

Ersetzt Ausgabe Februar 1996

Inhalt:

- 1 Geltungsbereich
 - 2 Dichtungsbahnen
 - 3 Konstruktive Einzelheiten
 - 3.1 Nahtformen
 - 3.2 Verlegung der Dichtungsbahnen
 - 3.3 Anschluss an Bauteile aus Polyethylen
(PE 63, PE 80, PE 100, PE-HD)
 - 4 Schweißverfahren
 - 4.1 Allgemeine Hinweise
 - 4.2 Schweißparameter
 - 4.3 Ausführung der Schweißarbeiten
 - 4.3.1 Allgemeine Hinweise
 - 4.3.2 Heizkeilschweißen
 - 4.3.3 Warmgasextrusionsschweißen
 - 5 Schweißmaschinen und Schweißgeräte
 - 5.1 Allgemeine Anforderungen
 - 5.2 Anforderungen an Schweißmaschinen
 - 5.3 Anforderungen an Schweißgeräte
 - 6 Baustellenprüfungen
 - 6.1 Art und Umfang der Prüfungen und Kontrollen
 - 6.2 Prüfung der äußeren Beschaffenheit
 - 6.2.1 Verfahren
 - 6.2.2 Anwendungsbereich
 - 6.2.3 Durchführung der Prüfung
 - 6.2.4 Prüfergebnisse
 - 6.2.5 Wertung der Prüfergebnisse
 - 6.2.6 Grenzen des Prüfverfahrens
 - 6.3 Prüfung der Abmessungen
 - 6.3.1 Verfahren
 - 6.3.2 Anwendungsbereich
 - 6.3.3 Durchführung der Prüfung
 - 6.3.4 Prüfergebnisse
 - 6.3.5 Wertung der Prüfergebnisse
 - 6.3.6 Grenzen der Prüfverfahren
 - 6.4 Prüfung des Versagensverhaltens
 - 6.4.1 Verfahren
 - 6.4.2 Anwendungsbereich
 - 6.4.3 Durchführung der Prüfung
 - 6.4.4 Prüfergebnisse
 - 6.4.5 Wertung der Prüfergebnisse
 - 6.4.6 Grenzen des Prüfverfahrens
 - 6.5 Prüfung auf Dichtigkeit
 - 6.5.1 Allgemeines
 - 6.5.2 Prüfung mit Druckluft
 - 6.5.3 Prüfung mit Vakuum
 - 6.5.4 Prüfung mit elektrischer Hochspannung
 - 6.6 Prüfprotokolle
 - 7 Hinweise zu Nachbesserungen
 - 8 Normen, Richtlinien, Vorschriften
- Anhang: Schweiß- und Prüfprotokolle

1 Geltungsbereich

Diese Richtlinie gilt für das Schweißen von Dichtungsbahnen aus Polyethylen (PE) bei großflächigen Dichtungssystemen zur Abdichtung von Deponien und zur Sicherung von Altlasten.

Im Einzelnen werden Dichtungsbahnen aus PE bei folgenden Maßnahmen eingesetzt:

- Basisabdichtungen von Deponien,
- Oberflächenabdichtungen von Deponien,
- Oberflächenabdichtungen von Altlasten,
- Umschließungen von Altlasten.

Mit dieser Richtlinie soll den zuständigen Behörden, den Auftraggebern, den Ausführenden und dem Qualitätsmanagement eine Anleitung für die Durchführung der Fügearbeiten und Schweißnahtprüfungen auf der Baustelle gegeben werden.

Die Richtlinie berücksichtigt besonders die hohen Anforderungen, die bei diesen Anwendungen an die Güte der Schweißverbindung und damit an die werkstoff- und fachgerechte Ausführung zu stellen sind.

Sie gibt weiter Hinweise für die Verlegung der Dichtungsbahnen sowie für die konstruktive Gestaltung von Schweißverbindungen zwischen den Dichtungsbahnen und Bauteilen aus Polyethylen.

Hinweis

Diese Richtlinie gilt grundsätzlich auch für die Abdichtung von Auffangwannen, -räumen, -vorrichtungen und Flächen in ortsfest verwendeten Anlagen zum Lagern, Abfüllen und Umschlagen (LAU-Anlagen) wassergefährdender Stoffe mit Hilfe von Dichtungsbahnen aus Polyethylen (WHG-Maßnahmen). Im Bereich dieser Maßnahmen ist der Verwendbarkeitsnachweis durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) zu führen. Die Dichtungsbahnen müssen entsprechend der Zulassung mit dem Übereinstimmungszeichen (Ü-Zeichen) nach den Übereinstimmungszeichen-Verordnungen der Länder gekennzeichnet sein. Die Mindest-Nennndicke der Dichtungsbahnen für diesen Anwendungszweck liegt bei 2,0 mm.

2 Dichtungsbahnen

Dichtungsbahnen im Sinne dieser Richtlinie sind industriell gefertigte Kunststoffdichtungsbahnen aus PE nach DIN EN 13492 und DIN EN 13493.

Nach der TA Abfall und der TA Siedlungsabfall dürfen nur Dichtungsbahnen verwendet werden, die durch die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) amtlich zugelassen sind. Amtlich zugelassene Dichtungsbahnen müssen entsprechend dem Zulassungsbescheid gekennzeichnet sein.

Dichtungsbahnen aus PE bestehen aus unvernnetzten Makromolekülen und weisen eine teilkristalline Molekülstruktur auf. Sie können durch Wärme plastifiziert werden und werden anschließend durch Schweißen gefügt.

Die Dichtungsbahnen werden in Längen bis zu 200 m und in Breiten bis zu 10 m gefertigt. Für die in dieser Richtlinie beschriebenen Anwendungen ist eine Mindestdicke von 2,5 mm vorgeschrieben. Die Dichtungsbahnen können homogen aus einem Werkstoff oder mehrlagig aufgebaut sein. Ihre Oberflächen können glatt oder strukturiert sein. An den Rändern der Dichtungsbahnen können abziehbare Folienstreifen werksseitig aufgebracht sein. Diese Folienstreifen sollen die Fugebereiche vor Verunreinigungen schützen.

Diese Veröffentlichung wurde von einer Gruppe erfahrener Fachleute in ehrenamtlicher Gemeinschaftsarbeit erstellt und wird als eine wichtige Erkenntnisquelle zur Beachtung empfohlen. Der Anwender muss jeweils prüfen, wie weit der Inhalt auf seinen speziellen Fall anwendbar und ob die ihm vorliegende Fassung noch gültig ist. Eine Haftung des DVS und derjenigen, die an der Ausarbeitung beteiligt waren, ist ausgeschlossen.

3 Konstruktive Einzelheiten

3.1 Nahtformen

Die Dichtungsbahnen werden grundsätzlich überlappt verlegt (Überlappstoß). Bei den Fugenähten wird entsprechend Bild 1 unterschieden in Überlappnähte mit Prüfkanal und in Auftragnähte.

Die Überlappnähte mit Prüfkanal werden durch Heizkeilschweißen hergestellt. Die Breite der Teilnähte muss jeweils mindestens 15 mm, die Breite des Prüfkanals mindestens 10 mm betragen.

Die Auftragnähte werden durch Warmgasextrusionsschweißen hergestellt. Die Breite der Auftragnäht muss mindestens 30 mm betragen. Die Lage der Nahtmitte darf, bezogen auf die Kante der oberen Dichtungsbahn, nicht mehr als 5 mm abweichen.

3.2 Verlegung der Dichtungsbahnen

In den Bildern 2 bis 9 sind die für das Schweißen von Dichtungsbahnen wichtigen Grundsätze der Verlegung beispielhaft gezeigt.

Die Dichtungsbahnen sind generell so zu verlegen, dass keine Kreuzstöße entstehen. T-Stöße sollen untereinander einen Abstand von mindestens 0,5 m aufweisen.

Bei kurzen Böschungen (< 20 m), deren Flächen nahezu parallel zu den Sohlflächen verlaufen, empfiehlt es sich, die Dichtungsbahnen durchgehend zu verlegen (Bild 3).

Auf den Böschungen sind die Dichtungsbahnen vornehmlich in Falllinie zu verlegen und die Schweißnähte in dieser Richtung

anzuordnen. Quernähte sind nicht generell ausgeschlossen, sie sollten jedoch auf ein Mindestmaß reduziert werden. In jedem Fall ist besonders Augenmerk auf die fachgerechte Ausführung (Nahtvorbereitung, Schweißen, Prüfen) zu legen.

Nähte zwischen den Dichtungsbahnen in der Böschung und der Sohle sind mindestens 1,5 m vor dem Böschungsfuß anzuordnen (Bilder 3 bis 6).

Die Einbindung der Dichtungsbahnen ist so auszuführen, dass die Dichtungsbahnen bis zum Ende auch mit Schweißmaschinen geschweißt werden können (Bild 9).

3.3 Anschluss an Bauteile aus Polyethylen (PE 63, PE 80, PE 100, PE-HD)

Der Anschluss der Dichtungsbahnen an vergleichsweise dickwandige Bauteile aus PE, wie Rohrdurchführungsbauteile oder Schächte, erfolgt über Auftragnähte mittels Warmgasextrusionsschweißen. Da die PE-Platten, an die die Dichtungsbahnen geschweißt werden, in der Regel aus einer Formmasse mit geringerer Schmelze-Masseflussrate (MFR) als die Dichtungsbahnen bestehen, ist die Schweißeignung durch Kurzzeitschälversuche unter einem Winkel von 90° nachzuweisen. Es empfiehlt sich, als Schweißzusatz die Formmasse mit dem höheren MFR-Wert zu wählen. Um für beide Fügeteile gleiche Oberflächenzustände für den Schweißvorgang zu schaffen, kann es erforderlich sein, die PE-Platten mittels Warmgas gesondert thermisch vor zu behandeln.

Es ist darauf zu achten, dass die Anschlüsse in der Ebene der Dichtungsbahnen liegen (Bilder 10 bis 13).

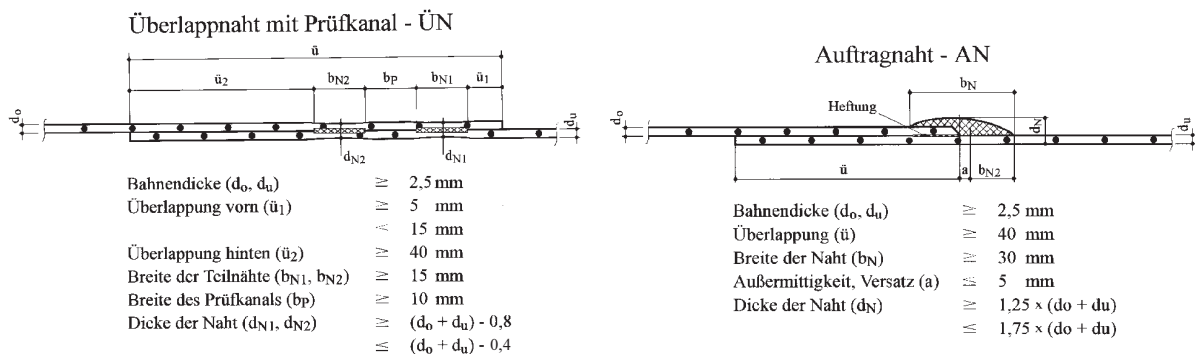


Bild 1. Nahtformen.

