
Das praktische Montage-Handbuch

für vorgedämmte Fernwärmeleitungen

Planen – Prüfen – Sichten

Erstellt für Kleber Helmut, SEG Rohrbau GmbH. Zur ausschließlichen persönlichen Nutzung.

Impressum

Herausgeber: Bundesverband Fernwärmeleitungen e.V.

Autoren

Dr. Thomas Böhmer, Böhmer GmbH

Christian Ebert, ISOBRUGG Stahlmantelrohr GmbH

Johannes Ellmer, isoplus Fernwärmetechnik Vertriebsgesellschaft mbH

Andreas Gräve, Lancier Monitoring GmbH

Christof Grieser-Schmitz, BASF Polyurethanes GmbH

Frank Hellmann, 4 pipes GmbH

Ralph Herzer, German Pipe GmbH

Jens Heyer, Handwerkskammer Aachen

Gerd Moser, BRUGG Rohrsysteme GmbH

Ludger Tidde, Lancier Monitoring GmbH

Nils Papsdorf, isoplus Fernwärmetechnik Vertriebsgesellschaft mbH

Reinhold Sänger, Sachverständigenbüro Sänger

Ronald Schröder, IFW - Ingenieurgesellschaft für Wärmetechnik mbH

Jürgen Schütze, BRUGG Rohrsysteme GmbH

Sebastian Vogt, Lancier Monitoring GmbH

Oliver Vollmann, STURM Isotech GmbH & Co. KG

Peter C. Winternitz, BFW Bundesverband Fernwärmeleitungen e.V.

Konzept und Redaktion: Bundesverband Fernwärmeleitungen e.V.

Fotos und Grafiken: BASF Polyurethanes GmbH, BRUGG Rohrsysteme GmbH, Bundesverband Fernwärmeleitungen e.V., Capusa-CPS, German Pipe GmbH, Lancier Monitoring GmbH, Handwerkskammer Aachen, IFW - Ingenieurgesellschaft für Wärmetechnik mbH, ISOBRUGG Stahlmantelrohr GmbH, isoplus GmbH, MS Marketing Services, trapmann consult, 4 pipes GmbH.

Druck: Alföldi Druckerei AG, Debrecen

Alle Inhalte und Kapitel wurden mit größter Sorgfalt von den Verfassern erstellt. Sollten Sie trotzdem einen Fehler entdecken, bitten wir um eine Mitteilung an: redaktion@bfwev.de oder direkt an den Bundesverband Fernwärmeleitungen e.V. Kraftwerk Mitte 5-7, 01067 Dresden

3. Auflage, 500 Stück, 1. Quartal 2018

ISBN 978-3-00-059264-5

Inhaltsverzeichnis

1. Planung - Statik, Verlegung, Auslegung Dehnpolster	17
1.1	Dehnwege 17
1.2	Reibungskraft im Erdreich 17
1.3	Beanspruchung des Polyurethan-Hartschaumstoffs 17
1.4	Spannungen im erdverlegten Verbundrohr 18
1.4.1	Grundregel 18
1.5	Verlegung ohne Vorspannung 18
1.6	T-Abzweige 19
1.7	Festpunktelemente 19
1.8	Umgehung von Hindernissen 20
1.9	Verlege- und Anbindungsvarianten 21
1.10	Bemessungstabellen für Dehnpolster 30
1.10.1	Bemessung für 90° L-Bogen 31
1.10.2	Bemessung für 60° L-Bogen 32
1.10.3	Bemessung für 45° L-Bogen 33
1.10.4	Bemessung für U-Bogen 34
1.10.5	Bemessung für Z-Bogen 35
2. Arbeitssicherheit	37
2.1	Technisches Regelwerk 37
2.2	Allgemeines 37
2.3	Handhabung der Schaumkomponenten bei Handschäumung 39
2.4	Abfallentsorgung 40
2.5	Arbeitsschutzkleidung 40
2.6	Handhabung von Gasflaschen 40
2.7	Werkzeug 40
3 Tiefbau – Richtlinien und Abmessungen	41
3.1.1	Allgemeines 41
3.1.2	Vorschriften für Tätigkeiten in Gruben und Gräben 41

3.1.3	Lichte Mindestbreiten für Rohrgräben mit betretbarem Arbeitsraum	43
3.1.4	Mindestgrabenabmessungen	45
3.1.5	Sicherung der Baugruben und Rohrgräben	46
3.1.6	Beispiele Rohrgräben und Verbau	47
3.1.7	Mindestabmessungen von Kopflöchern	49
3.1.8	Grabenverbreiterung im Bereich der Dehnungspolster	50
3.1.9	Schließen des Rohrgrabens	50
3.2	Transport, Abladen und Lagerung der Materialien	53
3.2.1	Transport	53
3.2.2	Abladen	54
3.2.3	Lagerung	55
4.	Rohrleitungsbau	59
4.1	Allgemeines	59
4.1.1	Montage der Kunststoffmantelrohre und Bauteile	60
4.1.2	Montageformteile	62
4.1.3	Verlegung mit Überwachungs- und Fehlerortungssystem	63
4.1.4	Übergabe an Muffenmontageunternehmen	64
5.	Muffensysteme - Muffenmontagen – Mantelrohrverbindungen	65
5.1	Muffensysteme	65
5.1.1	unvernetzte Abschrumpfmuffen	65
5.1.2	vernetzte Abschrumpfmuffen	65
5.1.2	Elektroschweißmuffen	66
5.2	Arbeitsschritte bei unvernetzten Abschrumpfmuffen	66
5.3	Arbeitsschritte bei vernetzten Schrupfmuffen	71
5.4	Arbeitsschritte bei Elektromuffen	75
5.5	Qualitätssicherung	80
6.	Ausrüstung und Werkzeuge zur Muffenmontage	83
6.1	Allgemeine Informationen zur Ausstattung und Anwendung der Werkzeuge	83

6.2	Werkzeuge für die Montage von Mantelrohrverbindungen und Montageformteilen	85
6.2.1	Erforderliches Werkzeug zur Muffenmontage gemäß FW 603	93
6.2.2	Zusatzwerkzeug zur Muffenmontage gemäß DVS 2212-4	96
7.	Überwachungs- und Fehlerortungssysteme	96
7.1	Allgemeines	96
7.2	EMS - Nordisches System Cu-Cu (Laufzeitmessverfahren)	97
7.2.1	Aufbau	97
7.2.2	Funktionsweise	98
7.3	Widerstandsdrahtsystem NiCr-Cu (Widerstandsmessverfahren)	103
7.3.1	Aufbau	103
7.3.2	Funktionsweise	105
7.4	Systeme mit Indikatoren	108
7.5	Überwachungs- und Ortungssysteme	110
7.5.1	Manuelle Überwachung	110
7.5.2	Stationäre Überwachung	112
7.5.2.1	Alarmierungssysteme	112
7.5.2.2	Monitorsysteme	113
7.5.3	Planung und Dokumentation	115
8.	Grundlagen der Polyurethanchemie	118
8.1	Allgemeines	118
8.1.1	Polyol (A-Komponente)	118
8.1.1.1	Stabilisatoren	119
8.1.1.2	Katalysatoren	119
8.1.1.3	Treibmittel	120
8.1.1.4	Sonstige Additive	120
8.1.2	Isocyanat (B-Komponente)	120
8.2	Verarbeitung und Eigenschaften von PUR – Komponenten	120
8.2.1	Mischungsverhältnis	120
8.2.2	Reaktionszeiten	121
8.2.3	Rohdichte	121

8.2.3.1	Becherrohdichte	122
8.2.3.2	Kernrohdichte	122
8.2.3.3	Gesamtrohdichte	123
8.3	Typische Eigenschaften eines Muffenschaums	123
8.4	Verarbeitungsbedingungen und Einflüsse	124
8.4.1	Einfluss der Komponententemperatur	124
8.4.1.1	Polyol- und Isocyanat - Komponente zu kalt (< 20°C)	126
8.4.1.2	Polyol- und Isocyanat - Komponente zu warm (> 20°C)	127
8.4.2	Oberflächentemperatur	127
8.4.2.1	Medium- und/oder Mantelrohr zu kalt (< 15°C)	127
8.4.2.2	Medium- und/oder Mantelrohr zu warm (> 50°C)	128
8.4.3	Mischungsverhältnis	128
8.4.3.1	Mischungsverhältnis zu hoch (Überschuss Isocyanat-Komponente)	129
8.4.3.2	Mischungsverhältnis zu niedrig (Überschuss Polyol-Komponente)	130
8.4.4	Einfluss der Mischqualität - schlechte Vermischung	131
8.4.5	Einfluss von Wasser, Ölen, Fetten und Staub	131
8.4.5.1	Einfluss durch Wasser	131
8.4.5.2	Einfluss durch Staub und Schmutz	132
8.4.5.3	Einfluss durch Öle und Fette	132
8.5	Der Weg zum optimalen Schaum	133
8.6	Qualitätsüberprüfung	135
8.6.1.	Praktische Prüfungen vor Ort	135
8.6.1.1	Schaumaustritt	135
8.6.1.2	Erwärmung	135
8.6.1.3	Abklopfen der Muffe	135
8.6.2	Schaumprüfung nach EN 489:2009	135
8.7	Lagerung und Sicherheitsaspekte	136
8.7.1	Polyol-Komponente	137
8.7.2	Isocyanat-Komponente	137

9. Kunststoffschweißen in der Fernwärmetechnik	140
9.1	Allgemeines 140
9.1.1	Einteilung 141
9.1.2	Eigenschaften von PE-HD 141
9.1.3	Was heißt Schweißen? 142
9.2	Schweißverfahren 147
9.2.1	Wargasziehschweißen (WZ) 147
9.2.2	Extrusionsschweißen (WE) 153
9.2.2.1	Die Arbeitsweise des Extruders 154
9.2.2.2	Schweißschuhe 155
9.2.2.3	Schweißparameter 156
9.2.3	Heizelementstumpfschweißen (HS) 156
9.2.3.1	Verschließen der Entlüftungs- und Einfüllöffnungen 157
9.2.3.1.1	unvernetzte Schrumpfmuffe 157
9.2.3.1.2	vernetzte Schrumpfmuffe 158
10. Dehnpolster	160
10.1	Allgemeines 160
10.1.1	Eigenschaften von Neopolen E 161
10.2	Abmessungen der Dehnpolstererelemente 161
10.3	Anordnung der Dehnpolster 162
10.3.1	Zuordnung der Einzelelemente 165
10.4	Anforderungen 166
10.4.1	Funktionale Anforderungen 166
10.4.2	Steifigkeit 167
10.4.3	Dehnpolsterdicken 168
10.5	Montage der Dehnpolster 168
10.5.1	Beispiele einer Dehnpolstermontage 171
11. Wanddurchführungen und Dichtsysteme	173
11.1	Allgemeines und Voraussetzungen 173
11.1.1	Auswahl der geeigneten Dichtung - was ist zu beachten! 174

11.2	Gängige Dichtsysteme für Wanddurchführungen in der Fernwärme	179
11.2.1	Labyrinth-Mauerdichtringe	179
11.2.2	Ringraumdichtungen	180
11.2.2.1	Montage Ringraumdichtungen - was ist zu beachten	182
11.2.3	Gliederkettendichtungen	183
11.2.4	Schrumpfabdichtung vom Hülsrohr zum Mantelrohr	184
11.2.5	Abdichtmanschette	185
11.2.5.1	Abdichtmanschette zum direkten Wandanschluss	186
11.2.6	Abdichtmanschette vom Hülsrohr zum Mantelrohr	188
11.2.7	Mauerhülsen	189
12.	Dokumentation und Abnahme	191
12.1	Checkliste Teil 100 – Technologie	191
12.2	Checkliste Teil 200 – Bau	194
12.3	Checkliste Teil 300 - Übergabe- und Übernahmeunterlagen	195
12.4	Dokumentation für erdverlegte Fernwärmeleitungen Teil B (Auftragnehmer)	197
12.5	Fertigmeldung	198
13.	Normen und technischer Regelwerke	200
13.1	Zusammenfassung technischer Regelwerke u. Vorschriften	200
14.	Stahlmantelrohr - Fernwärmeleitungen (SMR)	204
15.	Mitgliederverzeichnis	232
16.	Quellenverzeichnis	236
17.	Unternehmens Präsentationen	239

Vorwort & Einleitung



Dr. Thomas Böhmer, Vorstandsvorsitzender

BFW - Bundesverband Fernwärmeleitungen e.V.

Liebe Leserinnen und Leser!

„Manches findet sich nur im Kleingedruckten ...“ Nicht so in diesem praktischen Montage-Handbuch für vorgedämmte Fernwärmeleitungen.

Hier findet sich Praxiswissen für die Praktikerinnen und Praktiker. Damit Sie Fernwärmebauvorhaben qualitativ einwandfrei ausführen können und nichts auf der Strecke bleibt. Gerade in unserer heutigen schnelllebigen Zeit ist es besonders wichtig, die entscheidenden Fakten für den Fernwärmebau und die Montage von Fernwärmeleitungen anschaulich, prägnant und praxisorientiert darzulegen. Nur wenn es uns gelingt, die Produkte, die später nach erfolgter Montage quasi „unter der Erde verschwinden“, so gut zu planen, zu liefern und zu montieren, dass diese für Jahrzehnte günstige Wärme transportieren, wird die Fernwärme den gegenwärtigen Aufwärtstrend beibehalten. Denn es gibt es noch viele Anbieter von anderen umweltfreundlichen Energien. Aber die Fernwärme ist und bleibt gerade unter CO²-Emmissionsgesichtspunkten die interessanteste Wärmequelle und wird sich daher am Markt weiter positiv entwickeln.

