



ANFORDERUNGSPROFIL SCHLAUCHLINING

Hamburg, 1. April 2017 / E1-2020

Austausch einzelner Regelstatiken 1. November 2020

Inhalt

Inhalt	1
0 Einleitung	4
1 Anwendungsbereich	4
2 Begriffe	5
3 Hinweise für den Ausschreibenden	5
4 Baustoffe	5
4.1 Anforderungen an Baustoffe	5
4.1.1 Harzsysteme	5
4.1.2 Trägermaterialien	6
4.1.3 Füllstoffe	6
4.1.4 Folien/Beschichtungen	6
4.1.5 Eigen- und Fremdüberwachung	7
4.2 Anforderungen an die Fertigung und Lieferung auf die Baustelle	7
4.2.1 Lieferung eines werksimprägnierten Schlauches	7
4.2.1.1 Lagerung des Materials	7
4.2.1.2 Mobile Imprägnierung	7
4.3 Anforderungen an die Härtung	8
4.4 Anforderungen an das Endprodukt	8
4.4.1 Vorbemerkungen	8
4.4.2 Eignungsnachweis	8
5 Statische Berechnung	9
5.1 Materialkenngruppen	9
5.2 Regelstatiken	11
6 Ausführung	12
6.1 Baustellenvorbereitung	12
6.1.1 Bürgerinformation	12
6.1.2 Startgespräch	13
6.1.3 Nachweise	13
6.2 Vorarbeiten	14
6.2.1 Aufrechterhaltung der Vorflut für die Vorarbeiten	14
6.2.2 Reinigung für die Feststellung des baulichen Ist-Zustandes	14
6.2.3 Optische Inspektion zur Feststellung des baulichen Ist-Zustandes	14
6.2.4 Einmessen der Anschlüsse	14
6.2.5 Hindernisbeseitigung	15
6.2.6 Vorprofilierung	15
6.2.7 Vorabdichtung	15
6.2.8 Kalibrierung	15
6.2.9 Aufrechterhaltung der Vorflut	15
6.2.10 Reinigung vor Schlaucheinbau	16
6.2.11 Optische Inspektion vor Schlaucheinbau	16
6.3 Schlaucheinbau, Aufstellung und Härtung	16
6.3.1 Schlaucheinbau	16
6.3.2 Aufstellung und Härtung	17
6.3.2.1 Warmwasserhärtung	17
6.3.2.2 Dampfhärtung	17

6.3.2.3	Härtung mit ultraviolettem Licht (UV)	17
6.3.3	HW: Schlauchlining in Anschlussleitungen	18
6.4	Nacharbeiten und Probenentnahme	19
6.4.1	Materialprobenentnahme	19
6.4.2	Haltungsweise Dichtheitsprüfung	20
6.4.3	Öffnen der Anschlüsse	20
6.4.4	Anschlusseinbindung	20
6.4.5	Schachteinbindung/Entlastungsschnitte	21
6.5	Umweltbelange	21
7	Prüfungen	22
7.1	Prüfung vor Ort	22
7.1.1	Optische Inspektion	22
7.1.2	Dichtheitsprüfung	22
7.1.3	Faltenbildung	22
7.2	Materialprüfung am Probestück	23
7.2.1	Materialprüfungen und Ergänzungen für die Prüfungsdurchführung	23
7.2.2	Bewertung der Prüfergebnisse	23
7.2.2.1	Biegeeigenschaften und Wanddicke	24
7.2.2.2	Kriechneigung	24
7.2.2.3	Maximal zulässiger Reststyrolgehalt	24
7.2.2.4	DDK-Analyse	24
7.2.2.5	Spektralanalyse	24
7.2.2.6	Bestimmung von Füllstoff- und Glasgehalt	25
7.2.2.7	Dichtheitsprüfung des Laminats	25
7.3	HW: Umgang mit Mängeln	25
8	Dokumentation	25
9	Abnahme	26
Anhang A	Bieterangaben zum Bauvorhaben	26
Anhang B	Vertragsbedingungen zur Beauftragung von Prüfinstituten	26
Anhang C	Regelstatistiktabellen	28
Tabelle C.1:	Materialkennguppe 1 (Merkblatt DWA-M 144-3, Tabelle 2)	28
Tabelle C.2:	Materialkennguppe 2 (Merkblatt DWA-M 144-3, Tabelle 2)	29
Tabelle C.3:	Materialkennguppe 3 (Merkblatt DWA-M 144-3, Tabelle 2)	30
Tabelle C.4:	Materialkennguppe 4 (Merkblatt DWA-M 144-3, Tabelle 2)	31
Tabelle C.5:	Materialkennguppe 5 (Merkblatt DWA-M 144-3, Tabelle 2)	32
Tabelle C.6:	Materialkennguppe 6 (Merkblatt DWA-M 144-3, Tabelle 2)	33
Tabelle C.7:	Materialkennguppe 7 (Merkblatt DWA-M 144-3, Tabelle 2)	34
Tabelle C.8:	Materialkennguppe 8 (Merkblatt DWA-M 144-3, Tabelle 2)	35
Tabelle C.9:	Materialkennguppe 9 (Merkblatt DWA-M 144-3, Tabelle 2)	36
Tabelle C.10:	Materialkennguppe 10 (Merkblatt DWA-M 144-3, Tabelle 2)	37
Tabelle C.11:	Materialkennguppe 11 (Merkblatt DWA-M 144-3, Tabelle 2)	38
Tabelle C.12:	Materialkennguppe 12 (Merkblatt DWA-M 144-3, Tabelle 2)	39
Tabelle C.13:	Materialkennguppe 13 (Merkblatt DWA-M 144-3, Tabelle 2)	40
Tabelle C.14:	Materialkennguppe 14 (Merkblatt DWA-M 144-3, Tabelle 2)	41
Tabelle C.15:	Materialkennguppe 15 (Merkblatt DWA-M 144-3, Tabelle 2)	42
Tabelle C.16:	Materialkennguppe 16 (Merkblatt DWA-M 144-3, Tabelle 2)	43
Tabelle C.17:	Materialkennguppe 17 (Merkblatt DWA-M 144-3, Tabelle 2)	44
Tabelle C.18:	Materialkennguppe 18 (Merkblatt DWA-M 144-3, Tabelle 2)	45

Tabelle C.19: Materialkennggruppe 19 (Merkblatt DWA-M 144-3, Tabelle 2)	46
Tabelle C.20: Materialkennggruppe 20 (Merkblatt DWA-M 144-3, Tabelle 2)	47
HW: Tabelle C: Materialkennggruppe 4+13 (Merkblatt DWA-M 144-3, Tabelle 2)	48
HW: Tabelle C: Materialkennggruppe 14+15 (Merkblatt DWA-M 144-3, Tabelle 2)	49
HW: Tabelle C: Materialkennggruppe 20 (Merkblatt DWA-M 144-3, Tabelle 2)	50
HW: Tabelle C: Materialkennggruppe 4 (Merkblatt DWA-M 144-3, Tabelle 2)	51
HW: Tabelle C: Materialkennggruppe 13 (Merkblatt DWA-M 144-3, Tabelle 2)	52
HW: Tabelle C: Materialkennggruppe 14 (Merkblatt DWA-M 144-3, Tabelle 2)	53
HW: Tabelle C: Materialkennggruppe 15 (Merkblatt DWA-M 144-3, Tabelle 2)	54
HW: Tabelle C: Materialkennggruppe 16 (Merkblatt DWA-M 144-3, Tabelle 2)	55
HW: Tabelle C: Materialkennggruppe 20 (Merkblatt DWA-M 144-3, Tabelle 2)	56
HW: Anhang D Bemessungsbeispiel	57
HW: Anhang E Präqualifikation bei Hamburg Wasser	59
HW: Anhang F Unterlagen zum Qualitätsnachweis	60
Technische Regeln	62
DIN-/VOB-Normen	62
DWA-Regelwerk	62

0 Einleitung

Grundlage für die Erstellung dieses Anforderungsprofils (AFP) und die Durchführung eines Qualitätsnachweises ist die seit 1983 bestehende Erfahrung der Hamburger Stadtentwässerung (im Folgenden Hamburg Wasser (HW)) mit der Renovierung von schadhaften Sielen. In Hamburg wird für Schlauchliner eine technische Nutzungsdauer von mindestens 50 Jahren festgelegt. Die Abschreibung erfolgt über 50 Jahre.

Hamburg Wasser greift auf die Unterstützung und Hilfestellung fachkompetenter Begleitung von akkreditierten Prüfinstituten zurück. Die Materialprüfung auf der Grundlage des DWA-A 143-3, Kapitel 7, gewährleistet einen gleichbleibend hohen Qualitätsstandard.

Mit Veröffentlichung der europäischen Norm DIN EN ISO 11296-4 und den nationalen Regelwerken ATV DIN 18326, DWA-A 143-3 und M 144-3 gilt das Schlauchlining als allgemein anerkannte Regel der Technik. An den nationalen Regelwerken haben Vertreter von Hamburg Wasser intensiv mitgewirkt. Grundlage des neuen Anforderungsprofils ist das M 144-3 E4 (Ergänzung 4), welches um spezielle Regelungen ergänzt ist.

Die Präqualifikation für ausführende Unternehmen zusammen mit dem angebotenen Schlauchliner bleibt weiterhin Bestandteil des Anforderungsprofils (siehe Anhang F)

Mit dem Übergang auf das AFP 2017 tritt die vorherige Version außer Kraft.

1 Anwendungsbereich

Die Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen für vor Ort härtendes Schlauchlining (im Nachfolgenden „ZTV Schlauchlining“ genannt) behandeln die Renovierung von Abwasserleitungen und -kanälen außerhalb von Gebäuden, die als Freispiegelleitungen betrieben werden. Sie sind darauf abgestellt, dass die Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) und insbesondere die:

- ATV DIN 18299 „Allgemeine Regelungen für Bauarbeiten jeder Art“ und die
- ATV DIN 18326 „Renovierungsarbeiten an Entwässerungskanälen“

Bestandteil des Bauvertrages sind.

Der nicht kursiv dargestellte Text stellt „Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen“ im Sinne von § 1, Nummer 2.4 VOB Teil B – DIN 1961, dar, wenn die ZTV Schlauchlining Bestandteil des Bauvertrages sind.

HW: Das AFP ist Zusätzliche Technische Vertragsbedingung im Sinne von § 1, Absatz 2, Nr. 4 VOB Teil B.

Die spezifischen Regelungen von Hamburg Wasser werden durch „HW:“ eingeleitet und extra umrandet dargestellt.

Die im Text kursiv gedruckten Absätze sind „Richtlinien“; sie sind vom Auftraggeber bei der Aufstellung der Leistungsbeschreibung sowie bei der Überwachung und Abnahme der Bauleistungen zu beachten.

Sämtliche für das Verfahren geltende Normen sowie das Regelwerk der DWA sind Vertragsbestandteil, soweit durch dieses Papier nichts anderes geregelt ist.

Stellt der Systemhersteller/-anwender des angebotenen Schlauchlinerproduktes Anforderungen an dessen Verwendung, die über die Anforderungen dieser ZTV Schlauchlining hinausgehen, sind diese maßgeblich und ist auch mit diesen zu kalkulieren.

2 Begriffe

Es gelten die Begriffsdefinitionen

- der DIN EN 752,
- des Arbeitsblattes DWA-A 143-3,

HW:

- des Arbeitsblattes DWA-A 143-2
- Trumme = Straßenablauf
- Siel = Abwasserkanal
- Rüstzeit = Zeit für Tätigkeiten in Rahmen von Roboterarbeiten, die zum Auf-, Um- oder Abbau des Roboters benötigt werden, jedoch keine Fahrten im Rohr oder Reparaturen am Roboter etc.

3 Hinweise für den Ausschreibenden

Hinweise für das Aufstellen der Leistungsbeschreibung und die Erstellung der Ausschreibung werden im Merkblatt DWA-M 144-1 dargestellt.

4 Baustoffe

4.1 Anforderungen an Baustoffe

4.1.1 Harzsysteme

Es müssen die in Arbeitsblatt DWA-A 143-3 genannten Harzsysteme verwendet werden (siehe Tabelle 1). An diesen muss ein Eignungsnachweis vorgenommen worden sein. Die Zusammensetzung muss darin ausgewiesen sein. Durch die Angabe der Abwasserbeschaffenheit bestimmt der Ausschreibende das zu wählende Harzsystem. Wird eine Abwasserbeschaffenheit der Gruppen 1 oder 3 ausgeschrieben, ist durch den Bieter auf Verlangen des Ausschreibenden die Eignung des angebotenen Harzsystems nachzuweisen.

HW: Es sind ausschließlich Harzsysteme zu verwenden, die mindestens nach Abwassergruppe 2 zugelassen sind. Harze nach Abwassergruppe 1 sind nicht zulässig.

Liegt Abwasser des Typs 3 vor, so ist der Ausschreibung eine Spezifikation des Abwassers beizulegen.

Tabelle 1: Zugelassene Harzsysteme

Abw.-Gruppe	Abwassertyp	Zugelassene Harztypen
1	Kommunales Abwasser mit geringen chemischen und biochemischen Belastungen	Systeme aus ungesättigtem Polyesterharz (UP Harz-Systeme): DIN 16946-2 mind. Typ 1130 (thermische und mechanische Anforderungen) DIN 18820-1 Gruppe 2 oder nach DIN EN 13121-1 Gruppe 2 Bzw. die zugelassenen Harze der Zeilen 2 und 3
2	Kommunales Abwasser	UP Harz-Systeme: DIN 16946-2 mind. Typ 1130 (thermische und mechanische Anforderungen) DIN 18820-1 Gruppe 3 oder nach DIN EN 13121-1 Gruppe 4 Systeme aus Epoxidharz (EP-Harz): DIN 16946-2 Typ 1020, Typ 1021, Typ 1040 (thermische und mechanische Anforderungen) oder abwasserbeständige hydrolysefeste temperatur-beständige EP-Harze mit Nachweis der Eignung durch zugelassenes und unabhängiges Prüfinstitut. Bzw. die zugelassenen Harze der Zeile 3
3	Stark angreifendes Abwasser (Industrielles Abwasser)	Systeme aus Vinylesterharz (VE-Harz): DIN 16946-2 mind. Typ 1130 DIN 18820-1 Gruppe 5 oder nach DIN EN 13121-1 Gruppe 7a EP-Harz Der Nachweis der Eignung für das spezifizierte Abwasser ist durch den Bieter zu erbringen

4.1.2 Trägermaterialien

Es müssen die in Arbeitsblatt DWA-A 143-3 genannten Trägermaterialien verwendet werden, die auch für den Eignungsnachweis des Gesamtsystems mit gleichem Massenanteil verwendet worden sind. Deren Eigenschaften müssen im Eignungsnachweis ausgewiesen sein.

4.1.3 Füllstoffe

Es dürfen nur Füllstoffe verwendet werden, die im Eignungsnachweis des Gesamtsystems mit gleichem Massenanteil verwendet worden sind. Die Füllstoffe müssen inert (unter den gegebenen Bedingungen reaktionsfrei) sein. Deren Eigenschaften müssen im Eignungsnachweis ausgewiesen sein.

4.1.4 Folien/Beschichtungen

Es müssen die in Arbeitsblatt DWA-A 143-3 genannten Materialien für Folien und Beschichtungen verwendet werden, die auch im Eignungsnachweis des Gesamtsystems verwendet worden sind. Deren Eigenschaften müssen im Eignungsnachweis ausgewiesen sein.

4.1.5 Eigen- und Fremdüberwachung

Für die Materialherstellung (bis Anlieferung auf die Baustelle) müssen die Anforderungen gemäß Arbeitsblatt DWA-A 143-3 eingehalten werden.

4.2 Anforderungen an die Fertigung und Lieferung auf die Baustelle

4.2.1 Lieferung eines werksimprägnierten Schlauches

Wareneingang und Lagerung der Einzelkomponenten und der gesamte Herstellungsprozess des Endproduktes müssen durch den Auftragnehmer durchgängig dokumentiert werden. Durch den Lieferschein des gelieferten Produktes muss der direkte Zusammenhang zu dieser Dokumentation und zum Eignungsnachweis gegeben sein. Im Lieferschein müssen ausgewiesen sein:

- Die Bezeichnung des angebotenen Produktes,
- die genaue Rezepturbezeichnung bzw. Unterkategorie der Produktbezeichnung,
- die Lieferwanddicke des gelieferten Produktes,
- der Innendurchmesser des Altröhres oder der hydraulische Ersatzkreis bei Sonderprofilen,
- Imprägnierdatum des Schlauches.
- Länge des Schlauches.

4.2.1.1 Lagerung des Materials

Imprägnierte Schläuche müssen bis zum Einbau gemäß den Vorgaben des Herstellers gelagert und gegen vorzeitige Härtung geschützt werden.

4.2.1.2 Mobile Imprägnierung

Wenn die Besonderheiten des Verfahrens eine Imprägnierung des Schlauchs vor Ort erfordern, ist eine mobile Imprägnierung zugelassen. In diesem Zusammenhang wird auf Abschnitt 6.5 „Umweltbelange“ verwiesen. Zur Lagerung und Verarbeitung von Harzen, Härtern und Zusatzstoffen auf der Baustelle sind die entsprechenden Umwelt-, Arbeitsschutz- und Gefahrgutverordnungen einzuhalten.

Materialien

Die Materialien (Harze, Trägermaterialien) müssen gemäß den Herstellerempfehlungen bzw. eigener Verfahrensanweisungen gelagert werden. Wareneingang und Lagerung müssen durchgängig dokumentiert werden.

Mischanlage

Die Anmischung des Harzes darf nur in temperierten Kompaktmischanlagen durchgeführt werden. Der Ort des Mischungsvorganges muss vor Witterungseinflüssen geschützt sein. Die Anlage muss als geschlossenes System aufgebaut sein, die den luftfreien Mischvorgang garantiert. Harztanks müssen den technischen Sicherheitsanforderungen entsprechen. Die Mischanlage muss über Messeinrichtungen zur permanenten Überwachung des Mischvorganges verfügen. Eine kontinuierliche Mengenerfassung des Mischverhältnisses und der Gesamtmenge muss gewährleistet und protokolliert werden. Messeinrichtungen für Harz- und Härtertemperatur müssen zur sicheren Überwachung des Qualitätsstandards vorhanden sein.

Imprägnierung

Die mobile Imprägnierungsanlage dient der Imprägnierung vor Ort und muss somit einen hohen technischen Standard auf der Baustelle gewährleisten. Voraussetzung für die maschinelle Tränkung des Trägermaterials auf der Baustelle ist die Verwendung:

- einer Vakuumanlage als Bestandteil des Systems,
- druckentlasteter Kalibrierwalzen zur Erlangung einer gleichmäßigen Wanddicke,
- von Imprägnieranlagen.

Die Kalibrierung der Mischanlage ist nachzuweisen.

Die Arbeitssicherheit im Umgang mit Harz und Härter muss gewährleistet sein.

4.3 Anforderungen an die Härtung

Es sind Verfahren zugelassen, die eine gesteuerte Härtung ermöglichen. Dieses sind:

- Warmwasserhärtung,
- Wasserdampfhärtung,
- Licht-Härtung mit ultraviolettem Licht (UV)

HW: Licht-Härtung mit LED in Anschlussleitungen (VE-Harz).

4.4 Anforderungen an das Endprodukt

4.4.1 Vorbemerkungen

Das gehärtete Endprodukt (Schlauchliner) muss eine homogene Harzverteilung ohne sichtbare Luftporen und ohne Fehlstellen aufweisen. Der sanierte Kanal muss den Anforderungen der DIN EN 752 entsprechen:

- Dichtheit (nach DIN EN 1610),

HW: zur Dichtheitsprüfung siehe HW-spezifische Regelung unter 7.1.2

- statische Tragfähigkeit (ATV-M 127-2)

HW: statische Tragfähigkeit nach DWA-A 143-2. Das Merkblatt ATV-M 127-2 wurde zurückgezogen.

4.4.2 Eignungsnachweis

Der Auftragnehmer hat die Eignung der vorgesehenen Baustoffe für die Ausführung nachzuweisen.

Es dürfen nur Schlauchlinerprodukte und dazugehörige Herstellungsverfahren verwendet werden, für die ein Eignungsnachweis nach den Vorgaben der DIN EN ISO 11296-4 und den Ergänzungen der entsprechenden DWA-Arbeits- und Merkblätter vorliegt. Der Eignungsnachweis gilt auch durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) als erbracht.

HW: Alle einzubauenden Systeme/Produkte (Hauptziel, Anschlussleitungen) müssen zum Zeitpunkt des Einbaus über eine gültige DIBt-Zulassung verfügen. Ausnahmen sind mit dem AG abzustimmen.

