

Inhalt:

- 1 Geltungsbereich
- 2 Dichtungsbahnen
- 3 Nahtformen
- 4 Baustellenprüfungen
 - 4.1 Art und Umfang der Prüfungen
 - 4.2 Prüfung der äußeren Beschaffenheit
 - 4.3 Prüfung der Abmessungen
 - 4.4 Prüfung auf Festigkeit
 - 4.5 Prüfung auf Dichtigkeit
 - 4.6 Prüfprotokolle
- 5 Hinweise zu Nachbesserungsarbeiten
- 6 Zu beachtende DIN-Normen

1 Geltungsbereich

Diese Richtlinie gilt für die Baustellenprüfungen der durch Schweißen, Kleben oder Vulkanisieren hergestellten Fügenähte bei Dichtungssystemen mit Dichtungsbahnen aus polymeren Werkstoffen im Erd- und Wasserbau, bei Deponieabdichtungen und sonstigen Grundwasserschutzmaßnahmen.

Diese Richtlinie soll den zuständigen Behörden, den Auftraggebern, den Ausführenden und den Prüfern als Anleitung für die durchzuführenden Baustellenprüfungen dienen.

Mit dieser Richtlinie soll die fachgerechte Prüfung der Fügenähte auf der Baustelle sichergestellt werden.

Teil 1 dieser Richtlinie behandelt die Fügeverfahren Schweißen, Kleben und Vulkanisieren.

2 Dichtungsbahnen

Dichtungsbahnen für die genannten Anwendungen werden auf der Basis von Thermoplasten und Elastomeren hergestellt:

Thermoplaste

- | | |
|---------------------------------|-------|
| - Polyvinylchlorid weich | PVC-P |
| - Polyethylen hoher Dichte | PE-HD |
| - Polyethylen niedriger Dichte | PE-LD |
| - chloriertes Polyethylen | PE-C |
| - Ethylen-Copolymerisat-Butumen | ECB |
| - Ethylen-Vinylacetat | E/VA |

Dichtungsbahnen aus Thermoplasten bestehen aus unvernetzten Makromolekülen, sie können durch Wärme plastifiziert und somit durch Schweißen gefügt werden. Einige, zum Beispiel PVC-P, lassen sich durch Lösemittel auflösen und können somit auch durch Kleben gefügt werden.

Elastomere

- | | |
|---|------|
| - Butylkautschuk | IIR |
| - Ethylen-Propylen-Terpolymer-Kautschuk | EPDM |
| - Polychloropren-Kautschuk | CR |

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 Deutschen Verbandes für Schweißtechnik e.V. und derjenigen, die an der Ausarbeitung beteiligt waren, ist ausgeschlossen.

- | | |
|-----------------------------------|-----|
| - Nitril-Butadien-Kautschuk | NBR |
| - chlorsulfonisiertes Polyethylen | CSM |

Dichtungsbahnen aus Elastomeren bestehen aus Makromolekülen, die durch Vulkanisation weitmaschig vernetzt sind. Sie können nicht plastifiziert werden. Ihr wichtigstes Merkmal ist die Gummielastizität, die auch bei tiefen Temperaturen weitgehend erhalten bleibt.

Dichtungsbahnen werden endlos, in Breiten von 1 bis 12 m und in Dicken von 2 bis 5 mm hergestellt.

In den jeweiligen anwendungsbezogenen Regelwerken sind Mindestdicken festgelegt.

Die Oberflächen können glatt oder strukturiert sein. Die Bahnen können homogen (aus einem Werkstoff) oder mehrlagig aufgebaut sein. Sie können verstärkende Einlagen (zum Beispiel Gewebe), Kaschierungen (zum Beispiel Vliese) oder Metallfolieneinlagen aufweisen.

3 Nahtformen

Die Dichtungsbahnen werden grundsätzlich überlappt verlegt (Überlappstoß). Bei den Fügenähten sind nach Bild 1 zu unterscheiden:

- Überlappnähte ohne Prüfkanal (Einzelnah)
- Überlappnähte mit Prüfkanal (Doppelnah)
- Auftragnähte

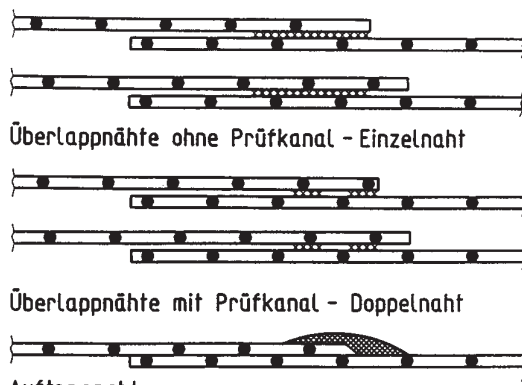


Bild 1. Nahtformen - Prinzipskizzen.