Umso wichtiger ist es, den Mitarbeitern, die für die im Fernwärmebau so

entscheidende Verbindung der Rohrsysteme verantwortlich sind, ein Nachschlagewerk an die Hand zu geben, in dem sie in knappen, aber präzisen Worten schnell erfahren, was, wann und wie zu tun ist, um eine perfekte Arbeit abzuschließen. Dies entbindet natürlich nicht davon, sich im Rahmen der allgemeinen Qualitätsrichtlinien um die jeweiligen Normen und Zertifizierungen zu kümmern.

Aber dieses übersichtliche Nachschlagewerk hilft dem Baustellenaufsichtspersonal genauso wie dem ausführenden Muffenmonteur oder dem Montagegruppenleiter, sich über Fakten zu informieren, die vielleicht nicht tagtäglich auftreten. Es hilft gleichzeitig auch dem Planer und Projektanten, sich über alle Arbeitsabläufe ein Bild zu machen. Und ferner werden dem Auftraggeber klare Regeln aufgezeigt, damit er sicher sein kann, dass die Leistung, die er von BFW-geschulten Muffenmonteuren erhält, eine gute Leistung darstellt – und sein Geld sinnvoll und vernünftig angelegt ist.

Das Handbuch wurde von Praktikern aus dem Kreis der BFW-Mitglieder erstellt. Daher geht der Dank des BFW-Vorstandes an alle Beteiligten bei diesem Vorhaben und ist mit dem Appell an alle BFW-Mitglieder verbunden, sich weiter für noch bessere Leistungen und somit noch bessere Qualität im Fernwärmebau zu engagieren.

Dr. Thomas Böhmer, Vorstandsvorsitzender

BFW: Wer ist das? – Was macht der BFW?

Der Bundesverband Fernwärmeleitungen e. V., BFW wurde vor fast 25 Jahren von den führenden Komponentenherstellern in der Fernwärme gegründet. Die Gründungsmitglieder waren W. Böhmer GmbH, DSD Dillinger Stahlbau GmbH, G+H Montage GmbH, Isolrohr Gesellschaft für Fernheiztechnik mbH, isovit GmbH, Kabelmetal electro GmbH und VAG-Armaturen. Die wesentlichen und entscheidenden Unternehmen sind heute noch als Mitglieder im Verband aktiv, stellen teilweise sogar Vorstandsmitglieder und engagieren sich in Arbeitskreisen.

Im BFW haben sich Komponentenhersteller für die Fernwärme zusammengeschlossen. Ziel des Verbandes ist es, für eine einwandfreie Qualität bei der Herstellung der Produktkomponenten sowie in der nachgelagerten Bauausführung zu sorgen. Hierzu wurden in den 1990er-Jahren Qualitätsbroschüren erstellt, die den planenden und bauausführenden Personen aktuelle Hilfestellungen geben sollten.

Diese Vorlagen dienten gleichzeitig als Basis, um unter Federführung der AGFW (Arbeitsgemeinschaft Fernwärme e. V., der Verband der Betreiber) Regelwerke zu erstellen, die für eine einheitliche und qualitativ einwandfreie Bauausführung sorgen – die heutige FW 603-605-ff.

Der BFW arbeitet aktiv in den Ausschüssen der AGFW zur Optimierung der Qualitätsanforderungen mit, unterstützt die Veröffentlichung internationaler Normen und fördert aktiv den Einsatz der Fernwärme. Diese Aktivitäten berücksichtigen insbesondere auch die allgemeinen Energiediskussionen. Die Fernwärme kann nämlich als Nebenprodukt bei der Energieerzeugung durch Kraftwärmekopplung erzeugt und so quasi zum Nulltarif in Nah- und Fernwärmenetzen eingesetzt werden. Leider ist dies nur wenig bekannt.

Der BFW führt zudem laufend Seminare und Fortbildungsmaßnahmen für

den Fernwärmebau durch. So veranstaltet er jährlich eine Vortragsreihe, die aus der Praxis für die Praxis berichtet. Ein ganz besonderes Augenmerk wurde und wird auf die Fortbildung der Monteure gelegt. Es wurden durch den BFW Prüf- und Schulungsstätten eingerichtet, die von der AGFW zertifiziert wurden und auch laufend überprüft werden.

Die zertifizierten Schulungs- und Prüfungsstätten werden permanent auf dem aktuellen Stand der Technik gehalten. Sie befinden sich bei den beiden BFW-Mitgliedern, die Kunststoffmantelrohrsysteme herstellen. Dort wird strikt systemneutral ausgebildet und geprüft. Dies erfolgt so, dass die Muffenmonteure z. B. in sämtlichen unterschiedlichen Muffenverbundsystemen unterwiesen werden. Dabei wird versucht, die Kenntnis-schwerpunkte auf die gängigen Systeme zu legen, ohne aber den Überblick über den gesamten Markt zu vernachlässigen.

Gleiches geschieht bei den Überwachungssystemen. Gerade hier gibt es unterschiedliche Systeme und Philosophien, die ein perfekt ausgebildeter Muffenmonteur kennen muss. Diesen umfassenden Überblick zu vermitteln ist das Ziel der Monteur-schulungen; die dabei erworbenen Kenntnisse können durch eine alle zwei Jahre zu wiederholende Prüfung vor der AGFW und dem BFW bewiesen werden. Die Muffenmonteure erhalten bei bestandener Prüfung einen persönlichen Ausweis mit Lichtbild, der auf der Baustelle dem Auftraggeber vorgelegt werden kann, und ein Zeugnis, das die Kenntnisse bescheinigt. Bei der Prüfung reicht es aber nicht aus, nur die theoretischen Fragen beantworten zu können; auch die praktischen Fertigkeiten werden überprüft. Jeder Monteur muss als Teil der Prüfung in einem festgelegten Zeitraum eine Muffenverbindung fertigstellen. Diese wird optisch, zerstörungsfrei und auch zerstörend durch Biege-Zugversuche getestet. Auch das ergibt einen weitgehend objektiven Überblick über den Kenntnisstand des jeweiligen Monteurs.

Dieses ausgefeilte Prüfungssystem hat der BFW gemeinsam mit der AGFW in den letzten Jahren mit dem Ziel entwickelt und perfektioniert, wirklich sehr gut ausgebildete und einwandfrei arbeitende Monteure auf die Baustellen senden zu können.

Darum garantieren die „BFW/AGFW ausgebildeten und geprüften“ Monteure Qualität und Seriosität und somit viele Jahre das Beste für Investitionen in der Fernwärme.

Alle diese Maßnahmen wurden vom BFW-Verband initiiert und werden weiterhin von ihm gefördert und finanziert. Damit wird auch gewährleistet, dass alle Unternehmen, die BFW-Mitglieder sind oder BFW/AGFW-geprüfte Monteure einsetzen, gewisse Qualitätsanforderungen erfüllen. Somit kann davon ausgegangen werden, dass die für die Fernwärmavorhaben aufgewendeten Gelder auch langfristig richtig eingesetzt sind, wenn BFW-Unternehmen oder Unternehmen mit BFW-geprüften Monteuren bei der Vergabe berücksichtigt werden.

Diese Qualitätsanforderungen sollten Betriebe entweder grundsätzlich bei der Auswertung von Ausschreibungen berücksichtigen oder aber bereits als zwingenden Bestandteil der Ausschreibungen festlegen. Nur damit stellt der Betreiber sicher, dass das in seinem Fern- oder Nahwärmebauvorhaben beteiligte Monteurpersonal einen hohen theoretischen und praktischen Kenntnisanstand besitzt, und damit die Investitionen für sein Vorhaben richtig eingesetzt sind.

Ein weiteres wichtiges Ziel des BFW ist die Initiierung von und die Mitwirkung an solchen Forschungsvorhaben, die den Einsatz der Fernwärme insgesamt weiter voranbringen sollen. Hierzu unterhält man permanent Kontakte zu Institutionen wie dem FFI Fernwärme Forschungsinstitut Hannover und anderen Instituten. Die Erkenntnisse aus solchen Projekten stehen allen BFW-Mitgliedern gleichmäßig zur Verfügung; die

BFW-Mitglieder haben dadurch einen Forschungsvorsprung gegenüber anderen Mitspielern in der Fernwärme-Branche.

Der BFW hat in dieser neuen total überarbeiteten 3. Auflage sämtliche bekannten Normen berücksichtigt. Diese sind die Basis, aber eben nur die Mindestvoraussetzungen, denn in vielen Fällen sind die Normvorgaben auch aufgrund von Restriktionen seitens der Herstellungskosten nicht das Optimum sondern nur ein Kompromiss. Überall dort, wo es angebracht ist, haben die BFW Autoren aus Qualitätssicherungsgründen und aus jahrzehntelangen Erfahrungen die Anforderungen höher gesetzt. Soweit die Normen dort überschritten werden, so ist dies eine Empfehlung des BFW, damit die gebauten Fernwärmeleitungen auch wirklich so lange halten, wie sie sollen. Mehrere Jahrzehnte.

Zu guter Letzt ist noch zu erwähnen, dass der BFW permanent in engem Kontakt mit der AGFW ist, um die Regelwerke der Fernwärme weiter zu optimieren.

Deshalb sollte bei einer Vergabe von Seiten der Betreiber immer als wichtiges Kriterium mit in die Entscheidung einfließen, ob der Anbieter ein BFW-Unternehmen ist oder zumindest BFW geprüfte Monteure einsetzt. Nur so kann das eingesetzte Kapital langfristig gesichert werden.

Peter C. Winteritz

1. Planung - Statik, Verlege- u. Anbindungsvarianten und Auslegung Dehnungspolster

1.1 Dehnwege

Für alle nachfolgenden Überlegungen betrachten wir als Leitungslänge l den Abstand von einem frei beweglichen Leitungsende (Richtungsänderung oder Kompensator) bis zur betrachteten Stelle, bis zu einem Festpunktbauteil oder bis zu einem natürlichen Festpunkt (in der Regel in der Mitte einer geraden Strecke).

1.2 Reibungskraft im Erdreich

Bei jeder Verschiebung der Leitung im Erdreich greift am Mantelrohr eine Reibungskraft F_R an, die der Bewegungsrichtung entgegengerichtet ist. Diese Reibungskraft hängt vom Mantelrohrdurchmesser, der Reibungszahl des Sandes zum PE-Mantelrohr und vom am Umfang gemittelten Erddruck sowie vom Rohreigengewicht ab (mit oder ohne Wasserfüllung). Der mittlere Erddruck wird von der Verlegetiefe, der Erddichte und vom Verdichtungsgrad beeinflusst. Eine gute Verdichtung im Rohrbereich setzt eine hohlraumfreie Unterfüllung der Rohre und eine verdichtungsfähige Grabensohle voraus.

Die effektive Reibungszahl ist von der Kornform und der Kornverteilung sowie vom Wassergehalt des Verfüllsandes abhängig. Besonders große Streuungen der Reibungskräfte treten auf, wenn der ans Rohr grenzende Sand bindige Bestandteile enthält.

1.3 Beanspruchung des Polyurethan-Hartschaumstoffs

Bei kleinen und mittleren Nennweiten (bis ca. DN 200) ist für die zulässigen Erd- und Verkehrslasten vorwiegend die Druckfestigkeit des PUR-Hartschaumstoffs maßgebend.

Größere Rohre werden bei Überlastung insgesamt deformiert, sie werden

aber durch den Verbund zwischen Mediumrohr und Mantelrohr mit dem Durchmesser zunehmend verstärkt. Bis DN 600 wird die Belastbarkeit durch das Verformungsvermögen des PUR-Hartschaums bestimmt.

Bei den in der Praxis üblichen Anwendungsfällen besteht eine hohe Sicherheit gegen Überlastung durch Erd- und Verkehrslasten.

1.4 Spannungen im erdverlegten Verbundrohr

Die am PE-Mantelrohr angreifenden Reibungskräfte werden durch den Verbund auf das Stahlrohr übertragen. Hier summieren sie sich je nach Bewegungsrichtung vom freien Leitungsende her als Zug- oder Druckspannungen auf oder verändern die hier von vorhergehenden Bewegungen vorhandenen Spannungsverhältnisse.

1.4.1 Grundregel

Längs der Rohrachse kann sich ohne Festpunkt die Längskraft nur um die pro laufenden Meter wirksame Reibungskraft erhöhen oder reduzieren.

Da sich im Haftbereich die Längskräfte nicht ändern, wirkt hier keine Reibungskraft und Scherbeanspruchung. Umgekehrt folgt daraus, dass sich in Schutzrohren auch bei deren Anordnung im Gleitbereich wegen der fehlenden Reibungskraft die Längskräfte im Rohr nicht ändern, wohl aber l und Δl .

1.5 Verlegung ohne Vorspannung

Der bei der Verlegung vorhandene spannungslose Zustand wird nach Inbetriebnahme nie wieder erreicht.

Bei der Erwärmung entstehen Druckspannungen, welche die Länge gegenüber der freien Ausdehnung reduzieren, bei der Abkühlung entstehen Zugspannungen, welche die Länge gegenüber dem ehemals spannungslosen Zustand erhöhen. Bei Zwischentemperaturen können je nach vorausgegangenem Temperaturverlauf völlig verschiedene Spannungs-

verteilungen längs der Rohrachse vorliegen. Allein aus einer momentan gemessenen Temperatur kann nicht der tatsächliche Dehnweg errechnet werden und aus einem bei einer Zwischentemperatur gemessenen Dehnweg nicht die Reibungskraft (Hysterese).

