

Einsprüche bis 31. Oktober 2010

Dieser Entwurf wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt. Ergänzungs- oder Änderungsvorschläge werden erbeten an den DVS e.V., Postfach 10 19 65, 40010 Düsseldorf.

Inhalt:

- 1 Geltungsbereich
- 2 Abdichtungselemente
 - 2.1 Dichtungsbahnen
 - 2.2 Profilbänder
 - 2.3 Befestigungselemente
- 3 Konstruktive Einzelheiten
 - 3.1 Nahtformen Dichtungsbahnen
 - 3.2 Verlegung Einbau
 - 3.2.1 Dichtungsbahnen
 - 3.2.2 Profilbänder
 - 3.2.3 Anschluss der Dichtungsbahnen an sonstige Bauteile
- 4 Schweißverfahren
 - 4.1 Allgemeine Hinweise
 - 4.2 Schweißparameter
 - 4.3 Ausführung der Schweißarbeiten
- 5 Schweißmaschinen und Schweißgeräte
 - 5.1 Anforderungen an Schweißmaschinen
 - 5.2 Anforderungen an Schweißgeräte
- 6 Baustellenprüfungen
 - 6.1 Art und Umfang der Prüfungen
 - 6.2 Prüfung auf äußere Beschaffenheit
 - 6.3 Prüfung der Abmessungen
 - 6.4 Prüfung der mechanischen Eigenschaften
 - 6.5 Prüfung auf Dichtigkeit
 - 6.5.1 Prüfung mit Druckluft
 - 6.5.2 Prüfung mit Vakuum
 - 6.5.3 Prüfung mit elektrischer Hochspannung
 - 6.6 Prüfprotokolle
- 7 Hinweise zu Nachbesserungen
- 8 Schrifttum
 - 8.1 Normen
 - 8.2 Regelwerke
 - 8.3 Literatur
- Anhang 1: Schweißprotokoll für Überlappnähte mit/ohne Prüfkanal
- Anhang 2: Schweißprotokoll für Auftragnähte
- Anhang 3: Prüfprotokoll für Überlappnähte mit Prüfkanal
- Anhang 4: Prüfprotokoll für Überlappnähte ohne Prüfkanal
- Anhang 5: Prüfprotokoll für Auftragnähte

1 Geltungsbereich

Diese Richtlinie gilt für das Schweißen von flexiblen, polymeren Dichtungsbahnen, die zur Herstellung von Abdichtungssystemen in

- Tunneln mit geschlossener und offener Bauweise,
- Schachtbauwerken,
- Kavernen,
- sonstigen erdumschlossenen Bauwerken in loser Verlegung angewendet werden.

Mit dieser Richtlinie soll den zuständigen Behörden, den Bauherren, den Planern, den Ausführenden und den Verantwortlichen

im Bereich der Qualitätssicherung eine Anleitung für die Durchführung der Schweißarbeiten und der Schweißnahtprüfungen auf der Baustelle gegeben werden. Sie ergänzt die Richtlinien des BMVBW (ZTV-ING) und der Deutschen Bahn AG (Ril 853) sowie die Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V. (EAG-EDT) für die Abdichtung von Tunnelbauwerken.

Die Richtlinie berücksichtigt besonders die hohen Anforderungen, die bei den Anwendungen in unterirdischen und erdüberdeckten Bauwerken an die Güte der Schweißverbindungen und damit an die werkstoff- und fachgerechte Ausführung zu stellen sind.

Die Richtlinie gibt Hinweise für die Verlegung und den Einbau, soweit diese einen Einfluss auf die Schweißtechnik haben können. Ferner werden die Verbindungen zwischen den polymeren Dichtungsbahnen und anderen polymeren Bauteilen behandelt.

2 Abdichtungselemente

2.1 Dichtungsbahnen

Dichtungsbahnen im Sinne dieser Richtlinie sind industriell (durch Extrusion oder Kalandrierung) gefertigte Kunststoffdichtungsbahnen mit hoher Flexibilität aus thermoplastischen Werkstoffen. Zur Herabsetzung von Schmelzpunkt, Dichte und Steifigkeit sowie zur Erhöhung der Spannungsrissbeständigkeit werden bevorzugt Werkstoffe verwendet, die aus

- thermoplastischen Polyolefinen (TPO/FPO),
- thermoplastischen Polyolefinen mit teil- oder unvernetzten Elastomerzusätzen (TPE-O),
- weichmacherhaltigem Polyvinylchlorid (PVC-P)

hergestellt werden.

Die relevanten Eigenschaften von Kunststoffdichtungsbahnen, das Verfahren der Konformitätsbewertung, der werkseigenen Produktionskontrolle und der CE-Kennzeichnung werden in der DIN EN 13491 festgelegt. Darüber hinaus gehende Festlegungen an die Qualität der Dichtungsbahnen ergeben sich aus den TL/TP-ING (Technische Lieferbedingungen und Technische Prüfvorschriften für Kunststoffdichtungsbahnen und zugehörige Fugenbänder), der Ril 853 sowie den EAG-EDT. Die Eignung für den jeweiligen Anwendungszweck ist durch Grundlagenprüfungen nach den entsprechenden Richtlinien sowie durch Vorlage eines gültigen Zertifikats nachzuweisen. Auf der Grundlage des Zertifikats sind die Dichtungsbahnen mindestens mit folgenden Angaben zu kennzeichnen:

- Hersteller,
- Produktbezeichnung,
- Technische Spezifikation, auf deren Grundlage das Zertifikat erteilt wurde (z. B. DIN EN 13491, TL/TP-ING, Ril 853),
- Werkstoffart,
- Herstellungszeitraum.

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.

Unabhängig von der Werkstoffart sowie der Zusammensetzung werden die Dichtungsbahnen ausschließlich durch Schweißen gefügt.

Die Dichtungsbahnen werden in der Regel in den für die Abwicklung am Bauwerk benötigten Längen geliefert. Die Bahnnenn-dicken betragen üblicherweise

- bei Abdichtungen gegen Sickerwasser ohne Wasserdruck 2 mm,
- bei Abdichtungen gegen Druckwasser 3 mm,
- in Sonderfällen 4 mm.