Als zwingende inhaltliche Punkte sind zu nennen:

- Die genaue Rezepturbezeichnung bzw. Unterkategorie der Produktbezeichnung,
- die Beschreibung der Materialzusammensetzung des Produktes,
- die Beschreibung der Herstellung des Endproduktes unter Beschreibung der eingesetzten Technik,
- der zulässige Anwendungsbereich des Produktes,
- relevante Materialkennwerte des Produktes,
- Hochdruckspülfestigkeit nach DIN 19523,
- Beständigkeit gegen kommunales Abwasser,
- Umweltverträglichkeit.

Der Auftraggeber erhält auf Verlangen Einsicht in die schriftlichen Auswertungen sämtlicher Einzelprüfungen des Eignungsnachweises oder die DIBt-Zulassung für das angebotene Produkt in der jeweils gültigen Fassung.

5 Statische Berechnung

5.1 Materialkenngruppen

Für die verschiedenen Schlauchlinerprodukte sind Materialkenngruppen definiert (siehe Tabelle 2).

Über den in der Eignungsprüfung ermittelten Langzeit-Umfangs-E-Modul und die Langzeitbiegespannung reiht sich das angebotene Produkt in die Materialkenngruppe ein, deren beide Kennwerte mindestens erreicht werden.

Daraus ergeben sich die für das angebotene Produkt zur statischen Dimensionierung zu verwendenden Materialkennwerte (E-Modul und Biegespannung) der Tabelle 2.

Tabelle 2: Materialkenngruppen

Gruppe	Langzeitwerte ¹⁾	
	E-Modul, ermittelt nach DIN EN 1228 in N/mm ²	Biegespannung in N/mm ²
Synthesefaser-Schlauchliner		
1	1000	23
2	1500	31
3	1400	14
4	1400	16
5	1400	18
6	1500	17
7	1500	18
21	2300	18
Glasfaserverstärkte Schlauchliner		
8	3500	75
9	4000	80
10	4500	85
11	5000	90
12	5500	95
13	6000	100
14	6500	105
15	7000	110
16	7500	115
17	8000	120
18	8500	125
19	9000	130
20	9500	135
22	11000	150
24	12000	160
23	14500	185
25	16000	200
ANMERKUNGEN 1) Langzeit-E-Modul aus dem Scheiteldruckversuch, extrapoliert auf 50 Jahre und Langzeitbiegespannung gemäß Merkblatt ATV-M 127-2; ab MKG 25 gemäß Arbeitsblatt DWA-A 143-2. Die Querkontraktionszahl beträgt für alle Materialien $\mu = 0,35$ HW: Regelstatiken Klasse-Profile mit $\mu = 0,25$ für GF-Liner		

statische Bemessung bis max. 9.500 N/mm² und 135 N/mm²

>9.500 N/mm² bzw. 135 N/mm² für statische Bemessung nicht zugelassen



5.2 Regelstatiken

Auf Basis der Materialkennwerte der Materialkenngruppen wurden Regelstatiken für Regellastfälle des Altrohrzustands II gerechnet, deren Ergebnisse (die Verbunddicke nach Arbeitsblatt DWA-A 143-3) in Matrizen über die Altrohrdimension und den Grundwasserstand zusammengefasst sind (siehe Anhang C). Dadurch ist das angebotene Produkt für den ausgeschriebenen Lastfall statisch vordimensioniert. Der Regellastfall des Altrohrzustands I ist damit auf der sicheren Seite liegend abgedeckt.

Zu dieser Verbunddicke wird die Verschleißschicht nach Arbeitsblatt DWA-A 143-3 addiert.

HW: aus A 143-3, 4.2.4.2: „Liegt kein Nachweis nach DIN EN 295-3 über die Abriebwerte vor, ist eine Verschleißschicht von 1 mm zu berücksichtigen. Die Verschleißschichtdicke ist nicht Bestandteil der statisch relevanten Verbunddicke e_m .“

Der Nachweis nach DIN EN 295-3 gilt als erbracht, wenn ein Kombinationsversuch mit Hochdruckspülung nach DIN 19523 erfolgreich durchgeführt wurde.

Hinweis: Gemäß DWA-A 143-3, 4.2.4.3, benötigen Liner mit Folieninnenbeschichtung als integrierter Bestandteil des Liners (Coating) keine zusätzliche Verschleißschicht.

Die so errechnete Gesamtwanddicke ist für das angebotene Produkt vertraglich vereinbart und dient als Kalkulationsbasis.

HW: Die Tabellen nach Anhang C des M 144-3 enthalten die wichtigsten, marktüblichen Rohrquerschnitte.

Für nachfolgend genannte **gemauerte** Eiprofile (Hamburger bzw. Altonaer Klasseprofile) befinden sich zusätzliche statische Nachweise im Anhang C des AFP 2017. Sie sind analog zu den Regelstatiken des M 144-3 anzuwenden.

- Altona Kl. V (580/820)
- Hmb. Kl. VIa (570/860)
- Altona Kl. IV (640/960)
- Hmb. Kl. VIIn (550/1000)
- Hmb. Kl. Va (800/1290)
- Hmb. Kl. IVa (930/1430)
- Hmb. Kl. IVn (850/1400)

Für das Profil Kl. VIIn **Beton** (550/1000) finden sich ebenfalls Regelstatiken im Anhang C.

Parameter der Regelstatiken:

Altrohrzustand II (DWA-A 143-2)

- Äußerer Wasserdruck mindestens 1,50 bis 5,00 m über Sohle
- Örtlich begrenzte Vorverformung (Imperfektion) 1,3 % von r_K bei gemauerten Eiprofilen (r_K = Krümmungsradius des Liners im flachen Bereich (Kämpfer))
- Ovalisierung (Gelenkringverformung) mit 3 % des Linerradius (r_L)
- Ringspalt 0,4 % des Linerradius (r_L), konstante Schrumpfung bei $d_m/2$ (d_m = mittlerer Durchmesser = $(h+b)/2$)
- Ersatzradius bei Eiprofilen: $r_E = 0,6 \times H$
- Querkontraktion 0,25 (Glasfaser) und 0,35 (Synthesefaser)

Alle Abweichungen von diesen Grundparametern machen einen gesonderten statischen Nachweis erforderlich.

Das Ergebnis der Regelstatiktabellen ist die sog. Verbunddicke e_m . Die Verbunddicke ist der statisch tragende Teil des Schlauchliners. Zu der Verbunddicke werden die Verschleißschicht und erforderliche Innen- und Außenfolien addiert. Daraus ergibt sich die Gesamtwanddicke. Der vertraglich geschuldete Aufbau des Schlauchliners ergibt sich aus der DIBt-Zulassung.

Vorgehensweise bei Ausschreibungen von Hamburg Wasser

1. Projektingenieur (AG)

- *Der Projektingenieur prüft im Rahmen der Entwurfsbearbeitung, ob das zu renovierenden Sied den Parametern der Regelstatiken entspricht.*
- *Im Leistungsverzeichnis ist immer der für die Position relevante Grundwasserstand in 50 cm-Schritten über Sohle anzugeben; dieser kann von den Grundwasserständen in der Baugrundbeschreibung abweichen und sollte eventuell steigende Pegel nach der Renovierung berücksichtigen.*
- *Für den Fall, dass die Parameter der Regelstatiken nicht eingehalten werden, sind individuelle Statiken für alle infrage kommenden Materialkenngruppen zu erstellen.*
- *Zur Sicherstellung einer ausreichenden Mindeststeifigkeit des Liners ist gemäß DWA A 143-2 unabhängig vom Grundwasserstand ein Ersatzwasserdruck von $d_a + 0,1$ m, mindestens jedoch 1,50 m anzunehmen.*
Aufgrund der unregelmäßigen Ausbildung der Mauerwerksprofile ist es ratsam, einen Bemessungswasserstand von mind. 2 m über Rohrsohle anzusetzen.

2. Bieter

- Der Bieter kalkuliert den Schlauchliner mit dem angegebenen Grundwasserstand gemäß den Regelstatiken oder den individuell erstellten Statiken.
- In den Bieterangaben sind anzugeben:
 - Angebotener Linerhersteller, -typ
 - Materialkenngruppe gemäß M 144-3, Anhang C
 - Verbunddicke e_m
 - Verschleißdicke
 - Gesamtwanddicke

6 Ausführung

6.1 Baustellenvorbereitung

6.1.1 Bürgerinformation

Im Vorfeld der Kanalrenovierungsmaßnahme wird sowohl durch den Auftraggeber als auch durch den Auftragnehmer eine Information der von der Baumaßnahme betroffenen Anlieger, Bürger, Kanalnetz- und Kläranlagenbetreiber durchgeführt. Der Auftraggeber (AG) weist hier auf die Rahmenbedingungen der Baustelle hin, wohingegen der Auftragnehmer (AN) sämtliche verfahrensspezifische Randbedingungen und Verhaltensregeln (z. B. den Wasserverbrauch) aufzeigt.

Sofern Anlieger oder sonstige Einrichtungen von den Arbeiten betroffen sind, sind diese rechtzeitig, jedoch mit einer Mindestvorlaufzeit von 2 Tagen, durch die Bauleitung des Auftragnehmers schriftlich zu verständigen und über die geplante Maßnahme zu informieren. Hierbei sind der genaue Beginn, das Ende und die Vorgehensweise der jeweiligen Arbeiten mitzuteilen.

HW: Die Bürgerinformation des AN ist dem AG mindestens zwei Tage vor Austeilung an die Anlieger zur Kenntnis zu geben. Die Mindestvorlaufzeit zur Verteilung der Information bezieht sich auf den Einbau des Schlauches und beträgt mindestens 4 Tage.

6.1.2 Startgespräch

Unmittelbar nach Beauftragung und vor der Schlauchbestellung muss ein vorbereitendes Gespräch zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer stattfinden, in welchem u. a. folgende Punkte geklärt werden:

- Benennung von Bauleiter und Kolonnenführer,
- Durchführung der Baumaßnahme allgemein,
- Bauzeitenplan (Gesamt- und Einzelbauzeitenplan),
- Terminfestlegung für die Vorlage der im folgenden geforderten Nachweise,
- Baustelleneinrichtung,
- Verkehrssicherung/Verkehrsregelung (nötige Anträge),
- gegebenenfalls Antrag für Nachtarbeit,
- gegebenenfalls Lärmemissionen – Ausnahmegenehmigungen,
- Zustand des Altkanals,
- Schaffung der Vorflut von Anschlüssen und Hauptleitung,
- evtl. Tiefbauarbeiten,
- Schlauchinstallation (Einbauschächte, nötige Aufzeichnungen),
- Versorgung der Baustelle (Wasser, Strom),
- Koordinierung mit anderen Dienststellen,
- evtl. Baustellenbesichtigung,
- Entnahmeort des Probestückes,
- Nachunternehmerliste,
- Rettungsdienste und Feuerwehr,
- Arbeitssicherheit,
- Entsorgung des Prozesswassers.

Die Freigabe der Baumaßnahme durch den AG wird von der Abhaltung und dem Ergebnis des Startgespräches abhängig gemacht.

6.1.3 Nachweise

Es müssen beim Auftraggeber vorgelegt werden:

- Einzelbauzeitenplan der Renovierungsmaßnahme,
- behördliche Genehmigungen (z. B. Sondernutzungen),
- Darstellung der vom Auftragnehmer konzipierten Überleitung des anfallenden Abwassers der Entwässerungseinrichtungen der anliegenden Anwesen.

Die Freigabe der jeweiligen Arbeiten durch den Auftraggeber wird von der fristgerechten Vorlage der Nachweise abhängig gemacht.

HW: Weichen die Linervorstatik betreffende Lastannahmen bzw. Randbedingungen von den gemachten Vorgaben ab, ist das weitere Vorgehen mit dem AG abzustimmen.

6.2 Vorarbeiten

HW: Mit den Arbeiten darf erst begonnen werden, wenn die Straßenbaubehördliche Verkehrsordnung (angeordnet durch HW) vorliegt.

Für die Ausführung maßgebliche Abweichungen zwischen Ist-Zustand und ausgeschriebenem Zustand sind dem AG unverzüglich mitzuteilen, wie z.B.

- abweichende Vorflutmengen
- verändertes Schadensbild
- zusätzliche Anschlüsse
- veränderter Betriebszustand von Anschlüssen
- unvorhergesehene Grundwassereintritte

6.2.1 Aufrechterhaltung der Vorflut für die Vorarbeiten

Im Leistungsverzeichnis sind gesonderte Ordnungszahlen für die Aufrechterhaltung der Vorflut vorzusehen.

Für die Dauer der Durchführung notwendiger Vorarbeiten muss der Kanal soweit abwasserfrei gehalten werden, dass die ordnungsgemäße Durchführung der ausgeschriebenen Vorarbeiten möglich ist.

6.2.2 Reinigung für die Feststellung des baulichen Ist-Zustandes

Unmittelbar vor der optischen Inspektion muss die zu renovierende Haltung soweit mittels Wasserhochdruck gereinigt werden, dass eine einwandfreie Feststellung des „Ist-Zustandes“ möglich ist.

Das Reinigungsverfahren ist so zu wählen bzw. einzustellen, dass eine Beeinträchtigung des schadhafte Kanals ausgeschlossen ist.

6.2.3 Optische Inspektion zur Feststellung des baulichen Ist-Zustandes

Es ist eine optische Inspektion gemäß Merkblatt DWA-M 149-5 durchzuführen.

Die Ergebnisse der optischen Inspektion müssen durch den Auftragnehmer mit dem ausgeschriebenen Leistungsumfang abgeglichen werden. Für die Ausführung maßgebliche Unterschiede zwischen Ist-Zustand und ausgeschriebenem Schadensbild sind dem Auftraggeber unverzüglich mitzuteilen.

6.2.4 Einmessen der Anschlüsse

Anschlüsse, die gemäß Ausführungsplanung zu öffnen sind, müssen vor Einbau des Schlauches nach Station und Lage exakt eingemessen und dokumentiert werden, damit das fehlerfreie Finden und Öffnen der Anschlüsse gewährleistet ist. Die Öffnungspunkte im Schlauchliner sind mit der gleichen Messtechnik zu ermitteln.

HW: Das Öffnen der Anschlüsse hat mit denselben Geräten zu erfolgen, die zum Einmessen verwendet wurden. Wenn möglich, sollte das Öffnen durch die Mitarbeiter erfolgen, die die Einmessung durchgeführt haben.

6.2.5 Hindernisbeseitigung

Sämtliche Hindernisse, z. B. einragende Anschlüsse bzw. Ablagerungen, müssen gemäß Leistungsbeschreibung entfernt werden, um die Profilmfreiheit und einen einwandfreien Schlauchleinbau zu gewährleisten. Darüber hinausgehende systembedingte Leistungen sind mit dem Auftraggeber vor der Ausführung abzustimmen.

Der Umfang der Arbeiten muss nachvollziehbar und umfassend dokumentiert werden. Die Dokumentation ist Abrechnungsgrundlage.

HW: Sofern Roboterarbeiten über Stunden vergütet werden, ist eine Echtzeitaufnahme der Fräsarbeiten sowie eine detaillierte Auflistung der notwendigen Rüstzeiten zur Abrechnung vorzulegen.

6.2.6 Vorprofilierung

Fehlende Rohrwandungsteile bzw. ausgebrochene Anschlussbereiche müssen gemäß Leistungsbeschreibung vor dem Schlauchleinbau repariert werden. Darüber hinausgehende systembedingte Leistungen sind mit dem Auftraggeber vor der Ausführung abzustimmen.

6.2.7 Vorabdichtung

Grundwasserinfiltrationen sind gemäß Leistungsbeschreibung abzudichten. Es sind nur nachweislich umweltverträgliche Materialien zugelassen. Die Dichtheit ist mindestens bis zur Fertigstellung sämtlicher vereinbarter Leistungen zu gewährleisten.

6.2.8 Kalibrierung

Die Kalibrierung des gesamten zu renovierenden Kanals ist eine besondere Leistung. Die Ergebnisse der Kalibrierung sind im Kalibrierprotokoll festzuhalten und bilden die Grundlage für die Fertigung des Schlauches und die weiteren Arbeitsprozesse des Auftragnehmers. Als Nebenleistung müssen mindestens die Nennweite und der Umfang des Altkanals an sämtlichen Schächten ermittelt werden.

HW: Werden bei der Kalibrierung oder der Messung von Umfang und Nennweite an den Schächten Abweichungen von den Angaben des AG festgestellt, ist dieser unverzüglich zu informieren. Insbesondere bei schwankenden Profilgrößen innerhalb eines zu renovierenden Abschnitts wird das für die Konfektionierung des Schlauchs anzusetzende Maß gemeinsam von AG und AN festgelegt.

6.2.9 Aufrechterhaltung der Vorflut

Sämtliche Einrichtungen zur Abwasserüberleitung oder -umleitung müssen dicht, ausreichend dimensioniert und so gesichert sein, dass keine Gefährdung davon ausgeht. Der ordnungsgemäße Betrieb der Abwasserüberleitung bzw. -umleitung, der Pumpen, Rohre und Schläuche muss während der Dauer der Maßnahme durch den Auftragnehmer sichergestellt sein. Aus dieser Forderung resultieren regelmäßige Kontrollen, Warneinrichtungen und die Wartung der Einrichtungen.

HW: Rechtzeitig vor Baubeginn ist ein Vorflutkonzept mit der Bauaufsicht des AG vorabzustimmen und 2 Wochen vor Einrichtung der Vorflutmaßnahmen über diese beim Siedbezirk (AG) einzureichen. Mit den Arbeiten ist erst zu beginnen, wenn das Vorflutkonzept betrieblich freigegeben wurde. Das Vorflutkonzept muss mindestens einen Plan mit Schachthöhen und -bezeichnungen sowie Darstellung der Vorflutmengen und -maßnahmen sowie den Ausführungszeitraum enthalten.

Anschlussleitungen

Der Auftragnehmer hat im Rahmen der Baustellenvorbereitung mit den Anliegern die Zugänglichkeit der entsprechenden Räumlichkeiten und der Entwässerungsanlagen zu koordinieren.

Beim Absperren und Überpumpen der Hausanschlussleitungen hat der Auftragnehmer dafür Sorge zu tragen, dass keine Beeinträchtigung durch Rückstau in den Kellerräumen der Anlieger auftreten kann.

HW: Vorflutmaßnahmen über Revisionsschächte oder -einrichtungen sind bevorzugt auszuführen.

Das Stauen gegen den Schlauchliner ist grundsätzlich gestattet.

Sofern keine der Maßnahmen geeignet ist, sind Kopfbaugruben zu erstellen.

Als Grundlage für diese Entscheidung hat der AN im Zuge der Baustellenvorbereitung jede einzelne betroffene Grundstücksentwässerungsanlage auf ihre Eignung zu Vorflut Zwecken zu ermitteln und zu bewerten. Die Kontaktaufnahme zum Eigentümer sowie die Ergebnisse der Grundstücksbegehung sind in einem Formular dem AG nachzuweisen. Die Eigentümerlisten erhält der AN im Zuge des Startgesprächs.

6.2.10 Reinigung vor Schlaucheinbau

Unmittelbar vor der optischen Inspektion und vor dem Einbau des Schlauches muss die Haltung mittels Wasserhochdruck gereinigt werden. Die Reinigung muss die einwandfreie Feststellung des Ist-Zustandes ermöglichen.

6.2.11 Optische Inspektion vor Schlaucheinbau

Unmittelbar vor Einbau des Schlauches muss die Hindernisfreiheit durch eine optische Inspektion nachgewiesen werden. Dies ist in einer Videoaufzeichnung zu dokumentieren.

6.3 Schlaucheinbau, Aufstellung und Härtung

Innenfolien, die nicht dauerhaft im Kanal verbleiben, müssen nach der Installation umgehend rückstandsfrei entfernt werden.

6.3.1 Schlaucheinbau

Rechtzeitig vor dem Schlaucheinbau erhält der Auftraggeber sämtliche Nachweise für die vorgenannte Baustellenvorbereitung, die Vorarbeiten und den Lieferschein des Schlauches. Auf dieser Basis und durch die Kontrolle der Baustelle wird diese durch den Auftraggeber zum Einbau des Schlauches freigegeben. Der projektverantwortliche Mitarbeiter des Auftragnehmers muss zu diesem Zeitpunkt auf der Baustelle anwesend sein.

Beim Einbau des Schlauches muss auf eine materialschonende Bauweise geachtet werden. Aus diesem Grund müssen bei einem Schlaucheinzug folgende Anforderungen erfüllt werden:

- Einbau einer Gleitfolie im Sohlenbereich.
- Zugkraftbegrenzung an der Winde, die auf die maximal zulässige Einziehkraft des jeweiligen Schlauches eingestellt ist.
- Elektronische Messung und Aufzeichnung der Einziehkraft
- Werden Schläuche per Kran zur Einbaustelle zwischengehoben (Einbauhilfe), muss die maximal zulässige Hebehöhe aufgrund des Schlauchgewichtes zur Zugkraftbegrenzung eingehalten werden. Die zulässige

Längskraft ist im Einzelfall nachzuweisen. Ein Einschnüren des Schlauches während des Anhebens ist nicht zulässig.