Eindeutige Verhältnisse liegen nur bei der höchsten und der niedrigsten Temperatur vor. Die erste Dehnbewegung aus dem spannungslosen Zustand heraus ist am größten. Für diese müssen die Dehnschenkel ausgelegt werden. Sie werden im Betrieb nur nach einer Seite genutzt. Eine mechanische Vorspannung der Dehnschenkel könnte eine Reduzierung der erforderlichen Dehnzonendicke, eine Verminderung der Dehnschenkel-längen bewirken. Da man den vorzuspannenden Bogen meist nicht an der optimalen Stelle trennen kann, müssten an der Verbindungsstelle außer Kräften Biegemomente eingebracht werden, da der Bogen sonst nach 50 % Dehnweg nicht spannungsfrei wird.

1.6 T- Abzweige

Die Stahlteile der T-Stücke sind so auszubinden, dass sie weder für die Beanspruchung durch Innendruck noch durch die Längskräfte eine unzulässige Schwächung darstellen.

Um die Biegespannungen durch den Höhenversprung in den zulässigen Grenzen zu halten, dürfen bei kleinen und mittleren Abzweigdurchmessern maximal 6 m lange Abzweigungen direkt auf die Hauptleitung münden. Längere Abzweige benötigen einen Dehnschenkel. Ausnahmen sind möglich, wenn bei geringem Durchmesserunterschied die Hauptleitung durch Dehnzonen ausreichend querelastisch gemacht werden kann.

1.7 Festpunktelemente

Bei erdverlegten Verbundmantelrohren sind im Regelfall keine Festpunktelemente erforderlich, unabhängig davon, ob ein Haftbereich vorliegt oder nicht. Werden aber Festpunktelemente montiert, dann sind

diese meist für sehr große Kräfte auszulegen. Das ist z. B. auch bei wechselnder Verlegung im Erdbereich und im Kanal zu beachten. Die Längskraft sinkt nur dort auf 0 bzw. auf den vom Innendruck herrührenden Betrag ab, wo eine unbehinderte Ausdehnung erfolgen kann. Es ist immer einfacher, die Restdehnung des erdverlegten Teils im Kanal aufzunehmen, als umgekehrt.

Festpunktelemente sind in der erdverlegten Leitung dann erforderlich, wenn sonst ein ständiges einseitiges Wandern der Leitung auftreten würde. Dies kann durch eine entsprechende Betriebsweise oder durch besondere Einbauverhältnisse ausgelöst werden.

1.8 Umgehung von Hindernissen

Muss mit der Leitung ein Hindernis umgangen werden, dann kann dies im einfachsten Fall durch einen Z-Versprung geschehen. Dabei ist erforderlich, dass der Versprung entweder so groß ist, dass er die von beiden Seiten ankommende Dehnung elastisch aufnehmen kann, oder er muss so gering sein, dass er die vom nächsten freien Ende her aufsummierte Reibungskraft ohne Überschreitung der zulässigen Biegebeanspruchung übertragen kann. Letzteres ist in der Praxis selten möglich. Dies gilt im Prinzip für horizontale, vertikale oder schräge Versprünge. Höhengsprünge sind zur Dehnungsaufnahme meist zu klein. Hier bietet es sich an, den kleinen Höhengsprung mit einem entsprechend großen seitlichen Versprung zusammenzufassen.

Eine kostengünstige Lösung ist oft die Umgehung mit einem aus mehreren 3°-Knicken gebildeten S-Bogen. Ein 3°-Knick bewirkt bei einem 6-m-Stab einen Versprung von über 0,3 m, 2 Knicke von 3° im Abstand von je 6 m ergeben bereits über 0,9 m Versprung, d. h. mit 3 Stäben à 6 m ergibt sich ein seitlicher Versprung von 1,25 m.

1.9 Verlege- und Anbindungsvarianten

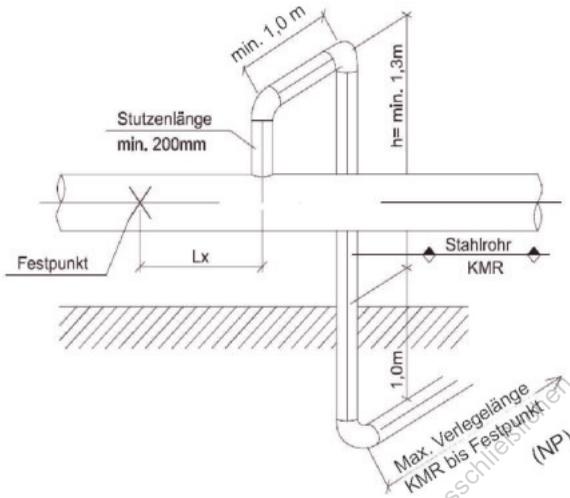


Abbildung 1, Anbindung von KMR-Leitungen an bestehende Freileitungen

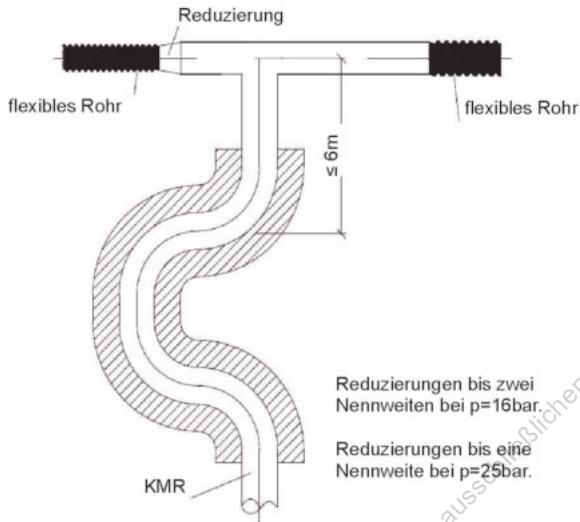


Abbildung 2, Berücksichtigung von Reduzierungen ohne Festpunkt

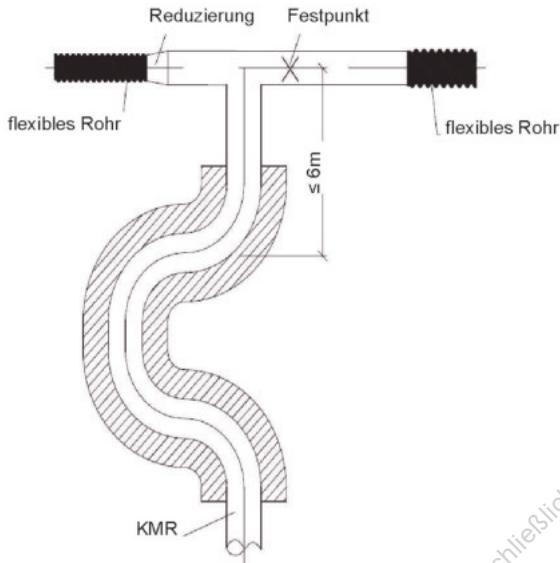


Abbildung 3, Berücksichtigung von Reduzierungen mit Festpunkt

Spannungsfreie erdverlegte Systeme bei der Einführung in Bauwerke, Kanäle und Hauseinführungen.

Entsprechend den statischen Erfordernissen und den örtlichen Gegebenheiten ist vor dem Hauseintritt ein Dehnungselement anzuordnen, als Z-Schenkel, L-Schenkel oder U-Dehner.

Bei einem T-Abgang beträgt L max. 6m, bei größeren Abständen ist dann ein Dehnungselement vorzusehen.