4 Baustellenprüfungen**4.1 Art und Umfang der Prüfungen**

Im Rahmen dieser Richtlinie werden ausschließlich die Prüfungen behandelt, die bei der Bauausführung vor Ort durchzuführen

sind. Sie dienen sowohl im Rahmen der Probefügungen zur Einstellung der Verfahrensparameter als auch zur Prüfung der fertiggestellten Nähte.

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

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

Die Baustellenprüfungen beziehen sich auf folgende Eigenschaften:

- äußere Beschaffenheit der Naht
- Abmessungen der Naht
- Festigkeit der Naht
- Dichtigkeit der Naht

Die Nähte sind durchgehend auf äußere Beschaffenheit und Dichtigkeit sowie stichprobenartig auf Abmessungen und Festigkeit zu prüfen. Die Stichproben werden vorzugsweise aus den Probefügungen 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.

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

			Nahtformen		
			Überlappnaht ohne Prüfkanal	Überlappnaht mit Prüfkanal	Auftragnah
Qualitätskriterien	Beschaffenheit	durchgehend	visuell Reißnadel	visuell Reißnadel	visuell Reißnadel
	Abmessungen	Stichproben	mechanisch Ultraschall	mechanisch Ultraschall	mechanisch
	Festigkeit	Stichproben	Schälversuch	Schälversuch	Schälversuch
	Dichtigkeit	durchgehend	Ultraschall Vakuum Hochspannung	Druckluft	Vakuum Hochspannung

Bild 2. Art und Umfang der Baustellenprüfungen.

4.2 Prüfung der äußeren Beschaffenheit

4.2.1 Verfahren

Die äußere Beschaffenheit der Nähte wird durch Inaugenscheinnahme geprüft. Unter Zuhilfenahme einer Reißnadel können zusätzlich ungefügte Bereiche, das heißt Fehlstellen im Bereich der Nahtkanten, nachgewiesen werden. Mit der äußeren Beschaffenheit wird in erster Linie die fachgerechte handwerkliche Ausführung der Naht beurteilt.

4.2.2 Anwendungsbereich

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

4.2.3 Durchführung der Prüfung

Die visuelle Prüfung erfolgt durchgehend auf voller Länge. Die Reißnadel wird punktuell bzw. bei weichelastischen Bahnen auf voller Länge unter Druck an den Nahtkanten entlang geführt. An Fehlstellen im äußeren Nahtbereich dringt die Reißnadel in ungefügte Bereiche ein.

4.2.4 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, zum Beispiel unverschweißte Bereiche und Quetschfalten

4.2.5 Wertung der Prüfergebnisse

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

- Örtlich begrenzte Unregelmäßigkeiten in geringem Umfang mindern die Gebrauchsfähigkeit der Naht nicht.
- Wülste an der vorderen Kante von Überlappnähten bzw. in den Randbereichen von Auftragnähten sind zulässig, wenn sie örtlich begrenzt auftreten und nicht dicker sind als die Bahn.
- 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.

4.2.6 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.

4.3 Prüfung der Abmessungen

4.3.1 Verfahren

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

4.3.2 Anwendungsbereich

Es können alle Nahtformen geprüft werden. Die Nahtabmessungen

gen geben Hinweise zur Einstellung der Verfahrensparameter im Rahmen der Probefügungen. Sie erlauben Rückschlüsse auf das gleichmäßige Einhalten der Verfahrensparameter beim Fügen.

4.3.3 Durchführung der Prüfung

Die Nahtabmessungen werden vorzugsweise an Probekörpern aus den Probefügungen oder an den Nahtenden ermittelt. Die Dickenmessungen werden mit Meßwerkzeugen nach DIN 53370 vorgenommen. Stichprobenartig können die Nahtdicken auch an den fertiggestellten Nähten mit Ultraschall gemessen werden.

4.3.4 Prüfergebnisse

Je nach Nahtform werden die in Bild 3 gezeigten Abmessungen ermittelt:

- $\bar{u}$ = gesamte Überlappung
- $\bar{u}_1$ = vordere freie Überlappung
- $\bar{u}_2$ = hintere freie Überlappung
- 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
- d_{N1} = Dicke der vorderen Teilnaht
- d_{N2} = Dicke der hinteren Teilnaht

Damit lassen sich die maßgebenden Beurteilungskriterien für die Nahtdicken bestimmen:

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

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

4.3.5 Wertung der Prüfergebnisse

Es ist nachzuweisen, daß die Nahtabmessungen den werkstoff- und anwendungsbezogenen Regelwerken bzw. den projektbezogenen Anforderungen entsprechen:

- Die hintere freie Überlappung sollte unter anderem aus prüftechnischen Gründen mindestens 40 mm betragen. Die vordere freie Überlappung sollte maximal das 5fache der Bahndicke betragen. Örtlich begrenzte Abweichungen beeinträchtigen die Nahtqualität jedoch nicht.
- Die vertraglich vereinbarten bzw. die in den anwendungsspezifischen Regelwerken vorgeschriebenen Naht- und Prüfkanalbreiten sind einzuhalten.
- Die Nahtdicken sollten über der Nahtlänge und Nahtbreite gleichmäßig sein und in den werkstoff- und verfahrensabhängigen Bereichen liegen.