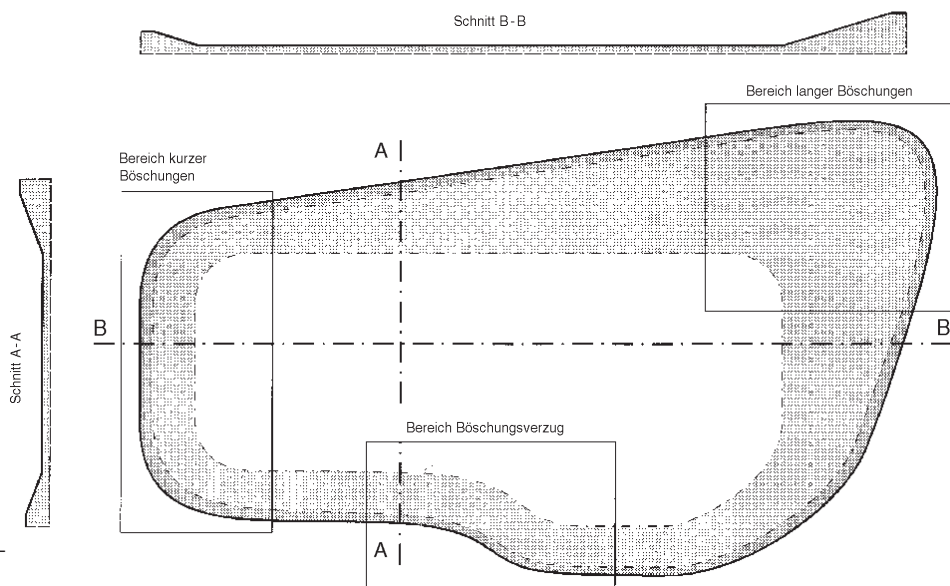
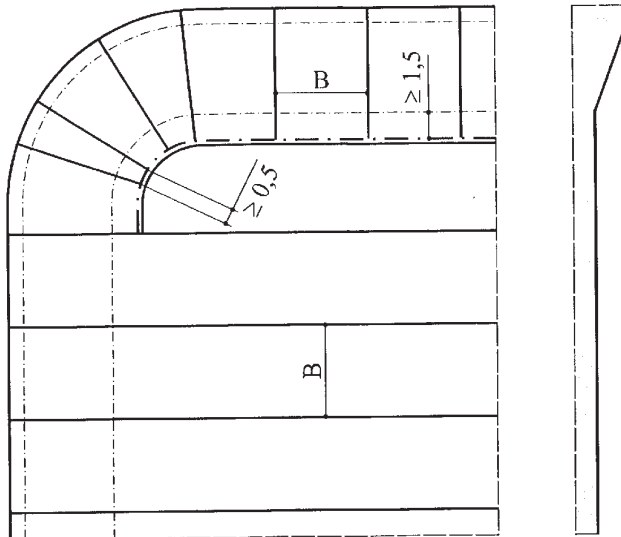


Bild 2. Grundriss einer Deponie mit verschiedenen Böschungen – schematisch.



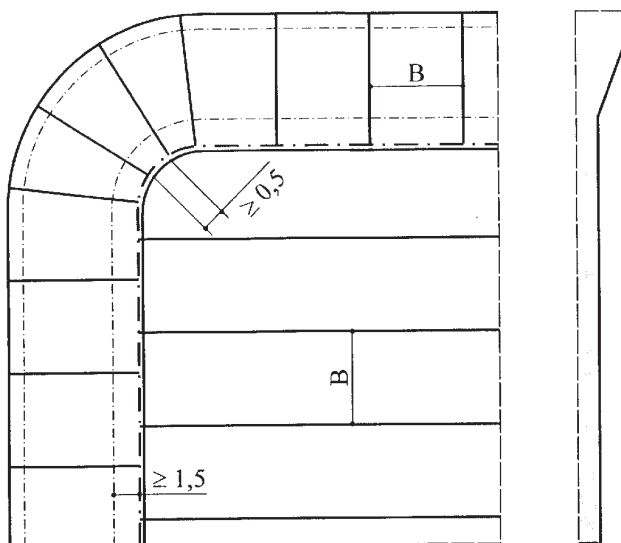
- Überlappnaht mit Prüfkanal (UN)
- - - Auftragnaht (AN)
- ... Böschungsfuß

Hinweise

1. Die Naht am Böschungsfuß kann als ÜN oder AN ausgeführt werden.
2. Bei diesem Beispiel werden im unteren Teil die Dichtungsbahnen durchgehend von der Böschung in die Sohle hinein verlegt.

B = Bahnenbreite
Maße in m

Bild 3. Verlegen der Dichtungsbahnen auf einer kurzen Böschung – Variante 1.



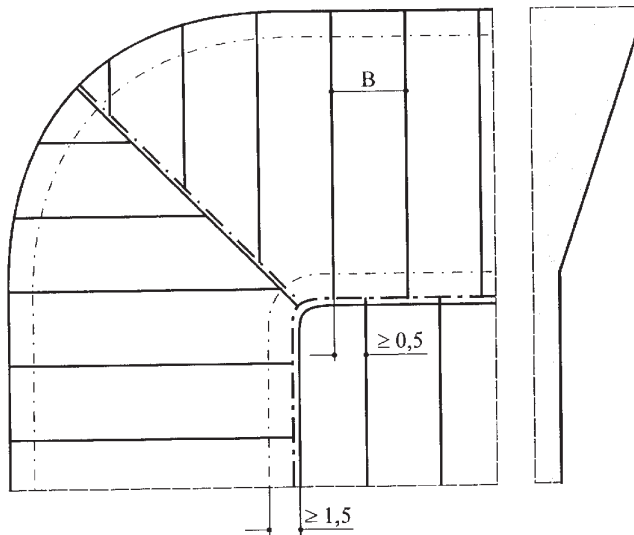
- Überlappnaht mit Prüfkanal (ÜN)
- - - Auftragnaht (AN)
- ... Böschungsfuß

Hinweise

1. Die Naht am Böschungsfuß kann als ÜN oder AN ausgeführt werden.
2. Bei diesem Beispiel werden Böschungs- und Sohlbahnen getrennt verlegt.

B = Bahnenbreite
Maße in m

Bild 4. Verlegen der Dichtungsbahnen auf einer kurzen Böschung – Variante 2.



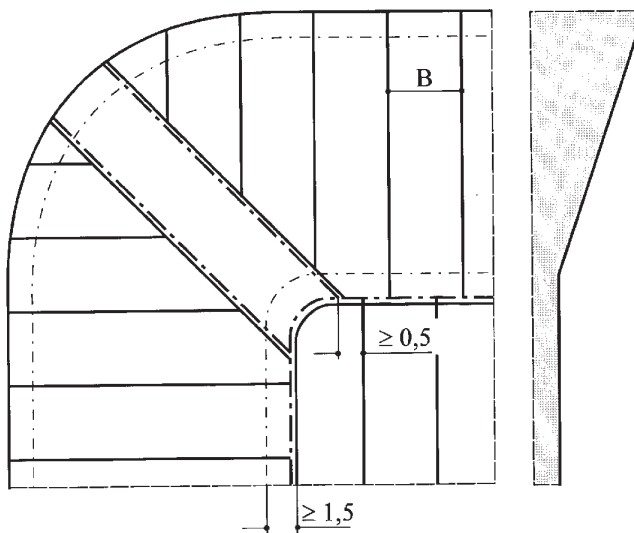
B = Bahnenbreite
Maße in m

Bild 5. Verlegen der Dichtungsbahnen auf einer langen Böschung – Variante 1.

- Überlappnaht mit Prüfkanal (ÜN)
- . - . Auftragnaht (AN)
- Böschungsfuß

Hinweise

1. Die Naht am Böschungsfuß kann als ÜN oder AN ausgeführt werden.
2. Die Naht in der Böschungsecke kann als ÜN oder AN ausgeführt werden.
3. Die Verlegerichtung in der Böschungsecke kann von der Böschungsfalldlinie abweichen.



B = Bahnenbreite
Maße in m

Bild 6. Verlegen der Dichtungsbahnen auf einer langen Böschung – Variante 2.

- Überlappnaht mit Prüfkanal (ÜN)
- . - . Auftragnaht (AN)
- Böschungsfuß

Hinweise

1. Die Naht am Böschungsfuß kann als ÜN oder AN ausgeführt werden.
2. Die Naht in der Böschungsecke kann als ÜN oder AN ausgeführt werden.
3. Die Verlegerichtung in der Böschungsecke kann von der Böschungsfalldlinie abweichen.
4. In der Böschungsecke wird eine sogenannte Kopfbahn verlegt.

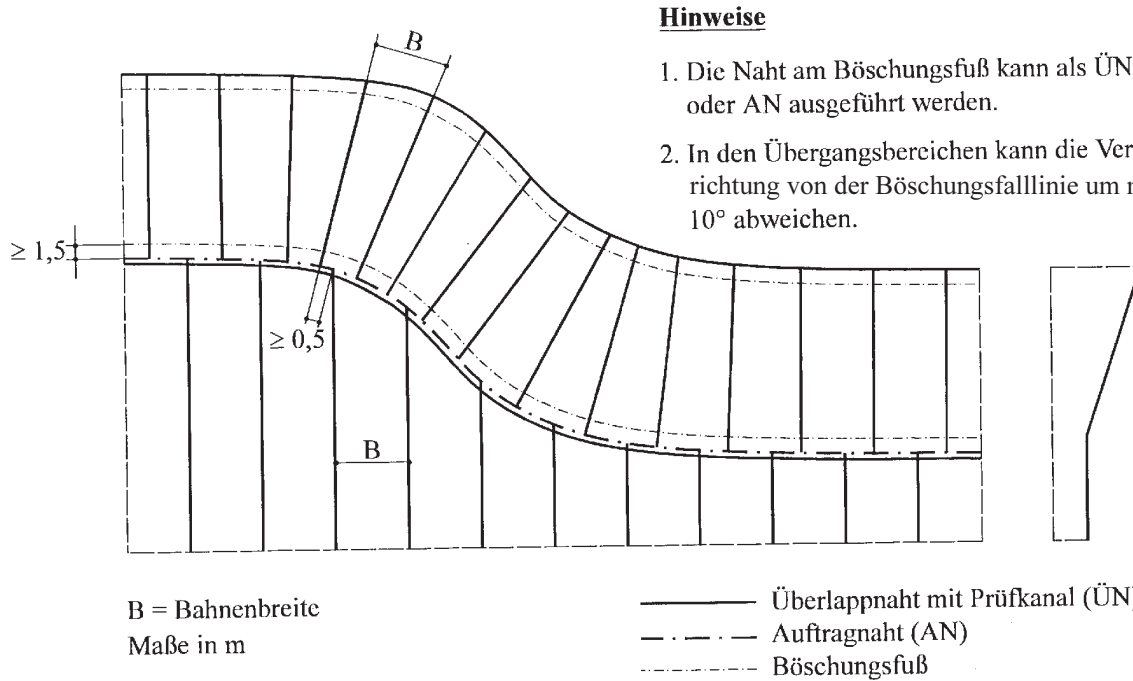
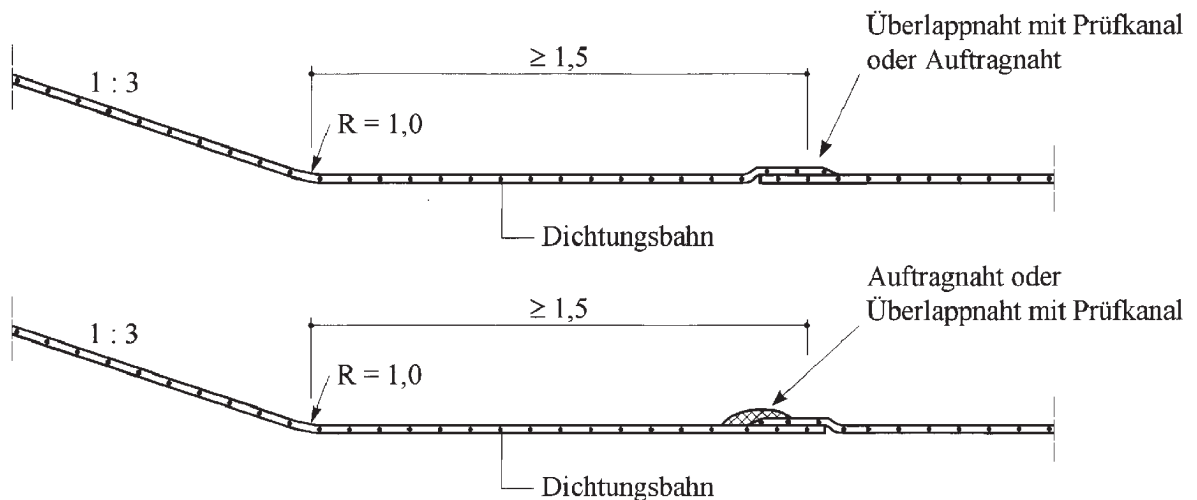