Die Oberfläche zur Tunnelinnenseite ist bei Abdichtungen in geschlossener Bauweise mit einer zusätzlichen, maximal 0,2 mm dicken Signalschicht aus artgleichem Werkstoff versehen. Die Oberfläche weist als Fügehilfe eine durchlaufende Schweißmarkierung entlang einer Längskante auf. Die Oberflächen der Kunststoffdichtungsbahnen sind glatt. Für besondere Anwendungen (z. B. doppellagige Abdichtungen) kann eine Seite strukturiert sein.

2.2 Profilbänder

Profilbänder werden bei der Herstellung von Abdichtungen von Tunnelbauwerken in offener und bergmännischer Bauweise eingesetzt.

Die Profilbänder sollen die gleiche Formmassenzusammensetzung wie die Kunststoffdichtungsbahnen aufweisen. Geringfügige Rezepturabweichungen zur Verbesserung der Herstellbarkeit sind zulässig.

Die Profilbänder müssen mit der Dichtungsbahn schweißbar sein. Die Schweißeignung (Kompatibilität) zwischen Kunststoffdichtungsbahn und Profilband ist durch Schweißversuche nachzuweisen.

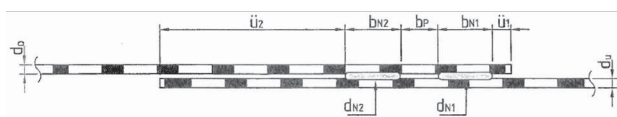
2.3 Befestigungselemente

Die Dichtungsbahnen werden mittels geeigneter Befestigungselemente so befestigt, dass sie beim Betonieren der Innenschale möglichst wenig auf Zug beansprucht werden. Die Fügechnik der punktuellen Verbindung der Dichtungsbahnen mit den Befestigungselementen (Rondellen) wird im Rahmen dieser Richtlinie nicht behandelt.

3 Konstruktive Einzelheiten

3.1 Nahtformen Dichtungsbahnen

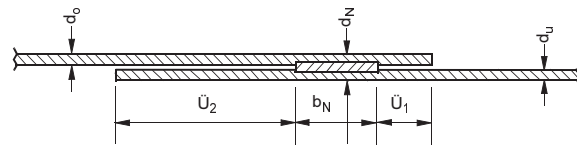
Die Dichtungsbahnen werden grundsätzlich überlappt verlegt (Überlappstoß). Bei den Fügenähten wird entsprechend Bild 1a bis 1c unterschieden in Überlappnähte mit und ohne Prüfkanal und in Auftragnähte.



- d_o = Dicke der oberen Bahn
- d_u = Dicke der unteren Bahn
- $\bar{u}_1$ = Überlappung vorne
- $\bar{u}_2$ = Überlappung hinten
- b_{N1} = Breite der vorderen Teilnaht
- b_{N2} = Breite der hinteren Teilnaht
- b_p = Breite des Prüfkanals
- d_{N1} = Dicke der vorderen Teilnaht
- d_{N2} = Dicke der hinteren Teilnaht

Bild 1a. Überlappnaht mit Prüfkanal.

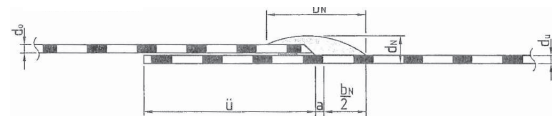
Die Überlappnähte mit Prüfkanal werden durch Heizkeilschweißen mit Schweißmaschinen hergestellt. Die Breite der Teilnähte muss jeweils mindestens 15 mm, die Breite des Prüfkanals mindestens 10 mm betragen.



- d_o = Dicke der oberen Bahn
- d_u = Dicke der unteren Bahn
- $\bar{u}_1$ = Überlappung vorne
- $\bar{u}_2$ = Überlappung hinten
- b_N = Breite der Naht
- d_N = Dicke der Naht

Bild 1b. Überlappnaht ohne Prüfkanal.

Überlappnähte ohne Prüfkanal werden überwiegend mit Handschweißgeräten in einer Breite von mindestens 30 mm erstellt. Die Bahnen werden zunächst mit Warmgas vorgeheftet. Bei diskontinuierlicher Arbeitsweise (mit handgeführter Andrückrolle) wird in zwei Arbeitsgängen, bei kontinuierlicher Arbeitsweise (mit mechanisch angetriebener Andrückrolle) in einem Arbeitsgang geschweißt.



- d_o = Dicke der oberen Bahn
- d_u = Dicke der unteren Bahn
- $\bar{u}$ = Überlappung
- b_N = Breite der Naht
- d_N = Dicke der Naht
- a = Außenmittigkeit, Versatz

Bild 1c. Auftragnäht.

Auftragnähte werden durch Warmgasextrusionsschweißen hergestellt. Die Breite der Auftragnäht muss mindestens 25 mm betragen. Die Abweichung der Lage der Nahtmitte muss, bezogen auf die Kante der oberen Dichtungsbahn, kleiner als 5 mm sein.

3.2 Verlegung/Einbau

3.2.1 Dichtungsbahnen

Die üblicherweise abgelängten Dichtungsbahnen sind ausschließlich nach den Transport- und Lagerrichtlinien der Hersteller zu transportieren und zu lagern sowie nach deren Einbaurichtlinien einzubauen.

Die Arbeiten dürfen nur von einschlägigen Fachbetrieben ausgeführt werden, die nachweislich in die fachgerechte Weiterverarbeitung eingewiesen und geschult wurden.

Vor Beginn der Bauausführung ist von dem ausführenden Fachbetrieb ein projektbezogenes Einbaukonzept vorzulegen.

Für das Schweißen sind ausschließlich nach Richtlinie DVS 2212-3 in den entsprechenden Untergruppen ausgebildete und geprüfte Fachkräfte einzusetzen.

Die Dichtungsbahnen werden überlappt verlegt mit einer Mindestüberlappung von 60 mm. Die Dichtungsbahnen sind generell so zu verlegen, dass Kreuzstöße vermieden und T-Stöße untereinander einen Abstand von mindestens 0,2 m aufweisen.

3.2.2 Profilbänder

Profilbänder sind ausschließlich nach den Transport- und Lagerrichtlinien der Hersteller zu transportieren und zu lagern. Insbesondere sind sie vor Beschädigung, Verschmutzung, Wärme und direkter Sonneneinstrahlung zu schützen. Eine kurzzeitige Lagerung bis zum Einbau kann auf der Transportverpackung erfolgen, bei längerfristiger Lagerung empfiehlt sich das flach liegende Auslegen der Anschlussbänder.