Es sind folgende Kriterien für die Nahtdicken einzuhalten:

Überlappnähte ohne Schweißzusatz

Bahnen aus teilkristallinen Werkstoffen, z. B. PE-HD

$$0,2 \leq \Delta d_N \leq 0,8$$

Bahnen aus amorphen Werkstoffen, z. B. PVC-P

$$0 \leq \Delta d_N \leq 0,6$$

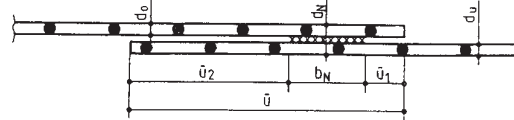
Überlappnähte mit Schweißzusatz

$$-1,0 \leq \Delta d_N \leq -0,2$$

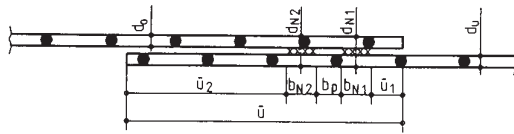
Auftragnähte

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

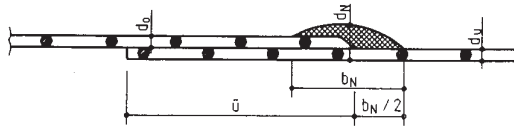
Bei Auftragnähten darf die Außermittigkeit (Versatz) der Naht maximal 5 mm betragen.



Überlappnäht ohne Prüfkanal



Überlappnäht mit Prüfkanal



Auftragnäht

Bild 3. Nahtabmessungen.

4.3.6 Grenzen des Prüfverfahrens

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

4.4 Prüfung auf Festigkeit

4.4.1 Verfahren

Zur qualitativen Ermittlung der Fügefestigkeit werden an Stichproben zerstörende Zugschälversuche (Schälversuche) durchgeführt. Bei diesen Schälversuchen handelt es sich um Kurzzeitprüfungen zur qualitativen Beurteilung des Verformungs- und Versagensverhaltens der Naht.

Die Schälversuche erfolgen in Anlehnung an DIN 16 726 an 20 bis 50 mm breiten Streifenproben.

4.4.2 Anwendungsbereich

Mit den Schälversuchen können alle Nahtformen geprüft werden. Die Versuche dienen sowohl zur Einstellung der Verfahrensparameter im Rahmen der Probefügungen als auch zur Überprüfung der erzielten Nahtfestigkeit.

4.4.3 Durchführung der Prüfung

Als Probekörper werden Streifenproben senkrecht zur Naht entnommen. Die Streifenproben sind so zu entnehmen, daß jeweils ausreichende Einspannlängen entsprechend Bild 4 vorhanden sind.

Die Prüfungen erfolgen mit baustellengerechten Prüfgeräten, die eine zügige Lastaufbringung und eine weitgehend gleichmäßige Verformungsgeschwindigkeit ermöglichen. Verformungen müssen im Rahmen dieser Prüfung nicht gemessen werden. Bei Dichtungsbahnen, bei denen zur Beurteilung der Nahtfestigkeit auch der Schälwiderstand quantitativ ermittelt werden muß (zum Beispiel bei Bahnen aus PVC-P oder ECB), müssen die Kräfte gemessen werden.

4.4.4 Prüfergebnisse

Es wird das Verformungs- und Versagensverhalten qualitativ bzw. der Schälwiderstand quantitativ ermittelt.