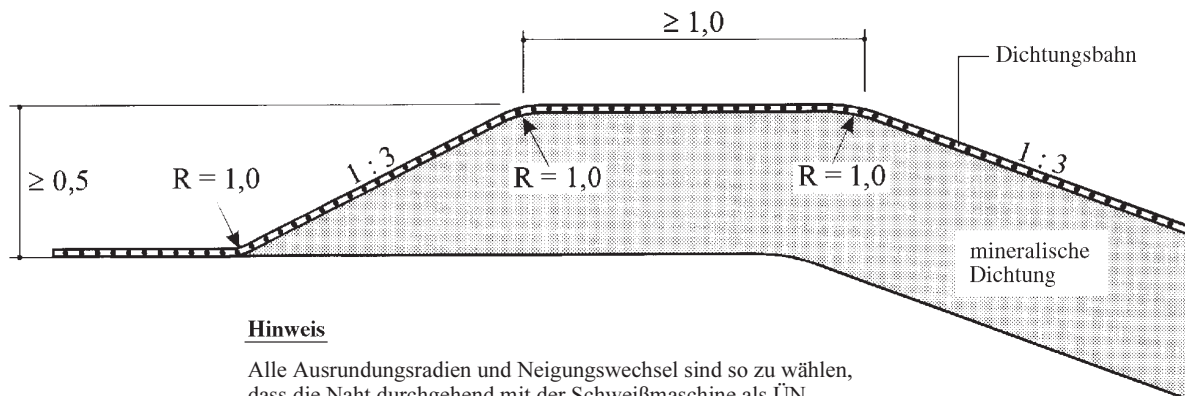
Bild 7. Verlegen der Dichtungsbahnen auf einer verzogenen Böschung.

**Hinweis**

Die Richtung der Überlappung zwischen Böschungs- und Sohlbahnen hängt im Allgemeinen vom Bauablauf ab.

Maße in m

Bild 8. Anschluss von Böschungsbahnen an Sohlbahnen.



Hinweis

Alle Ausrundungsradien und Neigungswechsel sind so zu wählen, dass die Naht durchgehend mit der Schweißmaschine als ÜN hergestellt werden kann.

Maße in m

Bild 9. Einbinden der Dichtungsbahnen auf der Böschung – Bauzustand.

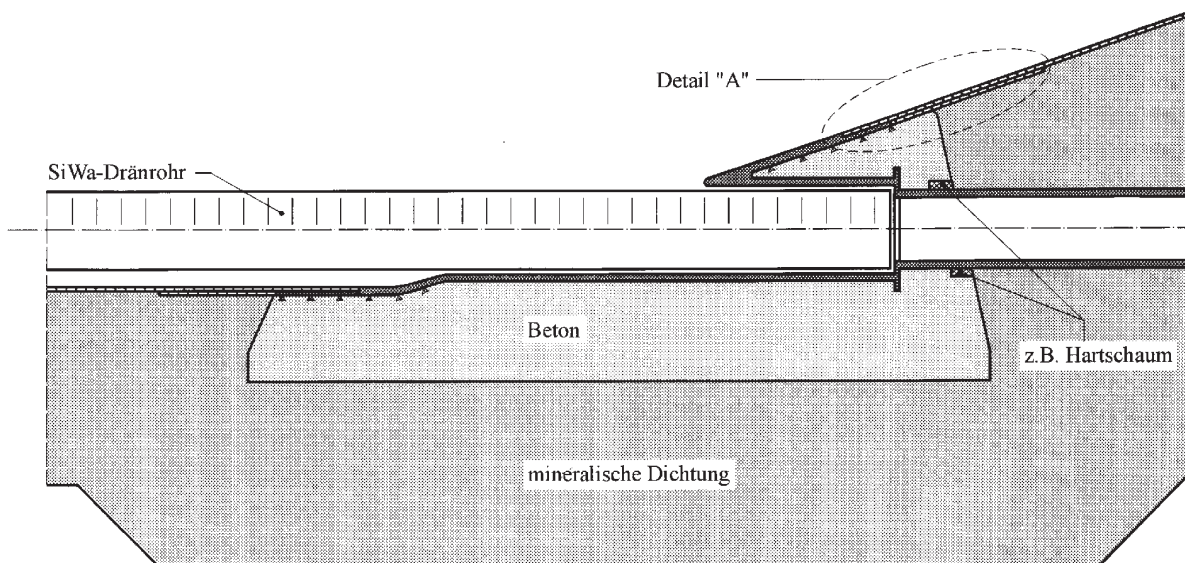
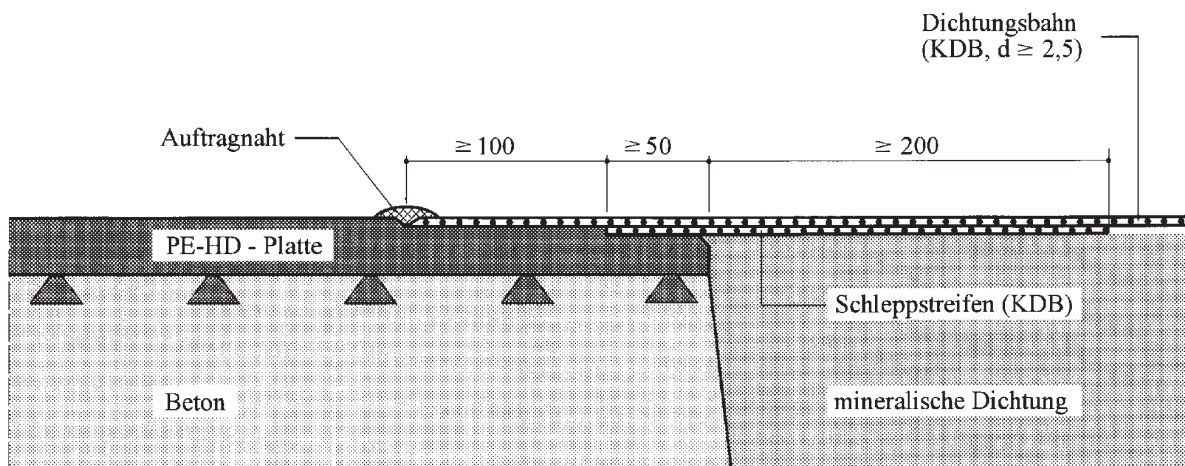


Bild 10. Anschluss der Dichtungsbahnen an eine Rohrdurchführung im Böschungsbereich – schematisch.



Maße in mm

Bild 11. Anschluss der Dichtungsbahnen an eine Rohrdurchführung im Böschungsbereich – Detail „A“ aus Bild 10.

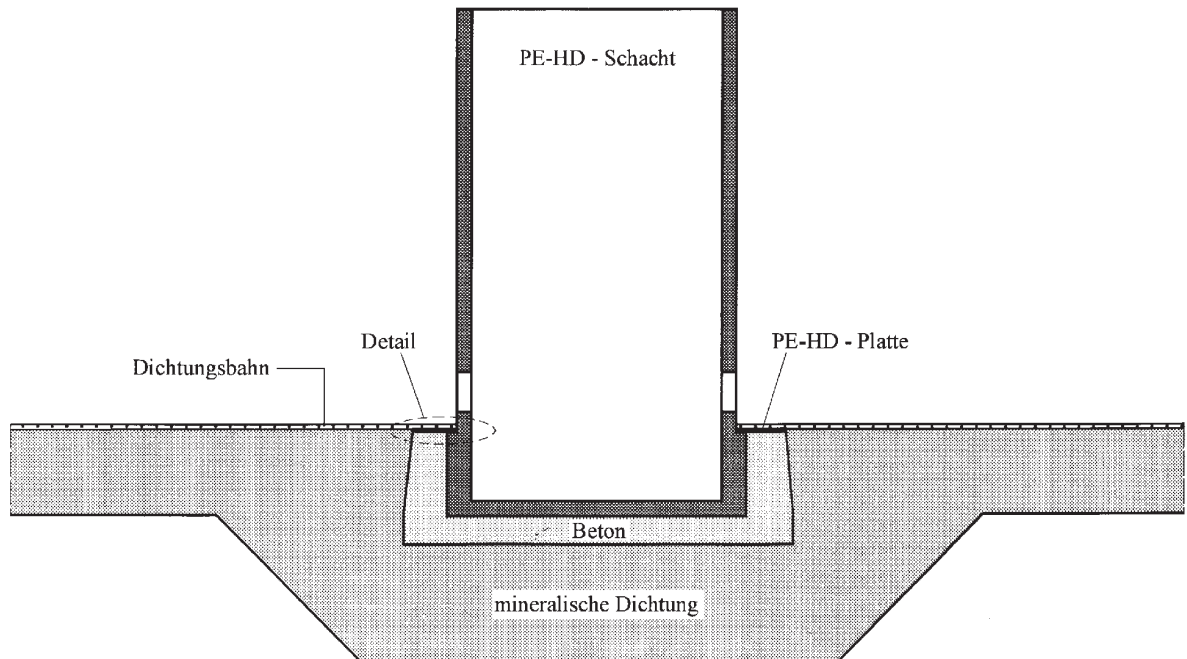
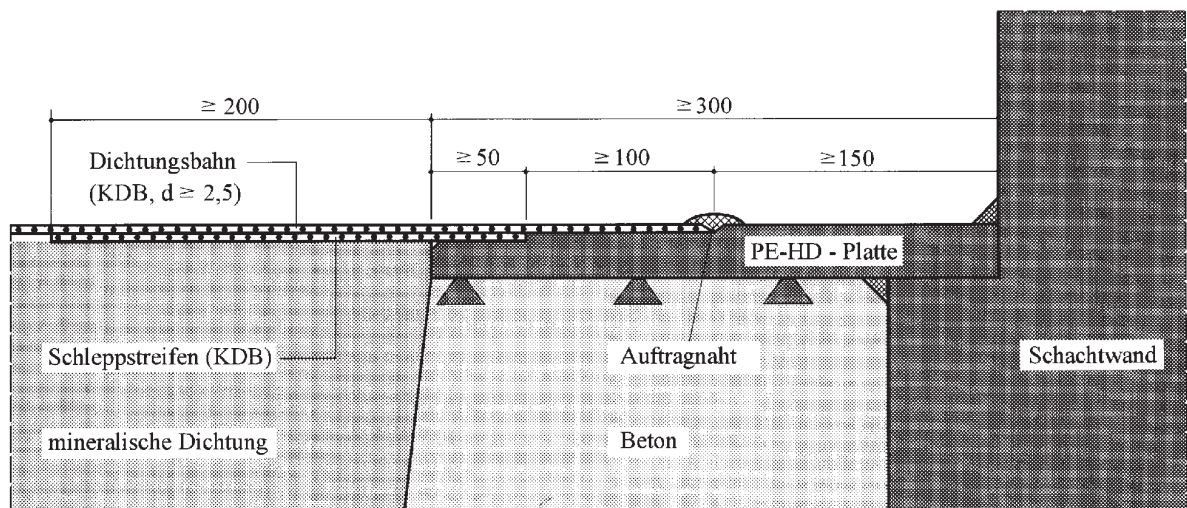


Bild 12. Anbindung der Dichtungsbahnen an einen PE-HD-Schacht im Sohlbereich – schematisch.