Profilbänder dürfen beim Einbau keine Deformationen oder Beschädigungen aufweisen, welche die spätere Funktionstüchtigkeit beeinträchtigen.

Der Einbau der Profilbänder ist im projektbezogenen Einbauplan darzustellen.

Die Profilbänder müssen mit der Dichtungsbahn schweißbar sein. Die Schweißeignung (Kompatibilität) zwischen Kunststoffdichtungsbahn und Anschlussband ist durch Schweißversuche nachzuweisen.

Die Schweißnähte sind visuell hinsichtlich äußerer Beschaffenheit sowie im Kurzzeitschälversuch zu prüfen.

3.2.3 Anschluss der Dichtungsbahnen an sonstige Bauteile

Die Dichtungsbahnen können durch Schweißen nur an Bauteile aus artgleichem Werkstoff angeschlossen werden.

Der Anschluss an Bauteile aus nicht artgleichem Werkstoff erfolgt über eine Los-/Festflanschkonstruktion (Brunnentöpfe) oder durch Adapter mit Klemmschellen (Injektionsstutzen).

4 Schweißverfahren

4.1 Allgemeine Hinweise

Als baustellengerechte Fügeverfahren für Dichtungsbahnen aus thermoplastischen Werkstoffen werden in der Regel das

- Heizkeilschweißen,
- Warmgasextrusionsschweißen,
- Warmgasschweißen

eingesetzt.

- Das Heizkeilschweißen wird mit Schweißmaschinen ausgeführt.
- Das Warmgasextrusionsschweißen wird mit Schweißgeräten ausgeführt.
- Das Warmgasschweißen wird mit handgeführten Schweißgeräten ausgeführt.

Diese Verfahren unterscheiden sich im Prinzip wie der Fügebereich erwärmt (plastifiziert) wird und auch in der Geometrie der erzeugten Schweißverbindung.

Wenn andere Schweißverfahren und Nahtgeometrien, als in dieser Richtlinie beschrieben, eingesetzt werden, muss vorher die Eignung besonders nachgewiesen werden.

4.2 Schweißparameter

Der Vorgang lässt sich mit den folgenden drei Schweißparametern beschreiben:

- Temperatur (Warmgas, Heizkeil, Extrudat),
- Schweißgeschwindigkeit,
- Kraft (Fügekraft).

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 Probe-

schweißungen auf die aktuellen Baustellenbedingungen abzustimmen.

4.3 Ausführung der Schweißarbeiten

Die Fügeflächen müssen trocken und frei von Verunreinigungen sein. Polyolefine Werkstoffe müssen mechanisch abgearbeitet werden, wenn nicht beim Schweißen z. B. durch den Heizkeil die durch Witterung und/oder Oxidation beeinflusste Schicht aus dem Bereich der Fügeflächen herausgedrückt wird.

Die Ausführungen von T-Stößen mit Schweißmaschinen verlangt eine besondere Vorbereitung des Schweißnahtbereichs. 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 die Dicke der Dichtungsbahn aufweisen.

Die Umgebungsbedingungen können den Schweißvorgang und damit die Qualität der Verbindung wesentlich beeinflussen.

Es ist folgendes zu beachten:

- Bei Nässe, bei Temperaturen unterhalb von +5°C sowie bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von mehr als 80% sind besondere Schutzvorkehrungen zu treffen. Die Wirksamkeit der jeweiligen Maßnahme ist gesondert nachzuweisen.
- Beim Warmgasextrusionsschweißen und beim Warmgasschweißen von Hand muss der Untergrund so beschaffen sein, dass er die erforderliche Gegenkraft für den Fügedruck aufnehmen kann.
- Bei allen Schweißverfahren müssen die Fügeflächen auf die für den jeweiligen Werkstoff erforderliche Schweißtemperatur gebracht werden.

Dabei sollen nur die oberflächennahen zu schweißenden Bereiche erwärmt werden, um die Wärmeausdehnung der Dichtungsbahnen im Fugebereich möglichst gering zu halten. In Tabelle 1 sind die Schweißverfahren mit ihren kennzeichnenden Merkmalen zusammengestellt.

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. Die Anhänge 1 und 2 zeigen Muster für Schweißprotokolle.

Heizkeilschweißen

Mit dem maschinellen Heizkeilschweißen von Dichtungsbahnen werden ausschließlich Überlappnähte mit Prüfkanal auf größeren Längen hergestellt. Es ist durch folgende Merkmale gekennzeichnet:

- Es wird ohne Schweißzusatz geschweißt.
- Die Fügeflächen werden durch direkten Kontakt mit dem elektrisch oder luftbeheizten Heizkeil erwärmt und aufgeschmolzen (plastifiziert).

Tabelle 1. Übersicht der Schweißverfahren.

Schweißverfahren	Geräte und Maschinen	Plastifizierung der Fügeflächen	Schweißzusatz	Nahtform	Einsatzbereiche
Heizkeilschweißen HH	Schweißmaschinen	Kontaktwärme (elektrisch oder luftbeheizter Heizkeil)	kein	Überlappnaht mit Prüfkanal	Regelnaht, große Nahtlängen
Warmgasschweißen WU	Handschweißgeräte (kontinuierlich oder diskontinuierliches Andrucksystem)	Konvektion (Warmgas)	kein	Überlappnaht ohne Prüfkanal	Heften, Nachbesserungen, Anschlussarbeiten, kurze Nahtlängen
Warmgasextrusionsschweißen WE	Handschweißgeräte	Konvektion (Warmgas)	Extrudat	Auftragnaht	Nachbesserungen, Anschlussarbeiten, kurze Nahtlängen

- Die Fügekraft wird unmittelbar nach dem Aufschmelzen der Fügeflächen aufgebracht.
- Die Schweißmaschinen sind mit einem beidseitig gleichwirkenden Andrucksystem zum Aufbringen der Fügekraft ausgerüstet.
- Schweißgeschwindigkeit, Heizkeiltemperatur bzw. Warmgastemperatur und Fügekraft müssen getrennt einstellbar sowie steuer- oder regelbar sein.
- Heizkeiltemperatur bzw. Warmgastemperatur, Fügekraft und Schweißgeschwindigkeit werden entsprechend dem Bahnwerkstoff, der Bahndicke und den äußeren Bedingungen eingestellt.