- **HW:** Gleitfolien sind nur beim Einzugsverfahren notwendig. Die Gleitfolie kann auch integrierter Bestandteil sein.
- Die Begehung eines Schlauchliners während des Einbaus, d.h. im nicht-ausgehärteten Zustand, ist aus Gründen der Arbeitssicherheit ausdrücklich nicht gestattet.
- Die Verwendung eines Krans zum direkten Einbringen des Schlauchs in den Schacht ist nur im Einzelfall bei großen Profilen und nach Freigabe durch den AG zulässig

6.3.2 Aufstellung und Härtung

Der Druck, mit dem das Material an die Rohrwandung gepresst wird, muss während der gesamten Härtephase konstant sein und eine ausreichende Verdichtung des Laminats gewährleisten. Ein Eindringen von Luft oder Wasser in das Laminat ist auszuschließen. Eine ausreichende Härtung entsprechend des Eignungsnachweises muss gewährleistet sein und protokolliert werden. Aus diesem Grund müssen in Abhängigkeit des Härteverfahrens folgende Bestimmungen erfüllt werden:

6.3.2.1 Warmwasserhärtung

- Elektronische Messung und Aufzeichnung der Wassersäulenhöhe.
- Elektronische Temperaturmessung und Dokumentation (auch manuell mittels kalibrierter elektrischer Temperaturmessgeräte) im 30-Minuten-Takt am Endschacht sowie an den Zwischenschächten jeweils in Sohle und Scheitel an der Außenkante des Schlauchliners.
- Aufzeichnung der Vor- und Rücklauftemperatur des Heizwassers an der Heizung und des Temperaturfühlers am Inversionsschacht jeweils in Echtzeitaufzeichnung.

6.3.2.2 Dampfhärtung

- Elektronische Temperaturmessung und Dokumentation im 30-Minuten-Takt. am Anfangs- und Endschacht sowie an den Zwischenschächten jeweils in Sohle und Scheitel an der Außenkante des Schlauchliners.
- Dampfeintrittstemperatur in Echtzeitaufzeichnung,
- Dampfaustrittstemperatur in Echtzeitaufzeichnung,
- Schlauchlinerinnendruck,
- Eine Kondensatabführung während des Prozesses ist sicherzustellen.

6.3.2.3 Härtung mit ultraviolettem Licht (UV)

- Bei niedrigen Außentemperaturen sind nach den Vorgaben des Eignungsnachweises gesonderte Maßnahmen zur Lufterwärmung zu treffen.
- Elektronische Protokollierung der Ziehgeschwindigkeit der UV-Leuchtmittel, der Leuchtmittelfunktion (ein/aus) sowie des Innendrucks.
- Elektronische Messung und Aufzeichnung der Temperaturverläufe im Oberflächenbereich des Schlauchliners während des Durchziehens der Lichtquelle.
- Der Auftragnehmer (AN) prüft die Strahlungsintensität der Strahler im Rahmen einer Eigenüberwachungsprüfung. Dazu erfolgt erstmalig nach 400 Betriebsstunden eine Vergleichsmessung der in Nutzung befindlichen Strahler mit einem Referenzstrahler. Danach wird jeder Strahler jeweils nach 150 weiteren Betriebsstunden überprüft. Bei Reduzierung der Strahlungsleistung von mehr als 30 % des zu prüfenden Strahlers gegenüber dem Referenzstrahler ist der Strahler auszutauschen.

Folgende Prüfzeugnisse sind für jeden Strahler zu dokumentieren und auf der Baustelle vorzuhalten:

- Seriennummer,
- erstmaliger Einsatz,
- Betriebsstunden,
- Überprüfungsdatum,
- Messwert,
- Wert des Referenzstrahlers,
- relative Intensität zum Referenzstrahler in %,
- Identifikation des Referenzstrahlers.

6.3.3 HW: Schlauchlining in Anschlussleitungen

Abweichend, bzw. ergänzend zum DWA Arbeitsblatt A143-3 Anhang F gelten folgende Bedingungen für die Renovierung von Anschlussleitungen:

Als Anschlussleitungen werden Hausanschluss- und Trummenleitungen in den Nennweiten DN 100 bis < DN 250 bezeichnet.

Preliner sind immer erforderlich (auch ohne Grundwassereinfluss), alternativ können Linersysteme mit Außenfolie eingebaut werden.

Der Einbau darf nur begonnen werden, wenn der nicht gehärtete Schlauchliner vor Abwasser, Regenwasser und Grundwassereintritt geschützt ist und eine Beeinflussung während der Einbauphase ausgeschlossen werden kann (Aufrechterhaltung der Vorflut erforderlich). Im Falle des Wasserkontakts während der Einbauphase ist der nicht gehärtete Liner sofort auszubauen.

Nachstehende Arbeitsschritte sind vom AN auszuführen und zu dokumentieren:

- Überprüfung der Nennweite
- TV-Inspektion und Reinigung
- Bestimmung der Einbaulänge,
- Einmessen von Anschlüssen,
- TV- Inspektion unmittelbar vor dem Einbau mit Aufzeichnung
- Führen von Misch-, Tränkungs- und Einbauprotokollen
- Heizprotokoll (Echtzeit)
- Öffnen von Anschlüssen
- TV- Inspektion nach dem Einbau mit Aufzeichnung
- Probestückentnahme für die DSC-Analyse (EP-Harze) bzw. DMA-Analyse (UP-Harze) und Probenbegleitscheinvorbereitung (Beschriftung der Probe: Straße, Hausnummer, Haltung/Anschlussnummer z.B. 4493/GA09)

Die Härtung des Schlauchliners bei Umgebungstemperatur (genannt „Kalthärter“) ist nicht ausreichend und muss mittels Warmwasser, Wasserdampf oder Lichthärtung unterstützt werden. Die vom Systemhersteller vorgegebene Heizdauer sowie Heiztemperaturunter- und -obergrenzen und zulässigen Außentemperaturen sind durch den AN einzuhalten. Eine Temperaturüberwachung für den Aushärtevorgang ist zu installieren. Die Temperaturaufzeichnung hat digital in Echtzeit über z.B. Thermologger zu erfolgen.

Bei größeren Unterbögen ist vorzugsweise mit Warmwasserhärtung zu arbeiten bzw. durch geeignete technische Maßnahmen sicherzustellen, dass keine Probleme bei der Aushärtung im Bereich der Unterbögen entstehen.

Bei starkem Grundwassereinfluss in der Leitungszone sind die Heizzeiten gem. Herstellervorgabe zu verlängern.

6.4 Nacharbeiten und Probenentnahme

6.4.1 Materialprobenentnahme

Die Entnahme mindestens einer Materialprobe je Einbauabschnitt erfolgt in Gegenwart der Vertreter des Auftraggebers und Auftragnehmers. Der Termin und der Entnahmeort sowie die Vorgehensweise zum Verschließen der Probeentnahmestelle sind mit dem Auftraggeber abzustimmen.

Die Materialprobe wird wie folgt beschriftet:

- Baustellenbezeichnung,
- Datum der Probenentnahme,
- Schachtnummer,
- Haltungsnummer,
- Unterschrift des Auftraggeber- und des Auftragnehmerversetzers.

Der Probenbegleitschein wird vor Ort ausgefüllt, durch Auftraggeber- und Auftragnehmerversetzter unterschrieben und an den Auftraggeber gemeinsam mit der Probe übergeben. Die Materialprobe muss bei mit ungesättigten Polyesterharzen und Vinylesterharzen Harzen getränkten Schlauchlinern sofort nach dem Beschriften in einer styroldichten, bei Lichthärtung mit ultraviolettem (UV) Licht zusätzlich in einer UV-Licht undurchlässigen Verpackung verpackt werden.

Die entnommene Probe gilt für den jeweiligen Einbauabschnitt als repräsentativ.

Die Probeentnahmestelle wird mit dem Auftraggeber im Vorfeld festgelegt. Die Probenahme erfolgt zunächst im Schachtbauwerk mithilfe eines Probenstützrohres. Wenn das dort entnommene Probestück den Anforderungen nicht genügt, ist eine Zweitprobe innerhalb der Haltung zu entnehmen, welche dann maßgebend ist.

HW: Bei Eiprofilen ist die Probe grundsätzlich in der Haltung unterhalb des Kämpfers, im Bereich der geringsten Krümmung zu entnehmen. Bei gemauerten Profilen ist der Entnahmebereich vor Schlaucheinbau mit Mörtel zu rappen.

Der AG behält sich vor, die Probenentnahme an anderer Stelle anzuordnen (z.B. bei starkem Grundwasserandrang im Schachtbereich).

Die Vertretung des AG bei der Probenentnahme kann auch das mit der Materialprüfung beauftragte Fachbüro bzw. Prüflabor übernehmen. Kosten, die dem AN durch die Unterstützung der Probenahme entstehen, sind in die Einheitspreise einzukalkulieren.

Die Entnahmestellen in der Haltung müssen dauerhaft, wasserdicht und in Schlauchlinerwanddicke verschlossen werden.

Die Mindestprobengröße beträgt:

- 20 x Wanddicke in Umfangsrichtung, 35 cm in Längsrichtung.
- Wird eine Kriechneigungsprüfung beauftragt, muss die Länge insgesamt mind. 40 cm betragen.
- Eine Teilung der Probe ist möglich. Mindestgröße der Einzelsegmente: 50 mm Breite und 20 x Wanddicke in Umfangsrichtung.
- Für Scheiteldruckversuche muss ein Kreisringabschnitt von mind. 40 cm Länge entnommen werden.

6.4.2 Haltungsweise Dichtheitsprüfung

Siehe Abschnitt 7.1.2 dieses Merkblattes.

6.4.3 Öffnen der Anschlüsse

Unmittelbar nach Härtung des Schlauchliners und Durchführung der Dichtheitsprüfung müssen der Schlauchliner und die Anschlüsse geöffnet und das Kanalsystem wieder in Betrieb genommen werden.

HW: Muss im Ausnahmefall auf Anweisung des AG das vorläufige Öffnen der Anschlüsse vor der Dichtheitsprüfung erfolgen, so ist die Dichtheit abschnittsweise zwischen den Anschlüssen nachzuweisen.

6.4.4 Anschlusseinbindung

Die Einbindung der Anschlüsse erfolgt durch Verpressen bzw. mit Hutprofilen nach den Vorgaben des Merkblattes DWA-M 143-16 oder bei begehbaren Kanälen durch Handlaminat.

HW: Anschlüsse sind grundsätzlich anzubinden

Folgende Verfahren sind grundsätzlich nicht zugelassen:

- Spachtelverfahren (gemäß DWA-A 143-3 bzw. M 143-16)
- Hutprofiltechnik

Grundsätzlich darf die Einbindung erst nach Abklingen des thermischen Längenänderungsprozesses erfolgen. Bei thermischer Härtung (Warmwasser oder Dampf) darf die Einbindung der Anschlüsse frühestens drei Wochen nach Härtung des Schlauchliners erfolgen.

Es ist eine fachgerechte Untergrundvorbereitung durchzuführen. Dies umfasst:

- Vollständiges Auffräsen der Anschlussöffnung mit Anpassung an Nennweite und Einbindewinkel der Anschlussleitung,
- Abschleifen der Schlauchlinerinnenfolie bzw. Innenbeschichtung im Verklebebereich,
- gründliche Reinigung der Klebeflächen.

Eine dichte, tragfähige Einbindung des Anschlusses ist sicherzustellen. Ein eventuell vorhandener Ringspalt muss hinterwanderungsfrei abgedichtet werden.

Tritt im Anschlussbereich Grundwasser ein, sind Injektionsverfahren mit Silikat- bzw. Polyurethanharzen anzuwenden. Andere Verfahren bedürfen der besonderen Zustimmung des AG.

Hinweis: Bei Injektionsverfahren wird das Injektionsgut kontinuierlich zur Reparaturstelle gefördert. Verpressverfahren sind diskontinuierliche Verfahren, die z.B. über eine Kartusche betrieben werden.

Bei begehbaren Profilen kann eine Vorabdichtung vor dem Handlaminat auch mittels schnell erhärtenden Zements erfolgen.

6.4.5 Schachteinbindung/Entlastungsschnitte

Ein Schlauchliner, der nach der Härtung einem Schrumpfungsprozess unterliegt, ist mit einem ausreichenden Überstand im Schacht abzuschneiden.

Zwischen Schacht bzw. dem Altrohr und dem Schlauchliner ist der Ringspalt entlang aller Schnittkanten dauerhaft abzudichten.

Grundsätzlich darf die Einbindung erst nach Abklingen des thermischen Längenänderungsprozesses erfolgen. Bei thermischer Härtung (Warmwasser oder Dampf) darf die Einbindung der Anschlüsse frühestens drei Wochen nach Härtung des Schlauchliners erfolgen.

Für die Einbindung sind Epoxidharze, Isocyanatharze, Handlaminat oder Manschetten zu verwenden. Das Material ist vor Einbau verbindlich zu benennen. Zementgebundene Materialien sind ausschließlich für vorbereitende Arbeiten zu verwenden.

Sämtliche verfahrensbedingt durchgeführte Entlastungsschnitte (Schrumpfentlastung) müssen dauerhaft, wasserdicht und in Schlauchlinerwanddicke verschlossen werden.

6.5 Umweltbelange

Der Einsatz des Schlauchliningsverfahrens muss den geltenden Vorschriften in Bezug auf Lärm- und Emissionsschutz sowie Reinhaltung von Luft, Boden und Wasser genügen.

Prozesswasser (Härtung und Kühlung) muss über den Misch- oder Schmutzwasserkanal entsorgt werden. Eine Ableitung oder Einleitung über den Regenwasserkanal in ein Gewässer ist nicht zulässig.

Alle anfallenden Abfall- und Reststoffe müssen ordnungsgemäß nach aktueller Gesetzgebung aus dem Kanal entfernt und entsorgt werden.

Weitergehende Anforderungen zu Arbeiten in Trinkwasserschutzgebieten sind der Gesetzgebung/Verordnungen zu entnehmen und müssen eingehalten werden.

7 Prüfungen

7.1 Prüfung vor Ort

7.1.1 Optische Inspektion

Für die Abnahme der Sanierungsleistungen ist eine optische Inspektion gemäß Merkblatt DWA-M 149-5 im Beisein des Auftraggebers durchzuführen. Datenträgerformat und Kodiersystem sind vom Auftraggeber vorgegeben.

Die Inspektion begehrbarer Kanäle und Schächte erfolgt durch direkte Inaugenscheinnahme. Das Ergebnis ist schriftlich und fotografisch zu dokumentieren.

HW: Nach Fertigstellungsmeldung (incl. aller Nacharbeiten) durch den AN erfolgt eine Reinigung und TV-Abnahmeinspektion durch den zuständigen Sielbezirk.

Fehlfräsungen und unzureichend getränkte Bereiche werden grundsätzlich als Mangel betrachtet.

7.1.2 Dichtheitsprüfung

Die Dichtheitsprüfung des sanierten Kanals ist gemäß DIN EN 1610 durchzuführen.

Für Schlauchliner, bei denen die Innenbeschichtung gemäß Eignungsnachweis kein integrierter Bestandteil ist, muss die Dichtheit ohne Bauhilfsstoffe (Beschichtungen oder Folien) zusätzlich an einem Probestück nachgewiesen werden. Für die vorgenannten Schlauchliner müssen beide Prüfungen bestanden werden. Integrierte Bestandteile des Schlauchliners dürfen durch die Prüfung nicht beschädigt werden.

Die Prüfung hat nach Beendigung der Härtung und vor dem Öffnen der Anschlüsse zu erfolgen. Zur Dichtheitsprüfung muss ein Vertreter des Auftraggebers anwesend sein.

HW: Die Dichtheitsprüfung des sanierten Kanals ist gemäß DWA-A 139 durchzuführen.

7.1.3 Faltenbildung

Auf geraden Strecken und Bögen mit einem Radius $R_{\text{Bogen}} > 10 \times \text{DN}$ gelten die Grenzen der DIN EN ISO 11296-4: Falten dürfen 2 % des Nenndurchmessers bzw. bei Eiprofilen des kleineren Durchmessers oder 6 mm nicht überschreiten. Es gilt der größere Wert.

In Bögen mit einem Radius von $5 \text{ DN} \leq R_{\text{Bogen}} \leq 10 \times \text{DN}$ sind folgende Grenzen einzuhalten: In Kreisprofilen max. Falten bis zu einer Tiefe von 3 % des DN bzw. 2 cm. In Eiprofilen max. Falten bis zu einer Tiefe von 3 % des hydraulischen Ersatzkreises bzw. 2 cm. Bei Bögen gilt jeweils der kleinere Wert.

7.2 Materialprüfung am Probestück

Die Materialprüfungen werden durch den Auftraggeber auf seine Kosten in Auftrag gegeben. Es gelten Modalitäten gemäß Anhang B.

Die Materialprüfung erfolgt nach Vorgaben des Arbeitsblattes DWA-A 143-3.

HW: Anschlussleitungen

Prüfungen an der Probe:

- Tränkung (Laminataufbau), visuelle Beurteilung
- Wanddicke
- DSC-Analyse oder DMA-Analyse

Für die Beurteilung der Materialeigenschaften werden lediglich Daten der repräsentativen Materialprobe herangezogen und akzeptiert. Sollte ein aus dem Schacht entnommenes Probestück die geforderten Materialkennwerte nicht erreichen, wird in Absprache mit dem Auftraggeber eine alleingültige repräsentative Probe auf Kosten des Auftragnehmers (inkl. aller nötigen zusätzlichen Aufwendungen) aus dem Kanal entnommen und die Probe aus dem Schacht verworfen.

7.2.1 Materialprüfungen und Ergänzungen für die Prüfungsdurchführung

Der Auftraggeber kann die im Folgenden beschriebenen Prüfungen beauftragen und die daraus gewonnenen Ergebnisse zur Bewertung der erreichten Qualität heranziehen:

Standardprüfungen:

- Dreipunkt-Biegeversuch,
- Scheiteldruckversuch,
- Dichtheitsprüfung des Laminats;

Zusatzprüfungen:

- 24h-Kriechneigung,
- Reststyrolgehalt,
- Dynamische Differenz Kalorimetrie (DDK-Analyse),
- Spektralanalyse,
- Bestimmung von Füllstoff- und Glasgehalt.

7.2.2 Bewertung der Prüfergebnisse

Die am Probestück gemessenen Materialkennwerte müssen unter Berücksichtigung der nachfolgend aufgeführten Toleranzen in ihren Ergebnissen die Materialkennwerte des Eignungsnachweises (Quantilwerte) erreichen.

7.2.2.1 Biegeeigenschaften und Wanddicke

Wanddicke

Die Gesamtwanddicke und die Verbunddicke werden vom Prüfinstitut gemessen. Zur Überprüfung der statischen Berechnung wird die Verbunddicke e_m (Gesamtwanddicke abzgl. Reinharzschichten bzw. Folien/Beschichtungen) herangezogen. Die statisch erforderliche Verbunddicke e_m ist mindestens zu erreichen.

Bei Kanälen \geq DN 200 muss die Verbunddicke e_m einen Mindestwert von 3,0 mm betragen. Bei Kanälen $<$ DN 200 muss die Gesamtwanddicke einen Mindestwert von 3,0 mm im geraden Rohrverlauf betragen.

E-Modul/Biegespannung

Die Abweichung des Ist-Kurzzeit-E-Moduls und der Ist-Kurzzeit-Biegespannung ~~von den jeweiligen Soll-Werten aus dem Eignungsnachweis darf höchstens -10% bzw. $+20\%$ betragen.~~

HW: Die Kurzzeit-Werte für E-Modul und Biegespannung dürfen die jeweiligen Soll-Werte nicht unterschreiten. Bei Überschreitungen von $+50\%$ der jeweiligen Soll-Werte aus dem Eignungsnachweis ist Rücksprache mit dem AG zu halten.

Sind nicht-tragende Strukturen so ausgeprägt, dass sie das Messergebnis aus dem 3-Punkt-Biegeversuch nachhaltig beeinflussen, so sind diese Schichten abweichend vom DWA-A 143-3 abzuschleifen.

Wird die Abweichung über- bzw. unterschritten, werden zur Einschätzung der erbrachten Qualität Zusatzprüfungen (s. o.) auf Kosten des Auftragnehmers durchgeführt.

7.2.2.2 Kriechneigung

Der Soll-Wert der 24h-Kriechneigung ist den Werten des Eignungsnachweises in Abhängigkeit vom Probenalter zu entnehmen. Dies gilt auch für die materialspezifische Toleranz.

