssystem mit einer Messgenauigkeit von 1 mm (Höhendifferenzmessung),
  - Drucksensorsystem mit einer Messgenauigkeit von 1 mmWS (Druckdifferenzmessung),
- Nachfüllgeräte für die Schachtprüfung müssen eine Messgenauigkeit von mindestens 0,1 l aufweisen.

### 19.3. Prüfanforderungen

Für die Durchführung der Dichtheitsprüfung gelten folgende Prüfanforderungen:

- Die Prüfdauer für Schächte und Inspektionsöffnungen beträgt  $30 \pm 1$  min,
- Die Wasserzugabe muss mit einer Genauigkeit von 0,1 l gemessen werden, Die zulässige Wasserzugabe ergibt sich nach DIN EN 1610:
  - 0,40 l/m<sup>2</sup> benetzte Innenfläche für Schächte und Inspektionsöffnungen
- Die benetzte Fläche wird aus den Innenwandflächen des Bauwerks berechnet. Gerinne und Auftritt werden bei der Berechnung der Innenwandfläche nicht berücksichtigt („übermessen“).



**Legende**

- 1 Bezugsniveau für die Prüfung mit Wasser      2 Füllhöhe für die Prüfung mit Wasser

Abbildung 90: Bezugsniveau für Prüfverfahren „W“ für Schächte und Inspektionsöffnungen, Arbeitsblatt DWA-A 139

Ist die frei messbare Wasserspiegelfläche bei beliebigen Bauwerken größer  $> 10$  m<sup>2</sup>, kann eine Wasserspiegelabsenkung nicht mehr gesichert festgestellt werden. Bei diesen Bauwerken muss die Prüfzeit auf 48 Stunden erhöht werden. Die Dichtheit ist nachgewiesen, wenn der Wasserspiegel während der Prüfzeit nicht messbar absinkt.

### 19.4. Durchführung der Schachtprüfung

Für die Durchführung der Dichtheitsprüfung von Schächten mit Wasser gilt folgende Vorgehensweise:

### Vorbereitende Maßnahmen:

- Reinigen des zu prüfenden Schachtes einschließlich Gerinne und der angeschlossenen Rohrleitungsenden, möglichst unmittelbar vor Durchführung der Dichtheitsprüfung durch Hochdruckspülen. Dies ermöglicht gleichzeitig eine weitestgehende Wassersättigung der Schachtinnenwandfläche, der Rohrinnenwandfläche und einen sicheren Sitz der Absperrelemente.



### VORBEREITUNG

### Einbau der Rohrabsperrerelemente:

- Überprüfung der Rohrabsperrerelemente auf Beschädigung und Dichtheit (noch außerhalb der Rohrleitung und vor der Verwendung).
- Rohrabsperrerelemente dürfen ausschließlich an den vom Hersteller vorgesehenen Anschlagpunkten angeschlagen und abgelassen werden.
- Befüllen der Rohrabsperrerelemente nur mit ungefährlichen, nicht brennbaren Gasen und Flüssigkeiten.
- Druckdichtes Absperren sämtlicher Rohreinbindungen und Anschlüsse des zu prüfenden Schachtes bzw. der Inspektionsöffnung mit geeigneten Absperrelementen (Abbildung 91).

Geeignete Absperrelemente sind:

- Geräte, die durch eine Doppeldichtung auf ihre Dichtwirkung geprüft werden können,
  - Absperrblasen, über die zusätzliche Dichtmanschetten gezogen werden können,
  - Absperrblasen mit verlängerter Dichtfläche.
- Kontrolle der Rohrwand im Bereich der Dichtflächen der Absperrelemente auf Unebenheiten, gegebenenfalls Rohrinnenwandfläche nachbessern oder Dichtflächen des Absperrelements optimieren.
  - Sichern der Absperrelemente gegen die bei der Dichtheitsprüfung auftretenden Längskräfte