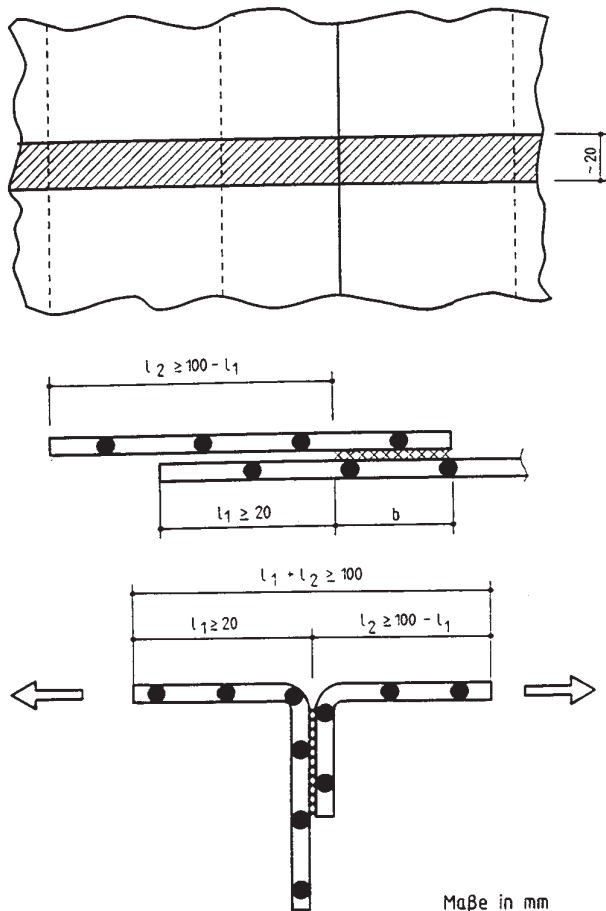


Bild 4. Probenahme und Beanspruchung beim Schälversuch.

4.4.5 Wertung der Prüfergebnisse

Die Ergebnisse dieser Festigkeitsprüfung dienen zur Überprüfung und endgültigen Festlegung der Fügeparameter im Rahmen der Probefügungen und zur Beurteilung der erzielten Fügefestigkeit (Schälwiderstand) an Probenahmen.

Die Qualität der Naht wird anhand folgender Kriterien beurteilt:

- Verstrecken des Grundmaterials, außerhalb der Naht, ohne Schälen der Naht.
Die Naht weist eine gute Qualität auf.
- Verstrecken des Grundmaterials, neben der Naht oder im Nahtbereich, nach begrenztem Schälen der Naht.
Die Naht weist bei Dichtungsbahnen aus PE-HD eine ausreichende Nahtqualität auf, wenn die verbleibende Restnahtbreite bei der überwiegenden Zahl der Einzelprüfungen größer ist als die geforderte Mindestbreite.
- Auftrennen der Schichten oder Lagen des Grundmaterials, bei mehrlagigen oder kalandrierten Bahnen, neben oder im Nahtbereich.
Die Naht weist bei weichelastischen Bahnen eine ausreichende Qualität auf, wenn ein Schälwiderstand von mindestens 60% der vergleichbaren Höchstzugkraft bei 100% Dehnung erreicht wird.
- Schälen der Naht.
Die Naht weist bei Dichtungsbahnen aus PE-HD keine ausreichende Nahtqualität auf. Bei weichelastischen Bahnen weist die Naht eine ausreichende Qualität auf, wenn ein Schälwider-

stand von mindestens 60% der vergleichbaren Zugkraft bei 100% Dehnung erreicht wird. Hinweise dafür ergeben sich aus dem Verformungs- und Bruchbild im Fügebereich.

- Verstrecken des Schweißzusatzes (Extrudat) bei Auftrag-nähten.
Die Naht weist noch eine ausreichende Qualität auf, wenn dieses Versagen vereinzelt auftritt und ein Schälwiderstand von mindestens 75% des Schälwiderstandes bei Verstrecken im Grundmaterial neben der Naht erreicht wird.
- Versagen des Grundmaterials neben oder im Nahtbereich ohne deutliches Verstrecken, das heißt plastisches Verformen.
Die Naht weist keine ausreichende Nahtqualität auf.

4.4.6 Grenzen des Prüfverfahrens

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

4.5 Prüfung auf Dichtigkeit

4.5.1 Allgemeines

Bei der durchgehenden Prüfung der Nähte auf Dichtigkeit ist das Prüfverfahren auf die jeweilige Nahtform abzustimmen. Es sind nach Bild 2 folgende Prüfverfahren anzuwenden:

Überlappnähte ohne Prüfkanal

Prüfung mit Hochspannung
Prüfung mit Ultraschall
Prüfung mit Vakuum

Überlappnähte mit Prüfkanal

Prüfung mit Druckluft

Auftragnähte

Prüfung mit Hochspannung
Prüfung mit Vakuum

4.5.2 Prüfung mit Druckluft

4.5.2.1 Verfahren

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

Die Prüfbedingungen, wie Prüfdruck und Prüfdauer, sind auf den Bahnenwerkstoff, die Bahndicke, die Prüfkanalabmessungen und die Temperatur abzustimmen.

4.5.2.1 Anwendungsbereich

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

4.5.2.3 Durchführung der Prüfung

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

An einem Ende der Naht 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 wird luftdicht, z. B. durch Warmgasschweißen oder Klemmeinrichtungen, verschlossen.

Der eigentliche Prüfdruck wird erst nach etwa einer Minute 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 gegenüberliegenden Ende der Prüfrichtung geöffnet. Die Luft muß schlagartig entweichen.

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 Prüfdruck ist jeweils auf die Temperaturen, die Prüfkanalbreite sowie die Dicke und den Werkstoff der Dichtungsbahn abzustimmen.