7.2.2.3 Maximal zulässiger Reststyrolgehalt

Der Reststyrolgehalt darf bezogen auf die Gesamtprobenmasse nach DIN 53394-2 ~~den Wert von 4% nicht überschreiten, wenn gleichzeitig das Prüfergebnis für die Kriechneigung den Wert des Eignungsnachweises überschreitet.~~

HW: Der Reststyrolgehalt ist nach DIN 53394-2 zu ermitteln. Er darf bezogen auf die Gesamtprobenmasse den Wert von 2% nicht überschreiten.

7.2.2.4 DDK-Analyse

Die thermischen Glasübergangstemperaturen Soll-TG1- und TG2 sind bei Epoxidharzsystemen im Eignungsnachweis enthalten. Diese Werte dienen im Vergleich mit den im Labor gemessenen Werten der Einschätzung der erreichten Härtung des Harzsystems.

7.2.2.5 Spektralanalyse

Mithilfe der Spektralanalyse wird überprüft, ob das eingesetzte Harz dem angebotenen Harz entspricht. Diese Methode ermittelt nicht die quantitative, sondern die qualitative Zusammensetzung.

7.2.2.6 Bestimmung von Füllstoff- und Glasgehalt

Mit dem Kalzinierungsverfahren werden der Füllstoff- und Glasgehalt des eingebauten Materials ermittelt. Die Werte des Eignungsnachweises müssen erreicht werden. Dort sind die Toleranzwerte aufgelegt.

7.2.2.7 Dichtheitsprüfung des Laminats

Die in DIN EN 1610 beschriebene Dichtheitsprüfung ist eine haltungsweise Dichtheitsprüfung. Diese kann nicht auf Laborprüfungen mit sehr kleinen Prüfflächen übertragen werden.

Aus diesem Grund darf an der Probe an keiner der drei geprüften Stellen ein Wasserdurchtritt feststellbar sein. Ein Wasserdurchtritt gilt als gegeben, wenn auf die Probe aufgelegtes Papier durch Feuchtigkeit verfärbt wird. Durch die Prüfflüssigkeit hervorgerufene Verfärbungen im Laminat sind zulässig.

7.3 HW: Umgang mit Mängeln

Mängel sind im Hinblick auf die Beeinträchtigung der hydraulischen, statischen oder betrieblichen Gebrauchstauglichkeit zu überprüfen. Mögliche Kosten für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit gehen zu Lasten des AN.

Typische Mängel sind:

- Falten (vgl. 7.1.3): Gebrauchstauglichkeit hydraulisch, statisch und betrieblich überprüfen.
- Unterschreitung der Materialkennwerte (vgl. 7.2.2.1): Gebrauchstauglichkeit statisch überprüfen
- Unterschreitung der Wanddicke (vgl. 7.2.2.1) Gebrauchstauglichkeit statisch überprüfen
- Undichtigkeit (vgl. 7.1.2 und 7.2.2.7): Gebrauchstauglichkeit überprüfen

Müssen im Rahmen von Mängelbeseitigungen Reparaturmaßnahmen im Sinne der DIN EN 15885 durchgeführt werden, ist die technische Nutzungsdauer der Reparaturstelle reduziert. Bezogen auf eine geforderte Nutzungsdauer von 50 Jahren sind Folge Reparaturen erforderlich. Die resultierenden Kosten werden auf Basis einer Kostenvergleichsrechnung gemäß KVR-Leitlinien (DWA) ermittelt und von der Rechnungssumme abgezogen.

8 Dokumentation

Die nachfolgend aufgeführten Unterlagen müssen dem Auftraggeber gemäß den Vorgaben dieser ZTV zum jeweiligen Zeitpunkt vorgelegt werden:

- Protokolle der Inspektionen einschließlich der Aufzeichnungen,
- Nachweis der Vorarbeiten,
- Nachweis der Anschlusseinbindung,
- Lieferschein des Schlauches,
- verfahrensabhängige Aufzeichnung der beim Einbau der Schlauchliner auftretenden Zugkräfte,
- verfahrensabhängige kontinuierliche Dokumentation der Druck-, Temperatur- und/oder UV-Lichtparameter,
- Bautagebuch,
- Protokolle der Dichtheitsprüfungen.

9 Abnahme

Mindestvoraussetzung für die Abnahme der erbrachten Leistungen ist die Vorlage der vertraglich vereinbarten Dokumentation und ein positiver Bescheid über die durchgeführte vertraglich geregelte Qualitätsprüfung.

Anhang A Bieterangaben zum Bauvorhaben

Hinweis: Die Bieterangaben zum Bauvorhaben sind an anderer Stelle in den Vertragsunterlagen zusammengestellt.

Anhang B Vertragsbedingungen zur Beauftragung von Prüfinstituten

1. Vertragsgrundlagen

Dem Prüflabor wird durch den Auftraggeber eine Materialprobe des eingebauten Schlauchliners zugesandt. Dieser Materialprobe liegt ein Auftragschreiben und der ausgefüllte Probenbegleitschein bei. Für die Laborprüfungen an diesem Material und als Ergänzung zum Auftrag gelten die in dieser ZTV dargestellten Kriterien.

Bei einer Vorinformation von mehr als 5 Werktagen sind die Versuche 3-Punkt-Biegeversuch oder Scheiteldruckversuch und Dichtheit innerhalb von 2 Werktagen durchzuführen und die Ergebnisse an den Bauherren zu übermitteln. Alle anderen Prüfungen sind innerhalb von 10 Werktagen zu realisieren.

Die Ergebnisse sind: (vom Auftraggeber auszufüllen)

an ausführende Firma und Auftraggeber gleichzeitig zu übergeben.

lediglich an den Auftraggeber zu übergeben.

Die Ergebnisse der Materialprüfung sind Eigentum des Auftraggebers. Eine Verwertung der Ergebnisse bedarf der Zustimmung des Auftraggebers.

2. Fachkunde des Labors

2.1 Allgemeines

Das Vorliegen der nachfolgend genannten Akkreditierung/Zulassung wurde im Vorfeld der Beauftragung durch den Auftraggeber überprüft. Wird eine dieser Zulassungen während des bestehenden Auftragsverhältnisses aberkannt bzw. abgegeben, ist der Auftraggeber umgehend zu informieren.

2.2 Akkreditierung

Das beauftragte Prüflabor ist im Besitz einer Akkreditierung des Deutschen Akkreditierungsrates. Mindestanforderung ist die Akkreditierung nach DIN EN ISO/IEC 17025 für sämtliche beauftragte Materialprüfungen und damit zusammenhängender national und international gültiger Normen. Der Besitz der Akkreditierung wurde im Vorfeld der Beauftragung durch den Auftraggeber überprüft. Wird diese Akkreditierung während des bestehenden Auftragsverhältnisses aberkannt bzw. abgegeben, ist der Auftraggeber umgehend zu informieren.

2.3 Zulassung als Überwachungs- und Zertifizierungsstelle durch das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt)

Das beauftragte Prüflabor ist ferner im Besitz einer Zulassung als Überwachungs- und Zertifizierungsstelle durch das DIBt für die Produktgruppe Schlauchliner.

3. Beauftragung Dritter

Soll für die Durchführung einzelner Materialprüfungen ein Dritter beauftragt werden, so ist dies dem Auftraggeber vor der Beauftragung des Dritten mitzuteilen. Die Beauftragung eines Dritten bedarf der ausdrücklichen

Zustimmung des Auftraggebers. Dritte müssen für die beauftragten Prüfverfahren nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiert sein. Dies wird dem Auftraggeber der Materialprüfung auf Nachfrage nachgewiesen.

4. Verbleib der Probestücke, Rückforderung

Der Auftraggeber hat das Recht, untersuchte Probestücke zurückzufordern. Die ausführende Firma kann auf Verlangen Probestücke, welche die Soll-Werte des Vertrages zwischen Bauherrn und ausführender Firma nicht erreicht haben, über den Auftraggeber zurückfordern. Die Ausgabe von Probestücken direkt an die ausführende Firma ist nicht zulässig. Die Aushändigung von Probestücken an Dritte bedarf der ausdrücklichen Zustimmung des Auftraggebers.

Die Prüfstücke werden vom Prüflabor 6 Monate verwahrt und danach fachgerecht entsorgt.

5. Materialprüfungen

Die Materialprüfung hat nach den im Arbeitsblatt DWA-A 143-3 dargestellten Kriterien zu erfolgen. Wird von den Darstellungen abgewichen, so ist dies im Prüfbericht explizit darzustellen.

Alle durchzuführenden Materialprüfungen stellen sicher, dass die gelieferte Qualität der bestellten Qualität entspricht.

6. Übergabe und Darstellung der Prüfergebnisse

Die Prüfergebnisse werden durch den Auftragnehmer in einem Prüfbericht zusammengefasst. So entsteht eine eindeutige, lückenlose und nachvollziehbare Darstellung der Prüfergebnisse.

Wird in einzelnen, der in Arbeitsblatt DWA-A 143-3 dargestellten Prüfvorschriften von den Vorgaben abgewichen, so ist dies explizit im Prüfbericht kenntlich zu machen und zu begründen.

Weicht das Probestück in Form und Geometrie bei Wareneingang im Prüflabor von den Vorgaben des Arbeitsblattes DWA-A 143-3 ab, so ist der Auftraggeber sofort zu informieren und zu klären, ob der Versuch durchgeführt werden soll. Eine Kostenerstattung erfolgt ansonsten nicht.

7. Probenbegleitschein

Der Probenbegleitschein stellt sicher, dass alle erforderlichen Material- und Baustellendaten erfasst werden. Der projektverantwortliche Vertreter der ausführenden Firma ist verpflichtet, die Eintragungen bzgl. der Probenidentifikation auf Vollständigkeit und Richtigkeit zu prüfen und dies mit seiner Unterschrift zu bestätigen.

Der Probenbegleitschein wird vor Ort nach Entnahme des Probestücks von Bauherrn und ausführender Firma gemeinsam ausgefüllt. Die Richtigkeit der Daten wird nach gemeinsamer Prüfung durch die Unterschrift beider Vertragsparteien bestätigt. Unabhängig davon obliegt es dem Auftraggeber, zusätzliche Prüfungen nachträglich zu beauftragen.

Das Original des Probenbegleitscheins verbleibt beim Auftraggeber. Die ausführende Firma erhält einen Durchschlag bzw. eine Kopie. Ein weiterer Durchschlag oder die Kopie des Originals wird mit der Probe dem Prüfinstitut zugesandt.

8. Bewertung der Prüfergebnisse

Vom Prüfinstitut sind nur dort Bewertungen der Ergebnisse abzugeben, wo eine diesbezügliche eindeutige Aufforderung vorhanden ist. Es ist lediglich eine Bestandsaufnahme des Ist-Zustandes gefordert.

Anhang C Regelstatiktabellen

Tabelle C.1: Materialkenngruppe 1 (Merkblatt DWA-M 144-3, Tabelle 2)

Altrohrzustand II:

Altrohr-Bodensystem allein tragfähig (bei überprüfter seitlicher Bettung). Äußerer Wasserdruck p_a (mindestens 1,50 m über Rohrsohle).Örtlich begrenzte Vorverformung: 2 % von r_L (Mindestwert gem. ATV-M 127-2); 0,8 % bei Ei-ProfilenOvalisierung: 3 % von r_L (Mindestwert gem. ATV-M 127-2)Ringspalt: 0,5 % von r_L (Mindestwert gem. ATV-M 127-2)Ersatzkreis bei Eiprofilen: $0,6 \times H$ Verbunddicken e_m [mm]

Nennweite	Grundwasserstand über Rohrsohle							
	1,50 m	2,00 m	2,50 m	3,00 m	3,50 m	4,00 m	4,50 m	5,00 m
DN 150	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 200	3,0	3,0	3,0	3,2	3,4	3,5	3,7	3,9
DN 250	3,1	3,4	3,7	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8
DN 300	3,7	4,1	4,4	4,8	5,0	5,3	5,5	5,8
DN 350	4,5	4,8	5,2	5,5	5,9	6,2	6,5	6,7
DN 400	5,2	5,5	5,9	6,3	6,7	7,0	7,4	7,7
DN 450	5,8	6,1	6,6	7,1	7,5	7,9	8,3	8,7
DN 500	6,5	6,9	7,4	7,9	8,4	8,8	9,2	9,6
DN 600	7,7	8,6	9,3	9,5	10,0	10,5	11,0	11,5
DN 700	9,0	10,0	10,6	11,0	11,7	12,3	12,9	13,4
DN 800	10,1	11,3	12,3	12,6	13,4	14,0	14,7	15,3
DN 900	11,1	12,7	13,8	14,4	15,2	16,3	16,5	17,2
DN 1000	12,3	13,7	15,3	16,3	17,0	17,8	18,8	19,1
DN 1100	13,5	15,3	16,7	17,9	18,9	19,6	20,5	21,0
DN 1200	14,8	16,5	18,2	19,4	20,6	21,7	22,2	22,9
Ei 200/300	4,9	5,4	5,9	6,3	6,6	7,0	7,3	7,5
Ei 250/375	6,1	6,8	7,3	7,8	8,3	8,7	9,1	9,4
Ei 300/450	7,2	8,1	8,7	9,3	9,9	10,4	10,8	11,2
Ei 350/525	8,4	9,3	10,2	10,9	11,5	12,0	12,6	13,1
Ei 400/600	9,5	10,6	11,5	12,4	13,1	13,7	14,5	14,9
Ei 500/750	11,7	13,1	14,3	15,3	16,2	17,1	17,8	18,6
Ei 600/900	13,8	15,6	17,0	18,3	19,4	20,4	21,3	22,2
Ei 700/1050	15,8	17,9	19,7	21,1	22,4	23,6	24,7	25,7



Tabelle C.2: Materialkenngruppe 2 (Merkblatt DWA-M 144-3, Tabelle 2)

Altrohrzustand II:

Altrohr-Bodensystem allein tragfähig (bei überprüfter seitlicher Bettung). Äußerer Wasserdruck p_s (mindestens 1,50 m über Rohrsohle).

Örtlich begrenzte Vorverformung: 2% von r_L (Mindestwert gem. ATV-M 127-2); 0,8% bei Ei-Profilen

Ovalisierung: 3% von r_L (Mindestwert gem. ATV-M 127-2)

Ringspalt: 0,5% von r_L (Mindestwert gem. ATV-M 127-2)

Ersatzkreis bei Eiprofilen: $0,6 \times H$

Verbunddicken e_m [mm]

Nennweite	Grundwasserstand über Rohrsohle							
	1,50 m	2,00 m	2,50 m	3,00 m	3,50 m	4,00 m	4,50 m	5,00 m
DN 150	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 200	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,3	3,4
DN 250	3,0	3,0	3,2	3,5	3,7	3,9	4,1	4,3
DN 300	3,2	3,6	3,9	4,1	4,4	4,7	4,9	5,1
DN 350	4,0	4,1	4,5	4,8	5,1	5,4	5,7	6,0
DN 400	4,5	4,7	5,1	5,5	5,9	6,2	6,5	6,8
DN 450	5,1	5,3	5,7	6,2	6,6	7,0	7,4	7,7
DN 500	5,7	6,0	6,4	6,9	7,3	7,8	8,2	8,5
DN 600	6,4	7,4	8,1	8,2	8,8	9,3	9,8	10,2
DN 700	7,9	8,7	9,3	9,6	10,2	10,8	11,4	11,9
DN 800	8,5	9,9	10,7	10,9	11,7	12,4	13,0	13,6
DN 900	9,7	11,1	12,0	12,8	13,3	13,9	14,6	15,3
DN 1000	10,6	12,0	13,3	14,2	14,8	15,6	16,4	17,0
DN 1100	11,7	13,2	14,6	15,6	16,5	17,1	17,8	18,7
DN 1200	13,0	14,2	15,9	17,0	17,9	18,5	19,6	20,3
Ei 200/300	4,3	4,7	5,1	5,5	5,8	6,1	6,4	6,6
Ei 250/375	5,3	5,9	6,4	6,8	7,2	7,6	8,0	8,3
Ei 300/450	6,3	7,0	7,6	8,2	8,6	9,1	9,5	9,9
Ei 350/525	7,3	8,1	8,9	9,5	10,0	10,6	11,1	11,5
Ei 400/600	8,3	9,3	10,1	10,8	11,4	12,1	12,6	13,1
Ei 500/750	10,2	11,4	12,5	13,4	14,2	15,0	15,7	16,2
Ei 600/900	12,0	13,6	14,8	15,9	16,9	17,9	18,7	19,5
Ei 700/1050	13,8	15,6	17,1	18,4	19,6	20,7	21,7	22,6



Tabelle C.3: Materialkenngruppe 3 (Merkblatt DWA-M 144-3, Tabelle 2)

Altrohrzustand II:

Altrohr-Bodensystem allein tragfähig (bei überprüfter seitlicher Bettung). Äußerer Wasserdruck p_a (mindestens 1,50 m über Rohrsohle).

Örtlich begrenzte Vorverformung: 2 % von r_L (Mindestwert gem. ATV-M 127-2); 0,8 % bei Ei-Profilen
Ovalisierung: 3 % von r_L (Mindestwert gem. ATV-M 127-2)

Ringspalt: 0,5 % von r_L (Mindestwert gem. ATV-M 127-2)

Ersatzkreis bei Eiprofilen: $0,6 \times H$

Verbunddicken e_m [mm]

Nennweite	Grundwasserstand über Rohrsohle							
	1,50 m	2,00 m	2,50 m	3,00 m	3,50 m	4,00 m	4,50 m	5,00 m
DN 150	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,1
DN 200	3,0	3,0	3,1	3,3	3,5	3,7	3,9	4,1
DN 250	3,1	3,5	3,8	4,1	4,4	4,7	4,9	5,1
DN 300	3,7	4,1	4,6	4,9	5,3	5,6	5,9	6,1
DN 350	4,3	4,8	5,3	5,7	6,1	6,5	6,8	7,2
DN 400	4,9	5,5	6,0	6,5	7,0	7,4	7,8	8,2
DN 450	5,4	6,2	6,8	7,4	7,9	8,3	8,8	9,2
DN 500	6,0	6,9	7,5	8,2	8,7	9,3	9,7	10,2
DN 600	7,2	8,2	9,0	9,8	10,5	11,1	11,7	12,2
DN 700	8,4	9,6	10,5	11,4	12,2	12,9	13,6	14,2
DN 800	9,6	10,9	12,0	13,0	13,9	14,8	15,5	16,3
DN 900	10,8	12,2	13,5	14,6	15,7	16,6	17,5	18,3
DN 1000	12,0	13,6	15,0	16,2	17,4	18,4	19,4	20,3
DN 1100	13,1	14,9	16,5	17,8	19,1	20,3	21,3	22,3
DN 1200	14,3	16,3	17,9	19,4	20,9	22,1	23,3	24,4
Ei 200/300	4,5	5,1	5,5	5,9	6,3	6,7	7,0	7,3
Ei 250/375	5,6	6,3	6,9	7,4	7,9	8,3	8,8	9,1
Ei 300/450	6,6	7,5	8,2	8,8	9,4	10,0	10,5	10,9
Ei 350/525	7,7	8,7	9,5	10,3	10,9	11,6	12,2	12,7
Ei 400/600	8,7	9,8	10,8	11,7	12,4	13,2	13,9	14,5
Ei 500/750	10,7	12,2	13,4	14,5	15,5	16,4	17,2	18,1
Ei 600/900	12,6	14,4	15,9	17,2	18,4	19,5	20,6	21,6
Ei 700/1050	14,4	16,6	18,4	19,9	21,3	22,6	23,9	25,0



Tabelle C.4: Materialkenngruppe 4 (Merkblatt DWA-M 144-3, Tabelle 2)

Altrohrzustand II:

Altrohr-Bodensystem allein tragfähig (bei überprüfter seitlicher Bettung). Äußerer Wasserdruck p_a (mindestens 1,50 m über Rohrsohle).