### ROHRABSPERR- ELEMENTE

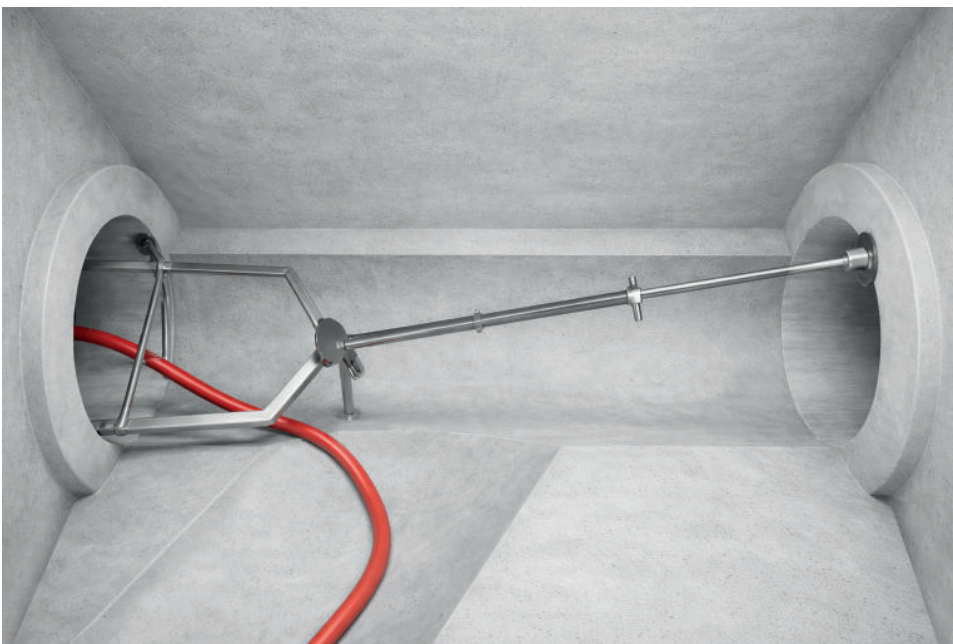


Abbildung 91: Schachtabsperrung (in Anlehnung an BG-Bau)

## BEFÜLLUNG UND VORBEREITUNGSZEIT



### Befüllungsvorgang und Beruhigungszeit:

- Befüllen des Schachtes bzw. der Inspektionsöffnung, eventuell inklusive der entsprechenden angeschlossenen Rohrleitungen, mit Wasser mindestens bis zur erforderlichen Füllhöhe. Die entsprechende Füllhöhe ist Abbildung 93 zu entnehmen.



#### HINWEIS

Eine kontinuierliche Abnahme der Wasserzugabe kann ein Indiz einer noch nicht ausreichenden Wassersättigung der benetzten Innenwandflächen sein.

- Sicherstellen einer weitestgehenden Wassersättigung der benetzten Innenwandflächen durch ausreichend lange Vorbereitungszeit. In der Regel ist eine Vorbereitungszeit von einer Stunde ausreichend. Ungünstige klimatische Verhältnisse (windig und/oder sehr heiß) und der Feuchtegrad der benetzten Innenwandflächen können Einfluss auf die erforderliche Vorbereitungszeit zur notwendigen Wassersättigung besitzen.



#### HINWEIS

Sofern nachträgliche Einbauten (bspw. Gerinne, Querschnittsprofilierung der Rohre etc.) bereits vorhanden sind, ist von einer wesentlichen Verlängerung der Vorbereitungszeit auszugehen.

### Durchführung der Prüfung:

## PRÜFUNG



- Für die Dichtheitsprüfung ist die Füllhöhe des einzufüllenden Wassers 10 cm unter dem Bezugsniveau (Abbildung 90) einzustellen und zu dokumentieren. Als Bezugsniveau ist nach Arbeitsblatt DWA-A 139 die Oberkante des Schachtkonus bzw. die Unterkante der Abdeckplatte definiert.
- Während der Prüfung ist die Wasserspiegellage durch kontinuierliche Wasserzugabe konstant zu halten,
- Die Wasserzugabe [I] ist während der Prüfdauer von  $30 \pm 1$  min zu messen und zu dokumentieren.
- Die Dichtheitsprüfung kann nach einer Mindestprüfdauer von 5 min vorzeitig beendet werden, wenn die anteilige Wasserzugabe im Verhältnis zur vorgegebenen Prüfzeit ( $30 \pm 1$  min) nicht überschritten wird. Dies entspricht einem Wasserzugabewert von maximal 1/6 der zulässigen Wasserzugabemenge.
- Wenn der maximal zulässige Wasserzugabewert während der Prüfzeit nicht überschritten wird, ist der geprüfte Schacht bzw. die Inspektionsöffnung, eventuell inklusive der entsprechenden angeschlossenen Rohrleitungen, als dicht zu bewerten.
- Bei Nichterfüllung ist die Ursache festzustellen und wie folgt zu beseitigen:
  - Wiederholungsprüfung durchführen
  - Gegebenenfalls Änderung der Prüfdurchführung (z. B. Verlängerung der Vorbereitungszeit)