Abbildung 4, Einführung von spannungsfreien Systemen

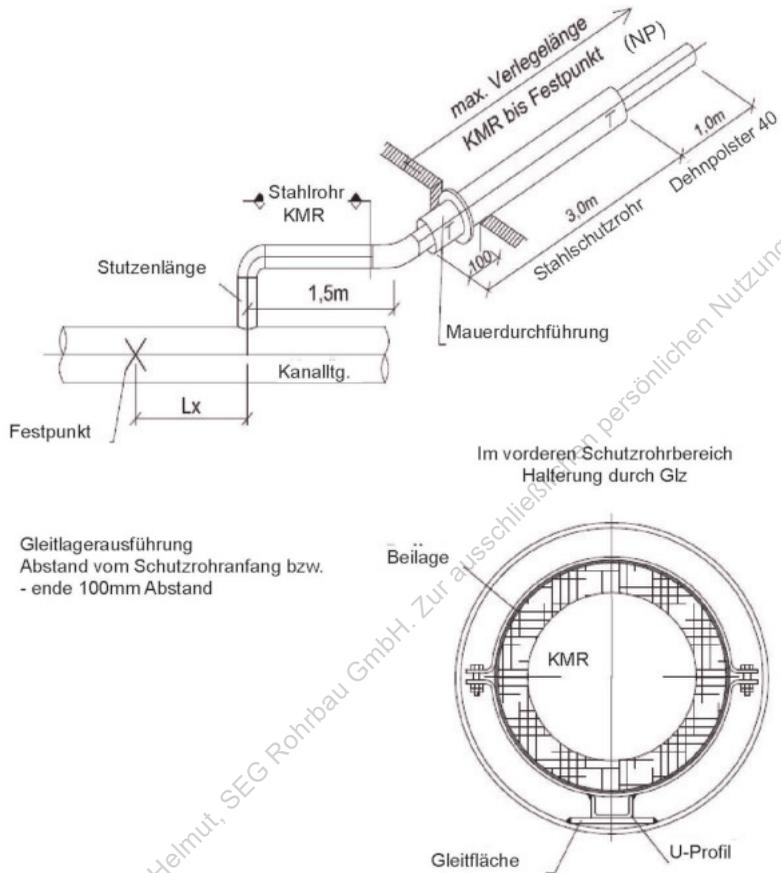


Abbildung 5, Anbindung von KMR-Leitungen an bestehende Kanalleitungen

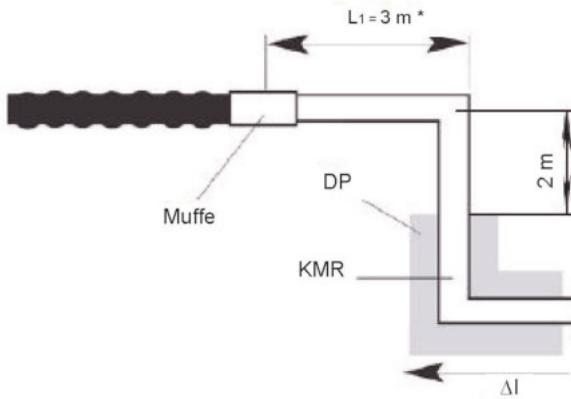


Abbildung 6, KMR-Schnittstelle mit flexiblem Rohr-Übergang mit Z-Dehnungsbogen

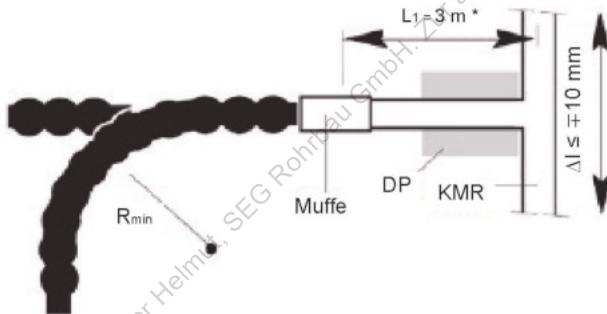


Abbildung 7, KMR -Schnittstelle mit flexiblem Rohr - Übergang am T Abzweig

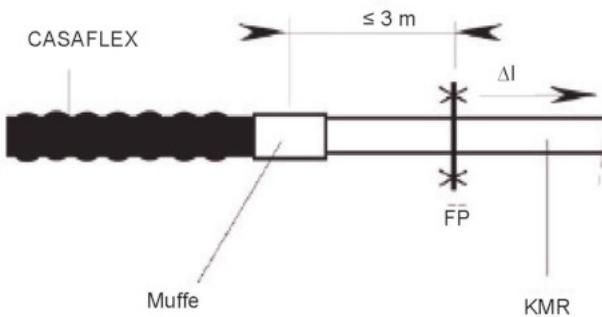


Abbildung 8, KMR-Schnittstelle mit flexiblem Rohr-Übergang mit Festpunkt

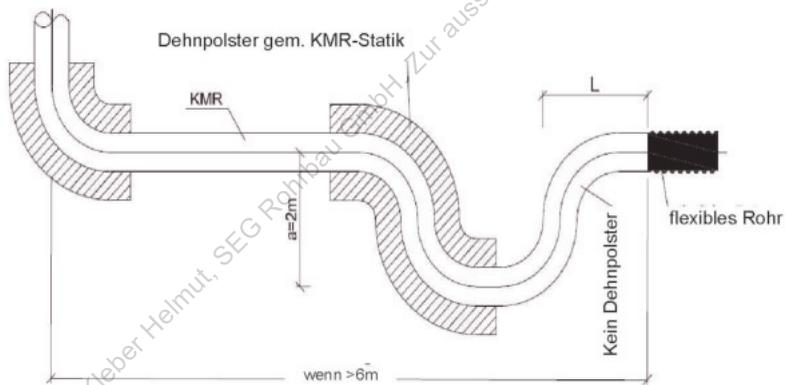


Abbildung 9, KMR-Schnittstelle mit flexiblem Rohr U-Dehnungsbogen

Maß L = Vorgaben des Systemherstellers beachten

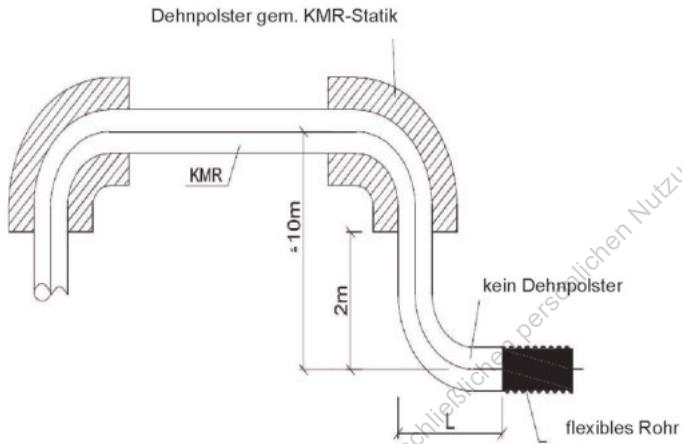


Abbildung 10, KMR-Schnittstelle mit flexiblem Rohr Z-Dehnungsbogen

Maß L = Vorgaben des Systemherstellers beachten

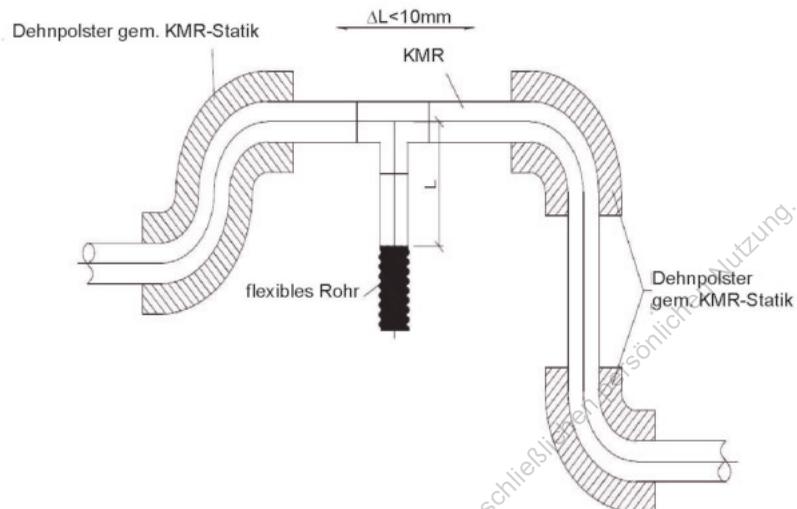


Abbildung 11, KMR-Schnittstelle mit flexiblem Rohr - 45° T-Abzweig

Maß L = Vorgaben des Systemherstellers beachten

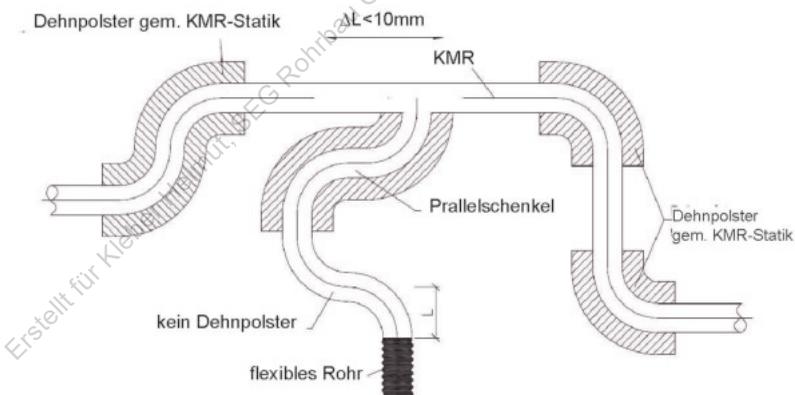


Abbildung 12, KMR-Schnittstelle mit flexiblem Rohr-Parallelabzweig

Maß L = Vorgaben des Systemherstellers beachten

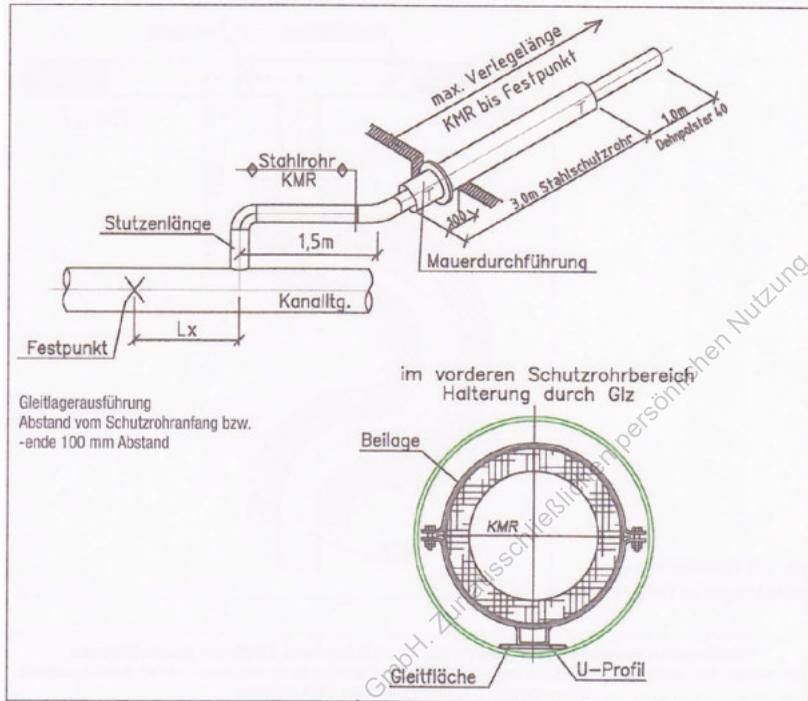


Abbildung 13, Einführung in Stahlschutzrohr

1.10 Bemessungstabellen für Dehnungspolster

Schenkelh.	DN 50	DN 65	DN 80	DN 100	DN 125	DN 150	DN 200	DN 250	DN 300	DN 350	DN 400	Dehnungspolster
	Dehnungspolster-Länge $l_2 = l_3$											
10mm	0,8 m	0,8 m	0,8 m	0,8 m	0,8 m	0,8 m	0,8 m	0,8 m	0,8 m	0,8 m	0,8 m	30 mm
15mm	1,0 m	1,1 m	1,2 m	1,2 m	1,2 m	1,2 m	1,2 m	1,2 m	1,2 m	1,2 m	1,2 m	30 mm
20 mm	1,1 m	1,1 m	1,2 m	1,4 m	1,5 m	40 mm						
25 mm	1,2 m	1,3 m	1,4 m	1,5 m	1,6 m	1,7 m	1,8 m	40 mm				
30 mm	1,4 m	1,5 m	1,6 m	1,7 m	1,8 m	1,9 m	2,1 m	2,2 m	2,2 m	2,2 m	2,2 m	50 mm
35 mm	1,5 m	1,6 m	1,7 m	1,9 m	2,0 m	2,1 m	2,3 m	2,4 m	2,5 m	2,5 m	2,5 m	50 mm
40 mm	1,6 m	1,7 m	1,9 m	2,0 m	2,1 m	2,3 m	2,5 m	2,6 m	2,6 m	2,6 m	2,6 m	60 mm
45 mm	1,7 m	1,9 m	2,0 m	2,1 m	2,3 m	2,5 m	2,7 m	2,8 m	2,8 m	2,8 m	2,8 m	70 mm
50 mm	1,7 m	1,9 m	2,1 m	2,2 m	2,4 m	2,6 m	2,8 m	3,0 m	3,0 m	3,0 m	3,0 m	80 mm
55 mm	1,7 m	2,0 m	2,2 m	2,4 m	2,5 m	2,7 m	2,9 m	3,1 m	3,2 m	3,2 m	3,2 m	90 mm
60 mm	1,8 m	2,1 m	2,3 m	2,5 m	2,6 m	2,8 m	3,0 m	3,2 m	3,3 m	3,3 m	3,3 m	90 mm
65 mm	1,9 m	2,1 m	2,3 m	2,5 m	2,6 m	2,8 m	3,1 m	3,3 m	3,5 m	3,5 m	3,5 m	90 mm
70 mm	1,9 m	2,2 m	2,3 m	2,5 m	2,6 m	2,8 m	3,2 m	3,3 m	3,5 m	3,5 m	3,5 m	100 mm
75 mm	1,9 m	2,3 m	2,4 m	2,6 m	2,7 m	3,1 m	3,3 m	3,5 m	3,9 m	3,9 m	4,0 m	100 mm
80 mm	1,9 m	2,3 m	2,4 m	2,6 m	2,7 m	3,1 m	3,4 m	3,6 m	4,0 m	4,0 m	4,2 m	120 mm
85 mm		2,3 m	2,5 m	2,6 m	2,8 m	3,2 m	3,5 m	3,7 m	4,1 m	4,1 m	4,3 m	Rundum-P. 60 mm
90 mm		2,5 m	2,6 m	2,8 m	3,2 m	3,5 m	3,8 m	4,2 m	4,2 m	4,2 m	4,5 m	Rundum-P. 60 mm
95 mm		2,5 m	2,6 m	2,8 m	3,3 m	3,6 m	3,9 m	4,3 m	4,3 m	4,3 m	4,6 m	45mm versp.
100 mm		2,5 m	2,6 m	2,8 m	3,3 m	3,7 m	4,0 m	4,4 m	4,4 m	4,4 m	4,7 m	Rundum-P. 70 mm
105 mm		2,6 m	2,9 m	3,3 m	3,3 m	3,8 m	4,0 m	4,5 m	4,5 m	4,5 m	4,8 m	50mm versp.
110 mm		2,6 m	2,9 m	3,3 m	3,4 m	3,8 m	4,1 m	4,6 m	4,6 m	4,6 m	4,9 m	Rundum-P. 70 mm
115 mm		2,6 m	2,9 m	3,4 m	3,4 m	3,9 m	4,2 m	4,7 m	4,7 m	4,7 m	5,0 m	Rundum-P. 80 mm
120 mm		2,9 m	2,9 m	3,4 m	3,4 m	3,9 m	4,2 m	4,8 m	4,8 m	4,8 m	5,1 m	60mm versp.
125 mm		3,4 m	3,4 m	3,4 m	3,4 m	3,9 m	4,2 m	4,9 m	4,9 m	4,9 m	5,1 m	Rundum-P. 80 mm
130 mm		3,4 m	3,4 m	3,4 m	3,4 m	3,9 m	4,2 m	4,9 m	4,9 m	4,9 m	5,1 m	60mm versp.
135 mm		3,4 m	3,4 m	3,4 m	3,4 m	3,9 m	4,2 m	4,9 m	4,9 m	4,9 m	5,3 m	Rundum-P. 90 mm
140 mm		3,4 m	3,4 m	3,4 m	3,4 m	3,9 m	4,2 m	4,9 m	4,9 m	4,9 m	5,3 m	Rundum-P. 90 mm
145 mm		3,4 m	3,4 m	3,4 m	3,4 m	3,9 m	4,2 m	4,9 m	4,9 m	4,9 m	5,3 m	65mm versp.
150 mm		3,4 m	3,4 m	3,4 m	3,4 m	3,9 m	4,2 m	4,9 m	4,9 m	4,9 m	5,3 m	65mm versp.
155 mm						3,9 m	4,3 m	4,9 m	4,9 m	4,9 m	5,4 m	Rundum-P. 90 mm
160 mm						3,9 m	4,3 m	4,9 m	4,9 m	4,9 m	5,4 m	65mm versp.
165 mm						4,3 m	4,3 m	4,9 m	4,9 m	4,9 m	5,5 m	Rundum-P. 90 mm
170 mm						4,3 m	4,3 m	5,0 m	5,0 m	5,0 m	5,5 m	65mm versp.
175 mm						4,3 m	4,3 m	5,0 m	5,0 m	5,0 m	5,5 m	Rundum-P. 90 mm
180 mm						4,3 m	4,3 m	5,0 m	5,0 m	5,0 m	5,5 m	65mm versp.
185 mm						4,3 m	4,3 m	5,0 m	5,0 m	5,0 m	5,5 m	Rundum-P. 90 mm
190 mm						4,3 m	4,3 m	5,0 m	5,0 m	5,0 m	5,5 m	65mm versp.
195 mm						4,3 m	4,3 m	5,0 m	5,0 m	5,0 m	5,5 m	Rundum-P. 90 mm
200 mm						4,3 m	4,3 m	5,0 m	5,0 m	5,0 m	5,5 m	65mm versp.
205 mm						4,3 m	4,3 m	5,0 m	5,0 m	5,0 m	5,5 m	Rundum-P. 90 mm