Maße in mm

Bild 13. Anbindung der Dichtungsbahnen an einen PE-HD-Schacht im Sohlbereich – Detail aus Bild 12.

4 Schweißverfahren

4.1 Allgemeine Hinweise

Als baustellengerechte Fügeverfahren für Dichtungsbahnen aus PE werden das Heizkeil- und das Warmgasextrusionsschweißen eingesetzt.

Diese Verfahren unterscheiden sich prinzipiell in der Erwärmung des Fugebereiches (Plastifizierung), in der Aufbringung der Fügekraft und in der Schweißnahtgeometrie.

Für das Heizkeilschweißen werden ausschließlich Schweißmaschinen, für das Warmgasextrusionsschweißen ausschließlich Handschweißgeräte verwendet.

Diese Richtlinie geht grundsätzlich davon aus, dass Dichtungsbahnen der gleichen Formmasse miteinander geschweißt werden. Ist das nicht der Fall, so ist die Schweißbeignung besonders nachzuweisen.

Diese Richtlinie geht weiter grundsätzlich davon aus, dass beim Heizkeilschweißen die Dichtungsbahnen im Fugebereich glatt sind und bei strukturierten Dichtungsbahnen die Oberflächenstrukturen im Fugebereich mechanisch entfernt werden.

Auf das Entfernen der Strukturen kann beim Heizkeilschweißen nur dann verzichtet werden, wenn unter baustellengerechten Bedingungen die Schweißbeignung nachgewiesen wird.

4.2 Schweißparameter

Der Schweißvorgang lässt sich mit den folgenden drei Schweißparametern beschreiben:

- Temperatur (Heizkeil, Warmgas, Extrudat)
- Geschwindigkeit
- Kraft

Diese drei Parameter beeinflussen sich gegenseitig und sind daher aufeinander abzustimmen. Sie beschreiben nur mittelbar den tatsächlichen thermodynamischen und rheologischen Zustand der Fügeflächen während des Schweißvorgangs.

Die Schweißparameter müssen auf die Dichtungsbahn (Werkstoff, Dicke, Oberflächenstruktur, Temperatur) und auf die während des Schweißens herrschenden Umgebungsbedingungen abgestimmt werden.

Für die Qualität der Schweißverbindung ist es entscheidend, die Schweißparameter richtig zu wählen. Vor dem Beginn der Schweißarbeiten sind daher die Parameter anhand von Probenschweißungen auf die aktuellen Baustellenbedingungen abzustimmen.

4.3 Ausführung der Schweißarbeiten

4.3.1 Allgemeine Hinweise

Für das Schweißen sind ausschließlich nach DVS 2212-3 UG III-1 bis III-3 ausgebildete und geprüfte Fachkräfte einzusetzen.

Die Fügeflächen müssen trocken und frei von Verunreinigungen sein. Die durch Witterung und Oxidation beeinflusste Schicht muss mechanisch abgearbeitet werden, wenn sie nicht beim Schweißvorgang aus dem Bereich der Fügeflächen herausgedrückt wird. Die werkseitig aufgetragenen Folienstreifen sind zu entfernen. Bei Auftragnähten muss außerdem die Stirnfläche der oberen Dichtungsbahn angeschrägt werden.

Die Ausführung von T-Stößen mit Schweißmaschinen verlangt eine besondere Vorbereitung des Schweißnahtbereiches. An der bereits gefertigten Naht sind beide Überlappungen sowie die hintere Teilnaht sorgfältig abzuarbeiten. Der Übergang von der oberen auf die untere Bahn erfolgt in der vorderen Teilnaht. Dieser Übergangsbereich soll durchgehend etwa die Dicke der Dichtungsbahn aufweisen.

Die Umgebungsbedingungen können den Schweißvorgang und damit die Qualität der Verbindung wesentlich beeinflussen. Es ist Folgendes zu beachten:

- Bei Niederschlägen und zu hoher Luftfeuchtigkeit darf nicht geschweißt werden.
- Bei Temperaturen unterhalb von +5°C darf ohne besondere Vorkehrungen und Nachweise nicht geschweißt werden.
- Ab einer relativen Luftfeuchtigkeit von 80% muss die Oberflächentemperatur mindestens 3 K über dem Taupunkt liegen.
- Beim Warmgasextrusionsschweißen muss der Untergrund so beschaffen sein, dass der erforderliche Fügedruck aufgebracht werden kann.

Beim Schweißen müssen generell die Fügeflächen und gegebenenfalls die Schweißzusätze auf die für den jeweiligen Werkstoff erforderliche Schweißtemperatur gebracht werden. Dabei sollen nur die oberflächennahen zu schweißenden Bereiche erwärmt werden, um die Wärmeausdehnung im Fugebereich möglichst gering zu halten.

Die Schweißparameter und die Umgebungsbedingungen sind in Schweißprotokollen festzuhalten. Mit diesen Protokollen muss eine Zuordnung zum Schweißer, zu den Schweißmaschinen und -geräten (Typ und Kennzeichnung) und zur Naht sichergestellt sein. Sie sind durch die Fremdüberwachung fachtechnisch und auf Vollständigkeit zu prüfen und gegenzuzeichnen. Die Blätter 1 und 2 im Anhang zeigen Muster für Schweißprotokolle.

4.3.2 Heizkeilschweißen

Mit dem maschinellen Heizkeilschweißen werden Überlappnähte mit Prüfkanal hergestellt. Es ist durch folgende Merkmale gekennzeichnet:

- Es wird ohne Schweißzusatz geschweißt.
- Der Heizkeil kann sowohl elektrisch als auch mit Warmgas beheizt werden.
- Das Andrucksystem besteht aus oberen und unteren Andruckrollen und bringt die Fugekraft unabhängig vom Untergrund auf.
- Die Dichtungsbahnen werden im Bereich der Fügeflächen durch direkten Kontakt mit dem Heizkeil auf Schweißtemperatur gebracht und bis zu einer definierten Dicke aufgeschmolzen (thermischer Vorgang).
- Die Dichtungsbahnen werden unmittelbar nach dem Aufschmelzen durch ein Andrucksystem gefügt (rheologischer Vorgang).

In der Praxis wird mit folgenden Maschineneinstellungen (Schweißparametern) geschweißt:

- Heizkeiltemperatur 300 bis 420°C
- spezifische Fugekraft 30 bis 40 N/mm effektive Rollenbreite
- Schweißgeschwindigkeit 1 bis 2 m/min

4.3.3 Warmgasextrusionsschweißen

Mit dem Warmgasextrusionsschweißen von Hand werden Auftragnähte hergestellt. Es ist durch folgende Merkmale gekennzeichnet:

- Es wird mit einem Schweißzusatz aus artgleichen Formmassen geschweißt.
- Der Schweißzusatz wird in einer Plastifiziereinheit (Extruder) plastifiziert und als Strang über die Düse und den Schweißschuh auf die Fügefläche aufgebracht.
- Die Fügeflächen werden durch Warmgas (Luft) erwärmt und aufgeschmolzen.
- Der Fügedruck wird bei Aufbringen des Schweißzusatzes über den Schweißschuh aufgebracht.

Das Warmgasextrusionsschweißen von Hand ist auf schwer zugängliche Nahtbereiche, spezielle Anschlüsse und Nachbesserungsarbeiten zu beschränken. Bei Nähten am Böschungsfuß, bei der Häufung von T-Stößen und bei kurzen Nahtlängen kann es sinnvoll sein, dieses Verfahren einzusetzen.

Der vom Extruder im Schweißschuh entwickelte Masseschub schiebt das Gerät vorwärts und bestimmt die Schweißgeschwindigkeit. Das Gerät ist so zu führen und der Fügedruck so aufzubringen, dass möglichst kein Extrudat zur Seite austritt. Die Auftragnäht soll zu den Rändern hin nahezu ohne Wulst auslaufen.

Als Schweißzusatz ist die gleiche Formmasse wie die der Dichtungsbahn zu verwenden. Bei Abweichungen ist die Schweißseignung nachzuweisen.

Die Stirnfläche der oberen Dichtungsbahn ist im Winkel von etwa 45° anzuschragen. Bei diesen Arbeiten ist darauf zu achten, dass die Dichtungsbahn durch Kerben und Riefen nicht geschädigt wird.

Vor dem Fügen sind die Dichtungsbahnen mit Warmgas zu heften, um die Fixierung während des Schweißvorgangs zu gewährleisten.

Der plastifizierte Schweißzusatz wird, unmittelbar nachdem die Fügeflächen die Schweißtemperatur erreicht haben, kontinuierlich aufgebracht. Die Warmgastemperatur für die Vorwärmung der Fügeflächen wird in der Mitte des Luftaustrittsquerschnitts, die Massetemperatur in der Mitte des Austrittsquerschnitts der Düse gemessen.

Unmittelbar mit Zuführung des Schweißzusatzes wird der Fügedruck über den Schweißschuh von Hand aufgebracht. Die Schweißgeschwindigkeit ergibt sich aus dem Extrudatausstoß und den Schweißnahtabmessungen. Eine Nachbehandlung der Schweißnaht ist nicht erforderlich.

In der Praxis wird mit folgenden Schweißparametern geschweißt:

- Warmgastemperatur 210 bis 300°C
- Extrudattemperatur 210 bis 230°C
- Schweißgeschwindigkeit 0,2 bis 1,0 m/min

5 Schweißmaschinen und Schweißgeräte

Als Schweißmaschinen bezeichnet man Vorrichtungen zum kontinuierlichen Schweißen, die selbstfahrend sind und die Fügekraft maschinell aufbringen. Sie werden bei großen Nahtlängen eingesetzt.

Schweißgeräte werden von Hand geführt. Die Fügekraft wird manuell aufgebracht. Die Geräte werden vornehmlich für kürzere Nahtlängen, in schwer zugänglichen Nahtbereichen sowie bei Nachbesserungsarbeiten eingesetzt.

5.1 Allgemeine Anforderungen

Bei beiden Schweißverfahren müssen mit den Schweißmaschinen und -geräten unter Baustellenbedingungen durchgehend werkstoff- und anforderungsgerechte Nahtqualitäten erzielt werden können.

Im Hinblick auf die Nahtqualität ist im Einzelnen sicherzustellen, dass:

- die zu schweißenden Halbzeuge und Schweißzusätze thermisch nicht unzulässig beansprucht werden,
- Kerben und Riefen vermieden werden,
- eine ausreichende Fügefestigkeit bei guter Verformungsfähigkeit des Nahtbereichs erreicht wird,
- die Schweißnahtabmessungen in den vorgegebenen Grenzen liegen.