- Sofern auch nach Wiederholung bzw. Änderung der Prüfdurchführung die Dichtheit nicht sichergestellt werden kann, sind weitere Maßnahmen mit dem Auftraggeber abzustimmen.

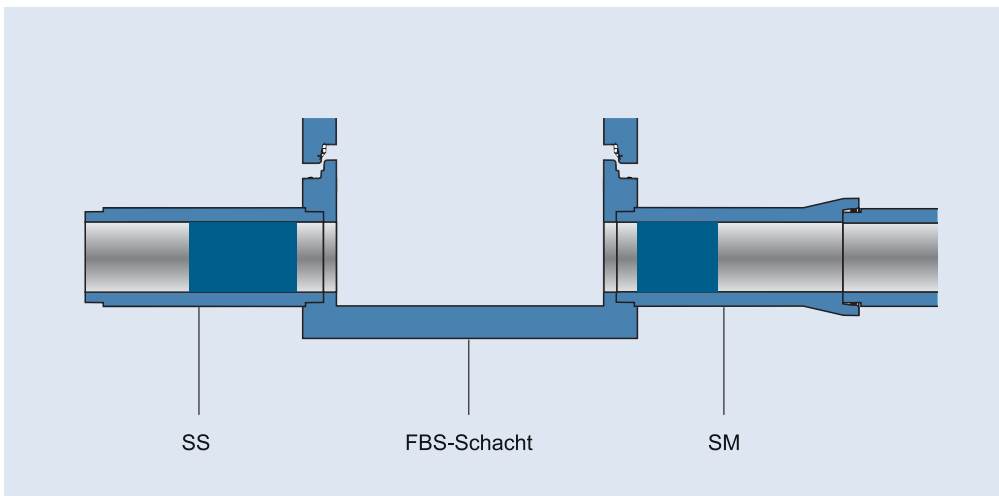


Abbildung 91: Positionierung von Absperelementen bei Schachteinzelpfung (ohne Darstellung der Lagesicherung der Absperelemente)

## 19.5. Sonderfall: Infiltrationsprüfung bei Schächten

Bei der Dichtheitsprüfung von Schächten und Bauwerken im Grundwasser kann ebenso, analog zur Rohrleitung und in Abstimmung mit dem Auftraggeber, auf eine Infiltrationsprüfung zurückgegriffen werden. Dabei sind folgende Szenarien zu unterscheiden:

Szenario A: Schächte/Bauwerke nur teilweise im Grundwasser

- Bis Höhe Grundwasserstand ist die Infiltration optisch zu kontrollieren
- werden keine Auffälligkeiten festgestellt, erfolgt die Dichtheitsprüfung als normale Wasserdruckprüfung zur Beurteilung des oberhalb des Grundwasserstands liegenden Bauwerkteils.

Szenario B: Schächte/Bauwerk vollständig im Grundwasser, Grundwasserstand bis OK Gelände

- Die Infiltrationsprüfung ist ausreichend.

# Kanalisation?

# Aus der Region!

CO<sub>2</sub>-SPARENDE LÖSUNGEN AUS BETON

MODERNE BETONKANALSYSTEME

IN FBS-QUALITÄT®

Aus der  
REGION

✓ Rohstoffgewinnung  
✓ Produktion  
✓ Transport  
✓ Einbau



Bundesfachverband  
Betonkanalsysteme e.V.

[www.fbs-beton.de](http://www.fbs-beton.de)