In Bild 5 sind Prüfdrücke für zwei verschiedene Dichtungsbahnen als Funktion der Temperatur beispielhaft angegeben. Im Einzelfall sind entsprechende Berechnungen zur Bestimmung des Prüfdruckes in Abhängigkeit des Werkstoffs, der Bahndicke und der Prüfkanalbreite vorzunehmen.

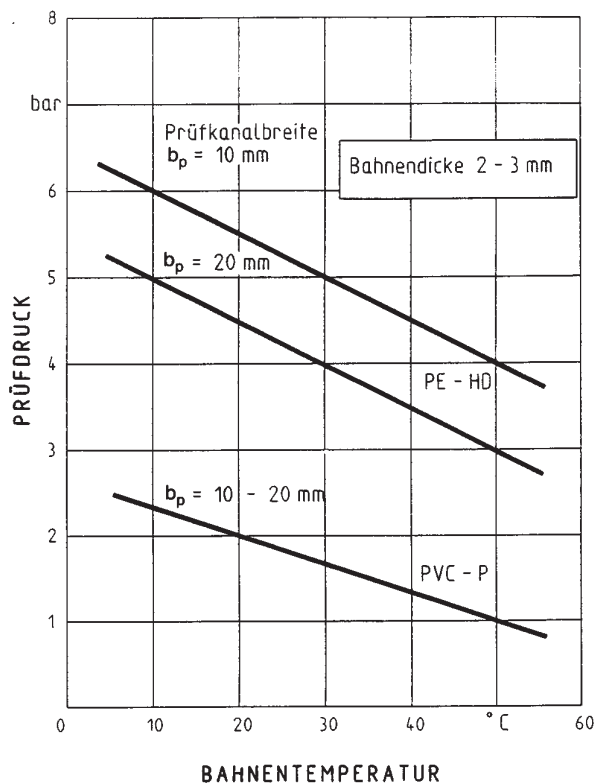


Bild 5. Prüfdruck als Funktion der Bahntemperatur bei der Druckluftprüfung.

4.5.2.4 Prüfergebnisse

Der Druckverlauf über der Prüfzeit wird aufgezeichnet, bzw. der Druck am Anfang und am Ende der Prüfzeit wird protokolliert.

4.5.2.5 Wertung der Prüfergebnisse

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

4.5.2.6 Grenzen des Prüfverfahrens

Die Druckluftprüfung ist eine Dichtigkeitsprüfung unter mechanischer Beanspruchung. Die mechanische Beanspruchung bei der Prüfung läßt nur bedingt Rückschlüsse auf die Fügesteigkeit zu.

4.5.3 Prüfung mit Vakuum

4.5.3.1 Verfahren

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

Die Prüfung erfolgt mit einer durchsichtigen Prüflocke (zum Beispiel 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. Der Unterdruck ist auf den Bahnenwerkstoff, die Bahndicke und die Abmessungen der Prüflocke abzustimmen.

4.5.3.2 Anwendungsbereich

Mit der Vakuumprüfung können zerstörungsfrei Dichtigkeitsprüfungen von Überlappnähten mit bündigen (geschlossenen) Vorderkanten und von Auftragnähten abschnittsweise ausgeführt werden.

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

4.5.3.3 Durchführung der Prüfung

Zwischen Fügen und Prüfen sollte ein Konditionierungszeitraum von etwa 1 Stunde liegen. Der zu prüfende Nahtbereich ist mit einer blasenbildenden Flüssigkeit, zum Beispiel Seifenlauge, einzustreichen bzw. einzusprühen. (Es ist sicherzustellen, daß von dieser Flüssigkeit keine unzulässigen Auswirkungen auf das Langzeitverhalten der Schweißnahtbereiche unter Praxisbedingungen ausgehen.) Die Prüflocke ist so aufzusetzen und anzudrücken, daß die zu prüfende Naht etwa mittig zur Achse der Prüflocke liegt. Bei längeren Nahtabschnitten ist die Locke entsprechend oft umzusetzen. Beim Versetzen der Locke in längeren Prüfabsechnitten ist eine Überschneidung der Prüfbereiche von etwa 10 cm einzuhalten. Weichelastische Bahnen, zum Beispiel aus PVC-P oder aus EPDM, werden mit einem Unterdruck von 0,2 bar, steifere Bahnen mit einem Unterdruck von 0,5 bar geprüft. Diese Prüfdrücke (Unterdruck) müssen über einen Zeitraum von mindestens 10 s konstant gehalten werden.

4.5.3.4 Prüfergebnisse

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

4.5.3.5 Wertung der Prüfergebnisse

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

4.5.3.6 Grenzen des Prüfverfahrens

Wegen des großen Zeitaufwandes beim Prüfen langer Nähte wird in der Regel die Vakuumprüfung auf kurze Nahtlängen und Teilbereiche, wie Ecken, Anschlüsse, T-Stöße usw., beschränkt. Die Vakuumprüfung dient in vielen Fällen als Ergänzungsprüfung zu anderen Prüfmethoden.