Das setzt voraus, dass die Schweißtemperatur, die Schweißgeschwindigkeit und die Fügekraft unabhängig voneinander auf Werkstoff und Dicke der Dichtungsbahn sowie auf die Witterungsbedingungen eingestellt, während des Schweißvorganges kontrolliert und innerhalb der zulässigen Toleranzen konstant gehalten werden.

Im Hinblick auf die Gebrauchstauglichkeit unter Baustellenbedingungen sind folgende Anforderungen zu erfüllen:

- Robustheit gegenüber den mechanischen Beanspruchungen, die sich aus dem Transport und dem Betrieb ergeben,
- einfache Handhabung bei Inbetriebnahme und beim Betrieb,
- leichte Zugänglichkeit aller Bauteile zur notwendigen Reinigung und Kontrolle,
- Schutz gegenüber Feuchtigkeit und Schmutz,
- sichere Funktionsfähigkeit im vorgesehenen Temperatureinsatzbereich/Umgebungsbedingungen,
- Schutz der elektronischen Bauteile gegenüber elektromagnetischen Einflüssen.

Geräte und Maschinen müssen den Europäischen Richtlinien entsprechen.

Der Hersteller oder sein in der Gemeinschaft niedergelassener Bevollmächtigter ist für die Ausstellung der EG-Konformitätserklärung und die CE-Kennzeichnung verantwortlich. Der Marktüberwachungsbehörde sind auf Verlangen sämtliche relevanten Mess- und Prüfdokumente vorzulegen, welche die Einhaltung der Konformität mit den Richtlinien bestätigen.

5.2 Anforderungen an Schweißmaschinen

Die Schweißmaschinen bestehen aus dem Grundgerät und den Funktionselementen:

- Grundgerät zur Aufnahme der einzelnen Funktionselemente,
- Temperiersystem zum Einbringen der Wärmeenergie in die Fügeebene,
- Antriebssystem zum Vortrieb der Schweißmaschine,
- Andrucksystem zum Aufbringen der Fügekraft.

Darüber hinaus müssen die Schweißmaschinen mit einer Einrichtung versehen sein, mit der die Schweißparameter erfasst und aufgezeichnet werden.

Für die Maschine muss eine Leistungscharakteristik des Herstellers vorliegen. In dieser Leistungscharakteristik ist anzugeben, in welchen Schweißparameterbereichen die Schweißmaschine betrieben werden muss, um die anforderungsgerechte Nahtqualität zu erreichen.

Die Anforderungen an die Funktionselemente sind in der Tabelle 1 zusammengefasst:

Die aktuellen Schweißparameter müssen während des Schweißens direkt ablesbar sein.

Temperiersystem

Das Temperiersystem muss so ausgelegt sein, dass es eine ausreichende Aufschmelzleistung im Fügebereich gewährleistet. Über die Breite der Fügefläche und die effektive Heizkeillänge sollte die Temperaturverteilung gleichmäßig sein.

Warmgassystem

Die Warmgastemperatur muss bis zu einer Temperatur von mindestens 450°C stufenlos einstellbar sein und mit einer maximalen Abweichung von ± 10 K geregelt werden können. Die Warmgasmenge muss unabhängig von den übrigen Verfahrensparametern ausreichend konstant gehalten und kontrolliert werden können.

Tabelle 1. Anforderungen an die Funktionselemente.

Funktionselement	Parameterbereich	Kontrolle durch	Genauigkeit	Bemerkung
Temperiersystem Temperatur	300 bis 420°C	Anzeige und Aufzeichnung	$\pm 5^\circ\text{C}$	stufenlose Einstellung Mittelwert $\pm 4\%$, am Heizkeil oben/unten
effektive Heizkeillänge	50 bis 100 mm	Prüfung der Funktionsfähigkeit der Maschine	$\pm 10\%$ des angegebenen Längenwertes	Mittelwert $\pm 4\%$ am Heizkeil für vordere und hintere Teilnaht
Antriebssystem Geschwindigkeit	0,8 bis 2,5 m/min	Anzeige und Aufzeichnung	$\pm 0,05$ m/min	lastunabhängig, stufenlose Einstellung
Andrucksystem Andruckkraft	30 bis 40 N/mm Rollenbreite	Anzeige und Aufzeichnung	± 50 N	im Arbeitsbereich stufenlose Einstellung
Kraftverteilung auf vordere und hintere Teilnaht N1 und N2		Prüfung der Fügewege an vorderer und hinterer Teilnaht N1 und N2	Differenz der Fügewege $\leq 0,1$ mm	
Nachgiebigkeit	Zunahme der Andruckkraft		$\leq 1/3$ der eingestellten Andruckkraft	bei Dickenschwankung, z. B. bei T-Stößen

Heizkeilsystem

Die Heizkeiltemperatur muss im vorgegebenen Temperaturbereich stufenlos eingestellt und beim Schweißen auf $\pm 5 \text{ K}$ geregelt werden können. Zum Zweck eines definierten Eintrags von Wärmeenergie in den Schweißnahtbereich muss der Heizkeil mit ausreichend langen Kontaktflächen (effektive Heizkeillänge $\pm 10\%$) gestaltet sein, auf denen beide Dichtungsbahnen vollflächig geführt werden.

Antriebsystem

Das Antriebsystem muss so ausgelegt sein, dass die eingestellte Schweißgeschwindigkeit lastunabhängig innerhalb von $\pm 0,05 \text{ m/min}$ konstant bleibt. Die Schweißgeschwindigkeit muss stufenlos oder in ausreichend feiner Abstufung eingestellt und angezeigt werden können.

Andrucksystem

Die Fügekraft muss stufenlos oder in ausreichend feiner Abstufung eingestellt, innerhalb von $\pm 50 \text{ N}$ konstant gehalten und kontrolliert werden können. Das Andrucksystem muss gegenüber Dickenschwankungen der Dichtungsbahnen (z. B. im Bereich eines T-Stoßes) so nachgiebig sein, dass die Fügekraft während des Schweißens um nicht mehr als ein Drittel des eingestellten Wertes überschritten wird.

Das Andrucksystem muss eine gleichmäßige Verteilung der Fügekraft auf beide Teilnähte während des Schweißens soweit sichern, dass die Differenz der Fügekräfte der beiden Teilnähte auf maximal $0,1 \text{ mm}$ beschränkt bleibt.

Datenerfassung

Das Datenerfassungssystem hat ausschließlich dem Nachweis zu dienen, dass die gewählten Schweißparameter während des Schweißens in den vorgegebenen Toleranzfeldern konstant gehalten wurden. Es wertet Kontrollgrößen an den Funktionselementen ohne Einfluss auf die Einstellgrößen. Die Messdaten und die äußeren Temperaturbedingungen sind in der Weise zu speichern, dass eine Zuordnung zur Nahtlänge möglich ist.

Beim Verlassen vorgegebener Toleranzfelder haben eine akustische Signalgebung und eine Dokumentation der Abweichung durch ein Fehlerprotokoll zu erfolgen.

Hinweis

Maschinen, bei denen die Zielgrößen Schmelzeschichtdicke L_0 und Fügeweg $\Delta d_{N1,2}$ gesteuert oder geregelt werden können, müssen die Schweißparameter und die Zielgrößen anzeigen und dokumentieren.

5.3 Anforderungen an Schweißgeräte

Schweißgeräte für das Warmgasextrusionsschweißen bestehen aus folgenden Funktionselementen:

- Vorwärmesystem mit Regeleinheit zum Vorwärmen der Fügeflächen mittels Warmgas,
- Plastifiziersystem mit Regeleinheit zum Plastifizieren des Schweißzusatzes (Draht, Granulat),
- Schweißschuh zum Aufbringen des Schweißzusatzes auf die Fügeflächen.

Grundsätzlich gelten für Geräte die folgenden Anforderungen:

Vorwärmesystem

Die Regelung der Warmgastemperatur und die Einstellung der Warmgasmenge müssen unabhängig vom Temperiersystem für das Plastifiziersystem möglich sein. Die Warmgastemperatur muss stufenlos einstellbar sein und angezeigt werden. Die Temperaturschwankung bei unveränderter Sollwerteneinstellung darf $\pm 10 \text{ K}$ nicht überschreiten.

Plastifiziersystem

Das Plastifiziersystem muss in der Lage sein, das Material vollständig aufzuschmelzen und zu homogenisieren. Die Temperaturschwankung der Masse darf bei kontinuierlichem Betrieb und bei unveränderter Sollwerteneinstellung $\pm 3 \text{ K}$ nicht überschreiten (gemessen im Zentrum der Masse).

Schweißschuh

Bei der konstruktiven Auslegung des Schweißschuhs ist besonders die Anforderung an die Nahtgeometrie und die aufzubringende Fügekraft zu berücksichtigen.

6 Baustellenprüfungen

6.1 Art und Umfang der Prüfungen und Kontrollen

Im Rahmen dieser Richtlinie werden die Prüfungen behandelt, die bei der Bauausführung vor Ort durchzuführen sind. Sie dienen im Rahmen der Probeschweißungen sowohl zur Einstellung der Schweißparameter als auch zur Prüfung der fertiggestellten Nähte.

Alle Baustellenprüfungen sind im Rahmen der **Eigenüberwachung/Eigenkontrolle** durch den Verleger durchzuführen. Die Ergebnisse sind vollständig und prüfbar zu dokumentieren.

Im Rahmen der **Fremdüberwachung/Fremdprüfung** ist die Eigenüberwachung durch qualifizierte Prüfinstitute oder Sachverständige zu überprüfen sowie durch Prüfungen auf der Baustelle und im Labor zu ergänzen.

Die Baustellenprüfungen beziehen sich auf folgende Eigenschaften:

- äußere Beschaffenheit der Naht,
- Abmessungen der Naht,
- Versagensverhalten der Naht,
- Dichtigkeit der Naht.

Die Nähte sind durchgehend auf äußere Beschaffenheit und Dichtigkeit sowie stichprobenartig auf Abmessungen und Versagensverhalten zu prüfen. Die Stichproben werden vorzugsweise aus den Probeschweißungen und den Nahtenden entnommen.

Die in dieser Richtlinie beschriebenen Prüfungen ergänzen sich nach Art und Umfang gegenseitig. Eine Aussage über alle Eigenschaften der Naht mit einem Prüfverfahren allein ist nicht möglich.

Tabelle 2 zeigt Art und Umfang der verschiedenen Prüfverfahren für die unterschiedlichen Nahtformen.

Tabelle 2. Übersicht der Prüfverfahren.

Qualitätskriterien	Prüfumfang	Nahtformen	
		Überlappnaht mit Prüfkanal	Auftragnah
Beschaffenheit	durchgehend	visuell, Schraubendreher (Teilnaht N1)	visuell, Schraubendreher
Abmessungen	Stichproben systematisch	mechanisch, Ultraschall	mechanisch
Versagensverhalten	Stichproben	Schälversuch	Schälversuch
Dichtigkeit	durchgehend	Druckluft	Vakuum, Hochspannung

6.2 Prüfung der äußeren Beschaffenheit

6.2.1 Verfahren

Die äußere Beschaffenheit der Nähte wird durch Inaugenscheinnahme geprüft. Insbesondere bei Auftragnähten können zusätzlich unter Zuhilfenahme eines Schraubendrehers ungefügte Bereiche, d. h. Fehlstellen im Bereich der Nahtkanten, nachgewiesen werden. Mit der äußeren Beschaffenheit wird in erster Linie die fachgerechte handwerkliche Ausführung der Naht beurteilt.

6.2.2 Anwendungsbereich

Alle Nahtbereiche einschließlich der T-Stöße und Anschlüsse an Rohrdurchdringungen und Festbauwerke werden unabhängig vom Fügeverfahren und von der Nahtform beurteilt.