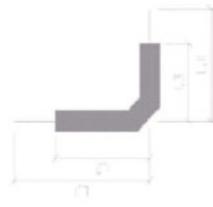
1.10.1 Bemessung für 90° L- Bogen

In Anlehnung an FM401, Teil 11
Einbau unter StraÙa, weidese DP

BFW-Handbuch

Bemessung für L-Schenkel
 $\Delta T=120K$ $\beta=90^\circ$ $h_i=0,8m$

Schenkel-L L, I u. II	DN 50	DN 65	DN 80	DN 100	DN 125	DN 150	DN 200	DN 250	DN 300	DN 350	DN 400	Dehnungspolster Dicke
10m	0,8 m	0,8 m	0,8 m	0,8 m	0,8 m	0,8 m	0,8 m	0,8 m	0,8 m	0,8 m	0,8 m	30 mm
15m	1,0 m	1,1 m	1,1 m	1,2 m	1,2 m	1,2 m	1,2 m	1,2 m	1,2 m	1,2 m	1,2 m	30 mm
20 m	1,1 m	1,1 m	1,2 m	1,3 m	1,4 m	1,5 m	40 mm					
25 m	1,2 m	1,3 m	1,4 m	1,5 m	1,6 m	1,7 m	1,8 m	40 mm				
30 m	1,4 m	1,5 m	1,7 m	1,8 m	1,9 m	2,1 m	2,2 m	50 mm				
35 m	1,6 m	1,7 m	1,9 m	2,0 m	2,1 m	2,3 m	2,4 m	2,5 m	2,5 m	2,5 m	2,5 m	60 mm
40 m	1,6 m	1,7 m	1,9 m	2,0 m	2,1 m	2,3 m	2,5 m	2,5 m	2,7 m	2,7 m	2,8 m	70 mm
45 m	1,7 m	1,9 m	2,0 m	2,1 m	2,2 m	2,5 m	2,7 m	2,9 m	2,9 m	3,0 m	3,0 m	80 mm
50 m	1,7 m	1,9 m	2,1 m	2,2 m	2,4 m	2,6 m	3,0 m	3,2 m	3,2 m	3,2 m	3,3 m	90 mm
55 m	1,7 m	1,9 m	2,2 m	2,3 m	2,5 m	2,7 m	3,1 m	3,3 m	3,3 m	3,3 m	3,5 m	90 mm
60 m	1,8 m	2,1 m	2,3 m	2,4 m	2,6 m	2,9 m	3,2 m	3,5 m	3,5 m	3,5 m	3,6 m	90 mm
65 m	1,9 m	2,1 m	2,5 m	2,5 m	2,8 m	3,1 m	3,4 m	3,6 m	3,6 m	3,6 m	3,6 m	100 mm
70 m	1,9 m	2,2 m	2,5 m	2,6 m	2,9 m	3,2 m	3,4 m	3,4 m	3,7 m	3,7 m	4,0 m	100 mm
75 m	1,9 m	2,3 m	2,6 m	2,7 m	3,1 m	3,3 m	3,5 m	3,5 m	3,9 m	3,9 m	4,1 m	100 mm
80 m	1,9 m	2,3 m	2,6 m	2,7 m	3,1 m	3,4 m	3,6 m	3,6 m	4,0 m	4,0 m	4,2 m	120 mm o. RP, 60 mm 45mm versp.
85 m	2,3 m	2,3 m	2,6 m	2,8 m	3,2 m	3,5 m	3,7 m	3,7 m	4,1 m	4,1 m	4,3 m	120 mm o. RP, 60 mm 45mm versp.
90 m	2,3 m	2,3 m	2,6 m	2,8 m	3,2 m	3,5 m	3,8 m	3,8 m	4,2 m	4,2 m	4,5 m	120 mm o. RP, 60 mm 45mm versp.
95 m	2,3 m	2,5 m	2,6 m	2,8 m	3,3 m	3,6 m	3,9 m	3,9 m	4,3 m	4,3 m	4,6 m	120 mm o. RP, 60 mm 45mm versp.
100 m	2,6 m	2,6 m	2,6 m	2,8 m	3,3 m	3,7 m	3,9 m	3,9 m	4,3 m	4,3 m	4,6 m	120 mm o. RP, 60 mm 45mm versp.
105 m	2,6 m	2,6 m	2,6 m	2,9 m	3,3 m	3,7 m	4,0 m	4,0 m	4,4 m	4,4 m	4,7 m	RP, 70 mm 50mm versp.
110 m	2,6 m	2,6 m	2,6 m	2,9 m	3,3 m	3,8 m	4,0 m	4,0 m	4,5 m	4,5 m	4,8 m	RP, 70 mm 50mm versp.
115 m	2,6 m	2,6 m	2,6 m	2,9 m	3,4 m	3,8 m	4,1 m	4,1 m	4,6 m	4,6 m	4,9 m	RP, 70 mm 50mm versp.
120 m	2,6 m	2,6 m	2,6 m	2,9 m	3,4 m	3,8 m	4,1 m	4,1 m	4,6 m	4,6 m	4,9 m	RP, 70 mm 50mm versp.
125 m	2,6 m	2,6 m	2,6 m	2,9 m	3,4 m	3,8 m	4,1 m	4,1 m	4,7 m	4,7 m	5,0 m	RP, 80 mm 60mm versp.
130 m	2,6 m	2,6 m	2,6 m	2,9 m	3,4 m	3,8 m	4,2 m	4,2 m	4,7 m	4,7 m	5,1 m	RP, 80 mm 60mm versp.
135 m	2,6 m	2,6 m	2,6 m	2,9 m	3,4 m	3,8 m	4,2 m	4,2 m	4,8 m	4,8 m	5,1 m	RP, 80 mm 60mm versp.
140 m	2,6 m	2,6 m	2,6 m	2,9 m	3,4 m	3,8 m	4,3 m	4,3 m	4,8 m	4,8 m	5,2 m	RP, 80 mm 60mm versp.
145 m	2,6 m	2,6 m	2,6 m	2,9 m	3,4 m	3,8 m	4,3 m	4,3 m	4,9 m	4,9 m	5,3 m	RP, 80 mm 60mm versp.
150 m	2,6 m	2,6 m	2,6 m	2,9 m	3,4 m	3,8 m	4,3 m	4,3 m	4,9 m	4,9 m	5,3 m	RP, 80 mm 60mm versp.
155 m	2,6 m	2,6 m	2,6 m	2,9 m	3,4 m	3,8 m	4,3 m	4,3 m	4,9 m	4,9 m	5,4 m	RP, 80 mm 60mm versp.
160 m	2,6 m	2,6 m	2,6 m	2,9 m	3,4 m	3,8 m	4,3 m	4,3 m	4,9 m	4,9 m	5,4 m	RP, 80 mm 60mm versp.
165 m	2,6 m	2,6 m	2,6 m	2,9 m	3,4 m	3,8 m	4,3 m	4,3 m	4,9 m	4,9 m	5,4 m	RP, 80 mm 60mm versp.
170 m	2,6 m	2,6 m	2,6 m	2,9 m	3,4 m	3,8 m	4,3 m	4,3 m	4,9 m	4,9 m	5,4 m	RP, 80 mm 60mm versp.
175 m	2,6 m	2,6 m	2,6 m	2,9 m	3,4 m	3,8 m	4,3 m	4,3 m	4,9 m	4,9 m	5,4 m	RP, 80 mm 60mm versp.
180 m	2,6 m	2,6 m	2,6 m	2,9 m	3,4 m	3,8 m	4,3 m	4,3 m	4,9 m	4,9 m	5,4 m	RP, 80 mm 60mm versp.
185 m	2,6 m	2,6 m	2,6 m	2,9 m	3,4 m	3,8 m	4,3 m	4,3 m	4,9 m	4,9 m	5,4 m	RP, 80 mm 60mm versp.
190 m	2,6 m	2,6 m	2,6 m	2,9 m	3,4 m	3,8 m	4,3 m	4,3 m	4,9 m	4,9 m	5,4 m	RP, 80 mm 60mm versp.
195 m	2,6 m	2,6 m	2,6 m	2,9 m	3,4 m	3,8 m	4,3 m	4,3 m	4,9 m	4,9 m	5,4 m	RP, 80 mm 60mm versp.
200 m	2,6 m	2,6 m	2,6 m	2,9 m	3,4 m	3,8 m	4,3 m	4,3 m	4,9 m	4,9 m	5,4 m	RP, 80 mm 60mm versp.
205 m	2,6 m	2,6 m	2,6 m	2,9 m	3,4 m	3,8 m	4,3 m	4,3 m	4,9 m	4,9 m	5,4 m	RP, 80 mm 60mm versp.



Erddrangung:
 T-Stücke ohne Verstärkung möglich
 Beispiel: DN 65 bis 150m

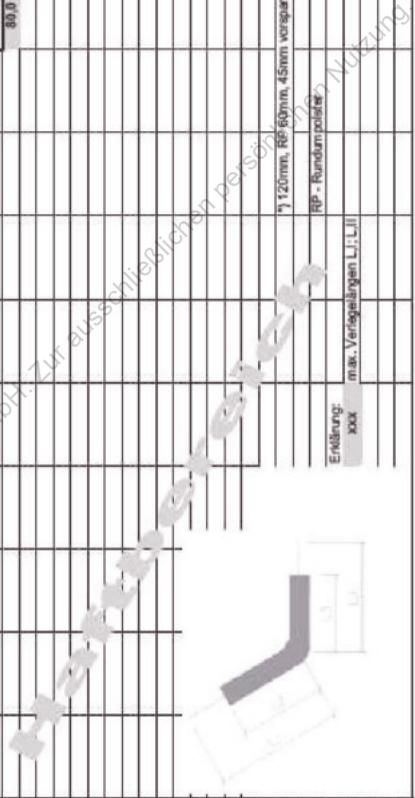
1.10.2 Bemessung für 60° L-Bogen

In Anlehnung an FW401, Teil 11
Einbau unter StraÙa, weiches DP

BFW-Handbuch

Bemessung für L-Schenkel
 $\Delta T = 120K$ $\alpha_D = 60^\circ$ $h_U = 0,8m$

Schenkel-L	DN 50	DN 65	DN 80	DN 100	DN 125	DN 150	DN 200	DN 250	DN 300	DN 350	DN 400	Dehnradlater
L = L, II												
5 m	0,6 m	0,6 m	0,6 m	0,6 m	0,6 m	0,6 m	0,6 m	0,5 m	0,5 m	0,5 m	0,5 m	40 mm
10 m	1,2 m	1,2 m	1,2 m	1,2 m	1,2 m	1,2 m	1,2 m	1,2 m	1,2 m	1,2 m	1,2 m	40 mm
15 m	1,8 m	1,8 m	1,8 m	1,8 m	1,9 m	1,9 m	1,9 m	1,5 m	1,5 m	1,5 m	1,5 m	40 mm
20 m	2,4 m	2,3 m	2,3 m	2,5 m	60 mm							
25 m	3,0 m	2,9 m	2,9 m	3,1 m	3,1 m	3,0 m	60 mm					
30 m	3,6 m	3,4 m	3,4 m	3,7 m	3,7 m	3,5 m	80 mm					
35 m	4,2 m	4,0 m	4,0 m	4,3 m	4,3 m	4,0 m	100 mm					
40 m	4,8 m	4,6 m	4,6 m	5,0 m	5,0 m	4,5 m	100 mm					
45 m	5,4 m	5,2 m	5,2 m	5,6 m	5,6 m	5,0 m	120 mm *)					
50 m	6,0 m	5,8 m	5,8 m	6,2 m	6,2 m	5,2 m	RP, 80mm, 80mm vorgeg.					
55 m	6,6 m	6,4 m	6,4 m	6,8 m	6,8 m	5,5 m	RP, 80mm, 80mm vorgeg.					
60 m	7,2 m	7,0 m	7,0 m	7,4 m	7,4 m	5,9 m	RP, 100mm, 70mm vorgeg.					
65 m	7,8 m	7,6 m	7,6 m	8,0 m	8,0 m	6,2 m	RP, 100mm, 70mm vorgeg.					
70 m	8,4 m	8,2 m	8,2 m	8,6 m	8,6 m	6,3 m	RP, 100mm, 70mm vorgeg.					
75 m	9,0 m	8,8 m	8,8 m	9,2 m	9,2 m	6,3 m	RP, 100mm, 70mm vorgeg.					
80 m	9,6 m	9,4 m	9,4 m	9,8 m	9,8 m	6,3 m	RP, 100mm, 70mm vorgeg.					
85 m	10,2 m	10,0 m	10,0 m	10,4 m	10,4 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	RP, 100mm, 70mm vorgeg.
90 m	10,8 m	10,6 m	10,6 m	11,0 m	11,0 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	RP, 100mm, 70mm vorgeg.
95 m	11,4 m	11,2 m	11,2 m	11,6 m	11,6 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	RP, 100mm, 70mm vorgeg.
100 m	12,0 m	11,8 m	11,8 m	12,2 m	12,2 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	RP, 100mm, 70mm vorgeg.
105 m	12,6 m	12,4 m	12,4 m	12,8 m	12,8 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	RP, 100mm, 70mm vorgeg.
110 m	13,2 m	13,0 m	13,0 m	13,4 m	13,4 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	RP, 100mm, 70mm vorgeg.
115 m	13,8 m	13,6 m	13,6 m	14,0 m	14,0 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	RP, 100mm, 70mm vorgeg.
120 m	14,4 m	14,2 m	14,2 m	14,6 m	14,6 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	RP, 100mm, 70mm vorgeg.
125 m	15,0 m	14,8 m	14,8 m	15,2 m	15,2 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	RP, 100mm, 70mm vorgeg.
130 m	15,6 m	15,4 m	15,4 m	15,8 m	15,8 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	RP, 100mm, 70mm vorgeg.
135 m	16,2 m	16,0 m	16,0 m	16,4 m	16,4 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	RP, 100mm, 70mm vorgeg.
140 m	16,8 m	16,6 m	16,6 m	17,0 m	17,0 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	RP, 100mm, 70mm vorgeg.
145 m	17,4 m	17,2 m	17,2 m	17,6 m	17,6 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	RP, 100mm, 70mm vorgeg.
150 m	18,0 m	17,8 m	17,8 m	18,2 m	18,2 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	RP, 100mm, 70mm vorgeg.
155 m	18,6 m	18,4 m	18,4 m	18,8 m	18,8 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	RP, 100mm, 70mm vorgeg.
160 m	19,2 m	19,0 m	19,0 m	19,4 m	19,4 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	RP, 100mm, 70mm vorgeg.
165 m	19,8 m	19,6 m	19,6 m	20,0 m	20,0 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	RP, 100mm, 70mm vorgeg.
170 m	20,4 m	20,2 m	20,2 m	20,6 m	20,6 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	RP, 100mm, 70mm vorgeg.
175 m	21,0 m	20,8 m	20,8 m	21,2 m	21,2 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	RP, 100mm, 70mm vorgeg.
180 m	21,6 m	21,4 m	21,4 m	21,8 m	21,8 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	RP, 100mm, 70mm vorgeg.
185 m	22,2 m	22,0 m	22,0 m	22,4 m	22,4 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	RP, 100mm, 70mm vorgeg.
190 m	22,8 m	22,6 m	22,6 m	23,0 m	23,0 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	RP, 100mm, 70mm vorgeg.
195 m	23,4 m	23,2 m	23,2 m	23,6 m	23,6 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	RP, 100mm, 70mm vorgeg.
200 m	24,0 m	23,8 m	23,8 m	24,2 m	24,2 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	6,3 m	RP, 100mm, 70mm vorgeg.