4.5.4 Prüfung mit Ultraschall

4.5.4.1 Verfahren

Die Prüfung mit Ultraschall arbeitet nach dem Impuls-Echo-Verfahren. Die Fügenaht wird über das Prinzip einer Dickenmessung auf Fehlstellen geprüft. Über diesen Nachweis der Homogenität wird auf die Dichtigkeit der Naht geschlossen.

Die Prüfgeräte bestehen aus Prüfkopf und Basisgerät. Im Prüf-

kopf (SE) sind Sender und Empfänger enthalten. Das Basisgerät kann mit analoger (Monitor) oder digitaler Anzeige ausgerüstet sein.

Informationen über die fachgerechte Prüfung (zum Beispiel die Ankopplung des Prüfkopfes auf der Naht) sowie die Prüfergebnisse werden optisch angezeigt und können durch akustische Signale ergänzt werden.

Der Frequenzbereich liegt zwischen 4 und 10 MHz.

4.5.4.2 Anwendungsbereich

Die Ultraschallprüfung wird zur durchgehenden oder stichprobenartigen zerstörungsfreien Nahtprüfung vornehmlich bei Dichtungsbahnen aus PE-HD eingesetzt.

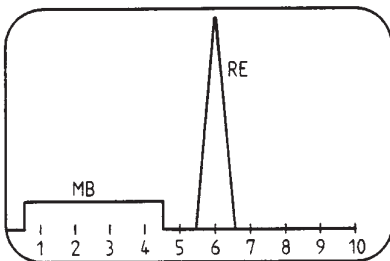
Durchgehend werden ausschließlich Überlappnähte ohne Prüfkanal geprüft. Überlappnähte mit Prüfkanal können als Ergänzung zur Druckluftprüfung stichprobenartig geprüft werden. Auftragnähte können nur geprüft werden, wenn die Nahtoberflächen auf genügender Breite eben, glatt und nahezu parallel zur Unterseite der Naht sind.

4.5.4.3 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung kann erst erfolgen, wenn sich die Naht nach dem Fügen wieder den Umgebungsbedingungen angepaßt hat. Diese Konditionierungszeit liegt bei Dichtungsbahnen aus PE-HD etwa bei 1 Stunde.

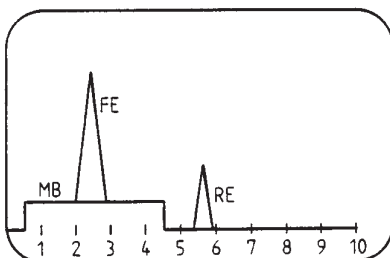
Die Naht muß breiter als der Prüfkopfdurchmesser, der Prüfbereich eben und sauber sein.

Die Trennschicht zwischen Sender und Empfänger wird senkrecht zur Prüfrichtung ausgerichtet, 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.



FEHLERFREIE SCHWEISSNAHT

Rückwandecho (RE) außerhalb der Monitorblende (MB)



FEHLERHAFTES SCHWEISSNAHT

Rückwandecho (RE) zusammengebrochen
Fehlerecho (FE) innerhalb der Monitorblende (MB)

Bild 6. Monitoranzeigen bei der Ultraschallprüfung.

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

Bei der durchgehenden Prüfung wird der Prüfkopf mit einer Geschwindigkeit von etwa 1 m/min in Längsrichtung der Naht verfahren.

4.5.4.4 Prüfergebnisse

Die Prüfergebnisse werden optisch angezeigt und können durch akustische Signale ergänzt werden.

Bei den Monitorgeräten werden über das Rückwandecho die Dicke der Naht und über Zwischenechos ungefügte Bereiche angezeigt. Inhomogenitäten und Einschlüsse im Nahtbereich werden als Fehlstellen angezeigt. Bild 6 zeigt beispielhaft die Prüfsignale einer fehlerfreien und einer fehlerhaften Naht.

Bei Geräten mit digitaler Anzeige wird die Länge (Tiefe) des ungestört durchschallten Bereiches angezeigt.

4.5.4.5 Wertung der Prüfergebnisse

Die Naht gilt als dicht, wenn über eine Breite der dreifachen Bahndicke, mindestens aber über 10 mm die Naht störungsfrei, ohne Zwischenecho durchschallt wird und damit in diesem Bereich eine homogene Nahtverbindung nachgewiesen wird. Dabei muß die Höhe des Rückwandechos in etwa dem des Eingangssignals entsprechen.

4.5.4.6 Grenzen des Prüfverfahrens

Es können nur Schweißnähte mit glatten und nahezu parallelen Oberflächen geprüft werden.

Die Breite der Naht muß größer sein als der Prüfkopfdurchmesser.