6.2.3 Durchführung der Prüfung

Die visuelle Prüfung erfolgt durchgehend auf voller Länge. Der Schraubendreher wird punktuell unter Druck an den Nahtkanten entlang geführt. An Fehlstellen im äußeren Nahtbereich dringt der Schraubendreher in ungenügend gefügte Bereiche ein.

6.2.4 Prüfergebnisse

Bei der Prüfung auf äußere Beschaffenheit wird die Naht auf Unregelmäßigkeiten und sichtbare Fehlstellen untersucht. Im Einzelnen werden folgende Merkmale überprüft:

- Form und Gleichmäßigkeit des Nahtverlaufs,
- Wulstbildung an der vorderen Nahtkante bei Überlappnähten und im Randbereich bei Auftragnähten,
- mittige Lage und gleichmäßige Randbereiche bei Auftragnähten,
- glatte und schlierenfreie Oberfläche bei Auftragnähten,
- Kerben und Riefen im Nahtbereich,
- Fehlstellen, z. B. unverschweißte Bereiche und Quetschfalten.

6.2.5 Wertung der Prüfergebnisse

Die äußere Beschaffenheit der Naht ist einwandfrei, wenn sie keine Unregelmäßigkeiten und Fehlstellen aufweist. Weiter gilt:

- Örtlich begrenzte Unregelmäßigkeiten in geringem Umfang mindern die Gebrauchsfähigkeit der Naht nicht.
- Wülste an der vorderen Kante von Überlappnähten sind nicht zulässig. Wülste in den Randbereichen von Auftragnähten sind nur zulässig, wenn sie örtlich vereinzelt auftreten. Ihre Dicke darf 50% der Dichtungsbahndicke nicht überschreiten.
- Kerben und Riefen mit flachen Übergängen sind bis zu einer Tiefe von 10% der Bahndicke in begrenztem Umfang zulässig.
- Bei größeren und häufig auftretenden Unregelmäßigkeiten sind die entsprechenden Nahtbereiche nachzubessern.
- Fehlstellen sind generell nachzubessern.

Um im Einzelfall Unklarheiten während der Bauausführung zu vermeiden, empfiehlt es sich, die Kriterien für die äußere Beschaffenheit jeweils vor Baubeginn an einer ausreichend langen Musternaht festzulegen.

In Zweifelsfällen sind aus den gefügten Nähten Probestücke zu entnehmen, an denen dann weitere Eigenschaften untersucht werden.

6.2.6 Grenzen des Prüfverfahrens

Eine fachgerechte Beurteilung der äußeren Beschaffenheit erfordert besondere Fachkenntnis und Erfahrung. Aussagen zur Dichtigkeit und Festigkeit der Naht können nur bedingt abgeleitet werden.

6.3 Prüfung der Abmessungen

6.3.1 Verfahren

Es werden die kennzeichnenden Abmessungen der Naht an streifenförmigen Probekörpern aus der Naht oder an der Naht selbst ermittelt.

6.3.2 Anwendungsbereich

Es können alle Nahtformen geprüft werden. Die Nahtabmessungen geben Hinweise zur Einstellung der Schweißparameter im Rahmen der Probeschweißungen. Über die Nahtlänge gemessen, erlauben sie Rückschlüsse auf das gleichmäßige Einhalten der Schweißparameter beim Schweißen.

6.3.3 Durchführung der Prüfung

Die Nahtabmessungen werden vorzugsweise an Probenahmen aus den Probeschweißungen oder an den Nahtenden ermittelt. Diese Dickenmessungen werden mit Messgeräten in Anlehnung an DIN EN ISO 9863-1 vorgenommen.

Zusätzlich können an den Überlappnähten mit Prüfkanal die Nahtdicken über der gesamten Nahtlänge mit Ultraschall gemessen und die Fügewege bestimmt werden.

Die Prüfung mit Ultraschall arbeitet nach dem Impuls-Echo-Verfahren. Das Prüfgerät besteht aus Prüfkopf und Basisgerät. Im Prüfkopf (SE) sind Sender und Empfänger enthalten. Der Frequenzbereich liegt zwischen 4 und 6 MHz.

Informationen über die fachgerechte Prüfung (z. B. die Ankopplung des Prüfkopfes auf der Naht) sowie die Prüfergebnisse werden optisch angezeigt.

Die Prüfung kann erst erfolgen, wenn sich die Naht nach dem Schweißen wieder den Umgebungsbedingungen angepasst hat. Diese Konditionierungszeit liegt bei etwa 1 Stunde.

Die Naht muss breiter als der Prüfkopfdurchmesser, der Prüfbereich eben und sauber sein.

Der Prüfkopf wird senkrecht zur Oberfläche der Naht (Prüffläche) geführt. Als Koppelmittel zwischen Prüfkopf und Prüffläche werden Wasser mit oder ohne Seife, dünnflüssiger Kleister oder spezielle Pasten verwendet.

Vor Beginn der Prüfung wird das Gerät an planparallelen Platten aus dem gleichen Werkstoff nach Angaben des Geräteherstellers eingestellt, justiert und überprüft.

Als Prüfergebnisse werden die Dichtungsbahnen- und Nahtdicken sowie die Fügewege digital ausgewertet und angezeigt. Diese Ergebnisse sind zu dokumentieren.

Die Ultraschallprüfung wird üblicherweise nur von ausgebildeten Prüfern (Fachkräften) mit Erfahrung im Rahmen der Fremdprüfung durchgeführt.

6.3.4 Prüfergebnisse

Je nach Nahtform werden die in Bild 1 gezeigten Abmessungen ermittelt:

- $\bar{u}$ = gesamte Überlappung
- $\bar{u}_1$ = Überlappung vorn
- $\bar{u}_2$ = Überlappung hinten
- b_N = gesamte Breite der Naht
- b_{N1} = Breite der vorderen Teilnaht
- b_{N2} = Breite der hinteren Teilnaht
- b_p = Breite des Prüfkanals
- d_o = Dicke der oberen Bahn
- d_u = Dicke der unteren Bahn
- d_N = Dicke der Naht (Auftragnäht)
- d_{N1} = Dicke der vorderen Naht (Überlappnaht mit Prüfkanal)
- d_{N2} = Dicke der hinteren Naht (Überlappnaht mit Prüfkanal)

Damit lassen sich die maßgebenden Beurteilungskriterien für die Nahtdicke bestimmen:

$$\Delta d_{N1/2} = \text{Fügeweg (Dickenänderung) für die Überlappnaht} \\ = (d_o + d_u) - d_{N1/2}$$

$$f_{NA} = \text{Nahtdickenfaktor für die Auftragnäht} \\ = d_N / (d_o + d_u)$$

6.3.5 Wertung der Prüfergebnisse

Es ist nachzuweisen, dass die Nahtabmessungen den folgenden Anforderungen entsprechen:

- Bei Überlappnähten sollte die vordere Überlappung der Naht mindestens 5 mm betragen.
- Bei Überlappnähten sind die Nahtbreiten von mindestens 15 mm und Prüfkanalbreiten von mindestens 10 mm einzuhalten.
- die Breite der Auftragnähte muss mindestens 30 mm betragen.
- Bei Auftragnähten darf die Außermittigkeit (Versatz) der Naht maximal 5 mm betragen.
- Die Nahtdicken sollten über die Nahtlänge und Nahtbreite gleichmäßig sein und in den Bereichen liegen, die für die Werkstoffdicke und die Nahtform nach folgenden Kriterien einzuhalten sind:

Überlappnähte

$$0,40 \text{ mm} \leq \Delta d_{N1/2} \leq 0,80 \text{ mm}$$

$$|\Delta d_{N1} - \Delta d_{N2}| \leq 0,15 \text{ mm}$$

Auftragnähte

$$1,25 \leq f_{NA} \leq 1,75$$

6.3.6 Grenzen des Prüfverfahrens

Die Prüfung der Abmessungen gibt Hinweise auf die Einstellung der Schweißparameter und auf die Einhaltung vorgegebener Bereiche für eine anforderungsgerechte Nahtqualität. Aussagen zur Dichtigkeit der Naht sind nicht, zum Versagensverhalten nur bedingt möglich.

6.4 Prüfung des Versagensverhaltens**6.4.1 Verfahren**

Das Versagensverhalten wird an Stichproben unter zerstörender Zugschälbeanspruchung (Schälversuch) untersucht. Bei diesen Schälversuchen handelt es sich um Kurzzeitprüfungen zur qualitativen Beurteilung des Verformungs- und Versagensverhaltens der Naht.

Die Schälversuche sind in Anlehnung an DVS 2226-3 an jeweils drei etwa 20 mm breiten Streifenproben durchzuführen.

6.4.2 Anwendungsbereich

Mit den Schälversuchen können beide Nahtformen geprüft werden. Die Versuche dienen sowohl zur Einstellung der Verfahrensparameter im Rahmen der Probeschweißungen als auch zur Überprüfung des Versagensverhaltens.

6.4.3 Durchführung der Prüfung

Als Probekörper werden Streifenproben senkrecht zur Naht entnommen. Die Streifenproben sind so zu entnehmen, dass jeweils ausreichende Einspannlängen entsprechend Bild 14 vorhanden sind. In besonderen Fällen kann es erforderlich sein, ergänzende Prüfungen, bei denen die Schälkraft von der Innenseite des Prüfkansals aufgebracht wird, durchzuführen.

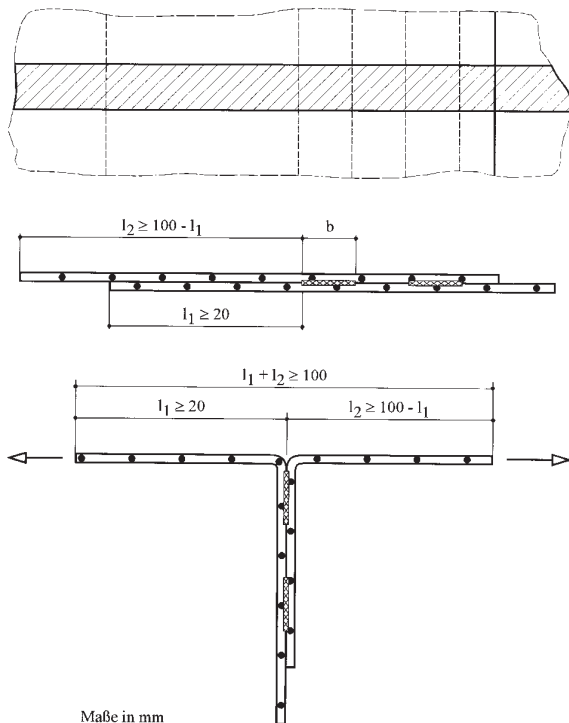


Bild 14. Probenahme und Beanspruchung beim Schälversuch.

Die Prüfungen erfolgen mit baustellengerechten Prüfgeräten nach dem Stand der Technik, die eine zügige Lastaufbringung und eine weitgehend gleichmäßige Verformungsgeschwindigkeit von 50 mm/min ermöglichen. Verformungen und Kräfte müssen im Rahmen dieser Prüfungen nicht gemessen werden. Soll der Schälwiderstand ermittelt werden, muss die Kraft gemessen und die Maximalkraft gespeichert werden.

6.4.4 Prüfergebnisse

Es wird ermittelt, ob die bei der Schälbeanspruchung wirkenden Kräfte zum Aufschälen der Naht oder zu einem Verstrecken des Grundmaterials führen.