Warmgas-Handschiessen

- Es wird ohne Schweißzusatz geschweißt.
- Die Fügeflächen werden durch Warmgas (Luft) erwärmt und aufgeschmolzen.
- Die Fügekraft wird unmittelbar nach Aufschmelzen der Fügeflächen von Hand aufgebracht.
- Warmgastemperatur muss stufenlos einstellbar sowie regelbar sein.

Warmgasextrusionsschweißen (WE)

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

- Der Schweißzusatz wird in einer Plastifiziereinheit (Extruder) plastifiziert und als Strang über die Düse und den Schweißschuh aufgebracht.
- Die Fügeflächen werden durch Warmgas (Luft) erwärmt und aufgeschmolzen.
- Der Fügedruck wird beim Aufbringen des Schweißzusatzes über den Schweißschuh aufgebracht.
- Es wird mit einem Schweißzusatz aus artgleichem Grundmaterial geschweißt.
- Extrudattemperatur und Warmgastemperatur müssen getrennt regelbar sein.

Das Warmgasextrusionsschweißen von Hand ist auf kleine Nahtlängen, schwer zugängliche Nahtbereiche, spezielle Anschlüsse und Nachbesserungsarbeiten zu beschränken.

Der vom Extruder im Schweißschuh entwickelte Masseschub schiebt das Gerät vorwärts und bestimmt die Schweißgeschwindigkeit. Der Fügedruck ist so aufzubringen, dass möglichst kein Extrudat zur Seite austritt.

Als Schweißzusatz ist die gleiche Formmasse wie beim Bahnenmaterial zu verwenden. Bei Abweichungen ist die Schweißeignung nachzuweisen. Die Auftragnahse soll zu den Rändern hin flach und nahezu ohne Wulst auslaufen.

Die Stirnfläche der oberen Dichtungsbahn ist im Winkel von etwa 45° anzuschragen. Um ein Auseinanderlaufen der überlappten Bahnen zu vermeiden, werden sie vor dem Schweißen mit Warmgas geheftet. Der plastifizierte Schweißzusatz wird, unmittelbar nachdem die Fügeflächen die Schweißtemperatur erreicht haben, kontinuierlich aufgebracht.

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

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. Das Aufbringen der Fügekraft erfolgt manuell. Sie werden vornehmlich für das Heften oder bei kürzeren Nahtlängen, bei schwer zugänglichen Nahtbereichen sowie bei Nachbesserungsarbeiten eingesetzt.

Bei allen Schweißverfahren müssen mit den jeweiligen Schweißmaschinen und Schweißgeräten unter Baustellenbedingungen durchgehend werkstoff- und anforderungsgerechte Nahtqualitäten erzielt werden können.

Im Hinblick auf die Nahtqualität ist im Einzelnen zu gewährleisten:

- dass die thermische und mechanische Beanspruchung des zu schweißenden Werkstoffs beim Schweißen gering bleibt,
- dass eine ausreichende Fügefesteigkeit bei guter Verformungsfähigkeit des Nahtbereichs erreicht wird,
- dass die Schweißnahtabmessungen in den vorgegebenen Grenzen liegen.

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

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,
- Schutz gegenüber Feuchtigkeit und Schmutz,
- Gewicht so minimal wie möglich,
- Handgriffe und Bedienungselemente müssen ergonomisch ausgebildet und vor Fehlmanipulationen geschützt werden,
- sichere Funktionsfähigkeit im vorgesehenen Temperatureinsatzbereich,
- leichte Zugänglichkeit aller Bauteile zur notwendigen Reinigung und Wartung,
- einfache Handhabung bei Inbetriebnahme und während des Betriebs,
- die Maschinen und Geräte müssen den Sicherheitsvorschriften entsprechen und, soweit gesetzlich vorgeschrieben, mit den jeweiligen Prüfzeichen versehen sein,
- 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.

5.1 Anforderungen an Schweißmaschinen

Schweißmaschinen für das kontinuierliche Heizkeil- und Warmgasschweißen bestehen aus einem Grundgerät, den Funktionselementen für die Schweißparameter Temperatur, Fügekraft und Geschwindigkeit.

- Grundgerät zur Aufnahme der einzelnen Funktionselemente,
- Temperiersystem zum Einbringen der Wärmeenergie in die Fügeebene,
- Antriebsystem zum Vortrieb der Schweißmaschine,
- Andrucksystem zum Aufbringen der Fügekraft,
- Funktions- und Prozess-Überwachung (optional).

Temperiersystem

Das Temperiersystem muss so ausgelegt sein, dass es abgestimmt auf die Schweißgeschwindigkeit eine ausreichende Schweißtemperatur im Fügebereich gewährleistet. Über die Breite der Fügefläche sollte die Temperaturverteilung gleichmäßig sein.

Warmgassystem

Die Warmgastemperatur muss bis zu einer Temperatur von mindestens 550°C stufenlos eingestellt, mit einer maximalen Abweichung von $\pm 10^\circ\text{C}$ geregelt sowie konstant gehalten werden

können. Die Wärmegasmenge muss unabhängig von den übrigen Verfahrensparametern ausreichend konstant gehalten werden können.

Heizkeilsystem

Die Heizkeiltemperatur muss bis zu einer Temperatur von 420°C stufenlos eingestellt und beim Schweißen auf $\pm 5^\circ\text{C}$ geregelt werden können. Unabhängig davon sollte die Heizkeiltemperatur als Regelgröße so nahe wie möglich an der Oberfläche des Heizkeils dort gemessen werden, wo die Dichtungsbahn den Kontakt mit dem Heizkeil verliert.

Antriebsystem

Das Antriebsystem muss so ausgelegt sein, dass die jeweils eingestellte Schweißgeschwindigkeit lastunabhängig innerhalb der zulässigen Toleranzen konstant bleibt. Die Schweißgeschwindigkeit muss stufenlos oder in ausreichend feiner Abstufung eingestellt, durchgehend auf $\pm 5\text{ cm/min}$ konstant gehalten werden können.

Andrucksystem

Die Fügekraft muss auf die Dicke der Dichtungsbahnen stufenlos oder in ausreichend feiner Abstufung eingestellt, in den zulässigen Toleranzen von $\pm 100\text{ N}$ konstant gehalten werden können. Das Andrucksystem muss gegenüber Dickenschwankungen des Materials (z. B. T-Stoß) 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 einer Nahtlänge soweit sichern, dass die Differenz der Fügekräfte zwischen beiden Teilnähten auf etwa 0,1 mm beschränkt bleibt.