Örtlich begrenzte Vorverformung: 2 % von r_L (Mindestwert gem. ATV-M 127-2); 0,8 % bei Ei-Profilen

Ovalisierung: 3 % von r_L (Mindestwert gem. ATV-M 127-2)

Ringspalt: 0,5 % von r_L (Mindestwert gem. ATV-M 127-2)

Ersatzkreis bei Eiprofilen: $0,6 \times H$

Verbunddicken e_m [mm]

Nennweite	Grundwasserstand über Rohrsohle							
	1,50 m	2,00 m	2,50 m	3,00 m	3,50 m	4,00 m	4,50 m	5,00 m
DN 150	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 200	3,0	3,0	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0
DN 250	3,0	3,3	3,7	4,0	4,2	4,5	4,7	4,9
DN 300	3,5	4,0	4,4	4,7	5,1	5,4	5,6	5,9
DN 350	4,1	4,6	5,1	5,5	5,9	6,2	6,6	6,9
DN 400	4,7	5,3	5,8	6,3	6,7	7,1	7,5	7,9
DN 450	5,3	5,9	6,5	7,1	7,6	8,0	8,4	8,8
DN 500	5,9	6,6	7,3	7,9	8,4	8,9	9,4	9,8
DN 600	7,0	7,9	8,7	9,4	10,1	10,7	11,2	11,8
DN 700	8,2	9,2	10,1	11,0	11,7	12,4	13,1	13,7
DN 800	9,4	10,5	11,6	12,5	13,4	14,2	14,9	15,7
DN 900	10,4	11,8	13,0	14,1	15,0	15,9	16,8	17,6
DN 1000	11,6	13,1	14,4	15,6	16,7	17,7	18,6	19,5
DN 1100	12,7	14,4	15,8	17,2	18,4	19,5	20,5	21,5
DN 1200	13,9	15,7	17,3	18,7	20,0	21,2	22,3	23,4
Ei 200/300	4,5	5,0	5,4	5,8	6,2	6,5	6,9	7,2
Ei 250/375	5,5	6,2	6,7	7,3	7,7	8,1	8,5	8,9
Ei 300/450	6,6	7,4	8,1	8,7	9,2	9,7	10,2	10,7
Ei 350/525	7,6	8,5	9,3	10,1	10,7	11,3	11,9	12,4
Ei 400/600	8,6	9,7	10,6	11,4	12,2	12,9	13,5	14,1
Ei 500/750	10,6	12,0	13,2	14,2	15,1	16,0	16,8	17,6
Ei 600/900	12,5	14,2	15,6	16,9	18,0	19,1	20,1	21,0
Ei 700/1050	14,3	16,4	18,1	19,6	20,9	22,1	23,3	24,3



Tabelle C.5: Materialkenngruppe 5 (Merkblatt DWA-M 144-3, Tabelle 2)

Altrohrzustand II:

Altrohr-Bodensystem allein tragfähig (bei überprüfter seitlicher Bettung). Äußerer Wasserdruck p_a (mindestens 1,50 m über Rohrsohle).

Örtlich begrenzte Vorverformung: 2 % von r_L (Mindestwert gem. ATV-M 127-2); 0,8 % bei Ei-Profilen

Ovalisierung: 3 % von r_L (Mindestwert gem. ATV-M 127-2)

Ringspalt: 0,5 % von r_L (Mindestwert gem. ATV-M 127-2)

Ersatzkreis bei Eiprofilen: $0,6 \times H$

Verbunddicken e_m [mm]

Nennweite	Grundwasserstand über Rohrsohle							
	1,50 m	2,00 m	2,50 m	3,00 m	3,50 m	4,00 m	4,50 m	5,00 m
DN 150	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 200	3,0	3,0	3,0	3,1	3,3	3,5	3,7	3,8
DN 250	3,0	3,2	3,6	3,8	4,1	4,3	4,6	4,8
DN 300	3,4	3,9	4,3	4,6	4,9	5,2	5,5	5,7
DN 350	4,1	4,5	5,0	5,4	5,7	6,1	6,4	6,7
DN 400	4,6	5,2	5,7	6,1	6,5	6,9	7,3	7,6
DN 450	5,2	5,8	6,4	6,9	7,3	7,8	8,2	8,5
DN 500	5,8	6,4	7,0	7,6	8,1	8,6	9,1	9,5
DN 600	6,9	7,7	8,4	9,1	9,8	10,3	10,9	11,4
DN 700	8,1	9,0	9,8	10,6	11,4	12,0	12,7	13,2
DN 800	9,0	10,2	11,2	12,1	13,0	13,8	14,5	15,1
DN 900	10,2	11,5	12,6	13,6	14,6	15,5	16,2	17,0
DN 1000	11,3	12,7	14,0	15,1	16,2	17,2	18,0	18,9
DN 1100	12,4	14,0	15,4	16,6	17,8	18,9	19,8	20,8
DN 1200	13,5	15,2	16,8	18,1	19,4	20,6	21,6	22,6
Ei 200/300	4,4	4,9	5,4	5,8	6,1	6,4	6,7	7,0
Ei 250/375	5,5	6,1	6,7	7,2	7,6	8,0	8,4	8,7
Ei 300/450	6,5	7,3	8,0	8,5	9,1	9,6	10,0	10,5
Ei 350/525	7,5	8,5	9,2	9,9	10,5	11,1	11,7	12,2
Ei 400/600	8,5	9,6	10,5	11,3	12,0	12,7	13,3	13,9
Ei 500/750	10,5	11,9	13,0	14,0	14,9	15,7	16,5	17,2
Ei 600/900	12,4	14,1	15,5	16,7	17,8	18,8	19,7	20,6
Ei 700/1050	14,2	16,2	17,9	19,3	20,6	21,8	22,9	23,9



Tabelle C.6: Materialkenngruppe 6 (Merkblatt DWA-M 144-3, Tabelle 2)

Altrohrzustand II:

Altrohr-Bodensystem allein tragfähig (bei überprüfter seitlicher Bettung). Äußerer Wasserdruck p_a (mindestens 1,50 m über Rohrsohle).

Örtlich begrenzte Vorverformung: 2 % von r_L (Mindestwert gem. ATV-M 127-2); 0,8% bei Ei-Profilen

Ovalisierung: 3 % von r_L (Mindestwert gem. ATV-M 127-2)

Ringspalt: 0,5 % von r_L (Mindestwert gem. ATV-M 127-2)

Ersatzkreis bei Eiprofilen: $0,6 \times H$

Verbunddicken e_m [mm]

Nennweite	Grundwasserstand über Rohrsohle							
	1,50 m	2,00 m	2,50 m	3,00 m	3,50 m	4,00 m	4,50 m	5,00 m
DN 150	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 200	3,0	3,0	3,0	3,1	3,3	3,5	3,7	3,8
DN 250	3,0	3,2	3,6	3,9	4,1	4,4	4,6	4,8
DN 300	3,4	3,9	4,3	4,6	4,9	5,2	5,5	5,7
DN 350	4,0	4,5	5,0	5,4	5,7	6,1	6,4	6,7
DN 400	4,6	5,2	5,7	6,1	6,5	6,9	7,3	7,6
DN 450	5,1	5,8	6,4	6,9	7,4	7,8	8,2	8,6
DN 500	5,7	6,4	7,1	7,7	8,2	8,6	9,1	9,5
DN 600	6,8	7,7	8,5	9,2	9,8	10,4	10,9	11,4
DN 700	7,9	9,0	9,9	10,7	11,4	12,1	12,7	13,3
DN 800	9,0	10,2	11,2	12,2	13,0	13,8	14,5	15,2
DN 900	10,2	11,5	12,6	13,7	14,6	15,5	16,3	17,1
DN 1000	11,3	12,7	14,0	15,2	16,2	17,2	18,1	19,0
DN 1100	12,4	14,0	15,4	16,7	17,9	18,9	19,9	20,9
DN 1200	13,5	15,2	16,8	18,2	19,5	20,6	21,7	22,8
Ei 200/300	4,3	4,9	5,3	5,7	6,0	6,4	6,7	7,0
Ei 250/375	5,4	6,0	6,6	7,1	7,5	7,9	8,3	8,7
Ei 300/450	6,4	7,2	7,9	8,4	9,0	9,5	9,9	10,4
Ei 350/525	7,4	8,3	9,1	9,8	10,4	11,0	11,6	12,1
Ei 400/600	8,4	9,5	10,4	11,2	11,9	12,5	13,2	13,8
Ei 500/750	10,3	11,7	12,8	13,8	14,8	15,6	16,4	17,1
Ei 600/900	12,2	13,9	15,2	16,5	17,6	18,6	19,5	20,4
Ei 700/1050	13,9	16,0	17,6	19,1	20,4	21,6	22,7	23,7



Tabelle C.7: Materialkenngruppe 7 (Merkblatt DWA-M 144-3, Tabelle 2)

Tabelle C.7: Materialkenngruppe 7 (DWA-M 144-3, Tabelle 2)

Altrohrzustand II:

Altrohr-Bodensystem allein tragfähig (bei überprüfter seitlicher Bettung). Äußerer Wasserdruck p_a (mindestens 1,50 m über Rohrsohle).

Örtlich begrenzte Vorverformung: 2 % von r_L (Mindestwert gem. ATV-M 127-2); 0,8 % bei Ei-Profilen

Ovalisierung: 3 % von r_L (Mindestwert gem. ATV-M 127-2)

Ringspalt: 0,5 % von r_L (Mindestwert gem. ATV-M 127-2)

Ersatzkreis bei Eiprofilen: $0,6 \times H$

Verbunddicken e_m [mm]

Nennweite	Grundwasserstand über Rohrsohle							
	1,50 m	2,00 m	2,50 m	3,00 m	3,50 m	4,00 m	4,50 m	5,00 m
DN 150	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 200	3,0	3,0	3,0	3,0	3,3	3,4	3,6	3,8
DN 250	3,0	3,2	3,5	3,8	4,1	4,3	4,5	4,7
DN 300	3,4	3,8	4,2	4,5	4,9	5,1	5,4	5,7
DN 350	4,0	4,5	4,9	5,3	5,7	6,0	6,3	6,6
DN 400	4,5	5,1	5,6	6,0	6,5	6,8	7,2	7,5
DN 450	5,1	5,7	6,3	6,8	7,3	7,7	8,1	8,4
DN 500	5,7	6,3	7,0	7,5	8,1	8,5	9,0	9,4
DN 600	6,8	7,6	8,3	9,0	9,7	10,2	10,7	11,2
DN 700	7,9	8,8	9,7	10,5	11,2	11,9	12,5	13,1
DN 800	8,9	10,1	11,1	12,0	12,8	13,6	14,3	15,0
DN 900	10,0	11,3	12,5	13,5	14,4	15,3	16,1	16,8
DN 1000	11,1	12,6	13,8	15,0	16,0	17,0	17,8	18,7
DN 1100	12,2	13,8	15,2	16,4	17,6	18,6	19,6	20,5
DN 1200	13,3	15,1	16,6	17,9	19,2	20,3	21,4	22,4
Ei 200/300	4,3	4,8	5,3	5,6	6,0	6,3	6,6	6,9
Ei 250/375	5,4	6,0	6,5	7,0	7,5	7,9	8,2	8,6
Ei 300/450	6,4	7,2	7,8	8,4	8,9	9,4	9,9	10,3
Ei 350/525	7,4	8,3	9,1	9,7	10,4	10,9	11,5	12,0
Ei 400/600	8,3	9,4	10,3	11,1	11,8	12,5	13,1	13,6
Ei 500/750	10,3	11,6	12,8	13,8	14,6	15,5	16,2	17,0
Ei 600/900	12,1	13,8	15,2	16,4	17,5	18,5	19,4	20,2
Ei 700/1050	13,9	15,9	17,5	18,9	20,2	21,4	22,5	23,5



Tabelle C.8: Materialkenngruppe 8 (Merkblatt DWA-M 144-3, Tabelle 2)

Altrohrzustand II:

Altrohr-Bodensystem allein tragfähig (bei überprüfter seitlicher Bettung). Äußerer Wasserdruck p_a (mindestens 1,50 m über Rohrsohle).

Örtlich begrenzte Vorverformung: 2 % von r_L (Mindestwert gem. ATV-M 127-2); 0,8 % bei Ei-Profilen

Ovalisierung: 3 % von r_L (Mindestwert gem. ATV-M 127-2)

Ringspalt: 0,5 % von r_L (Mindestwert gem. ATV-M 127-2)

Ersatzkreis bei Eiprofilen: $0,6 \times H$

Verbunddicken e_m [mm]

Nennweite	Grundwasserstand über Rohrsohle							
	1,50 m	2,00 m	2,50 m	3,00 m	3,50 m	4,00 m	4,50 m	5,00 m
DN 150	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 200	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 250	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 300	3,0	3,0	3,0	3,1	3,2	3,4	3,5	3,6
DN 350	3,0	3,1	3,4	3,6	3,8	3,9	4,1	4,2
DN 400	3,4	3,6	3,8	4,1	4,3	4,5	4,7	4,8
DN 450	3,7	4,0	4,3	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4
DN 500	4,3	4,5	4,8	5,1	5,3	5,6	5,8	6,0
DN 600	5,2	5,6	5,9	6,1	6,4	6,7	7,0	7,2
DN 700	6,0	6,3	7,1	7,3	7,5	7,8	8,1	8,4
DN 800	6,6	7,5	7,8	8,3	8,7	8,9	9,3	9,7
DN 900	7,3	8,5	9,0	9,6	10,2	10,3	10,5	10,8
DN 1000	8,1	9,4	10,1	10,2	11,3	11,8	12,3	12,5
DN 1100	8,9	10,1	10,6	11,2	12,4	12,9	13,5	14,0
DN 1200	9,9	10,9	12,1	12,2	13,5	14,2	14,7	15,3
Ei 200/300	3,2	3,6	3,9	4,1	4,3	4,6	4,7	4,9
Ei 250/375	4,0	4,4	4,8	5,1	5,4	5,7	5,9	6,1
Ei 300/450	4,8	5,3	5,7	6,1	6,5	6,8	7,1	7,3
Ei 350/525	5,5	6,1	6,7	7,1	7,5	7,9	8,2	8,5
Ei 400/600	6,2	7,0	7,6	8,1	8,5	9,0	9,4	9,7
Ei 500/750	7,7	8,6	9,4	10,0	10,6	11,1	11,6	12,1
Ei 600/900	9,1	10,2	11,1	11,9	12,6	13,3	13,9	14,4
Ei 700/1050	10,4	11,8	12,9	13,8	14,7	15,4	16,1	16,7



Tabelle C.9: Materialkenngruppe 9 (Merkblatt DWA-M 144-3, Tabelle 2)

Altrohrzustand II:

Altrohr-Bodensystem allein tragfähig (bei überprüfter seitlicher Bettung). Äußerer Wasserdruck p_a (mindestens 1,50 m über Rohrsohle).

Örtlich begrenzte Vorverformung: 2 % von r_L (Mindestwert gem. ATV-M 127-2); 0,8 % bei Ei-Profilen

Ovalisierung: 3 % von r_L (Mindestwert gem. ATV-M 127-2)

Ringspalt: 0,5 % von r_L (Mindestwert gem. ATV-M 127-2)

Ersatzkreis bei Eiprofilen: $0,6 \times H$

Verbunddicken e_m [mm]

Nennweite	Grundwasserstand über Rohrsohle							
	1,50 m	2,00 m	2,50 m	3,00 m	3,50 m	4,00 m	4,50 m	5,00 m
DN 150	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 200	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 250	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 300	3,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,2	3,4	3,5
DN 350	3,0	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,1
DN 400	3,2	3,4	3,7	3,9	4,1	4,3	4,5	4,6
DN 450	3,7	3,9	4,1	4,4	4,6	4,8	5,0	5,2
DN 500	4,1	4,3	4,6	4,9	5,1	5,3	5,6	5,8
DN 600	4,7	5,4	5,6	5,8	6,1	6,4	6,7	7,0
DN 700	5,4	6,0	6,5	7,2	7,3	7,5	7,8	8,1
DN 800	6,2	6,9	7,7	8,0	8,2	8,5	8,9	9,2
DN 900	7,0	8,1	8,7	9,2	9,7	9,9	10,2	10,4
DN 1000	7,7	9,0	9,7	10,3	10,8	11,3	11,4	11,6
DN 1100	8,5	9,5	10,7	11,3	11,8	12,3	12,5	12,7
DN 1200	9,5	10,2	11,6	12,3	12,9	13,5	14,0	14,6
Ei 200/300	3,1	3,4	3,7	3,9	4,2	4,4	4,6	4,7
Ei 250/375	3,8	4,2	4,6	4,9	5,2	5,4	5,7	5,9
Ei 300/450	4,5	5,1	5,5	5,9	6,2	6,5	6,7	7,0
Ei 350/525	5,3	5,9	6,4	6,8	7,2	7,5	7,8	8,1
Ei 400/600	6,0	6,7	7,2	7,7	8,2	8,6	8,9	9,3
Ei 500/750	7,3	8,2	9,0	9,6	10,1	10,7	11,1	11,5
Ei 600/900	8,7	9,8	10,6	11,4	12,1	12,7	13,3	13,8
Ei 700/1050	9,9	11,2	12,3	13,2	14,0	14,7	15,4	16,0



Tabelle C.10: Materialkenngruppe 10 (Merkblatt DWA-M 144-3, Tabelle 2)

Altrohrzustand II:

Altrohr-Bodensystem allein tragfähig (bei überprüfter seitlicher Bettung). Äußerer Wasserdruck p_a (mindestens 1,50 m über Rohrsohle).

Örtlich begrenzte Vorverformung: 2 % von r_L (Mindestwert gem. ATV-M 127-2); 0,8 % bei Ei-Profilen

Ovalisierung: 3 % von r_L (Mindestwert gem. ATV-M 127-2)

Ringspalt: 0,5 % von r_L (Mindestwert gem. ATV-M 127-2)

Ersatzkreis bei Eiprofilen: $0,6 \times H$

Verbunddicken e_m [mm]

Nennweite	Grundwasserstand über Rohrsohle							
	1,50 m	2,00 m	2,50 m	3,00 m	3,50 m	4,00 m	4,50 m	5,00 m
DN 150	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 200	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 250	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 300	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,2	3,4
DN 350	3,0	3,0	3,1	3,3	3,5	3,6	3,8	3,9
DN 400	3,1	3,3	3,5	3,8	3,9	4,1	4,3	4,5
DN 450	3,4	3,7	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0
DN 500	3,8	4,2	4,4	4,7	4,9	5,1	5,4	5,6
DN 600	4,7	5,0	5,4	5,6	5,9	6,2	6,4	6,7
DN 700	5,5	5,8	6,5	6,7	6,9	7,2	7,5	7,8
DN 800	6,0	6,6	7,1	7,6	7,9	8,2	8,5	8,8
DN 900	6,7	7,4	8,0	8,5	9,1	9,2	9,6	9,9
DN 1000	7,4	8,2	8,9	9,4	9,8	10,4	11,0	11,1
DN 1100	8,2	9,0	9,7	10,3	11,0	11,5	11,9	12,1
DN 1200	9,1	9,8	10,6	11,3	11,9	12,5	12,9	13,6
Ei 200/300	3,0	3,3	3,6	3,8	4,0	4,2	4,4	4,5
Ei 250/375	3,7	4,1	4,4	4,7	5,0	5,2	5,4	5,6
Ei 300/450	4,4	4,9	5,3	5,6	5,9	6,2	6,5	6,7
Ei 350/525	5,1	5,6	6,1	6,5	6,9	7,2	7,5	7,8
Ei 400/600	5,7	6,4	7,0	7,4	7,9	8,2	8,6	8,9
Ei 500/750	7,1	7,9	8,6	9,2	9,8	10,2	10,7	11,1
Ei 600/900	8,3	9,4	10,2	11,0	11,6	12,2	12,8	13,2
Ei 700/1050	9,6	10,8	11,8	12,7	13,5	14,2	14,8	15,4



Tabelle C.11: Materialkenngruppe 11 (Merkblatt DWA-M 144-3, Tabelle 2)

Altrohrzustand II:

Altrohr-Bodensystem allein tragfähig (bei überprüfter seitlicher Bettung). Äußerer Wasserdruck p_a (mindestens 1,50 m über Rohrsohle).

Örtlich begrenzte Vorverformung: 2 % von r_i (Mindestwert gem. ATV-M 127-2); 0,8 % bei Ei-Profilen

Ovalisierung: 3 % von r_i (Mindestwert gem. ATV-M 127-2)

Ringspalt: 0,5 % von r_i (Mindestwert gem. ATV-M 127-2)

Ersatzkreis bei Eiprofilen: $0,6 \times H$

Verbunddicken e_m [mm]

Nennweite	Grundwasserstand über Rohrsohle							
	1,50 m	2,00 m	2,50 m	3,00 m	3,50 m	4,00 m	4,50 m	5,00 m
DN 150	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 200	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 250	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 300	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,2
DN 350	3,0	3,0	3,0	3,2	3,3	3,5	3,6	3,8
DN 400	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,1	4,3
DN 450	3,3	3,6	3,8	4,1	4,3	4,5	4,7	4,8
DN 500	3,8	4,0	4,3	4,5	4,8	5,0	5,2	5,4
DN 600	4,4	4,8	5,2	5,4	5,7	5,9	6,2	6,4
DN 700	5,1	5,6	6,1	6,5	6,6	6,9	7,2	7,5
DN 800	5,8	6,4	6,9	7,3	7,6	7,9	8,2	8,5
DN 900	6,5	7,2	7,7	8,2	8,7	8,9	9,3	9,6
DN 1000	7,2	7,9	8,6	9,2	9,5	10,5	10,7	10,7
DN 1100	7,9	8,7	9,5	10,0	11,0	11,5	11,5	11,7
DN 1200	8,8	9,4	10,8	10,9	11,5	12,1	12,7	13,6
Ei 200/300	3,0	3,2	3,4	3,7	3,9	4,0	4,2	4,4
Ei 250/375	3,6	3,9	4,3	4,5	4,8	5,0	5,2	5,4
Ei 300/450	4,2	4,7	5,1	5,4	5,7	6,0	6,3	6,5
Ei 350/525	4,9	5,4	5,9	6,3	6,7	7,0	7,3	7,6
Ei 400/600	5,5	6,2	6,7	7,2	7,6	8,0	8,3	8,6
Ei 500/750	6,8	7,6	8,3	8,9	9,4	9,9	10,3	10,7
Ei 600/900	8,0	9,1	9,9	10,6	11,2	11,8	12,3	12,8
Ei 700/1050	9,2	10,4	11,4	12,3	13,0	13,7	14,3	14,8



Tabelle C.12: Materialkenngruppe 12 (Merkblatt DWA-M 144-3, Tabelle 2)

Altrohrzustand II:

Altrohr-Bodensystem allein tragfähig (bei überprüfter seitlicher Bettung). Äußerer Wasserdruck p_a (mindestens 1,50 m über Rohrsohle).