Eine Aussage über die Festigkeit der Naht kann nur bedingt über die Homogenität abgeleitet werden.

Die Ultraschallprüfung kann nur von ausgebildeten Prüfern (Fachkräften) mit Erfahrung durchgeführt werden.

4.5.5 Prüfung mit elektrischer Hochspannung

4.5.5.1 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.

4.5.5.2 Anwendungsbereich

Grundsätzlich lassen sich mit diesem Verfahren alle Nahtformen durchgehend auf Dichtigkeit prüfen. Vorzugsweise wird die Prüfung bei Auftragnähten eingesetzt, das heißt bei Schweißnähten, die keinen Prüfkanal und keine planparallelen Oberflächen aufweisen.

4.5.5.3 Durchführung

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

Die Prüfspannung ist auf den Werkstoff und die Dicke der Bahn sowie auf die Schweißnahtbreite abzustimmen. Hinweise zu den Durchschlagsspannungen in Luft und für Bahnen aus PE-HD, ECB und PVC-P sind Bild 7 zu entnehmen.

Für PE-HD-Bahnen ab einer Dicke von 2,0 mm liegt beispielsweise die zulässige Prüfspannung bei etwa 40 kV. Bei einer Prüfspannung von 40 kV ergibt sich in trockener Luft eine

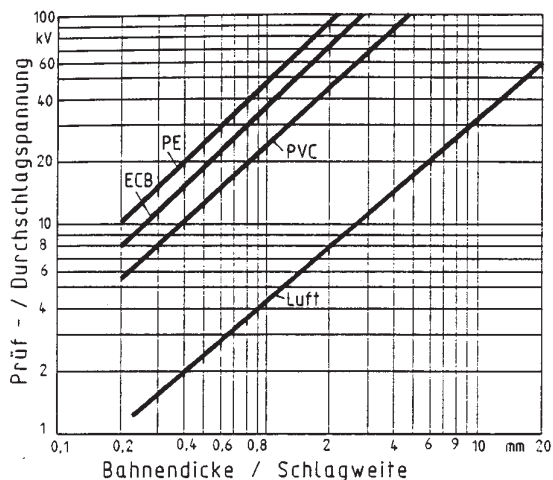


Bild 7. Prüfspannung als Funktion der Bahndicke und der Schlagweite bei der Hochspannungsprüfung (Quelle: STUVA-Bericht 12/79, Seite 93).

Schlagweite von etwa 15 mm. Damit können zum Beispiel 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.

4.5.5.4 Prüfergebnisse

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

4.5.5.5 Wertung der Prüfergebnisse

Die Naht gilt als dicht, wenn keine Funkenentladung auftritt.

4.5.5.6 Grenzen des Verfahrens

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

4.6 Prüfprotokolle

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

- Nr. 1 Prüfprotokoll für die Überlappnaht ohne Prüfkanal
- Nr. 2 Prüfprotokoll für die Überlappnaht mit Prüfkanal
- Nr. 3 Prüfprotokoll für die Auftragnäht

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

5 Hinweise zu Nachbesserungsarbeiten

Im Rahmen dieser Richtlinie können nur allgemeine Hinweise gegeben werden. Jeweils vor Beginn einer Baumaßnahme sind Art und Umfang endgültig zwischen Auftraggeber, Auftragnehmer, Bauleitung und Fremdüberwachung projektbezogen festzulegen. Sie sind auf den Bahnenwerkstoff und auf die Anforderungen an das Dichtungssystem abzustimmen.

Die Fügearbeiten im Rahmen der Nachbesserungen sind jeweils entsprechend DVS-Richtlinie 2225 Teil 1 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.

– Extrusionsauftragschweißungen

Auftragschweißungen (zusätzliche Auftragnähte) werden nur bei Bahnen aus oder auf der Basis von PE ausgeführt. Sie sind anzuwenden bei örtlich begrenzten Unregelmäßigkeiten und Fehlstellen. Die entsprechenden Nahtbereiche sind sorgfältig mechanisch hinausarbeiten. Der Schweißzusatz ist in möglichst geringer Dicke und mit flach auslaufenden Rändern aufzubringen.

– Nachbessern mit Bahnenstücken und -streifen

Bei größeren fehlerhaften Bereichen und durchgehenden Fehlstellen (Löchern) sind Bahnenstücke oder -streifen aus den entsprechenden Dichtungsbahnen aufzubringen. Die Bahnenschnitts müssen mindestens 10 cm über die jeweiligen Fehlerbereiche hinausreichen und sind mit werkstoffgerechten Fügeverfahren aufzubringen. Bei Bahnen aus PE-HD ist ausschließlich das Extrusionsschweißen von Hand anzuwenden.

– 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 0,6 m breiten Bahnenstreifen, der beidseitig fachgerecht gefügt wird, abzudecken.