Funktions- und Prozess-Überwachung

Die Maschinen sollen mittels Funktionsüberwachung dem Bediener die Einsatzbereitschaft anzeigen. Durch die Anzeige der Leistungsabgabe Heizleistung und Maschinenvorschub, kann in Bezug von festgelegten Grundwerten anhand der Probenahrt, die Maschinenbelastung sowie die Netzversorgung kontinuierlich überwacht werden.

Falls Unregelmäßigkeiten bei der Netzversorgung oder Beschädigungen an Maschinenelementen wie Heizelementen, Heizkeilen, Lagern, Ketten, Fahrgestellen etc. auftreten, kann dies aufgrund einer Veränderung der Leistungsaufnahme sofort erkannt werden.

5.2 Anforderungen an Schweißgeräte

Wärmgasschweißen

Schweißgeräte für das Wärmgasschweißen bestehen aus einem Heizsystem mit Regeleinheit zum Wärmen der Fügeflächen mittels Warmgas. Die Wärmgastemperatur muss bis zu einer Temperatur von mindestens 600°C stufenlos eingestellt und mit einer maximalen Abweichung von $\pm 10^\circ\text{K}$ geregelt sowie konstant gehalten werden können.

Grundsätzlich gelten für Geräte dieselben Anforderungen wie für Schweißmaschinen.

Warmgasextrusionsschweißen

Schweißgeräte für das Warmgasextrusionsschweißen bestehen aus folgenden Funktionselementen:

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

Vorwärmesystem

Die Regelung der Wärmgastemperatur und die Einstellung der Wärmegasmenge müssen unabhängig vom Temperiersystem für das Plastifiziersystem möglich sein. Die Wärmgastemperatur muss bis zu einer Temperatur von mindestens 350°C stufenlos eingestellt und mit einer maximalen Abweichung von $\pm 10^\circ\text{K}$ geregelt sowie konstant gehalten werden können.

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 zu berücksichtigen.

6 Baustellenprüfungen

6.1 Art und Umfang der Prüfungen

In diesem Abschnitt werden die Prüfungen behandelt, die bei der Bauausführung vor Ort an den Schweißnähten durchzuführen sind. Sie dienen zusätzlich bei den Probeschweißungen zur Einstellung der Schweißparameter.

Alle Baustellenprüfungen sind im Rahmen der Eigenüberwachung durch den ausführenden Fachbetrieb durchzuführen. Die Ergebnisse sind vollständig und prüfbar in Prüfprotokollen entsprechend Anhang 3 bis 5 zu dokumentieren.

Im Rahmen einer vom Bauherrn zu beauftragenden Fremdüberwachung wird die Eigenüberwachung durch qualifizierte Prüfinstitute oder Sachverständige überprüft sowie durch Kontrollprüfungen auf der Baustelle und zusätzliche Prüfungen im Labor ergänzt.

Art und Umfang der Baustellenprüfungen sind in Tabelle 2 zusammengefasst und nachfolgend beschrieben:

Tabelle 2. Art und Umfang der Baustellenprüfungen.

Qualitätskriterium	Prüfverfahren	Prüfumfang	
		Eigenüberwachung	Fremdüberwachung
äußere Beschaffenheit	visuell + Schraubendreher	durchgehend	durchgehend
Abmessungen Querschnitt	visuell (Gleichmäßigkeit)	alle Probeschweißungen und Stichproben	Stichproben
Nahtdicke	mechanisch	alle Probeschweißungen	Stichproben
Mechanische Eigenschaften	Schälversuch	alle Probeschweißungen	alle Probeschweißungen und Stichproben (Sonderfälle)
Dichtigkeit der Nähte	Druckluft elektrische Hochspannung	durchgehend	Stichproben
	Vakuum	Stichproben	

6.2 Prüfung auf äußere Beschaffenheit

Die vorgenannten Prüfungen ergänzen sich nach Art und Umfang gegenseitig. Eine Aussage über die Qualität einer Naht mit einem Prüfverfahren allein ist nicht möglich.

Die äußere Beschaffenheit wird durch Inaugenscheinnahme geprüft. Es wird in erster Linie die handwerkliche Ausführung der Naht beurteilt. Unter Zuhilfenahme eines Prüfwerkzeugs (abgewinkelter Schraubendreher) können ungefügte Bereiche nachgewiesen werden.

Es werden alle Nahtbereiche beurteilt. Mit dem Prüfwerkzeug wird die Naht punktförmig von den Nahtkanten aus auf Bindefehler hin untersucht. An Fehlstellen dringt das Prüfwerkzeug ein.

Die visuelle Prüfung bezieht sich im Einzelnen auf folgende Merkmale:

- Form und Gleichmäßigkeit des Nahtverlaufs,
- mittige Lage und gleichmäßige Randbereiche,
- Kerben und Riefen im Nahtbereich,
- mittige Lage und gleichmäßige, möglichst wulstfreie Randbereiche bei Auftragnähten,
- glatte und schlierenfreie Oberfläche bei Auftragnähten.

Die äußere Beschaffenheit der Naht ist einwandfrei, wenn sie keine Unregelmäßigkeiten und Fehlstellen aufweist. Örtlich begrenzte Unregelmäßigkeiten in geringem Umfang, Kerben und Riefen mit flachen Übergängen und bis zu einer Tiefe von 0,2 mm mindern die Gebrauchsfähigkeit einer Naht nicht. Bei größeren und häufig auftretenden Unregelmäßigkeiten sowie bei Fehlstellen sind die entsprechenden Nahtbereiche nachzubessern.

Um Unklarheiten während der Bauausführung zu vermeiden, empfiehlt es sich, die Kriterien für die äußere Beschaffenheit jeweils vor Baubeginn an Hand von Schweißmustern festzulegen.

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

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

Es können alle Nahtformen geprüft werden. Die Nahtabmessungen geben Hinweise zur Einstellung der Verfahrensparameter im Rahmen von Probeschweißungen. Sie erlauben Rückschlüsse auf das gleichmäßige Einhalten der Verfahrensparameter beim Schweißen.