Örtlich begrenzte Vorverformung: 2 % von r_L (Mindestwert gem. ATV-M 127-2); 0,8 % bei Ei-Profilen

Ovalisierung: 3 % von r_L (Mindestwert gem. ATV-M 127-2)

Ringspalt: 0,5 % von r_L (Mindestwert gem. ATV-M 127-2)

Ersatzkreis bei Eiprofilen: $0,6 \times H$

Verbunddicken e_m [mm]

Nennweite	Grundwasserstand über Rohrsohle							
	1,50 m	2,00 m	2,50 m	3,00 m	3,50 m	4,00 m	4,50 m	5,00 m
DN 150	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 200	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 250	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 300	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,1
DN 350	3,0	3,0	3,0	3,1	3,2	3,4	3,5	3,7
DN 400	3,0	3,1	3,3	3,5	3,7	3,9	4,0	4,2
DN 450	3,2	3,5	3,7	3,9	4,2	4,3	4,5	4,7
DN 500	3,5	3,9	4,1	4,4	4,6	4,8	5,0	5,2
DN 600	4,2	4,7	5,1	5,2	5,5	5,8	6,0	6,2
DN 700	4,9	5,4	5,9	6,2	6,4	6,7	7,0	7,3
DN 800	5,6	6,2	6,7	7,1	7,3	7,7	8,0	8,3
DN 900	6,3	7,0	7,5	8,0	8,4	8,8	9,0	9,3
DN 1000	7,0	7,6	8,4	8,8	9,2	9,8	10,3	10,3
DN 1100	7,7	8,4	9,2	9,7	10,6	11,1	11,3	11,4
DN 1200	8,6	9,2	10,4	10,6	11,6	12,1	12,1	12,7
Ei 200/300	3,0	3,1	3,3	3,5	3,7	3,9	4,1	4,2
Ei 250/375	3,4	3,8	4,1	4,4	4,6	4,9	5,1	5,3
Ei 300/450	4,1	4,5	4,9	5,3	5,6	5,8	6,1	6,3
Ei 350/525	4,7	5,3	5,7	6,1	6,5	6,8	7,0	7,3
Ei 400/600	5,4	6,0	6,5	6,9	7,3	7,7	8,0	8,3
Ei 500/750	6,6	7,4	8,0	8,6	9,1	9,6	10,0	10,4
Ei 600/900	7,8	8,8	9,6	10,3	10,9	11,4	11,9	12,4
Ei 700/1050	8,9	10,1	11,1	11,9	12,6	13,2	13,8	14,4



Tabelle C.13: Materialkenngruppe 13 (Merkblatt DWA-M 144-3, Tabelle 2)

Altrohrzustand II:

Altrohr-Bodensystem allein tragfähig (bei überprüfter seitlicher Bettung). Äußerer Wasserdruck p_a (mindestens 1,50 m über Rohrsohle).

Örtlich begrenzte Vorverformung: 2 % von r_L (Mindestwert gem. ATV-M 127-2); 0,8 % bei Ei-Profilen

Ovalisierung: 3 % von r_L (Mindestwert gem. ATV-M 127-2)

Ringspalt: 0,5 % von r_L (Mindestwert gem. ATV-M 127-2)

Ersatzkreis bei Eiprofilen: $0,6 \times H$

Verbunddicken e_m [mm]

Nennweite	Grundwasserstand über Rohrsohle							
	1,50 m	2,00 m	2,50 m	3,00 m	3,50 m	4,00 m	4,50 m	5,00 m
DN 150	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 200	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 250	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 300	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 350	3,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,3	3,4	3,5
DN 400	3,0	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	3,9	4,0
DN 450	3,1	3,4	3,6	3,8	4,0	4,2	4,4	4,5
DN 500	3,6	3,8	4,0	4,3	4,5	4,7	4,9	5,0
DN 600	4,1	4,5	4,9	5,1	5,4	5,6	5,8	6,0
DN 700	4,8	5,3	5,7	6,1	6,2	6,5	6,8	7,0
DN 800	5,4	6,0	6,5	6,9	7,1	7,5	7,7	8,0
DN 900	6,1	6,8	7,6	7,7	8,2	8,4	8,7	9,0
DN 1000	6,8	7,4	8,1	8,6	9,1	9,4	9,8	10,0
DN 1100	7,5	8,2	8,8	9,4	10,0	10,4	10,6	11,0
DN 1200	8,3	8,9	9,6	10,4	10,8	11,4	11,9	12,4
Ei 200/300	3,0	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,1
Ei 250/375	3,3	3,7	4,0	4,3	4,5	4,7	4,9	5,1
Ei 300/450	4,0	4,4	4,8	5,1	5,4	5,7	5,9	6,1
Ei 350/525	4,6	5,1	5,6	5,9	6,3	6,6	6,8	7,1
Ei 400/600	5,2	5,8	6,3	6,7	7,1	7,5	7,8	8,1
Ei 500/750	6,4	7,2	7,8	8,4	8,9	9,3	9,7	10,1
Ei 600/900	7,6	8,5	9,3	10,0	10,6	11,1	11,6	12,0
Ei 700/1050	8,7	9,8	10,7	11,5	12,2	12,9	13,4	14,0



Tabelle C.14: Materialkenngruppe 14 (Merkblatt DWA-M 144-3, Tabelle 2)

Altrohrzustand II:

Altrohr-Bodensystem allein tragfähig (bei überprüfter seitlicher Bettung). Äußerer Wasserdruck p_a (mindestens 1,50 m über Rohrsohle).

Örtlich begrenzte Vorverformung: 2 % von r_L (Mindestwert gem. ATV-M 127-2); 0,8 % bei Ei-Profilen

Ovalisierung: 3 % von r_L (Mindestwert gem. ATV-M 127-2)

Ringspalt: 0,5 % von r_L (Mindestwert gem. ATV-M 127-2)

Ersatzkreis bei Eiprofilen: $0,6 \times H$

Verbunddicken e_m [mm]

Nennweite	Grundwasserstand über Rohrsohle							
	1,50 m	2,00 m	2,50 m	3,00 m	3,50 m	4,00 m	4,50 m	5,00 m
DN 150	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 200	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 250	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 300	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 350	3,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4
DN 400	3,0	3,0	3,1	3,3	3,5	3,7	3,8	3,9
DN 450	3,0	3,3	3,5	3,7	3,9	4,1	4,3	4,4
DN 500	3,5	3,7	3,9	4,2	4,4	4,6	4,7	4,9
DN 600	4,0	4,4	4,8	5,0	5,2	5,5	5,7	5,9
DN 700	4,6	5,1	5,6	5,9	6,1	6,4	6,6	6,8
DN 800	5,3	5,9	6,3	6,7	6,9	7,3	7,5	7,8
DN 900	5,9	6,6	7,1	7,5	8,0	8,2	8,5	8,8
DN 1000	6,6	7,2	7,9	8,4	8,7	9,3	9,5	9,8
DN 1100	7,3	8,0	8,7	9,2	9,7	10,1	10,6	10,7
DN 1200	8,1	8,7	9,4	10,0	10,5	10,9	11,5	12,0
Ei 200/300	3,0	3,0	3,2	3,4	3,5	3,7	3,9	4,0
Ei 250/375	3,3	3,6	3,9	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0
Ei 300/450	3,9	4,3	4,7	5,0	5,3	5,5	5,7	5,9
Ei 350/525	4,5	5,0	5,4	5,8	6,1	6,4	6,7	6,9
Ei 400/600	5,1	5,7	6,1	6,6	6,9	7,3	7,6	7,9
Ei 500/750	6,2	7,0	7,6	8,1	8,6	9,0	9,4	9,8
Ei 600/900	7,4	8,3	9,0	9,7	10,3	10,8	11,3	11,7
Ei 700/1050	8,5	9,6	10,5	11,2	11,9	12,5	13,1	13,6



Tabelle C.15: Materialkenngruppe 15 (Merkblatt DWA-M 144-3, Tabelle 2)

Altrohrzustand II:

Altrohr-Bodensystem allein tragfähig (bei überprüfter seitlicher Bettung). Äußerer Wasserdruck p_s (mindestens 1,50 m über Rohrsohle).

Örtlich begrenzte Vorverformung: 2 % von r_L (Mindestwert gem. ATV-M 127-2); 0,8 % bei Ei-Profilen

Ovalisierung: 3 % von r_L (Mindestwert gem. ATV-M 127-2)

Ringspalt: 0,5 % von r_L (Mindestwert gem. ATV-M 127-2)

Ersatzkreis bei Eiprofilen: $0,6 \times H$

Verbunddicken e_m [mm]

Nennweite	Grundwasserstand über Rohrsohle							
	1,50 m	2,00 m	2,50 m	3,00 m	3,50 m	4,00 m	4,50 m	5,00 m
DN 150	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 200	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 250	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 300	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 350	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,2	3,4
DN 400	3,0	3,0	3,1	3,3	3,4	3,6	3,7	3,8
DN 450	3,1	3,2	3,4	3,7	3,8	4,0	4,2	4,3
DN 500	3,3	3,6	3,8	4,1	4,3	4,4	4,6	4,8
DN 600	4,1	4,3	4,7	4,9	5,1	5,3	5,5	5,7
DN 700	4,7	5,2	5,6	5,8	5,9	6,2	6,4	6,8
DN 800	5,2	5,7	6,1	6,8	6,8	7,1	7,4	7,6
DN 900	5,8	6,4	6,9	7,4	7,8	8,0	8,3	8,6
DN 1000	6,4	7,1	7,7	8,2	8,5	9,0	9,4	9,5
DN 1100	7,1	7,8	8,5	9,1	9,8	9,9	10,3	10,5
DN 1200	7,9	8,5	9,2	9,8	10,3	10,8	11,2	11,7
Ei 200/300	3,0	3,0	3,1	3,3	3,5	3,6	3,8	3,9
Ei 250/375	3,2	3,5	3,8	4,1	4,3	4,5	4,7	4,9
Ei 300/450	3,8	4,2	4,5	4,9	5,1	5,4	5,6	5,8
Ei 350/525	4,4	4,9	5,3	5,6	6,0	6,2	6,5	6,7
Ei 400/600	5,0	5,5	6,0	6,4	6,8	7,1	7,4	7,7
Ei 500/750	6,1	6,8	7,4	7,9	8,4	8,8	9,2	9,6
Ei 600/900	7,2	8,1	8,8	9,5	10,0	10,5	11,0	11,4
Ei 700/1050	8,3	9,3	10,2	10,9	11,6	12,2	12,8	13,3



Tabelle C.16: Materialkenngruppe 16 (Merkblatt DWA-M 144-3, Tabelle 2)

Altrohrzustand II:

Altrohr-Bodensystem allein tragfähig (bei überprüfter seitlicher Bettung). Äußerer Wasserdruck p_a (mindestens 1,50 m über Rohrsohle).

Örtlich begrenzte Vorverformung: 2 % von r_L (Mindestwert gem. ATV-M 127-2); 0,8 % bei Ei-Profilen

Ovalisierung: 3 % von r_L (Mindestwert gem. ATV-M 127-2)

Ringspalt: 0,5 % von r_L (Mindestwert gem. ATV-M 127-2)

Ersatzkreis bei Eiprofilen: $0,6 \times H$

Verbunddicken e_m [mm]

Nennweite	Grundwasserstand über Rohrsohle							
	1,50m	2,00m	2,50m	3,00m	3,50m	4,00m	4,50m	5,00m
DN 150	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 200	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 250	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 300	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 350	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,2	3,32
DN 400	3,0	3,0	3,0	3,2	3,3	3,5	3,6	3,8
DN 450	3,0	3,1	3,4	3,6	3,8	3,9	4,1	4,2
DN 500	3,2	3,5	3,7	4,0	4,2	4,3	4,5	4,7
DN 600	4,0	4,2	4,6	4,7	5,0	5,2	5,4	5,6
DN 700	4,6	5,1	5,5	5,6	5,8	6,1	6,3	6,5
DN 800	5,1	5,6	6,0	6,4	6,6	6,9	7,2	7,5
DN 900	5,7	6,3	6,8	7,2	7,6	7,8	8,1	8,4
DN 1000	6,3	6,9	7,6	8,0	8,4	8,8	9,2	9,3
DN 1100	6,9	7,6	8,3	8,8	9,6	9,7	10,0	10,21
DN 1200	7,7	8,3	9,0	9,5	10,1	10,6	11,0	11,4
Ei 200/300	3,0	3,0	3,0	3,2	3,4	3,5	3,7	3,8
Ei 250/375	3,1	3,4	3,7	4,0	4,2	4,4	4,6	4,7
Ei 300/450	3,7	4,1	4,4	4,7	5,0	5,2	5,5	5,7
Ei 350/525	4,3	4,8	5,2	5,5	5,8	6,1	6,4	6,6
Ei 400/600	4,9	5,4	5,9	6,3	6,6	6,9	7,2	7,5
Ei 500/750	6,0	6,7	7,3	7,8	8,2	8,6	9,0	9,3
Ei 600/900	7,0	7,9	8,6	9,2	9,8	10,3	10,8	11,2
Ei 700/1050	8,1	9,1	10,0	10,7	11,3	12,0	12,5	12,9



Tabelle C.17: Materialkenngruppe 17 (Merkblatt DWA-M 144-3, Tabelle 2)

Altrohrzustand II:

Altrohr-Bodensystem allein tragfähig (bei überprüfter seitlicher Bettung). Äußerer Wasserdruck p_a (mindestens 1,50 m über Rohrsohle).

Örtlich begrenzte Vorverformung: 2 % von r_L (Mindestwert gem. ATV-M 127-2); 0,8 % bei Ei-Profilen

Ovalisierung: 3 % von r_L (Mindestwert gem. ATV-M 127-2)

Ringspalt: 0,5 % von r_L (Mindestwert gem. ATV-M 127-2)

Ersatzkreis bei Eiprofilen: $0,6 \times H$

Verbunddicken e_m [mm]

Nennweite	Grundwasserstand über Rohrsohle							
	1,50 m	2,00 m	2,50 m	3,00 m	3,50 m	4,00 m	4,50 m	5,00 m
DN 150	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 200	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 250	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 300	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 350	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,2
DN 400	3,0	3,0	3,0	3,1	3,3	3,4	3,5	3,7
DN 450	3,0	3,1	3,3	3,5	3,7	3,8	4,0	4,1
DN 500	3,1	3,5	3,7	3,9	4,1	4,3	4,4	4,6
DN 600	4,0	4,1	4,5	4,7	4,9	5,1	5,3	5,5
DN 700	4,5	4,8	5,4	5,5	5,7	5,9	6,2	6,4
DN 800	4,9	5,5	5,9	6,3	6,6	6,8	7,0	7,3
DN 900	5,6	6,2	6,6	7,0	7,5	7,6	7,9	8,2
DN 1000	6,2	6,8	7,4	7,8	8,6	8,7	8,9	9,2
DN 1100	6,8	7,6	8,1	8,7	9,1	9,5	9,9	10,1
DN 1200	7,6	8,1	8,7	9,3	10,0	10,3	10,6	11,2
Ei 200/300	3,0	3,0	3,0	3,1	3,3	3,5	3,6	3,7
Ei 250/375	3,1	3,4	3,7	3,9	4,1	4,3	4,5	4,6
Ei 300/450	3,6	4,0	4,4	4,7	4,9	5,1	5,4	5,6
Ei 350/525	4,2	4,7	5,1	5,4	5,7	6,0	6,2	6,5
Ei 400/600	4,8	5,3	5,8	6,1	6,5	6,8	7,1	7,4
Ei 500/750	5,8	6,5	7,1	7,6	8,1	8,5	8,8	9,2
Ei 600/900	6,9	7,8	8,5	9,1	9,6	10,1	10,5	10,9
Ei 700/1050	7,9	8,9	9,8	10,5	11,1	11,7	12,2	12,7



Tabelle C.18: Materialkenngruppe 18 (Merkblatt DWA-M 144-3, Tabelle 2)

Altrohrzustand II:

Altrohr-Bodensystem allein tragfähig (bei überprüfter seitlicher Bettung). Äußerer Wasserdruck p_s (mindestens 1,50 m über Rohrsohle).

Örtlich begrenzte Vorverformung: 2 % von r_L (Mindestwert gem. ATV-M 127-2); 0,8 % bei Ei-Profilen

Ovalisierung: 3 % von r_L (Mindestwert gem. ATV-M 127-2)

Ringspalt: 0,5 % von r_L (Mindestwert gem. ATV-M 127-2)

Ersatzkreis bei Eiprofilen: $0,6 \times H$

Verbunddicken e_m [mm]

Nennweite	Grundwasserstand über Rohrsohle							
	1,50 m	2,00 m	2,50 m	3,00 m	3,50 m	4,00 m	4,50 m	5,00 m
DN 150	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 200	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 250	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 300	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 350	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,2
DN 400	3,0	3,0	3,0	3,1	3,2	3,4	3,5	3,6
DN 450	3,0	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	3,9	4,0
DN 500	3,1	3,5	3,6	3,8	4,0	4,2	4,3	4,6
DN 600	3,7	4,0	4,4	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4
DN 700	4,3	4,9	5,1	5,4	5,6	5,8	6,1	6,3
DN 800	4,9	5,4	6,0	6,2	6,4	6,7	6,9	7,2
DN 900	5,5	6,0	6,6	6,8	7,3	7,5	7,8	8,0
DN 1000	6,1	6,7	7,2	7,7	8,1	8,5	8,7	8,9
DN 1100	6,7	7,3	7,9	8,4	8,9	9,3	9,7	9,8
DN 1200	7,4	8,0	8,6	9,2	9,8	10,1	10,6	10,9
Ei 200/300	3,0	3,0	3,0	3,1	3,2	3,4	3,5	3,7
Ei 250/375	3,0	3,3	3,6	3,8	4,0	4,2	4,4	4,6
Ei 300/450	3,6	3,9	4,3	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4
Ei 350/525	4,1	4,6	5,0	5,3	5,6	5,9	6,1	6,3
Ei 400/600	4,7	5,2	5,6	6,0	6,4	6,7	7,0	7,2
Ei 500/750	5,7	6,4	7,0	7,5	7,9	8,3	8,6	9,0
Ei 600/900	6,8	7,6	8,3	8,9	9,4	9,9	10,3	10,7
Ei 700/1050	7,7	8,8	9,6	10,3	10,9	11,5	12,0	12,4



Tabelle C.19: Materialkenngruppe 19 (Merkblatt DWA-M 144-3, Tabelle 2)

Altrohrzustand II:

Altrohr-Bodensystem allein tragfähig (bei überprüfter seitlicher Bettung). Äußerer Wasserdruck p_a (mindestens 1,50 m über Rohrsohle).