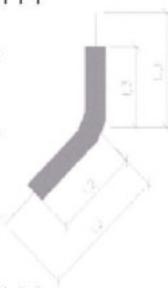
1.10.3 Bemessung für 45° L- Bogen

BFW-Handbuch

In Anlehnung an FW401, Teil 11
Einbau unter Straße, weiches DP

Bemessung für L-Schenkel
 $\Delta T=120K$ $\beta=45^\circ$ $h_U=0,8m$

Schenkel-L L ₁ =L ₂	Dehnungspolsterlänge $l_2=1,3$										Dehnungspolster Dicke	
	DN 50	DN 65	DN 80	DN 100	DN 125	DN 150	DN 200	DN 250	DN 300	DN 350		DN 400
5 m	0,8 m	0,9 m	0,9 m	0,9 m	0,9 m	1,1 m	1,0 m	40mm				
10 m	1,5 m	1,8 m	1,8 m	1,8 m	1,8 m	2,0 m	60mm					
15 m	10,0 m	10,0 m	10,0 m	10,0 m	2,6 m	2,3 m	2,3 m	2,8 m	2,8 m	2,8 m	2,8 m	80mm
20 m					15,0 m	3,5 m	3,5 m	3,8 m	3,8 m	3,8 m	3,8 m	100mm
25 m							20,0 m	4,8 m	4,8 m	4,8 m	4,8 m	100mm
30 m								25,0 m	5,7 m	5,7 m	5,7 m	120mm
35 m									30,0 m	6,6 m	6,6 m	RP, 10mm
40 m										6,6 m	6,6 m	50mm vorgp.
45 m										40,0 m	40,0 m	
50 m												
55 m												
60 m												
65 m												
70 m												
75 m												
80 m												
85 m												
90 m												
95 m												
100 m												
105 m												
110 m												
115 m												
120 m												
125 m												
130 m												
135 m												
140 m												
145 m												
150 m												
155 m												
160 m												
165 m												
170 m												
175 m												
180 m												
185 m												
190 m												
195 m												
200 m												



*) 120mm, RP 60mm/45mm vorgp.
RP - Rundumpolster

xxx max. Verfügbarlänge L₁/L₂

1.10.4 Bemessung für U-Bogen

Bemessung für U-Bogen
 $\Delta T = 120K$, $\beta = 90^\circ$ $h_{ij} = 0,8m$
 BFW-Handbuch
 In Anlehnung an FM401, Teil 11
 Einbau unter Straße, weiches DP

Schicht-L.	DN 50	DN 65	DN 80	DN 100	DN 125	DN 150	DN 200	DN 250	DN 300	DN 350	DN 400	Dehnungspolster	
L	L	L	L	Dehnungspolster-Länge / Höhe und Breite U-Bogen								DN	Dicke
10mm	1,4 m	1,4 m	1,4 m	1,5 m	1,6 m	1,6 m	1,8 m	2,0 m	2,1 m	2,2 m	2,3 m	30 mm	
15mm	1,4 m	1,4 m	1,4 m	1,5 m	1,6 m	1,6 m	1,8 m	2,0 m	2,1 m	2,2 m	2,3 m	30 mm	
20mm	1,4 m	1,4 m	1,4 m	1,5 m	1,6 m	1,6 m	1,8 m	2,0 m	2,1 m	2,2 m	2,3 m	40 mm	
25mm	1,4 m	1,4 m	1,4 m	1,5 m	1,6 m	1,6 m	1,8 m	2,0 m	2,1 m	2,2 m	2,3 m	50 mm	
30mm	1,4 m	1,4 m	1,4 m	1,5 m	1,6 m	1,6 m	1,8 m	2,0 m	2,1 m	2,2 m	2,3 m	60mm	
35mm	1,4 m	1,4 m	1,4 m	1,5 m	1,6 m	1,6 m	1,8 m	2,0 m	2,1 m	2,2 m	2,3 m	60mm	
40mm	1,4 m	1,4 m	1,4 m	1,5 m	1,6 m	1,6 m	1,8 m	2,0 m	2,1 m	2,2 m	2,3 m	80 mm	
45mm	1,4 m	1,4 m	1,4 m	1,5 m	1,6 m	1,6 m	1,8 m	2,0 m	2,1 m	2,2 m	2,3 m	90mm	
50mm	1,4 m	1,4 m	1,4 m	1,5 m	1,6 m	1,6 m	1,8 m	2,0 m	2,1 m	2,2 m	2,3 m	90mm	
55mm	1,4 m	1,4 m	1,4 m	1,5 m	1,6 m	1,6 m	1,8 m	2,0 m	2,1 m	2,2 m	2,3 m	100mm	
60mm	1,4 m	1,4 m	1,4 m	1,5 m	1,6 m	1,6 m	1,8 m	2,0 m	2,1 m	2,2 m	2,3 m	100mm	
65mm	1,4 m	1,4 m	1,4 m	1,5 m	1,6 m	1,6 m	1,8 m	2,0 m	2,1 m	2,2 m	2,3 m	100mm	
70mm	1,4 m	1,4 m	1,4 m	1,5 m	1,6 m	1,6 m	1,8 m	2,0 m	2,1 m	2,2 m	2,3 m	100mm	
75mm	1,4 m	1,4 m	1,4 m	1,5 m	1,6 m	1,7 m	1,9 m	2,0 m	2,1 m	2,2 m	2,3 m	120mm	
80mm	1,4 m	1,4 m	1,4 m	1,5 m	1,6 m	1,7 m	1,9 m	2,0 m	2,1 m	2,2 m	2,3 m	RP 60mm	
85mm	1,4 m	1,4 m	1,4 m	1,5 m	1,7 m	1,8 m	2,0 m	2,0 m	2,2 m	2,2 m	2,3 m	45mm vorgp.	
90mm	1,4 m	1,4 m	1,4 m	1,5 m	1,7 m	1,8 m	2,0 m	2,0 m	2,2 m	2,2 m	2,3 m	RP 70mm	
95mm	1,4 m	1,4 m	1,4 m	1,5 m	1,7 m	1,9 m	2,0 m	2,0 m	2,2 m	2,2 m	2,3 m	50mm vorgp.	
100mm	1,4 m	1,4 m	1,4 m	1,5 m	1,8 m	1,9 m	2,0 m	2,0 m	2,2 m	2,2 m	2,3 m	50mm vorgp.	
105mm	1,4 m	1,4 m	1,4 m	1,5 m	1,8 m	2,0 m	2,1 m	2,0 m	2,2 m	2,2 m	2,3 m	RP 80mm	
110mm	1,4 m	1,4 m	1,4 m	1,5 m	1,8 m	2,0 m	2,2 m	2,1 m	2,4 m	2,4 m	2,4 m	60mm vorgp.	
115mm	1,4 m	1,4 m	1,4 m	1,5 m	1,8 m	2,0 m	2,2 m	2,2 m	2,4 m	2,4 m	2,4 m	60mm vorgp.	
120mm	1,4 m	1,4 m	1,4 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,3 m	2,2 m	2,5 m	2,5 m	2,5 m	60mm vorgp.	
125mm	1,4 m	1,4 m	1,4 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,3 m	2,2 m	2,5 m	2,5 m	2,5 m	RP 90mm	
130mm	1,4 m	1,4 m	1,4 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,3 m	2,2 m	2,5 m	2,5 m	2,5 m	60mm vorgp.	
135mm	1,4 m	1,4 m	1,4 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,3 m	2,2 m	2,5 m	2,5 m	2,5 m	60mm vorgp.	
140mm	1,4 m	1,4 m	1,4 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,3 m	2,2 m	2,5 m	2,5 m	2,5 m	60mm vorgp.	
145mm	1,4 m	1,4 m	1,4 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,3 m	2,2 m	2,5 m	2,5 m	2,5 m	RP 100mm	
150mm	1,4 m	1,4 m	1,4 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,3 m	2,2 m	2,5 m	2,5 m	2,5 m	70mm vorgp.	
155mm	1,4 m	1,4 m	1,4 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,3 m	2,2 m	2,5 m	2,5 m	2,5 m	70mm vorgp.	
160mm	1,4 m	1,4 m	1,4 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,3 m	2,2 m	2,5 m	2,5 m	2,5 m	70mm vorgp.	
165mm	1,4 m	1,4 m	1,4 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,3 m	2,2 m	2,5 m	2,5 m	2,5 m	70mm vorgp.	
170mm	1,4 m	1,4 m	1,4 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,3 m	2,2 m	2,5 m	2,5 m	2,5 m	70mm vorgp.	
175mm	1,4 m	1,4 m	1,4 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,3 m	2,2 m	2,5 m	2,5 m	2,5 m	70mm vorgp.	
180mm	1,4 m	1,4 m	1,4 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,3 m	2,2 m	2,5 m	2,5 m	2,5 m	70mm vorgp.	
185mm	1,4 m	1,4 m	1,4 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,3 m	2,2 m	2,5 m	2,5 m	2,5 m	70mm vorgp.	
190mm	1,4 m	1,4 m	1,4 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,3 m	2,2 m	2,5 m	2,5 m	2,5 m	70mm vorgp.	
195mm	1,4 m	1,4 m	1,4 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,3 m	2,2 m	2,5 m	2,5 m	2,5 m	70mm vorgp.	
200mm	1,4 m	1,4 m	1,4 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,3 m	2,2 m	2,5 m	2,5 m	2,5 m	70mm vorgp.	
205mm	1,4 m	1,4 m	1,4 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,3 m	2,2 m	2,5 m	2,5 m	2,5 m	70mm vorgp.	