6.4.5 Wertung der Prüfergebnisse

Die Ergebnisse dieser Prüfung dienen zur Festlegung der Schweißparameter im Rahmen der Probeschweißungen und zur Beurteilung des Versagensverhaltens von Probenahmen. Sie werden anhand folgender Kriterien beurteilt:

- Verstrecken des Grundmaterials, außerhalb der Naht, ohne Schälen der Naht.
Die Naht weist ein gutes Versagensverhalten auf.
- Verstrecken des Grundmaterials, neben der Naht oder im Nahtbereich nach begrenztem Schälen der Naht.
Die Naht weist noch ein ausreichendes Versagensverhalten auf, wenn die Schweißparameter bei der Herstellung der Naht und ihre Abmessungen im Toleranzbereich liegen, und
- die verbleibende Restnahtbreite bei der überwiegenden Zahl der Einzelprüfungen größer ist als die geforderte Mindestbreite von 15 mm, oder
- die Verstreckung Kräfte erfordert, die schon nahe an der Höchstzugkraft des Grundmaterials im Zugversuch liegen.
- Schälen der Naht.
Die Naht weist kein ausreichendes Versagensverhalten auf.
- Verstrecken des Schweißzusatzes (Extrudat) bei Auftragnähten.
Die Naht weist noch ein ausreichendes Versagensverhalten auf, wenn dieses Versagen vereinzelt auftritt und die Verstreckung Kräfte erfordert, die noch vergleichbar sind mit der Höchstkraft im Zugversuch an der Schweißnaht.
- Versagen des Grundmaterials neben oder im Nahtbereich ohne deutliches Verstrecken, d. h. plastisches Verformen.
Die Naht weist kein ausreichendes Versagensverhalten auf.

6.4.6 Grenzen des Prüfverfahrens

Die Kurzzeitschälversuche werden grundsätzlich im Rahmen der Eigenüberwachung zur qualitativen Beurteilung der Naht, aber auch zur Überprüfung der Schweißparameterwahl durchgeführt. Sie müssen im Rahmen der Fremdüberwachung durch normgerechte Prüfungen im Labor ergänzt werden, um auch eine sichere und quantifizierte Aussage über die Fügesteifigkeit treffen zu können.

6.5 Prüfung auf Dichtigkeit**6.5.1 Allgemeines**

Bei der durchgehenden Prüfung der Nähte auf Dichtigkeit ist das Prüfverfahren auf die jeweilige Nahtform abzustimmen. Es sind folgende Prüfverfahren anzuwenden:

Überlappnähte mit Prüfkanal

- Prüfung mit Druckluft

Auftragnähte

- Prüfung mit elektrischer Hochspannung
- Prüfung mit Vakuum

6.5.2 Prüfung mit Druckluft**6.5.2.1 Verfahren**

Die Druckluftprüfung dient zur Dichtigkeitsprüfung von Überlappnähten mit Prüfkanal (Doppelnähten) unter mechanischer Beanspruchung.

Die Prüfgeräte (Manometer) müssen nach DIN EN 472 der Prüfgeräteklasse 1.0 entsprechen. Der Messbereich soll nicht größer als 10 bar und die Skalierung nicht größer als 0,2 bar sein.

6.5.2.2 Anwendungsbereich

Mit der Druckluftprüfung können Überlappnähte mit Prüfkanal auf voller Länge in einem Prüfvorgang zerstörungsfrei auf Dichtigkeit geprüft werden.

6.5.2.3 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung sollte erst etwa 1 Stunde nach dem Schweißen erfolgen.

An einem Ende der Naht (Nahtanfang) wird die Vorrichtung zur Druckluftaufbringung mit Manometer oder Druckschreiber montiert, die den Prüfkanal luftdicht verschließt. Hier wird die Druckluft eingegeben und zunächst die Durchgängigkeit der Naht geprüft. Danach wird das andere Ende der Naht (Nahtende) luftdicht z. B. durch Warmgasschweißen oder Klemmeinrichtungen verschlossen.

Der eigentliche Prüfdruck von 5 bar wird erst nach etwa einminütiger Vorbeanspruchung bei 6 bar eingestellt, um Anfangsverformungen zu konditionieren.

Die Prüfzeit für die Druckluftprüfung beträgt 10 Minuten. Nach Ablauf der Prüfzeit wird der Prüfkanal am Nahtende geöffnet. Der Druck (Anzeige auf dem Manometer) muss schlagartig abfallen.

Bei nicht durchgängig prüfbaren Nähten sind die Nähte abschnittsweise zu prüfen. Bei nicht unmittelbar feststellbaren Fehlern sind entsprechend kürzere Prüflängen zu wählen, um die fehlerhaften Bereiche einzugrenzen.

6.5.2.4 Prüfergebnisse

Der Druckverlauf über die Prüfzeit ist mittels Druckschreiber aufzuzeichnen. In Ausnahmefällen kann der Druck am Anfang und am Ende der Prüfzeit auch von Hand protokolliert werden.

6.5.2.5 Wertung der Prüfergebnisse

Die Naht gilt als dicht, wenn der Druck im Prüfkanal innerhalb der vorgegebenen Prüfdauer um nicht mehr als 0,5 bar abfällt.

6.5.2.6 Grenzen des Prüfverfahrens

Die Druckluftprüfung ist eine Dichtigkeitsprüfung unter mechanischer Beanspruchung. Sie beeinträchtigt nicht die Nahtqualität und liefert keine Aussage zur Nahtfestigkeit.

6.5.3 Prüfung mit Vakuum

6.5.3.1 Verfahren

Das Vakuumverfahren kann sowohl zur Prüfung der Dichtigkeit von Überlappnähten als auch von Auftragnähten eingesetzt werden.

Die Prüfung erfolgt mit einer durchsichtigen Prüflocke (z. B. aus PMMA), die mit einer Vakuumpumpe verbunden ist. Die Locke weist am Rand einen Anpressdichtring auf, damit der Prüfbereich luftdicht abgeschlossen werden kann. Bei der Prüfung wird ein Unterdruck in der Locke erzeugt.

Die Prüfgeräte (Manometer) müssen nach DIN EN 472 der Prüfgeräteklasse 1.0 entsprechen. Der Messbereich soll nicht größer als der 2fache Prüfdruck und die Skalierung nicht größer als 0,1 bar sein.

6.5.3.2 Anwendungsbereich

Mit der Vakuumprüfung können zerstörungsfrei Dichtigkeitsprüfungen von Überlappnähten mit bündiger (geschlossener) Vorderkante und von Auftragnähten schrittweise ausgeführt werden.

An Kehlen, Kanten und Ecken sind entsprechend geformte Vakuumglocken zu verwenden.

6.5.3.3 Durchführung der Prüfung

Zwischen Schweißen und Prüfen sollte ein Konditionierungszeitraum von etwa einer Stunde liegen. Der zu prüfende Nahtbereich

ist mit einer blasenbildenden Flüssigkeit, z. B. Seifenlauge, einzustreichen bzw. einzusprühen.

Die Prüfung hat durchgehend und auf voller Länge zu erfolgen. Dabei ist die Vakuumlocke so aufzusetzen und anzudrücken, dass die zu prüfende Naht etwa mittig zur Achse der Vakuumlocke liegt. Bei längeren Nahtabschnitten ist die Locke entsprechend oft umzusetzen. Beim Versetzen der Locke in längeren Prüfabschnitten ist eine Überschneidung der Prüfbereiche von etwa 10 cm einzuhalten. Die Nähte werden bei einem Unterdruck von 0,5 bar geprüft. Dieser Prüfdruck (Unterdruck) muss über einen Zeitraum von mindestens 10 s konstant gehalten werden.

6.5.3.4 Prüfergebnisse

Der Unterdruck wird auf dem Manometer angezeigt. Im Falle einer Undichtigkeit bilden sich Blasen. Diese Stellen sind zu markieren.

6.5.3.5 Wertung der Prüfergebnisse

Die Naht gilt als dicht, wenn sich der Unterdruck zügig aufbaut, über der Prüfzeit konstant bleibt und in der Naht keine Blasenbildung auftritt.

6.5.3.6 Grenzen des Prüfverfahrens

Die Vakuumprüfung ist eine Dichtigkeitsprüfung unter mechanischer Beanspruchung. Sie lässt keine Rückschlüsse auf die Nahtfestigkeit zu. Die Vakuumprüfung dient in vielen Fällen (Ecken, Ausschnitten, T-Stößen) als Ergänzungsprüfung zu anderen Prüfungen.

6.5.4 Prüfung mit elektrischer Hochspannung

6.5.4.1 Verfahren

Dieses Prüfverfahren beruht auf dem Prinzip der Gasentladung beim Anlegen einer elektrischen Hochspannung an eine Entladungsstrecke.

Die Prüfeinrichtung besteht aus einer Spannungsquelle und einer Bürstenelektrode.

Das Verfahren setzt eine Gegenelektrode aus leitendem Material an der Rückseite der Naht voraus.

6.5.4.2 Anwendungsbereich

Grundsätzlich lassen sich mit diesem Verfahren alle Nahtformen durchgehend auf Dichtigkeit prüfen. Vorzugsweise wird die Prüfung bei Auftragnähten zum Anschluss von Dichtungsbahnen an Bauteile aus PE-HD eingesetzt, d. h. bei Schweißnähten, die keinen Prüfkanal und keine planparallelen Oberflächen aufweisen. Bei Auftragnähten an Dichtungsbahnen selbst empfiehlt sich die Prüfung nicht.

6.5.4.3 Durchführung

Der Nahtbereich muss trocken und frei von Verunreinigungen sein. Schmutzpartikel können eine Isolierschicht bilden und damit die Prüfung beeinträchtigen.

Die Prüfspannung ist auf die Dicke der Dichtungsbahn sowie auf die Schweißnahtbreite abzustimmen. Hinweise zu den Durchschlagsspannungen in Luft und für Dichtungsbahnen aus PE sind Bild 15 zu entnehmen.

Für Dichtungsbahnen ab einer Dicke von 2,5 mm liegt die zulässige Prüfspannung bei etwa 60 kV. Bei einer Prüfspannung von 60 kV ergibt sich in trockener Luft eine Schlagweite von etwa 20 mm. Damit können z. B. etwa 30 mm breite Auftragnähte geprüft werden, wenn die Gegenelektrode in der Nahtmitte liegt, die Undichtigkeit durchgehend ist und nahezu senkrecht zur Naht verläuft. Bei höherer Luftfeuchte vergrößern sich die Schlagweiten.

Die Bürstenelektrode wird mit einer Geschwindigkeit von etwa 10 m/min über die Naht geführt. Es muss sichergestellt sein, dass sich die für den Funkenüberschlag notwendige Feldstärke aufbauen kann.

6.5.4.4 Prüfergebnisse

Bei durchgehenden Undichtigkeiten über die Prüflänge (halbe Schweißnahtbreite) tritt ein Funkenüberschlag zwischen den Elektroden auf, der sichtbar und hörbar ist.

6.5.4.5 Wertung der Prüfergebnisse

Die Naht gilt als dicht, wenn keine Funkenentladung auftritt.

6.5.4.6 Grenzen des Verfahrens

Es werden nur Undichtigkeiten nachgewiesen, die durchgehend sind und dabei nahezu senkrecht zur Naht verlaufen. Die Prüflänge muss auf die Durchschlagspannung in der Luft abgestimmt sein.

Es ist darauf zu achten, dass die Gegenelektrode nicht vollkommen im Schweißzusatz eingebettet ist. Sie muss so fixiert sein, dass eine Beeinträchtigung der Nahtqualität ausgeschlossen wird.