Die Messungen sind mit geeigneten Messwerkzeugen vorzunehmen, Dickenmessungen werden mit Messwerkzeugen in Anlehnung an DIN 53370 vorgenommen.

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

- $\ddot{u}$ = gesamte Überlappung
- $\ddot{u}_1$ = Überlappung vorn
- $\ddot{u}_2$ = Überlappung hinten
- d_o = Dicke der oberen Bahn
- d_u = Dicke der unteren Bahn
- b_N = gesamte Breite der Naht
- b_{N1} = Breite der vorderen Teilnaht
- b_{N2} = Breite der hinteren Teilnaht
- b_p = Breite des Prüfkanals
- d_N = Dicke der Naht
- d_{N1} = Dicke der vorderen Teilnaht
- d_{N2} = Dicke der hinteren Teilnaht
- a = Außermittigkeit, Versatz (bei Auftragnähten)

Damit lässt sich das maßgebende Beurteilungskriterium für die Nahtdicke bestimmen:

$$\Delta d_N = \text{Fügeweg (Dickenänderung für die Überlappnaht)} \\ = (d_o + d_u) - d_N$$

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

Es ist nachzuweisen, dass die Nahtabmessungen folgenden Anforderungen genügen:

- die Nahtbreiten eingehalten werden,
- die Nahtdicken über die Nahtlänge und Nahtbreite gleichmäßig sind und in den Bereichen liegen, die für die Werkstoffdicke und die Nahtform einzuhalten sind:

$$0,0 < \Delta d_N < 0,60 \text{ und}$$

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

$$1,25 \leq f_{NA} \leq 1,5 \text{ für Auftragnähte}$$

Mit den Abmessungen werden Hinweise auf die Einstellung der Fügeparameter und deren Gleichmäßigkeit gegeben. Aussagen zur Dichtigkeit der Naht sind nicht, zur Festigkeit nur bedingt möglich.

6.4 Prüfung der mechanischen Eigenschaften

Die mechanischen Eigenschaften (Festigkeit, Verformungs- und Versagensverhalten) werden durch Kurzzeitzugversuche qualitativ nachgewiesen. Diese Baustellenprüfungen werden im Rahmen der Eigenüberwachung vornehmlich an Probekörpern aus den Probeschweißungen durchgeführt. Sie müssen im Rahmen der Fremdüberwachung durch normgerechte Prüfungen im Labor ergänzt werden.

Der Zugscherversuch in Anlehnung an DVS 2226-2 sowie der Schälversuch in Anlehnung an DVS 2226-3 können an allen Nahtformen durchgeführt werden. Die Schweißverbindungen werden entsprechend der tatsächlichen Ausführung geprüft. Es werden mindestens drei streifenförmige Probekörper in einer Breite von 15 mm verwendet. Der Probekörper wird so eingespannt, dass die Naht mittig und senkrecht zur Zugrichtung angeordnet ist. Die Einspannlänge (Klemmenabstand) beim Zugscherversuch sollte 100 mm zuzüglich Nahtbreite betragen. Die Einspannlänge und der Klemmenabstand beim Schälversuch sind nach Bild 1 und 3 der DVS 2226-3 einzuhalten.

Die Prüfgeschwindigkeit beträgt 50 mm/min.

Der Versuch muss bis zum Bruch bzw. deutlich über die Streckgrenze hinaus gefahren werden.

Das Ergebnis dient zur qualitativen Beurteilung des Verformungs- und Versagensverhaltens der Schweißverbindung. Weiterhin kann bei entsprechender Geräteausrüstung die Festigkeit der Verbindung ermittelt werden.

Im Zugscherversuch muss die Verstreckung/Bruch im Übergangsbereich oder im Grundmaterial außerhalb des Nahtbereichs erfolgen. Der Kurzzeit-Fügefaktor f_z muss mindestens 0,6 betragen.

Im Schälversuch ist Aufschälen zulässig, falls der Schälwiderstand R_S größer als 6 N/mm erreicht wird.

6.5 Prüfung auf Dichtigkeit

Bei der durchgehenden Prüfung der Nähte auf Dichtigkeit sind folgende Prüfverfahren anzuwenden:

- **Überlappnähte mit Prüfkanal**
Prüfung mit Druckluft
- **Überlappnähte ohne Prüfkanal**
Prüfung mit elektrischer Hochspannung
Prüfung mit Vakuum
- **Auftragnähte**
Prüfung mit elektrischer Hochspannung
Prüfung mit Vakuum

6.5.1 Prüfung mit Druckluft

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

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

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

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. Das andere Ende der Naht (Nahtende) wird luftdicht z. B. durch Warmgasschweißen oder Klemmeinrichtungen verschlossen.

Der eigentliche Prüfdruck von 3 bar (Bahnen auf Polyethylenbasis) bzw. 2 bar (Bahnen aus PVC-P) wird erst nach etwa einminütiger Vorbeanspruchung eingestellt, um Anfangsverformungen zu konditionieren. Dabei kann diese Vorbeanspruchung höher als der endgültige Prüfdruck sein.

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.

Der Druck am Anfang und am Ende der Prüfzeit wird protokolliert.

Die Naht gilt als dicht, wenn der Druck im Prüfkanal innerhalb der vorgegebenen Prüfdauer um nicht mehr als 10% des Ausgangswertes abfällt.

Die Druckluftprüfung ist eine Dichtigkeitsprüfung unter definierter mechanischer Beanspruchung. Die geringe mechanische Beanspruchung bei der Prüfung lässt nur bedingt Rückschlüsse auf die Nahtfestigkeit zu.

6.5.2 Prüfung mit Vakuum

Die Prüfung erfolgt mit durchsichtigen, unterschiedlich geformten Prüflocken, die mit einer Vakuumpumpe verbunden sind. Die Glocken weisen am Rand einen umlaufenden Anpressdichtring auf, damit der Prüfbereich luftdicht abgeschlossen werden kann.

Mit der Vakuumprüfung können zerstörungsfreie Dichtigkeitsprüfungen von Schweißnähten schrittweise ausgeführt werden. An Kehlen, Kanten und Ecken werden entsprechend geformte Glocken verwendet.

Der zu prüfende Nahtbereich ist mit einer blasenbildenden Flüssigkeit, z. B. Seifenlauge einzustreichen bzw. einzusprühen. Anschließend wird die Glocke aufgesetzt und so angedrückt, dass die zu prüfende Naht etwa mittig zur Achse der Vakuumglocke liegt und der Unterdruck von etwa 0,5 bar aufgebracht ist. Der Prüfdruck muss mindestens 10 s konstant gehalten werden.