Erklärung:
 T-Stücke ohne Verstärkung möglich
 Beispiel: DN 65 bis 60mm

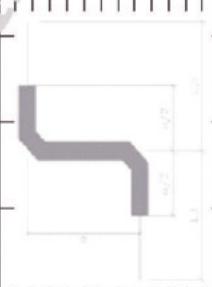
1.10.5 Bemessung für Z-Bogen

In Anlehnung an FW401, Teil 11
Einbau unter Straß. weiches DP

BFW-Handbuch

Bemessung für Z-Bogen
 $\Delta T = 120K$ $\beta = 90^\circ$ $h_U = 0,8m$

Schenkel-L. L, x L, B	DN 50	DN 65	DN 80	DN 100	DN 125	DN 150	DN 200	DN 250	DN 300	DN 350	DN 400	Dehnungspolster Dicke
10m	1,4 m	1,4 m	1,4 m	1,5 m	1,6 m	1,6 m	1,8 m	2,0 m	2,1 m	2,2 m	2,3 m	30 mm
15m	1,4 m	1,4 m	1,4 m	1,5 m	1,6 m	1,6 m	1,8 m	2,0 m	2,1 m	2,2 m	2,3 m	40 mm
20m	1,4 m	1,4 m	1,4 m	1,5 m	1,6 m	1,6 m	1,8 m	2,0 m	2,1 m	2,2 m	2,3 m	50 mm
30m	1,4 m	1,4 m	1,4 m	1,5 m	1,6 m	1,6 m	1,8 m	2,0 m	2,1 m	2,2 m	2,3 m	60 mm
35m	1,4 m	1,4 m	1,4 m	1,5 m	1,6 m	1,7 m	1,8 m	2,0 m	2,1 m	2,2 m	2,3 m	70 mm
40m	1,4 m	1,5 m	1,5 m	1,6 m	1,8 m	1,8 m	2,0 m	2,2 m	2,3 m	2,4 m	2,5 m	80 mm
45m	1,4 m	1,6 m	1,6 m	1,7 m	1,9 m	1,9 m	2,1 m	2,3 m	2,4 m	2,5 m	2,6 m	90 mm
50m	1,4 m	1,7 m	1,7 m	1,8 m	2,0 m	2,0 m	2,2 m	2,4 m	2,5 m	2,6 m	2,7 m	100mm
55m	1,4 m	1,7 m	1,8 m	1,9 m	2,0 m	2,1 m	2,2 m	2,4 m	2,5 m	2,6 m	2,7 m	100mm
60m	1,4 m	1,7 m	1,8 m	1,9 m	2,0 m	2,1 m	2,2 m	2,4 m	2,5 m	2,6 m	2,7 m	100mm
65m	1,4 m	1,7 m	1,9 m	2,1 m	2,2 m	2,3 m	2,4 m	2,5 m	2,6 m	2,7 m	2,8 m	100mm
70m	1,4 m	1,7 m	1,9 m	2,1 m	2,2 m	2,3 m	2,4 m	2,5 m	2,6 m	2,7 m	2,8 m	100mm
75m	1,4 m	1,7 m	2,0 m	2,2 m	2,4 m	2,4 m	2,5 m	2,6 m	2,7 m	2,8 m	2,9 m	100mm
80m	1,4 m	1,7 m	2,0 m	2,2 m	2,4 m	2,4 m	2,5 m	2,6 m	2,7 m	2,8 m	2,9 m	100mm
85m	1,4 m	1,7 m	2,0 m	2,2 m	2,4 m	2,5 m	2,6 m	2,7 m	2,8 m	2,9 m	3,0 m	100mm
90m	1,7 m	2,0 m	2,2 m	2,4 m	2,6 m	2,7 m	2,8 m	3,0 m	3,1 m	3,2 m	3,3 m	100mm
95m	1,7 m	2,0 m	2,2 m	2,4 m	2,7 m	2,7 m	2,9 m	3,1 m	3,2 m	3,3 m	3,4 m	100mm
100m	2,0 m	2,0 m	2,2 m	2,4 m	2,7 m	2,7 m	2,9 m	3,1 m	3,2 m	3,3 m	3,4 m	100mm
105m	2,0 m	2,0 m	2,2 m	2,4 m	2,7 m	2,7 m	2,9 m	3,1 m	3,2 m	3,3 m	3,4 m	100mm
110m	2,0 m	2,0 m	2,2 m	2,4 m	2,7 m	2,7 m	2,9 m	3,1 m	3,2 m	3,3 m	3,4 m	100mm
115m	2,0 m	2,0 m	2,2 m	2,4 m	2,7 m	2,7 m	2,9 m	3,1 m	3,2 m	3,3 m	3,4 m	100mm
120m	2,0 m	2,0 m	2,2 m	2,4 m	2,7 m	2,7 m	2,9 m	3,1 m	3,2 m	3,3 m	3,4 m	100mm
125m	2,0 m	2,0 m	2,2 m	2,4 m	2,7 m	2,7 m	2,9 m	3,1 m	3,2 m	3,3 m	3,4 m	100mm
130m	2,0 m	2,0 m	2,2 m	2,4 m	2,7 m	2,7 m	2,9 m	3,1 m	3,2 m	3,3 m	3,4 m	100mm
135m	2,0 m	2,0 m	2,2 m	2,4 m	2,7 m	2,7 m	2,9 m	3,1 m	3,2 m	3,3 m	3,4 m	100mm
140m	2,0 m	2,0 m	2,2 m	2,4 m	2,7 m	2,7 m	2,9 m	3,1 m	3,2 m	3,3 m	3,4 m	100mm
145m	2,0 m	2,0 m	2,2 m	2,4 m	2,7 m	2,7 m	2,9 m	3,1 m	3,2 m	3,3 m	3,4 m	100mm
150m	2,0 m	2,0 m	2,2 m	2,4 m	2,7 m	2,7 m	2,9 m	3,1 m	3,2 m	3,3 m	3,4 m	100mm
155m	2,0 m	2,0 m	2,2 m	2,4 m	2,7 m	2,7 m	2,9 m	3,1 m	3,2 m	3,3 m	3,4 m	100mm
160m	2,0 m	2,0 m	2,2 m	2,4 m	2,7 m	2,7 m	2,9 m	3,1 m	3,2 m	3,3 m	3,4 m	100mm
165m	2,0 m	2,0 m	2,2 m	2,4 m	2,7 m	2,7 m	2,9 m	3,1 m	3,2 m	3,3 m	3,4 m	100mm
170m	2,0 m	2,0 m	2,2 m	2,4 m	2,7 m	2,7 m	2,9 m	3,1 m	3,2 m	3,3 m	3,4 m	100mm
175m	2,0 m	2,0 m	2,2 m	2,4 m	2,7 m	2,7 m	2,9 m	3,1 m	3,2 m	3,3 m	3,4 m	100mm
180m	2,0 m	2,0 m	2,2 m	2,4 m	2,7 m	2,7 m	2,9 m	3,1 m	3,2 m	3,3 m	3,4 m	100mm
185m	2,0 m	2,0 m	2,2 m	2,4 m	2,7 m	2,7 m	2,9 m	3,1 m	3,2 m	3,3 m	3,4 m	100mm
190m	2,0 m	2,0 m	2,2 m	2,4 m	2,7 m	2,7 m	2,9 m	3,1 m	3,2 m	3,3 m	3,4 m	100mm
195m	2,0 m	2,0 m	2,2 m	2,4 m	2,7 m	2,7 m	2,9 m	3,1 m	3,2 m	3,3 m	3,4 m	100mm
200m	2,0 m	2,0 m	2,2 m	2,4 m	2,7 m	2,7 m	2,9 m	3,1 m	3,2 m	3,3 m	3,4 m	100mm
205m	2,0 m	2,0 m	2,2 m	2,4 m	2,7 m	2,7 m	2,9 m	3,1 m	3,2 m	3,3 m	3,4 m	100mm



Erklärung:
1-Stuclie ohne Verstärkung möglich
*) Rundump.: dp=60mm (45mm vorsep.)

Autor & Verfasser Kapitel 1

Ronald Schröder, IFW Deuben

Erstellt für Kleber Helmut, SEG Rohrbau GmbH. Zur ausschließlichen persönlichen Nutzung.

2. Arbeitssicherheit

2.1 Technisches Regelwerk

ArbSchG	Arbeitsschutzgesetz
BGI 5515	Persönliche Schutzausrüstung
BGI – GUV – 18524	Gefährdungsbeurteilungen
BGR 133	Brandschutz Ausrüstung mit Feuerlöscher
BGV A 1 :2005	Unfallverhütungsvorschriften
BGV A 3:1997 (aktualisierte Nachdruckfassung 2005)	Elektrisch Anlagen und Betriebsmittel
BGV D 36:2006	Leitern und Tritte
BG RCI	Gis Chem Gefahrstoff- Informationssystem
DIN 4124:2002	Ausführung der Baugruben
Sicherheitsdatenblatt	Polyol-Komponente
Sicherheitsdatenblatt	Isocyanat-Komponente
TRGS 430	Technische Regeln für Gefahrstoffe
VDS 2869: 2006-06	Umgang mit Flüssiggasflaschen

2.2 Allgemeines

2.2.1 Schaumkomponenten

Der verwendete Stoff Polyol-Komponente A ist Gefahrstoff im Sinne der Gefahrstoffverordnung. Der Stoff ist leichtentzündlich und gesundheitsschädlich. Während des Transports zur und Bereitstellung auf der Baustelle sind die Verpackungen stets dicht verschlossen zu halten und vor unbefugtem Zugriff zu schützen. Es gelten die Sicherheitshinweise, Sicherheitsdatenblätter und die Vorgaben der jeweiligen PUR-Schaumhersteller zur Verarbeitung der Schaumkomponenten. Die mitgeführte

Polyol-Komponente A in 5/10-Liter-Gebinden stellen Gefahrgut im Sinne des Transportrechts (ADR/GGVSE) dar. Die mitgeführte Komponente B (Isocyanat) ist Gefahrstoff im Sinne der Gefahrstoffverordnung, aber kein Gefahrgut im Sinne des ADR/GGVSE.

2.2.2 Transport zur Baustelle

Die vom Hersteller empfohlene Lager-/Transporttemperatur beträgt für die Polyol-Komponente 15°C – 25°C. Auch kurzfristig muss die Lager-/Transporttemperatur kleiner als 50°C gehalten werden (Belastungsgrenze Behälter erreicht). Die Fahrzeuge sind in der warmen Jahreszeit beim Abstellen ggf. in den Schatten zu stellen oder durch Einschalten der Lüftung zu kühlen.

Es ist ein 2 kg ABC-Feuerlöscher (leicht erreichbar) und eine Warnweste mitzuführen.

Im Havariefall ist die Notrufnummer 112 unter Angabe der jeweiligen UN-Nummer 1993 (Polyol-Komponente A) zu informieren.

2.2.3 Bereitstellung auf der Baustelle

Die Produkte sind auf der Baustelle nur kurzfristig ortsfest abzustellen (maximal 24 h) und vor unbefugtem Zugriff zu schützen (bei ortsfester Lagerung >24 h: Anwendung des Wasserhaushaltsgesetzes und der TRbF 20, Lager für brennbare Flüssigkeiten).

Auf der Baustelle ist in der warmen Jahreszeit eine möglichst kühle Lagerung sicherzustellen. Die Lagerung der Komponenten erfolgt, falls in den jeweiligen Merkblättern nicht anders vermerkt, üblicherweise bei 15°C - 25°C. Auch kurzfristig muss die Lager-/Transporttemperatur kleiner als 50°C gehalten werden (Berst-Belastungsgrenze Behälter erreicht). (Lagerung daher im Schatten, Abdeckung mit reflektierender Aluminiumfolie).

Um eine Abkühlung durch direkten Bodenkontakt zu vermeiden, werden die Gebinde zweckmäßigerweise auf Paletten gelagert. Die Lagerfähigkeit der Systeme ist in den entsprechenden technischen Merkblättern vermerkt. Polyol- und Isocyanat-Komponenten sind feuchtigkeitsempfindlich.

Bis unmittelbar zur Anwendung müssen die Behälter dicht verschlossen gehalten werden.

Angebrochene Gebinde sind nach der Materialentnahme sofort wieder zu verschließen.

2.3 Handhabung der Polyol-Komponente bei Handversäumung auf der Baustelle

Durch den verantwortlichen Monteur sind die Ex-Bereiche festzulegen: Im Umkreis von jeweils 3 m sowohl um die Mischstelle als auch um die Beschäumungsstelle (Muffenöffnungen). Es sind je nach Örtlichkeit mindestens zwei Warntafeln (Rauchverbot und Explosionsgefahr) aufzustellen und ggf. (bei Publikumsverkehr) ein Warnposten aufzustellen.

An den Arbeitsstellen sind funkenbildende Arbeiten wie Schweißen, Hämmern, Schleifen und die Benutzung von Mobiltelefonen während des Mischens und Schäumens nicht zulässig.

Der Mischvorgang ist außerhalb des Rohrgrabens im abgesperrten Ex-Bereich (im gut durchlüfteten Freien) auf ausreichend leitfähigem Untergrund (gewachsener Boden, unbeschichteter Beton, kein Asphalt, Kunststoff etc.) durchzuführen. Die Polyol-Komponente A ist in ein Gefäß abzufüllen, das maximal 5 Liter Inhalt fassen kann. Ist ein 10 Liter Eimer für die erreichte Gesamtschaummenge notwendig, ist vor Beginn des Mischvorganges die Isocyanat-Komponente in diesen Eimer zu füllen. Der Anschluss des elektrischen Stroms für den Schaumquirl ist im Bereich

außerhalb des abgesperrten Bereiches herzustellen. Während des Mischen und Schäumens ist die "Persönliche Schutzausrüstung (PSA)" (mindestens Schutzbrille ggf. Gesichtsschutz) zu tragen. Beim Verschäumen in Innenräumen sind diese ausreichend zu belüften.

Das Essen, Trinken oder Rauchen ist während der Arbeiten nicht gestattet!

2.4 Abfallentsorgung

Ausreagierte Polyurethanabfälle können in der Regel mit dem Hausmüll bzw. Gewerbemüll entsorgt werden. Bezüglich der Entsorgung sollte auf jeden Fall Kontakt mit den zuständigen Behörden aufgenommen werden.

2.5 Arbeitsschutzkleidung

Schwer entflammare geschlossene Arbeitskleidung mit langen Ärmeln und Hosenbeinen, flüssigkeitsdichte Sicherheitsschuhe, Schutzhandschuhe, geschlossene und am Gesicht anliegende Schutzbrille und Schutzhelm.

2.6 Gasflaschen

Propangasflaschen dürfen nur aufrecht, gesichert gegen Verrutschen oder Umfallen mit geschlossenem Flaschenventil und aufgeschraubter Ventilschutzkappe transportiert werden. Mit Druckflaschen ist sorgfältig umzugehen. Die 5/10-Liter Propangasflaschen stellen Gefahrgut im Sinne des Transportrechts (ADR/GGVSE) dar.

2.7 Werkzeug

Es darf nur geprüftes elektrisches Werkzeug mit aktueller Prüfplakette verwendet werden. (BGV A 3)

Autoren & Verfasser Kapitel 2

Jürgen Schütze, BRUGG Rohrsysteme GmbH

Johannes Ellmer, isoplus Fernwärmetechnik Vertriebsgesellschaft mbH

3. Tiefbau – Richtlinien und Abmessungen

3.1.1 Allgemeines

Erdarbeiten sind entsprechend den allgemein gültigen Richtlinien und Normen für Tiefbauarbeiten auszuführen. Gleichzeitig sind die kommunal unterschiedlich lautenden zusätzlichen Bestimmungen sowie die AGFW¹⁾ - Richtlinien des Arbeitsblattes FW 401- Teil 12 einzuhalten.

Rohrgräben sind durch ein fachkundiges Tiefbauunternehmen nach DIN 18300, DIN EN 805, der DIN 4124 Abschnitt zu erstellen und nach Abschnitt 3.09 und 3.11 der DIN 18300 wieder zu verfüllen. Für die Breite des Rohrgrabens ist die DIN 4124 Abschnitt 5.2 maßgebend.

Ob Rohrgräben geböscht und ab welcher Tiefe diese verbaut werden müssen, ist ebenfalls der DIN 4124 Abschnitt 4.1 bis 4.3 zu entnehmen. Daraus sind auch die erforderlichen Böschungswinkel bei unterschiedlichen Bodenbeschaffenheiten ersichtlich.

Die der Projektierung und Rohrstatik zugrunde gelegte Verlegetiefe bzw. Rohrscheitel-Überdeckungshöhe ist zwingend einzuhalten. Die Beschaffenheit der Grabensohle schreibt die DIN EN 1610 vor. Es ist erforderlich, dass die Sohle auf ihrer Gesamtlänge tragfähig und steinfrei erstellt wird.

Gemäß DIN EN 1610 hat der Rohrverleger zur Sicherung der Qualität des Gesamtsystems bis zum Abschluss aller Nachdämmarbeiten generell für die Entwässerung und Freihaltung der Rohrgräben zu sorgen.