Örtlich begrenzte Vorverformung: 2 % von r_L (Mindestwert gem. ATV-M 127-2); 0,8 % bei Ei-Profilen
 Ovalisierung: 3 % von r_L (Mindestwert gem. ATV-M 127-2)

Ringspalt: 0,5 % von r_L (Mindestwert gem. ATV-M 127-2)

Ersatzkreis bei Eiprofilen: $0,6 \times H$

Verbunddicken e_m [mm]

Nennweite	Grundwasserstand über Rohrsohle							
	1,50 m	2,00 m	2,50 m	3,00 m	3,50 m	4,00 m	4,50 m	5,00 m
DN 150	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 200	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 250	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 300	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 350	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,1
DN 400	3,0	3,0	3,0	3,0	3,2	3,3	3,4	3,5
DN 450	3,0	3,0	3,2	3,4	3,5	3,7	3,8	4,0
DN 500	3,2	3,3	3,5	3,7	3,9	4,1	4,3	4,4
DN 600	3,6	4,0	4,4	4,5	4,7	4,9	5,1	5,3
DN 700	4,2	4,6	5,2	5,3	5,5	5,7	5,9	6,2
DN 800	4,8	5,3	5,9	6,1	6,3	6,5	6,8	7,0
DN 900	5,5	5,9	6,7	6,7	7,2	7,3	7,6	7,9
DN 1000	5,9	6,5	7,4	7,5	7,9	8,3	8,5	8,8
DN 1100	6,5	7,2	8,1	8,3	8,7	9,1	9,5	9,9
DN 1200	7,3	7,8	8,8	9,0	9,5	9,9	10,4	10,7
Ei 200/300	3,0	3,0	3,0	3,0	3,2	3,3	3,5	3,6
Ei 250/375	3,0	3,2	3,5	3,7	3,9	4,1	4,3	4,5
Ei 300/450	3,5	3,9	4,2	4,5	4,7	4,9	5,1	5,3
Ei 350/525	4,0	4,5	4,9	5,2	5,5	5,7	6,0	6,2
Ei 400/600	4,6	5,1	5,5	5,9	6,2	6,5	6,8	7,1
Ei 500/750	5,6	6,3	6,8	7,3	7,7	8,1	8,5	8,8
Ei 600/900	6,6	7,4	8,1	8,7	9,2	9,7	10,1	10,5
Ei 700/1050	7,6	8,6	9,4	10,1	10,7	11,2	11,7	12,2

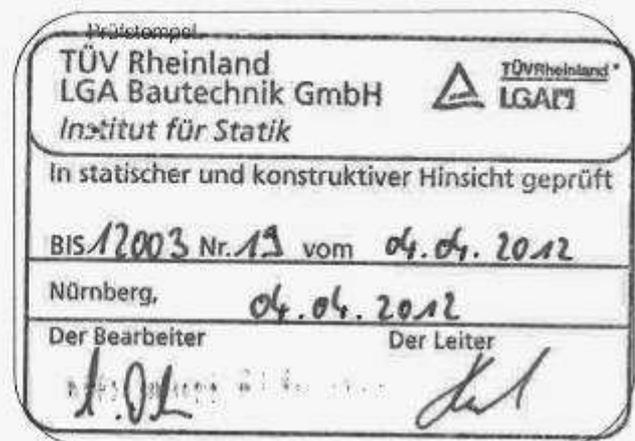


Tabelle C.20: Materialkenngruppe 20 (Merkblatt DWA-M 144-3, Tabelle 2)

Altrohrzustand II:

Altrohr-Bodensystem allein tragfähig (bei überprüfter seitlicher Bettung). Äußerer Wasserdruck p_a (mindestens 1,50 m über Rohrsohle).

Örtlich begrenzte Vorverformung: 2 % von r_L (Mindestwert gem. ATV-M 127-2); 0,8 % bei Ei-Profilen
 Ovalisierung: 3 % von r_L (Mindestwert gem. ATV-M 127-2)

Ringspalt: 0,5 % von r_L (Mindestwert gem. ATV-M 127-2)

Ersatzkreis bei Eiprofilen: $0,6 \times H$

Verbunddicken e_m [mm]

Nennweite	Grundwasserstand über Rohrsohle							
	1,50 m	2,00 m	2,50 m	3,00 m	3,50 m	4,00 m	4,50 m	5,00 m
DN 150	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 200	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 250	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 300	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 350	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 400	3,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,2	3,4	3,5
DN 450	3,0	3,0	3,1	3,3	3,5	3,6	3,8	3,9
DN 500	3,1	3,3	3,5	3,7	3,9	4,0	4,2	4,3
DN 600	3,7	4,1	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	5,2
DN 700	4,3	4,5	4,9	5,2	5,4	5,6	5,8	6,0
DN 800	4,7	5,2	5,5	6,0	6,2	6,4	6,7	6,9
DN 900	5,3	5,8	6,3	6,6	6,9	7,2	7,5	7,8
DN 1000	5,8	6,4	6,9	7,4	7,7	8,2	8,4	8,6
DN 1100	6,4	7,1	7,6	8,1	8,9	9,0	9,2	9,5
DN 1200	7,2	7,7	8,3	8,8	9,7	9,7	10,2	10,5
Ei 200/300	3,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,3	3,4	3,5
Ei 250/375	3,0	3,2	3,4	3,7	3,9	4,1	4,2	4,4
Ei 300/450	3,4	3,8	4,1	4,4	4,6	4,9	5,1	5,2
Ei 350/525	4,0	4,4	4,8	5,1	5,4	5,6	5,9	6,1
Ei 400/600	4,5	5,0	5,4	5,8	6,1	6,4	6,7	6,9
Ei 500/750	5,5	6,2	6,7	7,2	7,6	8,0	8,3	8,6
Ei 600/900	6,5	7,3	8,0	8,5	9,1	9,5	9,9	10,3
Ei 700/1050	7,5	8,4	9,2	9,9	10,5	11,0	11,5	12,0



HW: Tabelle C: Materialkenngruppe 4 (Hamburger Klasse-Profile)

Regelstatistiktable zur M 144-3, Hamburg Wasser

Tabelle Klasseprofile **Materialkenngruppe 4** (Merkblatt DWA-M 144-3, Tabelle 2)

Altrohrzustand II:

Altrohr-Bodensystem allein tragfähig (bei überprüfter seitlicher Bettung). Äußerer Wasserdruck p_a (mindestens 1,50 m über Rohrsohle).

Örtlich begrenzte Vorverformung: 1,3% bei gemauerten Ei-Profilen (Mindestwerte gem. DWA-A 143-2)

Ovalisierung: 3% von r_L (Mindestwert gem. DWA-A 143-2)

Spaltbildung: 0,4% konstante Schrumpfung von $d_m/2$ bei Eiprofilen (Mindestwerte gem. DWA-A 143-2)

Querkontraktionszahl: 0,35

Ersatzradius bei Eiprofilen: $0,6 \times H$

Verbunddicken e_m [mm]

Nennweite	Grundwasserstand über Rohrsohle							
	1,50 m	2,00 m	2,50 m	3,00 m	3,50 m	4,00 m	4,50 m	5,00 m
Altona Kl. V (580/820)	11,7	13,3	14,6	15,8	16,8	17,8	18,7	19,5
Hmb. Kl. VIa (570/860)	12,3	13,9	15,2	16,5	17,7	18,7	19,7	20,7
Altona Kl. IV (640/960)	14,4	16,3	17,0	18,1	19,2	21,9	23,1	24,2
Hmb. Kl. VIIn (550/1000)	14,3	16,2	17,8	19,3	20,6	21,8	23,0	24,1
Hmb. Kl. Va (800/1290)	15,3	17,7	19,7	21,6	23,2	24,8	26,2	27,6
Hmb. Kl. IVa (930/1430)	16,5	18,9	21,0	22,2	24,4	25,8	27,1	28,4
Hmb. Kl. IVn (850/1400)	17,2	19,8	21,0	22,2	25,5	27,1	28,5	29,8

HW: Tabelle C: Materialkenngruppe 13 (Hamburger Klasse-Profile)

Regelstatistiktable zur M 144-3, Hamburg Wasser

Tabelle Klasseprofile **Materialkenngruppe 13** (Merkblatt DWA-M 144-3, Tabelle 2)

Altrohrzustand II:

Altrohr-Bodensystem allein tragfähig (bei überprüfter seitlicher Bettung). Äußerer Wasserdruck p_a (mindestens 1,50 m über Rohrsohle).

Örtlich begrenzte Vorverformung: 1,3% bei gemauerten Ei-Profilen (Mindestwerte gem. DWA-A 143-2)

Ovalisierung: 3% von r_L (Mindestwert gem. DWA-A 143-2)

Spaltbildung: 0,4% konstante Schrumpfung von $d_m/2$ bei Eiprofilen (Mindestwerte gem. DWA-A 143-2)

Querkontraktionszahl: 0,25

Ersatzradius bei Eiprofilen: $0,6 \times H$

Verbunddicken e_m [mm]

Nennweite	Grundwasserstand über Rohrsohle							
	1,50 m	2,00 m	2,50 m	3,00 m	3,50 m	4,00 m	4,50 m	5,00 m
Altona Kl. V (580/820)	7,1	7,9	8,6	9,2	9,8	10,3	10,7	11,1
Hmb. Kl. VIa (570/860)	7,5	8,3	9,0	9,6	10,2	10,7	11,2	11,7
Altona Kl. IV (640/960)	8,8	9,8	10,7	11,5	12,1	12,7	13,3	13,8
Hmb. Kl. VIIn (550/1000)	8,8	9,8	10,7	11,5	12,1	12,7	13,3	13,8
Hmb. Kl. Va (800/1290)	9,2	10,5	11,5	12,4	13,2	13,9	14,6	15,1
Hmb. Kl. IVa (930/1430)	9,8	10,9	12,1	12,9	13,7	14,5	15,2	15,8
Hmb. Kl. IVn (850/1400)	10,5	11,8	12,9	13,8	14,6	15,4	16,1	16,8

HW: Tabelle C: Materialkenngruppe 14 (Hamburger Klasse-Profile)

Regelstatistiktable zur M 144-3, Hamburg Wasser

Tabelle Klasseprofile **Materialkenngruppe 14** (Merkblatt DWA-M 144-3, Tabelle 2)

Altrohrzustand II:
 Altrohr-Bodensystem allein tragfähig (bei überprüfter seitlicher Bettung). Äußerer Wasserdruck p_a (mindestens 1,50 m über Rohrsohle).
 Örtlich begrenzte Vorverformung: 1,3% bei gemauerten Ei-Profilen (Mindestwerte gem. DWA-A 143-2)
 Ovalisierung: 3% von r_L (Mindestwert gem. DWA-A 143-2)
 Spaltbildung: 0,4% konstante Schrumpfung von $d_m/2$ bei Eiprofilen (Mindestwerte gem. DWA-A 143-2)
 Querkontraktionszahl: 0,25
 Ersatzradius bei Eiprofilen: $0,6 \times H$

Verbunddicken e_m [mm]

Nennweite	Grundwasserstand über Rohrsohle							
	1,50 m	2,00 m	2,50 m	3,00 m	3,50 m	4,00 m	4,50 m	5,00 m
Altona Kl. V (580/820)	6,9	7,7	8,4	9,0	9,5	10,0	10,4	10,8
Hmb. Kl. VIa (570/860)	7,4	8,1	8,8	9,4	9,9	10,4	10,9	11,4
Altona Kl. IV (640/960)	8,6	9,6	10,4	11,0	11,5	12,4	12,9	13,4
Hmb. Kl. VIIn (550/1000)	8,8	9,6	10,4	11,0	11,8	12,4	12,9	13,4
Hmb. Kl. Va (800/1290)	9,0	10,2	11,2	12,1	12,8	13,5	14,2	14,8
Hmb. Kl. IVa (930/1430)	9,5	10,7	11,7	12,6	13,3	14,1	14,8	15,4
Hmb. Kl. IVn (850/1400)	10,2	11,5	12,5	13,4	14,2	15,0	15,6	16,3

HW: Tabelle C: Materialkenngruppe 15 (Hamburger Klasse-Profile)

Regelstatistiktable zur M 144-3, Hamburg Wasser

Tabelle Klasseprofile **Materialkenngruppe 15** (Merkblatt DWA-M 144-3, Tabelle 2)

Altrohrzustand II:
 Altrohr-Bodensystem allein tragfähig (bei überprüfter seitlicher Bettung). Äußerer Wasserdruck p_a (mindestens 1,50 m über Rohrsohle).
 Örtlich begrenzte Vorverformung: 1,3% bei gemauerten Ei-Profilen (Mindestwerte gem. DWA-A 143-2)
 Ovalisierung: 3% von r_L (Mindestwert gem. DWA-A 143-2)
 Spaltbildung: 0,4% konstante Schrumpfung von $d_m/2$ bei Eiprofilen (Mindestwerte gem. DWA-A 143-2)
 Querkontraktionszahl: 0,25
 Ersatzradius bei Eiprofilen: $0,6 \times H$

Verbunddicken e_m [mm]

Nennweite	Grundwasserstand über Rohrsohle							
	1,50 m	2,00 m	2,50 m	3,00 m	3,50 m	4,00 m	4,50 m	5,00 m
Altona Kl. V (580/820)	6,8	7,5	8,2	8,8	9,3	9,7	10,2	10,6
Hmb. Kl. VIa (570/860)	7,1	7,9	8,6	9,2	9,6	10,2	10,7	11,1
Altona Kl. IV (640/960)	8,4	9,3	10,2	11,0	11,7	12,1	12,6	13,1
Hmb. Kl. VIIn (550/1000)	8,4	9,4	10,2	10,9	11,5	12,1	12,6	13,1
Hmb. Kl. Va (800/1290)	8,8	9,9	10,9	11,8	12,5	13,2	13,8	14,4
Hmb. Kl. IVa (930/1430)	9,3	10,4	11,4	12,3	13,0	13,7	14,4	15,0
Hmb. Kl. IVn (850/1400)	9,9	11,2	12,2	13,1	13,9	14,6	15,3	15,9

HW: Tabelle C: Materialkenngruppe 20 (Hamburger Klasse-Profile)

Regelstatistiktable zur M 144-3, Hamburg Wasser

Tabelle Klasseprofile **Materialkenngruppe 20** (Merkblatt DWA-M 144-3, Tabelle 2)

Altrohrzustand II:
 Altrohr-Bodensystem allein tragfähig (bei überprüfter seitlicher Bettung). Äußerer Wasserdruck p_a (mindestens 1,50 m über Rohrsohle).
 Örtlich begrenzte Vorverformung: 1,3% bei gemauerten Ei-Profilen (Mindestwert gem. DWA-A 143-2)
 Ovalisierung: 3% von r_t (Mindestwert gem. DWA-A 143-2)
 Spaltbildung: 0,4% konstante Schrumpfung von $e_m/2$ bei Eiprofilen (Mindestwert gem. DWA-A 143-2)
 Querkontraktionszahl: 0,25
 Ersatzradius bei Eiprofilen: $0,6 \times H$

Verbunddicken e_m [mm]

Nennweite	Grundwasserstand über Rohrsohle								
	1,50 m	2,00 m	2,50 m	3,00 m	3,50 m	4,00 m	4,50 m	5,00 m	
Altona Kl. V (580/820)	6,1	6,5	7,4	7,9	8,4	8,8	9,2	9,5	
Hmb. Kl. VIa (570/860)	6,4	7,1	7,7	8,3	8,8	9,2	9,6	10,0	
Altona Kl. IV (640/960)	7,5	8,4	9,4	9,8	10,4	10,9	11,4	11,8	
Hmb. Kl. VIIn (550/1000)	7,6	8,4	9,3	9,8	10,4	10,9	11,4	11,8	
Hmb. Kl. Va (800/1290)	7,9	8,9	9,8	9,6	11,2	11,8	12,4	12,9	
Hmb. Kl. IVa (930/1430)	8,8	9,4	10,3	11,1	11,9	12,4	12,9	13,5	
Hmb. Kl. IVn (850/1400)	9,0	10,1	11,0	11,8	12,5	13,2	13,7	14,3	

HW: Tabelle C: Klasse VI neu 550/1000 Beton

Tabelle Klasseprofile für **Beton** (Merkblatt DWA-M 144-3, Tabelle 2)

Altrohrzustand II:
 Altrohr-Bodensystem allein tragfähig (bei überprüfter seitlicher Bettung). Äußerer Wasserdruck p_a (mindestens 1,50 m über Rohrsohle).
 Örtlich begrenzte Vorverformung: 2% von r_t (Mindestwert gem. ATV-M 127-2); 0,8% bei Ei-Profilen
 Ovalisierung: 3% von r_t (Mindestwert gem. ATV-M 127-2)
 Ringspalt: 0,5% von r_t (Mindestwert gem. ATV-M 127-2)
 Ersatzradius bei Eiprofilen: $0,6 \times H$

Verbunddicken e_m [mm]

Nennweite	MKG	Grundwasserstand über Rohrsohle								
		1,50 m	2,00 m	2,50 m	3,00 m	3,50 m	4,00 m	4,50 m	5,00 m	
Hmb. Kl. VIIn (550/1000)	4	12,9	14,7	16,3	17,6	18,8	19,9	20,9	21,9	
	13	7,8	8,8	9,7	10,4	11	11,6	12,1	12,6	
	14	7,6	8,6	9,4	10,1	10,7	11,3	11,8	12,3	
	15	7,4	8,4	9,2	9,8	10,5	11,0	11,5	12,0	
	20	6,7	7,5	8,2	8,9	9,5	9,9	10,3	10,8	

HW: Tabelle C: Materialkenngruppe 4 (Hamburger Klasse-Profile)

Regelstatistiktable zur M 144-3, Hamburg Wasser

Tabelle Klasseprofile **Materialkenngruppe 4** (Merkblatt DWA-M 144-3, Tabelle 2)

Altrohrzustand II:

Altrohr-Bodensystem allein tragfähig (bei überprüfter seitlicher Bettung). Äußerer Wasserdruck p_a (mindestens 1,50 m über Rohrsohle).

Örtlich begrenzte Vorverformung: 0,8 % bei Eiprofilen; 1,3% bei gemauerten Ei-Profilen (Mindestwerte gem. DWA-A 143-2)

Ovalisierung: 3% von r_L (Mindestwert gem. DWA-A 143-2)

Spaltbildung: 0,5 % von r_L bei Kreisprofilen; 0,4% konstante Schrumpfung von $d_m/2$ bei Eiprofilen (Mindestwerte gem. DWA-A 143-2)

Querkontraktionszahl: 0,35

Ersatzkreisradius bei Eiprofilen: $0,6 \times H$

Verbunddicken e_m [mm]

Nennweite	Grundwasserstand über Rohrsohle							
	1,50 m	2,00 m	2,50 m	3,00 m	3,50 m	4,00 m	4,50 m	5,00 m
Altona Kl. V (580/820)	11,7	13,3	14,6	15,8	16,8	17,8	18,7	19,5
Hmb. Kl. VIa (570/860)	12,3	13,9	15,2	16,5	17,7	18,7	19,7	20,7
Altona Kl. IV (640/960)	14,4	16,3	18,0	19,4	20,7	21,9	23,1	24,2
Hmb. Kl. VIIn (550/1000)	14,3	16,2	17,8	19,3	20,6	21,8	23,0	24,1
Hmb. Kl. Va (800/1290)	14,7	17,6	20,0	22,1	23,8	25,4	26,9	28,4
Hmb. Kl. IVa (930/1430)	15,8	18,8	21,3	23,4	25,5	27,3	29,1	30,8
Hmb. Kl. IVn (850/1400)	17,7	20,6	23,3	25,3	27,3	29,0	30,6	32,3
Hmb. Kl. Vn (700/1200)	16,0	18,4	20,6	22,5	24,2	25,6	26,9	28,0

Neuberechnungen (grau) mit FEM und geänderten Annahmen für die örtliche Imperfektion

HW: Tabelle C: Materialkenngruppe 13 (Hamburger Klasse-Profile)

Regelstatistiktable zur M 144-3, Hamburg Wasser

Tabelle Klasseprofile **Materialkenngruppe 13** (Merkblatt DWA-M 144-3, Tabelle 2)

Altrohrzustand II:

Altrohr-Bodensystem allein tragfähig (bei überprüfter seitlicher Bettung). Äußerer Wasserdruck p_a (mindestens 1,50 m über Rohrsohle).

Örtlich begrenzte Vorverformung: 0,8 % bei Eiprofilen; 1,3% bei gemauerten Ei-Profilen (Mindestwerte gem. DWA-A 143-2)

Ovalisierung: 3% von r_L (Mindestwert gem. DWA-A 143-2)

Spaltbildung: 0,5 % von r_L bei Kreisprofilen; 0,4% konstante Schrumpfung von $d_m/2$ bei Eiprofilen (Mindestwerte gem. DWA-A 143-2)

Querkontraktionszahl: 0,25

Ersatzkreisradius bei Eiprofilen: $0,6 \times H$

Verbunddicken e_m [mm]

Nennweite	Grundwasserstand über Rohrsohle							
	1,50 m	2,00 m	2,50 m	3,00 m	3,50 m	4,00 m	4,50 m	5,00 m
Altona Kl. V (580/820)	7,1	7,9	8,6	9,2	9,8	10,3	10,7	11,1
Hmb. Kl. VIa (570/860)	7,5	8,3	9,0	9,6	10,2	10,7	11,2	11,7
Altona Kl. IV (640/960)	8,8	9,8	10,7	11,5	12,1	12,7	13,3	13,8
Hmb. Kl. VI n (550/1000)	8,8	9,8	10,7	11,5	12,1	12,7	13,3	13,8
Hmb. Kl. Va (800/1290)	9,2	10,5	11,9	12,9	13,7	14,3	15,1	15,8
Hmb. Kl. IVa (930/1430)	9,7	11,2	12,7	13,7	14,5	15,5	16,3	17,1
Hmb. Kl. IV n (850/1400)	10,9	12,5	13,8	14,9	15,9	16,7	17,5	18,2
Hmb. Kl. V n (700/1200)	10,0	11,3	12,3	13,2	14,1	14,7	15,4	16,0

Neuberechnungen (grau) mit FEM und geänderten Annahmen für die örtliche Imperfektion

HW: Tabelle C: Materialkenngruppe 14 (Hamburger Klasse-Profile)

Regelstatistiktafel zur M 144-3, Hamburg Wasser

Tabelle Klasseprofile **Materialkenngruppe 14** (Merkblatt DWA-M 144-3, Tabelle 2)

Altrohrzustand II:

Altrohr-Bodensystem allein tragfähig (bei überprüfter seitlicher Bettung). Äußerer Wasserdruck p_a (mindestens 1,50 m über Rohrsohle).