6 Zu beachtende DIN-Normen

- DIN 1910 (09.77) Schweißen; Schweißen von Kunststoffen, Verfahren Teil 3
- DIN 7728 (02.89) Kunststoffe; Kennbuchstaben und Kurzzeichen für Teil 1 Polymere und ihre besonderen Eigenschaften
- DIN 7864 (04.84) Elastomer-Bahnen für Abdichtungen; Anforderungen, Teil 1 Prüfung
- DIN 16726 (12.86) Kunststoff-Dachbahnen, Kunststoff-Dichtungsbahnen; Prüfungen
- DIN 16729 (09.84) Kunststoff-Dachbahnen und Kunststoff-Dichtungsbahnen aus Ethylenpolymerisat-Bitumen (ECB); Anforderungen
- DIN 16736 (12.86) Kunststoff-Dachbahnen und Kunststoff-Dichtungsbahnen aus chloriertem Polyethylen (PE-C) einseitig kaschiert; Anforderungen
- DIN 16737 (12.86) Kunststoff-Dachbahnen und Kunststoff-Dichtungsbahnen aus chloriertem Polyethylen (PE-C) mit einer Gewebereinlage; Anforderungen
- DIN 16776 (12.84) Kunststoff-Formmassen; Polyethylen (PE-Formmassen), Einteilung und Bezeichnung
- DIN 16920 (06.81) Klebstoffe, Klebstoffverarbeitung, Begriffe
- DIN 16925 (07.84) Extrudierte Tafeln aus Polyethylen (PE); Technische Lieferbedingungen
- DIN 16937 (12.86) Kunststoff-Dichtungsbahnen aus weichmacherhaltigem Polyvinylchlorid (PVC-P) bitumenverträglich; Anforderungen
- DIN 16938 (12.86) Kunststoff-Dichtungsbahnen aus weichmacherhaltigem Polyvinylchlorid (PVC-P) nicht bitumenverträglich; Anforderungen
- DIN 18195 (08.83) Bauwerksabdichtungen; Allgemeines Teil 1
- DIN 53370 (02.76) Prüfung von Kunststoff-Folien; Bestimmung der Dicke durch mechanische Abtastung
- DIN 53455 (08.81) Prüfung von Kunststoffen; Zugversuch
- DIN 53504 (03.85) Prüfung von Kautschuk und Elastomeren; Bestimmung von Reißfestigkeit, Zugfestigkeit, Reißdehnung und Spannungswerten im Zugversuch

Blatt 1: Prüfprotokoll für Überlappnähte ohne Prüfkanal

Prüfprotokoll für Überlappnähte ohne Prüfkanal								Nr. _____	
Bauvorhaben: _____				Verleger: _____					
Dichtungsbahn: _____				Nennstärke: _____ mm					
Fügeverfahren: _____				Naht 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. Festigkeit im Schälversuch ☐ mit Kraftanzeige ☐ ohne Kraftanzeige									
Station	Probenbreite (mm)	Höchstkraft (N)	Verformungs- und Versagensverhalten				Beurteilung	Bemerkung	
IV. Dichtigkeit									
Station	Ultraschall	Vakuum		Hochspannung		Bemerkung			
	Gerätetyp: _____	Unterdruck: _____ bar		Gerätetyp: _____					
	SE-Typ: _____	Zeitdauer: _____ s		Spannung _____ kV					
Datum	Verleger			Bauleitung (Auftraggeber)			Fremdüberwacher		
Unterschrift									

Blatt 2: Prüfprotokoll für Überlappnähte mit Prüfkanal

Prüfprotokoll für Überlappnähte mit Prüfkanal												Nr. _____	
Bauvorhaben: _____						Verleger: _____							
Dichtungsbahn: _____						Nennstärke: _____ mm							
Fügeverfahren: _____						Naht 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. Festigkeit im Schälversuch ☐ mit Kraftanzeige ☐ ohne Kraftanzeige													
Station	Probenbreite (mm)	Höchstkraft (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													

Blatt 3: Prüfprotokoll für Auftragnähte

Prüfprotokoll für Auftragnähte								Nr. _____	
Bauvorhaben: _____				Verleger: _____					
Dichtungsbahn: _____				Nennstärke: _____ 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. Festigkeit im Schälversuch ☐ mit Kraftanzeige ☐ ohne Kraftanzeige									
Station	Probenbreite (mm)	Höchstkraft (N)	Verformungs- und Versagensverhalten				Beurteilung	Bemerkung	
IV. Dichtigkeit									
Station	Vakuum		Hochspannung				Bemerkung		
	Unterdruck: _____ bar		Gerätetyp: _____						
	Zeitdauer: _____ s		Spannung: _____ kV						
Datum	Verleger			Bauleitung (Auftraggeber)			Fremdüberwacher		
Unterschrift									