Beim Versetzen der Glocke ist eine Überschneidung der Prüfbereiche von etwa 10 cm einzuhalten. Der Prüfdruck wird am Manometer angezeigt. Das Manometer muss der Genauigkeitsklasse 1,6 nach DIN EN 472 entsprechen. Der Messbereich soll nicht größer als der 2fache Prüfdruck und die Skalierung nicht größer als 0,1 bar sein.

Die Naht gilt als dicht, wenn sich der Unterdruck zügig aufbaut, über der Prüfzeit konstant bleibt und in der Naht keine Blasenbildung auftritt. Auftretende Blasen sind ein Hinweis auf Undichtigkeiten.

Die Vakuumprüfung ist eine Dichtigkeitsprüfung unter definierter mechanischer Beanspruchung. Diese mechanische Beanspruchung lässt keine Rückschlüsse auf die Nahtfestigkeit zu.

6.5.3 Prüfung mit elektrischer Hochspannung

Das Prüfverfahren beruht auf dem Prinzip der Gasentladung beim Anlegen einer elektrischen Hochspannung an eine Entladungsstrecke. Das Prüfgerät besteht aus einer Hochspannungsquelle (Wechselspannung von 60 kV) und einer Elektrode. In der Praxis haben sich Kugelelektroden als aussagefähiger als Bürstenelektroden erwiesen. Das Verfahren setzt eine Gegenelektrode aus leitendem Material an der Rückseite der Naht voraus.

Grundsätzlich lassen sich mit diesem Verfahren alle Nahtformen durchgehend auf Dichtigkeit prüfen.

Der Nahtbereich muss trocken und frei von Verunreinigungen sein. Bei einem geschlossenen Feuchtigkeitsfilm ist die Prüfung nicht möglich. Schmutzpartikel können eine Isolierschicht bilden und die Prüfung beeinträchtigen.

Vor Beginn der Prüfung ist die Schlagweite von der Geräteelektrode zur Gegenelektrode (Kupferdraht, Metallfolie, leitfähiges PE ...) in Luft und auf trockener Tafeloberfläche bei der Prüfspannung zu ermitteln. Die Schlagweite ergibt die Strecke, die eine Undichtigkeit maximal lang sein darf, damit sie erkannt werden kann. Höhere Luftfeuchtigkeiten und feuchtere Oberflächen vergrößern die Schlagweite.

Die Kugelelektrode wird mit einer Geschwindigkeit von 2 bis 3 m/min über die Naht geführt. Bei Undichtigkeiten tritt ein Funkenüberschlag auf, der sichtbar und hörbar ist.

Wenn kein Funkenüberschlag auftritt, gilt die Naht als dicht. Die Grenzen des Verfahrens liegen darin, dass nur Undichtigkeiten nachgewiesen werden können, deren Länge innerhalb der Schlagweite liegt.

6.6 Prüfprotokolle

Die Ergebnisse der Baustellenprüfungen sind in Prüfprotokollen (Beispiele siehe Anhang 3 bis 5) festzuhalten.

Die 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

Die Nachbesserungen sind nach den Einbaurichtlinien der Hersteller vorzunehmen. Im Rahmen dieser Richtlinie werden ergänzend dazu nur allgemeine Hinweise gegeben.

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 Fügearbeiten im Rahmen der Nachbesserungen sind jeweils entsprechend Abschnitt 4 dieser Richtlinie auszuführen.

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

– Nachbessern mit Bahnzuzuschnitten

Bei größeren fehlerhaften Nahtbereichen und durchgehenden Fehlstellen (Löchern) sind Bahnenstücke oder -streifen aufzubringen. Diese Bahnzuzuschnitte müssen mindestens 10 cm über die jeweiligen Fehlerbereiche hinausgehen und sind mit Warmgasschweißen oder Warmgasextrusionsschweißen über dem Fehlstellenbereich aufzubringen.

– Nachbessern von Nähten auf voller Länge

Durchgehend fehlerhafte Nähte und solche mit durchgehenden Unregelmäßigkeiten sind entweder neu zu fügen oder, auf voller Länge mit einem mindestens 0,5 m breiten Bahnenstreifen, der beidseitig fachgerecht mittels Warmgasextrusionsschweißen oder Warmgasschweißung gefügt wird, abzudecken.

Alternativ kann die Naht komplett herausgeschnitten, ein umlaufender Streifen neu eingesetzt und beidseitig mittels Schweißmaschinen gefügt werden.

Die durchgeführten Nachbesserungen sind zu protokollieren.

8 Schrifttum

8.1 Normen

- DIN EN 13491 Geosynthetische Dichtungsbahnen – Eigenschaften, die für die Anwendung beim Bau von Tunneln und Tiefbauwerken erforderlich sind
- DIN EN 472 Druckmessgeräte – Begriffe
- DIN 53370 Prüfung von Kunststofffolien – Bestimmung der Dicke durch mechanische Abtastung

8.2 Regelwerke

- DVS 2207-4 Schweißen von thermoplastischen Kunststoffen – Extrusionsschweißen von Rohren, Rohrleitungsteilen und Tafeln – Verfahren, Anforderungen
- DVS 2211 Schweißen von thermoplastischen Kunststoffen – Schweißzusätze – Kennzeichnung, Anforderungen, Prüfungen
- DVS 2212-3 Prüfung von Kunststoffschweißern – Prüfgruppe III – Bahnen im Erd- und Wasserbau
- DVS 2226-2 Prüfen von Fügeverbindungen an Dichtungsbahnen aus polymeren Werkstoffen – Zugversuch
- DVS 2226-3 Prüfung von Fügeverbindungen an Dichtungsbahnen aus polymeren Werkstoffen – Schälversuch

8.3 Literatur

- EAG-EDT Empfehlungen zu Dichtungssystemen im Tunnelbau, Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V. (DGGT)
- Ril 853 Eisenbahntunnel planen, bauen und instandhalten; Modul 10: Abdichtung und Entwässerung
- TL/TP-KDB Technische Lieferbedingungen und Technische Prüfvorschriften für Kunststoffdichtungsbahnen und zugehörige Fugenbänder; TL/TP KDB
- ZTV-ING Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten; ZTV-ING; Teil 5 Tunnelbau; Abschnitt 5: Abdichtung