6.6 Prüfprotokolle

Die Ergebnisse der Baustellenprüfungen sind in Prüfprotokollen festzuhalten. Im Anhang sind für die verschiedenen Nahtformen Prüfprotokolle gezeigt:

Prüfprotokoll für Überlappnähte mit Prüfkanal – Anhang Blatt 3

Prüfprotokoll für die Auftragnähte – Anhang Blatt 4

Diese Protokolle sind im Rahmen der Eigenüberwachung durch den Verleger zu führen, durch die Fremdüberwachung auf Vollständigkeit und fachtechnisch zu prüfen und gegenzuzeichnen.

7 Hinweise zu Nachbesserungen

Im Rahmen dieser Richtlinie werden allgemeine Hinweise gegeben. Die Schweißarbeiten im Rahmen der Nachbesserungen sind generell entsprechend Abschnitt 4 dieser Richtlinie auszuführen.

Bei den Nachbesserungsarbeiten ist größte Sorgfalt aufzuwenden, da eine Prüfung dieser Arbeiten nach allen Qualitätskriterien und eine weitere Nachbesserung nur in begrenztem Umfang möglich sind.

Die Art der Nachbesserungen hängt von der Größe und Häufigkeit der Unregelmäßigkeiten und Fehler ab.

Warmgasextrusionsschweißungen

Warmgasextrusionsschweißungen (zusätzliche Auftragnähte) sind bei örtlich begrenzten Unregelmäßigkeiten und Fehlstellen anzuwenden:

- bei Kerben und Riefen mit einer Tiefe von mehr als 10% der Dichtungsbahndicke auf einer Länge von maximal 1 m und maximal einer Fehlstelle auf 100 m² Dichtungsfläche,
- bei mechanischen Beschädigungen der Dichtungsbahnen (keine Löcher) und maximal einer Fehlstelle auf 100 m² Dichtungsfläche,
- bei Undichtigkeiten in der vorderen Teilnaht von Überlappnähten mit Prüfkanal auf einer Länge von maximal 0,5 m und maximal einer Fehlstelle auf 20 m Nahtlänge.

Die entsprechenden Naht- und Dichtungsbahnenbereiche sind sorgfältig abzarbeiten. Der Schweißzusatz ist in möglichst geringer Dicke und mit flach auslaufenden Rändern nahezu ohne Wulst aufzubringen.

Nachbessern mit Dichtungsbahnenzuschnitten

Bei größeren Fehlerbereichen im Nahtbereich und durchgehenden Fehlstellen (Löchern) in den Dichtungsbahnen sind Dichtungsbahnenstücke oder -streifen aufzubringen. Diese Dichtungsbahnenzuschnitte müssen mindestens 10 cm über die jeweiligen Fehlerbereiche hinausgehen und sind mit Warmgasextrusionsschweißen (Auftragnäht) über dem Fehlstellenbereich aufzubringen.

Nachbessern von Nähten auf voller Länge

Durchgehend fehlerhafte Nähte und solche mit durchgehenden Unregelmäßigkeiten sind entweder zu entfernen oder auf voller Länge mit einem mindestens 0,6 m breiten Dichtungsbahnenstreifen abzudecken und fachgerecht zu schweißen.

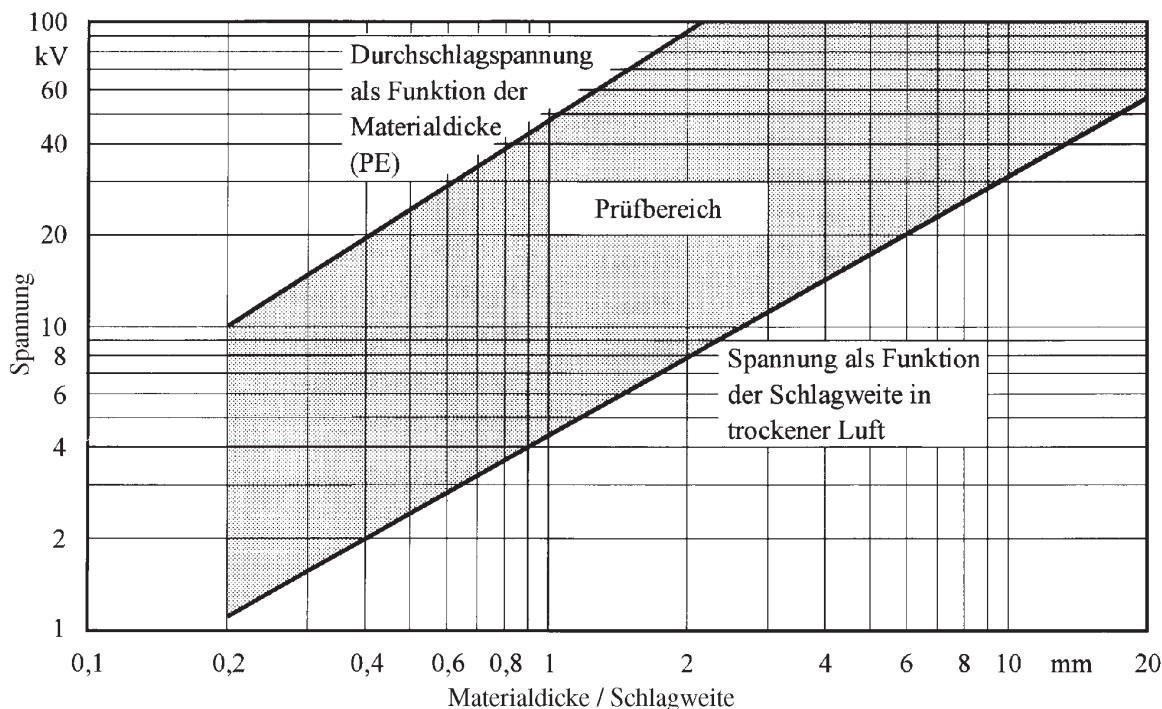


Bild 15. Prüfspannung/Durchschlagspannung als Funktion der Bahndicke/Schlagweite.

8 Normen, Richtlinien, Vorschriften

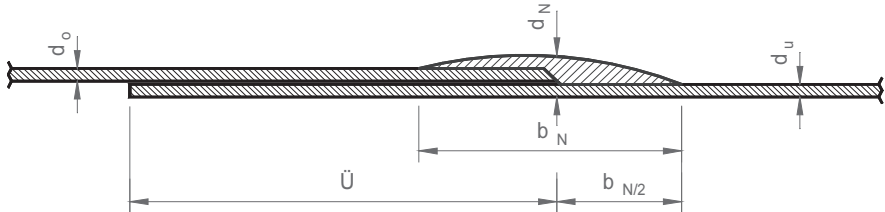
DIN EN 472	Druckmessgeräte – Begriffe
DIN EN 13492	Geosynthetische Dichtungsbahnen – Eigenschaften, die für die Anwendung beim Bau von Deponien, Zwischenlagern und Auffangbecken für flüssige Abfallstoffe erforderlich sind
DIN EN 13493	Geosynthetische Dichtungsbahnen – Eigenschaften, die für die Anwendung beim Bau von Deponien und Zwischenlagern für feste Abfallstoffe erforderlich sind
DIN EN ISO 9863-1	Geokunststoffe – Bestimmung der Dicke unter festgelegten Drücken – Teil 1: Einzel-lagen
DVS 2212-3	Prüfung von Kunststoffschweißern; Prüf-gruppe III; Bahnen im Erd- und Wasserbau
DVS 2226-3	Prüfen von Fügeverbindungen an Dich-tungsbahnen aus polymeren Werkstoffen – Schälversuch
BAM	Richtlinie für die Zulassung von Kunst-stoff-Dichtungsbahnen für die Abdichtung von Deponien und Altlasten
DIBt	Zulassungsgrundsätze Kunststoffbahnen in LAU-Anlagen (Publikation 01.04.010)

Anhang Blatt 1: Schweißprotokoll für Überlappnähte mit Prüfkanal									
Schweißprotokoll für Überlappnähte mit Prüfkanal								Nr.	
Bauvorhaben					Dichtungsbahn				
Verlegefirma					Hersteller				
Schweißer					Nenndicke in mm				
Schweißmaschine					Rohstoff				
Naht-Nr.									
		Anfang	Ende	Anfang	Ende	Anfang	Ende	Anfang	Ende
Uhrzeit									
Witterungsbedingungen									
allgemein (Bewölkung/Wind)									
Lufttemperatur in °C									
rel. Luftfeuchte in %									
Zustand der Dichtungsbahnen									
Oberfläche									
Fügebereiche									
Oberflächentemperatur in °C									
Schweißparameter									
Heizkeiltemperatur in °C	Einstellung								
	Messung								
Geschwindigkeit in m/min	Einstellung								
	Messung								
Fügekraft in N	Einstellung								
	Messung								
Schweißnahtprobe									
Probeschweißung		Nr.							
Probenahme aus der Naht		Nr.							
Bemerkung:									
Schweißer		Bauleiter/Vorarbeiter (Fachverlegefirma)				Fremdüberwacher			
Datum	Unterschrift	Datum	Unterschrift		Datum	Unterschrift			

Anhang Blatt 2: Schweißprotokoll für Auftragnähte

Schweißprotokoll für Auftragnähte								Nr.	
Bauvorhaben				Dichtungsbahn					
Verlegefirma				Hersteller					
Schweißer				Nennstärke in mm					
Schweißgerät				Rohstoff					
Naht-Nr.									
		Anfang	Ende	Anfang	Ende	Anfang	Ende	Anfang	Ende
Uhrzeit									
Witterungsbedingungen									
allgemein (Bewölkung/Wind)									
Lufttemperatur in °C									
rel. Luftfeuchte in %									
Zustand der Dichtungsbahnen									
Oberfläche									
Fügebereiche									
Oberflächentemperatur in °C									
Schweißzusatz									
Schweißparameter									
Extrudattemperatur in °C	Einstellung								
	Messung								
Heißlufttemperatur in °C	Einstellung								
	Messung								
Schweißnahtprobe									
Probeschweißung – Anfang	Nr.								
Probeschweißung – Ende	Nr.								
Bemerkung:									
Schweißer		Bauleiter/Vorarbeiter (Fachverlegefirma)				Fremdüberwacher			
Datum	Unterschrift	Datum	Unterschrift	Datum	Unterschrift	Datum	Unterschrift	Datum	Unterschrift

Anhang Blatt 4: Prüfprotokoll für Auftragnähte

Prüfprotokoll für Auftragnähte								Nr.	
Bauvorhaben:					Verlegefirma:				
Dichtungsbahn:					Nenndicke:	mm			
Fügeverfahren:					Naht Nr.:				
I. Äußere Beschaffenheit									
Station	Nahtverlauf	Wulstausbildung	Kerben und Riefen	Bemerkung					
II. Abmessungen (mm) $f_{NA} = d_N / (d_o + d_u)$									
									
Station	Ü	b _N	b _{N/2}	d _o	d _u	d _o + d _u	d _N	f _{NA}	Bemerkung
III. Versagensverhalten im Schälversuch ○ mit Kraftanzeige ○ ohne Kraftanzeige									
Station	Probenbreite (mm)	Höchstzugkraft (N)	Verformungs- und Versagensverhalten				Beurteilung	Bemerkung	
IV. Dichtigkeit									
Station	Vakuum			Hochspannung			Bemerkung		
	Unterdruck:		bar	Gerätetyp:					
	Zeitdauer:		s	Spannung:					
Prüfer				Bauleiter/Vorarbeiter (Fachverlegefirma)				Fremdüberwacher	
Datum		Unterschrift		Datum		Unterschrift		Datum Unterschrift	