Örtlich begrenzte Vorverformung: 0,8 % bei Eiprofilen; 1,3% bei gemauerten Ei-Profilen (Mindestwerte gem. DWA-A 143-2)

Ovalisierung: 3% von r_L (Mindestwert gem. DWA-A 143-2)

Spaltbildung: 0,5 % von r_L bei Kreisprofilen; 0,4% konstante Schrumpfung von $d_m/2$ bei Eiprofilen (Mindestwerte gem. DWA-A 143-2)

Querkontraktionszahl: 0,25

Ersatzkreisradius bei Eiprofilen: $0,6 \times H$

Verbunddicken e_m [mm]

Nennweite	Grundwasserstand über Rohrsohle							
	1,50 m	2,00 m	2,50 m	3,00 m	3,50 m	4,00 m	4,50 m	5,00 m
Altona Kl. V (580/820)	6,9	7,7	8,4	9,0	9,5	10,0	10,4	10,8
Hmb. Kl. VIa (570/860)	7,4	8,1	8,8	9,4	9,9	10,4	10,9	11,4
Altona Kl. IV (640/960)	8,6	9,6	10,4	11,2	11,8	12,4	12,9	13,4
Hmb. Kl. VI n (550/1000)	8,6	9,6	10,4	11,1	11,8	12,4	12,9	13,4
Hmb. Kl. Va (800/1290)	9,0	10,2	11,2	12,1	12,8	13,5	14,2	14,8
Hmb. Kl. IVa (930/1430)	9,5	10,7	11,7	12,6	13,3	14,1	14,8	15,4
Hmb. Kl. IV n (850/1400)	10,2	11,5	12,5	13,4	14,2	15,0	15,6	16,3
Hmb. Kl. V n (700/1200)				12,0				

HW: Tabelle C: Materialkenngruppe 15 (Hamburger Klasse-Profile)

Regelstatistiktable zur M 144-3, Hamburg Wasser

Tabelle Klasseprofile **Materialkenngruppe 15** (Merkblatt DWA-M 144-3, Tabelle 2)

Altrohrzustand II:

Altrohr-Bodensystem allein tragfähig (bei überprüfter seitlicher Bettung). Äußerer Wasserdruck p_a (mindestens 1,50 m über Rohrsohle).

Örtlich begrenzte Vorverformung: 0,8 % bei Eiprofilen; 1,3% bei gemauerten Ei-Profilen (Mindestwerte gem. DWA-A 143-2)

Ovalisierung: 3% von r_L (Mindestwert gem. DWA-A 143-2)

Spaltbildung: 0,5 % von r_L bei Kreisprofilen; 0,4% konstante Schrumpfung von $d_m/2$ bei Eiprofilen (Mindestwerte gem. DWA-A 143-2)

Querkontraktionszahl: 0,25

Ersatzkreisradius bei Eiprofilen: $0,6 \times H$

Verbunddicken e_m [mm]

Nennweite	Grundwasserstand über Rohrsohle							
	1,50 m	2,00 m	2,50 m	3,00 m	3,50 m	4,00 m	4,50 m	5,00 m
Altona Kl. V (580/820)	6,8	7,5	8,2	8,8	9,3	9,7	10,2	10,6
Hmb. Kl. VIa (570/860)	7,1	7,9	8,6	9,2	9,7	10,2	10,7	11,1
Altona Kl. IV (640/960)	8,4	9,3	10,2	11,0	11,7	12,1	12,6	13,1
Hmb. Kl. VI n (550/1000)	8,4	9,4	10,2	10,9	11,5	12,1	12,6	13,1
Hmb. Kl. Va (800/1290)	8,8	9,9	10,9	11,8	12,5	13,2	13,8	14,4
Hmb. Kl. IVa (930/1430)	9,3	10,4	11,4	12,3	13,0	13,7	14,4	15,0
Hmb. Kl. IV n (850/1400)	9,9	11,2	12,2	13,1	13,9	14,6	15,3	15,9
Hmb. Kl. V n (700/1200)				11,7				

HW: Tabelle C: Materialkenngruppe 16 (Hamburger Klasse-Profile)

Regelstatistiktable zur M 144-3, Hamburg Wasser

Tabelle Klasseprofile **Materialkenngruppe 16** (Merkblatt DWA-M 144-3, Tabelle 2)

Altrohrzustand II:

Altrohr-Bodensystem allein tragfähig (bei überprüfter seitlicher Bettung). Äußerer Wasserdruck p_a (mindestens 1,50 m über Rohrsohle).

Örtlich begrenzte Vorverformung: 0,8 % bei Eiprofilen; 1,3% bei gemauerten Ei-Profilen (Mindestwerte gem. DWA-A 143-2)

Ovalisierung: 3% von r_L (Mindestwert gem. DWA-A 143-2)

Spaltbildung: 0,5 % von r_L bei Kreisprofilen; 0,4% konstante Schrumpfung von $d_m/2$ bei Eiprofilen (Mindestwerte gem. DWA-A 143-2)

Querkontraktionszahl: 0,25

Ersatzkreisradius bei Eiprofilen: $0,6 \times H$

Verbunddicken e_m [mm]

Nennweite	Grundwasserstand über Rohrsohle							
	1,50 m	2,00 m	2,50 m	3,00 m	3,50 m	4,00 m	4,50 m	5,00 m
Altona Kl. V (580/820)	6,6	7,3	8,0	8,5	9,0	9,4	9,9	10,3
Hmb. Kl. VIa (570/860)	6,9	7,7	8,4	9,0	9,5	10,0	10,4	10,8
Altona Kl. IV (640/960)	8,2	9,1	9,9	10,6	11,2	11,8	12,3	12,8
Hmb. Kl. VIIn (550/1000)	8,2	9,2	10,0	10,7	11,3	11,8	12,3	12,8
Hmb. Kl. Va (800/1290)	8,9	10,0	10,8	11,7	12,7	13,3	13,8	14,3
Hmb. Kl. IVa (930/1430)	9,1	10,2	11,2	12,0	12,8	13,4	14,0	14,6
Hmb. Kl. IVn (850/1400)	9,7	10,9	11,9	12,8	13,5	14,2	14,8	15,4
Hmb. Kl. Vn (700/1200)				11,5				

Neuberechnungen (grau) mit FEM und geänderten Annahmen für die örtliche Imperfektion

HW: Tabelle C: Materialkenngruppe 20 (Hamburger Klasse-Profile)

Regelstatiktabelle zur M 144-3, Hamburg Wasser

Tabelle Klasseprofile **Materialkenngruppe 20** (Merkblatt DWA-M 144-3, Tabelle 2)

Altrohrzustand II:

Altrohr-Bodensystem allein tragfähig (bei überprüfter seitlicher Bettung). Äußerer Wasserdruck p_a (mindestens 1,50 m über Rohrsohle).

Örtlich begrenzte Vorverformung: 0,8 % bei Eiprofilen; 1,3% bei gemauerten Ei-Profilen (Mindestwerte gem. DWA-A 143-2)

Ovalisierung: 3% von r_L (Mindestwert gem. DWA-A 143-2)

Spaltbildung: 0,5 % von r_L bei Kreisprofilen; 0,4% konstante Schrumpfung von $d_m/2$ bei Eiprofilen (Mindestwerte gem. DWA-A 143-2)

Querkontraktionszahl: 0,25

Ersatzkreisradius bei Eiprofilen: $0,6 \times H$

Verbunddicken e_m [mm]

Nennweite	Grundwasserstand über Rohrsohle							
	1,50 m	2,00 m	2,50 m	3,00 m	3,50 m	4,00 m	4,50 m	5,00 m
Altona Kl. V (580/820)	6,1	6,8	7,4	7,9	8,4	8,8	9,2	9,5
Hmb. Kl. VIa (570/860)	6,4	7,1	7,7	8,3	8,8	9,2	9,6	10,0
Altona Kl. IV (640/960)	7,5	8,4	9,4	9,8	10,4	10,9	11,4	11,8
Hmb. Kl. VIIn (550/1000)	7,6	8,4	9,3	9,8	10,4	10,9	11,4	11,8
Hmb. Kl. Va (800/1290)	7,9	8,9	9,9	10,7	11,6	12,3	12,9	13,5
Hmb. Kl. IVa (930/1430)	8,9	9,5	10,5	11,4	12,0	13,2	14,0	14,6
Hmb. Kl. IVn (850/1400)	9,1	10,5	11,7	12,7	13,5	14,2	14,9	15,8
Hmb. Kl. VIn (700/1200)	8,8	9,8	10,7	11,5	12,2	12,8	13,3	13,7

Neuberechnungen (grau) mit FEM und geänderten Annahmen für die örtliche Imperfektion

HW: Anhang D Bemessungsbeispiel

- In jeder DIBt-Zulassung ist im Kapitel 9 (Bestimmungen für die Bemessung) der Umfangs- E-Modul (Langzeit) nach DIN EN 1228 und die Biegespannung (Langzeit) nach DIN EN ISO 178 aufgeführt.
Beispiel: Impreg-Liner, E-Modul 7.300 N/mm^2 , Biegespannung 120 N/mm^2
- Mit beiden Werten geht man in die Tabelle 2 des AFP, Seite 10 und bestimmt die passende Materialkenngruppe in der ersten Spalte. Dabei müssen E-Modul und Biegespannung beide mindestens erreicht werden. Der Schlauchliner wird der Kenngruppe 15 zugeordnet.

Tabelle 2: Materialkenngruppen

Gruppe	Langzeitwerte ¹⁾	
	E-Modul, ermittelt nach DIN EN 1228 in N/mm^2	Biegespannung in N/mm^2
Synthesefaser-Schlauchliner		
1	1000	23
...
14	6500	105
15	7000	110
16	7500	115
17	8000	120
18	8500	125

- Die Regelstatik zur Materialkenngruppe 15 befindet sich im Anhang C des AFP.
- Bei einem Wasserstand von 3,00 m über Rohrsohle und einem Profil DN 400 ergibt sich eine Verbunddicke von 3,3 mm.

Tabelle C.15: Materialkenngruppe 15 (Merkblatt DWA-M 144-3, Tabelle 2)

Altrohrzustand II:

Altrohr-Bodensystem allein tragfähig (bei überprüfter seitlicher Bettung). Äußerer Wasserdruck p_a (mindestens 1,50 m über Rohrsohle).

Örtlich begrenzte Vorverformung: 2 % von r_i (Mindestwert gem. ATV-M 127-2); 0,8 % bei Ei-Profilen

Ovalisierung: 3 % von r_i (Mindestwert gem. ATV-M 127-2)

Ringspalt: 0,5 % von r_i (Mindestwert gem. ATV-M 127-2)

Ersatzkreis bei Eiprofilen: $0,6 \times H$

Verbunddicken e_m [mm]

Nennweite	Grundwasserstand über Rohrsohle							
	1,50 m	2,00 m	2,50 m	3,00 m	3,50 m	4,00 m	4,50 m	5,00 m
DN 150	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 200	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 250	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 300	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 350	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,2	3,4
DN 400	3,0	3,0	3,0	3,3	3,4	3,6	3,7	3,8
DN 450	3,1	3,2	3,4	3,7	3,8	4,0	4,2	4,3
DN 500	3,3	3,6	3,8	4,1	4,3	4,4	4,6	4,8
DN 600	4,1	4,3	4,7	4,9	5,1	5,3	5,5	5,7

5. Die Gesamtwanddicke setzt sich zusammen aus der Verbunddicke und der Verschleißschicht/Folie. Die Verschleißschicht wird nach DWA-A 143-3 addiert.
6. Die Dicke der Verschleißschicht muss immer größer sein als der im Darmstädter Kipprinnenversuch (DIN EN 295-3) ermittelte Abriebwert. Liegt kein Nachweis nach DIN EN 295-3 über die Abriebwerte vor, ist eine Verschleißschicht von 1 mm zu berücksichtigen. Der Nachweis gilt als erbracht, wenn die Dicke der Verschleißschicht in der DIBt-Zulassung angegeben ist.

HW: Anhang E Präqualifikation bei Hamburg Wasser

Hamburg Wasser schreibt im Regelfall Schlauchliningmaßnahmen nach DIN EN ISO 11296-4 öffentlich aus. Darauf können sich nur Bieter bewerben, die die nötige Fachkunde, Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit mit dem nötigen zeitlichen Vorlauf nachgewiesen haben.

Für noch nicht qualifizierte Firmen gilt das nachfolgend beschriebene Präqualifikationsverfahren.

Dieses Verfahren hat sich seit vielen Jahren in Hamburg bewährt und wird daher mit Einführung des AFP 2017 fortgeführt.

Die Vorgehensweise ist transparent und für alle Bewerber gleich. Damit wird eine Gleichbehandlung sichergestellt. Jedes fachkundige Unternehmen aus der EU, welches für Hamburg Wasser arbeiten möchte, kann das Präqualifikationsverfahren durchlaufen.

Die Schritte im Einzelnen:

1. Kontaktaufnahme mit Hamburg Wasser und Vereinbarung eines ersten Termins zum Kennenlernen und Vorstellung der jeweiligen Unternehmen. Bei Hamburg Wasser leitet im Regelfall der Fachgruppenleiter "Schlauchlining" das Verfahren.
2. Die Inhalte des AFP 2017 werden erläutert und die geforderten Qualitätsstandards der Baustellen dargelegt.
3. Der Bewerber stellt einen Ordner mit allen im Bewerbungsgespräch geforderten Unterlagen (siehe Anhang F) in Papierform zusammen und reicht diese beim Fachgruppenleiter ein.
4. Die eingereichten Unterlagen werden auf Vollständigkeit geprüft, ggf. sind fehlende Unterlagen nachzureichen.
5. Der Bewerber erhält die Genehmigung für die Durchführung einer **kleineren** Probemaßnahme, die sich auf Projekte der Dimensionen DN 250 - 600 bezieht.
6. Die Maßnahme muss grundsätzlich im Rahmen einer öffentlichen Ausschreibung gewonnen werden.
7. Die Probemaßnahme wird von Hamburg Wasser intensiv begleitet und ein Abschlussbericht erstellt. Dabei werden Organisation, Einhalten von Absprachen, Fehlermanagement, Materialqualitäten usw. bewertet.
8. Wurde die Probemaßnahme zur Zufriedenheit von Hamburg Wasser abgewickelt, kann der Bieter an jeder öffentlichen Ausschreibung im Durchmesserbereich bis DN 600 teilnehmen.
9. Möchte das Unternehmen an Ausschreibungen von Baumaßnahmen mit Rohrquerschnitten DN 700 und größer sowie Eiprofilen teilnehmen, so ist eine 2. Probemaßnahme zu beantragen.
10. Führt ein Unternehmen mehr als 3 Jahre keine Schlauchliningmaßnahme für Hamburg Wasser durch, so entfällt die Zulassung. Das Unternehmen wird schriftlich über den Wegfall der Zulassung informiert.

HW: Anhang F Unterlagen zum Qualitätsnachweis

Nr.	Bezeichnung	Anmerkung
1	Verfahrensablauf	
	Zertifikat QM- System gemäß ISO 9001	Vorlage
	Verleihungsurkunde des RAL-Gütezeichens durch den Güteschutz Kanalbau, Gruppe S (mind. Pkt. 10, 27 und 29)	Vorlage
	DIBt - Zulassung	Vorlage
	Verschleißschicht	Vorlage
2	Werkstoffe	
	Hilfswerkstoffe (z.B. Linerendmanschette, Quellband)	Eignungsnachweise zur Auftragserteilung
	Umweltverträglichkeitsnachweis (z.B. Säulenversuch) für eingesetzte Werkstoffe zum Verpressen, Verspachteln oder Injizieren	Eignungsnachweise der Einzelkomponenten und Prüfung des Systems
3	HD-Spülfestigkeit	
	HD-Spülfestigkeit gemäß DIN 19523	Prüfbericht durch Fremdüberwacher / Institut..... Nr. .../ Datum ...
	Abriebfestigkeit nach DIN EN 295-3	Prüfbericht durch Fremdüberwacher / Institut..... Nr. .../ Datum ... (mit allen Einzelwerten)
	Hochdruckspülversuch nach DIN 19523 an einer Probe aus der Darmstädter Kipp- rinne	Prüfbericht durch Fremdüberwacher / Institut..... Nr. .../ Datum ...
4	Mechanische Eigenschaften des Schlauchliners unter Einfluss von Temperatur, Feuchtigkeit und Chemikalien	
	DIN ISO 175	Prüfbericht durch Fremdüberwacher / Institut..... Nr. .../ Datum ...

5	Schrumpfspalt zwischen Sielwand und Schlauchliner	
	Verfahrensabhängiger Ringspalt unter Berücksichtigung der zwingenden Verwendung von Außenfolien.	Gutachterlicher Prüfbericht durch Fremdüberwacher / Institut ... Nr. / Datum....
6	Geräte, Einrichtungen und Personal	
	Geräteausstattung und -funktion	Beschreibung
	Personal	Nachweise der Fachkenntnis
7	Referenzen	
	<u>Projektbezogene Qualitätsüberprüfungen</u> - Biegezugfestigkeit - Biege- E- Modul - Wanddicken (Soll-/Ist-Vergleich) - Wasserundurchlässigkeit (Laborprüfung)	Anerkennung der Referenzen nach Abstimmung mit Hamburg Wasser
8	Baustellenmanagement	
	Betriebsanweisungen Schulungen Handbücher	Beschreibung

Technische Regeln

DIN-/VOB-Normen

DIN 16946-2 (März 1989): Reaktionsharzformstoffe; Gießharzformstoffe; Typen

DIN 18820-1 (März 1991): Lamine aus textilglasverstärkten, ungesättigten Polyester- und Phenacrylatharzen für tragende Bauteile (GF-UP, GF-PHA), Aufbau – Teil 1: Herstellung und Eigenschaften

DIN 19523 (August 2008): Anforderungen und Prüfverfahren zur Ermittlung der Hochdruckstrahlbeständigkeit und -spülfestigkeit von Rohrleitungsteilen für Abwasserleitungen und -kanäle

DIN 53394-2 (Dezember 1993): Prüfung von Kunststoffen, Bestimmung von monomerem Styrol in Reaktionsharzformstoffen auf Basis von ungesättigten Polyesterharzen – Teil 2: Gaschromatographisches Verfahren

DIN EN 752 (April 2008): Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden; Deutsche Fassung EN 752:2008

DIN EN 1228 (August 1996): Kunststoffrohrleitungssysteme – Röhre aus glasfaserverstärkten duroplastischen Kunststoffen (GFK) – Ermittlung der spezifischen Anfangs-Ringsteifigkeit; Deutsche Fassung EN 1228:1996

DIN EN 1610 (Oktober 1997): Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen; Deutsche Fassung EN 1610:1997

DIN EN ISO 11296-4 (Juli 2011): Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Renovierung von erdverlegten drucklosen Entwässerungsnetzen (Freispiegelleitungen) – Teil 4: Vor Ort härtendes Schlauch-Lining (ISO 11296-4:2009, korrigierte Fassung 2010-06-01); Deutsche Fassung EN ISO 11296-4:2011

DIN EN ISO/IEC 17025 (Mai 2007): Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien (ISO/IEC 17025:2005); Deutsche und Englische Fassung EN ISO/IEC 17025:2005

HW: DIN EN 295-3 Steinzeugrohre und Formstücke sowie Rohrverbindungen für Abwasserleitungen und -kanäle, Teil 3: Prüfverfahren

VOB/A DIN 1960 (September 2012): Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen

VOB/B DIN 1961 (September 2012): Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen

VOB/C ATV DIN 18299 (September 2012): Allgemeine Regeln für Bauarbeiten jeder Art

VOB/C ATV DIN 18326 (September 2012): Renovierungsarbeiten an Entwässerungskanälen

DWA-Regelwerk

DWA-A 143-2 (Juli 2015): Statische Berechnung zur Sanierung von Abwasserleitungen und -kanälen mit Lining- und Montageverfahren

DWA-A 400 (Januar 2008): Grundsätze für die Erarbeitung des DWA-Regelwerkes

DWA-A 143-3 (Mai 2014): Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 3: Vor Ort härtende Schlauchliner

DWA-M 143-16 (Dezember 2006): Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 16: Reparatur von Abwasserleitungen und -kanälen durch Roboterverfahren

DWA-M 149-5 (Dezember 2010): Zustandserfassung und -beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 5: Optische Inspektion