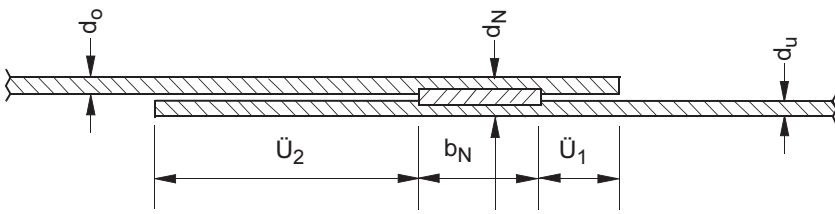
Anhang 2: Schweißprotokoll für Auftragnähte

Schweißprotokoll für Auftragnähte								Nr.	
Bauvorhaben				Dichtungsbahn					
Verlegefirma				Hersteller					
Schweißer				Nenndicke in mm					
Schweißgerät				Rohstoff					
Schweißnaht-Nr.									
	Anfang	Ende	Anfang	Ende	Anfang	Ende	Anfang	Ende	
Uhrzeit									
Witterungs-, Umgebungsbedingungen									
allgemein									
Lufttemperatur in °C									
rel. Luftfeuchte in %									
Zustand der Dichtungsbahnen									
Oberfläche allgemein									
Schweißbereich									
Oberflächentemperatur									
Schweißzusatz									
Schweißparameter									
Extrudattemperatur in °C	Einstellung								
	Messung								
Heißlufttemperatur in °C	Einstellung								
	Messung								
Schweißnahtprobe									
Probeschweißung – Anfang	Nr.								
Probeschweißung – Ende	Nr.								
Bemerkung:									
Schweißer		Bauleitung (Auftraggeber)			Fremdüberwacher				
Datum	Unterschrift	Datum	Unterschrift	Datum	Unterschrift	Datum	Unterschrift		

Anhang 3: Prüfprotokoll für Überlappnähte mit Prüfkanal

Prüfprotokoll für Überlappnähte mit Prüfkanal										Nr.			
Bauvorhaben:				Verleger:									
Dichtungsbahn:				Nennstärke:		mm							
Fügeverfahren:				Schweißnaht Nr.:									
I. Äußere Beschaffenheit													
Station	Nahtverlauf		Wulstausbildung		Kerben und Riefen		Bemerkung						
II. Abmessungen (mm)													
$\Delta d_{N1} = (d_o + d_u) - d_{N1}$ $\Delta d_{N2} = (d_o + d_u) - d_{N2}$													
Station	Ü ₁	Ü ₂	b _{N1}	b _{N2}	b _P	d _o	d _u	d _o + d _u	d _{N1}	d _{N2}	Δd _{N1}	Δd _{N2}	Bemerkung
III. Versagensverhalten im Schälversuch ○ mit Kraftanzeige ○ ohne Kraftanzeige													
Station	Probenbreite (mm)		Höchstzugkraft (N)		Verformungs- und Versagensverhalten				Beurteilung		Bemerkung		
IV. Dichtigkeit – Druckluftprüfung													
Station	Prüfparameter: Druck: ____ bar		Dauer: ____ min		Temperatur der Bahn: ____ °C		Druckabfall: < 10%						
	Breite b _P	Prüfbeginn		Prüfende		Differenz		Bemerkung					
		Uhrzeit	bar	Uhrzeit	bar	bar	Zeit						
Datum		Verleger		Bauleitung (Auftraggeber)				Fremdüberwacher					
Unterschrift													

Anhang 4: Prüfprotokoll für Überlappnähte ohne Prüfkanal

Prüfprotokoll für Überlappnähte ohne Prüfkanal							Nr.		
Bauvorhaben:				Verleger:					
Dichtungsbahn:				Nennstärke:	mm				
Fügeverfahren:				Schweißnaht Nr.:					
I. Äußere Beschaffenheit									
Station	Nahtverlauf	Wulstausbildung	Kerben und Riefen	Bemerkung					
II. Abmessungen (mm) $\Delta d_N = (d_o + d_u) - d_N$ 									
Station	Ü ₁	Ü ₂	b _N	d _o	d _u	d _o + d _u	d _N	Δd _N	Bemerkung
III. Versagensverhalten im Schälversuch ☐ mit Kraftanzeige ☐ ohne Kraftanzeige									
Station	Probenbreite (mm)	Höchstzugkraft (N)	Verformungs- und Versagensverhalten				Beurteilung	Bemerkung	
IV. Dichtigkeit									
Station	Vakuum								
	Unterdruck:	Gerätetyp:				Unterdruck:		Gerätetyp:	
	Zeitdauer:	Spannung:		Zeitdauer:	Spannung:		Zeitdauer:	Spannung:	
Datum	Verleger			Bauleitung (Auftraggeber)			Fremdüberwacher		
Unterschrift									

Anhang 5: Prüfprotokoll für Auftragnähte

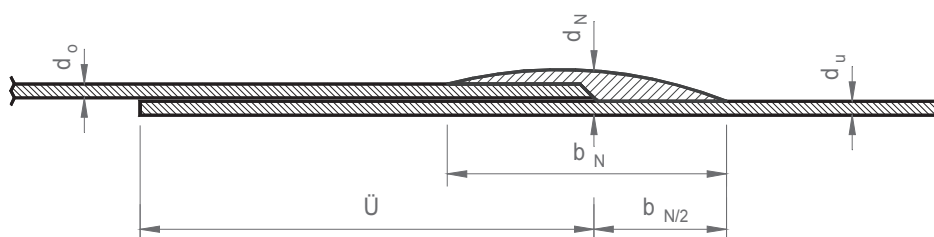
Prüfprotokoll für Auftragnähte			Nr.
Bauvorhaben:		Verleger:	
Dichtungsbahn:		Nennstärke:	mm
Fügeverfahren:		Schweißnaht Nr.:	

I. Äußere Beschaffenheit

Station	Nahtverlauf	Wulstausbildung	Kerben und Riefen	Bemerkung

II. Abmessungen (mm)

$$f_{NA} = d_N / (d_o + d_u)$$



Station	$\ddot{U}$	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:	kV	
		Verleger	Bauleitung (Auftraggeber)	Fremdüberwacher	
Datum					
Unterschrift					