Eingefallene Rohrgräben müssen von Hand freigeschachtet werden. Von einer DIN gerechten Grabenherstellung hängen in hohem Maße der Montagefortschritt sowie die Qualität aller ausführender Arbeiten und damit die zu erwartende Lebensdauer einer Fernwärmetrasse ab.

3.1.2 Vorschriften und Regelwerke

Für alle Tätigkeiten in Gruben und Gräben ist in der Unfallverhütungsvorschrift „Bauarbeiten BGV C 22“ folgendes festgelegt und bindend:

§ 28 (1) Bei Erd-, Fels- und Aushubarbeiten sind Erd- und Felswände so abzuböschern oder zu verbauen, dass Beschäftigte nicht durch Abrutschen der Massen gefährdet werden können. Dabei sind alle Einflüsse zu berücksichtigen, die die Standsicherheit des Bodens beeinträchtigen können.

§ 32 Arbeitsraumbreiten

Baugruben und Leitungsgräben, in denen gearbeitet wird, müssen ausreichenden Arbeitsraum haben. Die Abmessungen des Arbeitsraumes sind abhängig von Böschungswinkel, Verbau, Einbauten, Rohrart und Arbeitsablauf.

Weiterhin sind die Erdarbeiten entsprechend den allgemein gültigen Richtlinien und Normen für Tiefbau auszuführen. Gleichzeitig sind die kommunal unterschiedlich lautenden zusätzlichen Bestimmungen sowie die AGFW-Richtlinien des Arbeitsblattes FW 401 - Teil 12 einzuhalten.

Die Rohrgräben sind durch ein fachkundiges Tiefbauunternehmen nach DIN 18300, DIN EN 805, DIN EN 1610 und DIN 4124 zu erstellen und nach Abschnitt 3.09 und 3.11 der DIN 18300 wieder zu verfüllen. Für die Rohrgrabenbreite ist der Abschnitt 5.2 der DIN 4124 maßgebend.

Ob Rohrgräben geböschert und ab welcher Tiefe diese verbaut werden müssen, ist ebenfalls der DIN 4124 Abschnitt 4.1 bis 4.3 zu entnehmen. Daraus sind auch die erforderlichen Böschungswinkel bei unterschiedlichen Bodenkenwerten ersichtlich.

Die der Projektierung und Rohrstatik zugrunde gelegte Verlegetiefe bzw. Rohrscheitel-Überdeckungshöhe ist zwingend einzuhalten. Die Beschaffen-

heit der Grabensohle schreibt die DIN EN 1610 vor. Es ist erforderlich, dass die Sohle auf ihrer Gesamtlänge tragfähig und steinfrei erstellt wird. Von einer DIN-gerechten Grabenherstellung hängen in hohem Maße der Montagefortschritt sowie die Qualität aller auszuführenden Arbeiten und damit die zu erwartende Lebensdauer einer Fernwärmetrasse ab.

3.1.3 Lichte Mindestbreiten für Rohrgräben mit betretbarem Arbeitsraum

Die lichte Mindestgrabenbreite – d. h. die unter Berücksichtigung des Grabenverbaus vorhandene begehbare Breite – kann nach DIN 4124 errechnet werden; siehe Abbildung 14

Schematische Darstellung zur Ermittlung der Mindestgrabenbreite nach DIN 4124

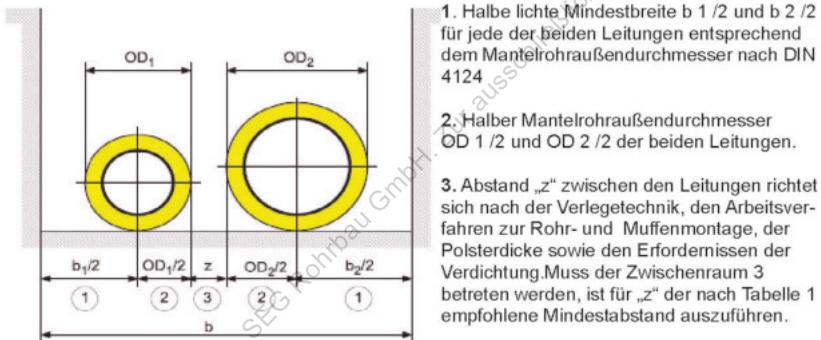


Abbildung 14, Ermittlung der Mindestgrabenbreiten

Als Abstand „z“ zwischen der Vor- und Rücklaufleitung werden, bei zu betretendem Arbeitsraum zwischen den Mantelrohren die Mindestwerte nach Tabelle 1 empfohlen (bei unterschiedlichen Mantelrohrdurchmessern gilt jeweils der größere Wert).

Der Abstand ist ebenfalls im Bereich von Dehnpolstern größer zu wählen, um deren ordnungsgemäße Einbettung und die Verdichtung der Bettungsmaterialien sowie deren Funktionsfähigkeit sicherzustellen.

Nennweite Mediumrohr / Außendurchmesser Mantelrohr nach FW 401-3	Mindestabstand zwischen den Mantelrohren
DN [-] / Ds [mm]	z [mm]
≤ 200 / 315	200
≥ 250 / 400	350

Tabelle 1

Je nach konstruktivem Aufbau der Muffen und insbesondere der dem erwarteten Qualitätsanspruch gerecht werdenden Montageausführung, sowie der eventuell zur Anwendung kommenden PE-Schweißverfahren, ist gemäß den Herstellerangaben der Abstand ggf. größer zu wählen.

3.1.4 Mindestgrabenabmessungen

Die in der Tabelle 2 aufgeführten Grabenbreiten dürfen nicht unterschritten werden. Abstände Z sind entsprechend den Mindestmaßen nach Tabelle 2 einzusetzen!

Grabenquerschnitt

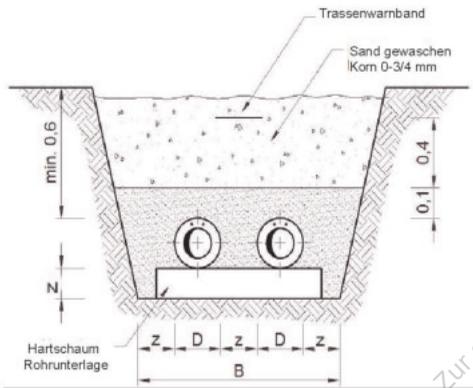


Abbildung 15, Mindestgrabenbreite

PE-Aussenrohr D [mm]	Breite B [m]	Z
90	0.80	
110	0.85	
125	0.85	
140	0.90	
160	0.95	
180	1.00	
200	1.00	
225	1.05	
260	1.10	
280	1.15	
315	1.25	Z = 0,35 m
355	1.80	
400	1.85	
450	1.95	
500	2.05	
560	2.15	
630	2.30	
710	2.50	
800	2.65	

Tabelle 2, Mindestgrabenbreite

Hartschaum-Rohrunterlagen sind nur bis DN 150 zulässig. Bei größeren Nennweiten müssen alternative Materialien wie Sandsäcke verwendet oder Kopflöcher erstellt werden.

Eine Auflage auf Auflagehölzern (Kanthölzer) ist nicht zulässig!

3.1.5 Sicherung der Baugruben und Rohrgräben

Die Grabenabsicherung ist entsprechend der Unfallverhütungsvorschriften sowie der DIN 4124 festzulegen.

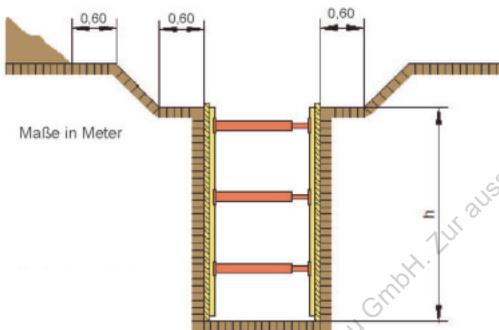
Folgende Sicherungsmaßnahmen sind unbedingt einzuhalten:

- An beiden Rändern eines Rohrgrabens ist ein mindestens 60 cm breiter Schutzstreifen anzuordnen, der von Aushubmaterial und nicht benötigten Gegenständen freizuhalten ist. Bei Gräben bis zu einer Tiefe von 0,80 m kann auf einer Seite der Schutzstreifen entfallen.
- Rohrgräben ab einer Tiefe von 1,25 m bis 1,75 m müssen durch Abböschung oder Verbau gesichert werden. Ab einer Tiefe von 1,75 m muss Zugang zum Rohrgaben generell durch einen Verbau die Sicherheit hergestellt werden. Der Zugang ist durch geeignete Einrichtungen, wie zum Beispiel einer Leiter, zu betreten und zu verlassen.
- Der Verbau muss regelmäßig überprüft und gegebenenfalls instand gesetzt oder verstärkt werden. Nach besonderen Witterungseinflüssen (starker Regen, Schnee etc.) oder anderen äußeren Einflüssen muss immer eine Überprüfung erfolgen.
- Es dürfen keine Hohlräume hinter dem Verbau entstehen. An der Oberfläche ist daher das Hineinfließen von Wasser (Niederschlagswasser etc.) hinter den Verbau durch gesonderte bauliche Maßnahmen zu verhindern.
- Die Rohrgrabensohle ist auf ihrer Gesamtlänge tragfähig, wasser- und steinfrei zu erstellen.
- Die Ausführung der Rohrlagerung ist im Vorfeld der Baumaßnahme abzustimmen, damit das entsprechende Grabenprofil

entsprechend der Rohrauflagerung hergestellt werden kann.

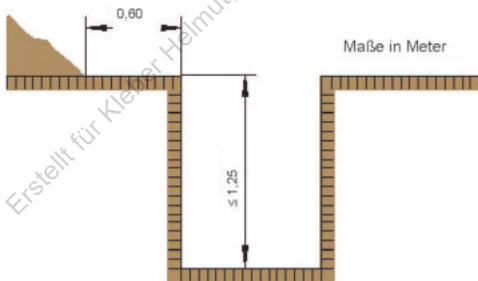
- Zur Sicherung der Qualität der Rohrleitungs- und Muffenmontage ist bis zum Abschluss aller Arbeiten für die Entwässerung der Rohrgräben zu sorgen. Das Tiefbauunternehmen hat während der gesamten Bauzeit darauf zu achten, dass die Baustellenabsicherung, Entwässerung etc. den Vorschriften und Vereinbarungen entspricht.

3.1.6 Beispiele Rohrgräben und Verbau



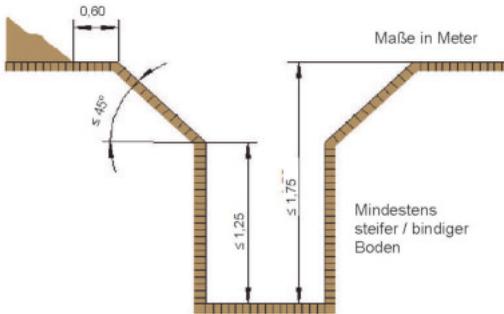
Wenn zur Verringerung der Höhe eines Baugruben- oder Grabenverbaus ein geböschter Voraushub hergestellt wird, so ist zwischen Verbau und Böschungsfuß ein mindestens 0,60 m breiter waagerechter Schutzstreifen anzuordnen, wenn dort Beschäftigte tätig werden.

Abbildung 16, Verbauter Graben mit geböschtem Voraushub



Auch hier ist ein mindestens 0,60 m breiter waagerechter Schutzstreifen anzuordnen, wenn dort Beschäftigte tätig werden.

Abbildung 17, Graben mit senkrechten Wänden



Rohrgräben ohne Verbau – mit mindestens steifen, bindigen Böden - mit einer Tiefe von 1,75 m müssen bis auf 1,25 m Tiefe mit 45° Neigung abgeflacht werden.

Abbildung 18, Gräben mit senkrechten Wänden und geböschten Kanten

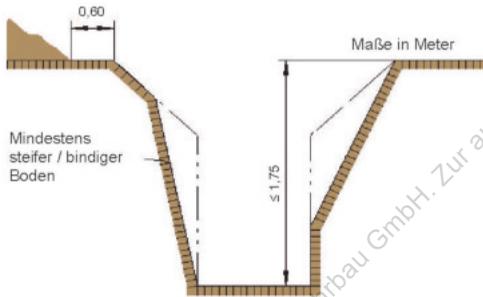


Abbildung 19, Varianten zu den Mindestanforderungen nach Abbildung 18.

Abbildung 19 zeigt weitere zulässig Wandbegrenzungen, wenn dadurch zusätzlich Boden entfernt wird.

Zulässige Böschungswinkel nach DIN

Bodenklasse 3 und 4:

nichtbindige, weiche bindige Böden
max. 45°

Bodenklasse 5:

steife, halbsteife bindige Böden
max. 60°

Bodenklasse 6 und 7:

Fels
max. 80°

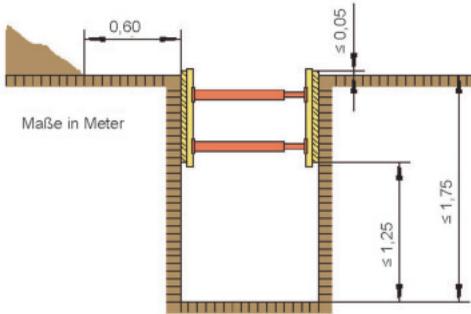


Abbildung 20, Teilweise verbauter Graben

Weiterhin besteht die Möglichkeit, in mindestens steifen bindigen Böden und einer Tiefe bis 1,75 m, senkrecht auszuheben und den mehr als 1,25 m über der Grabensohle liegenden Bereich zu verbauen. Die hierbei verwendeten Bohlen müssen mindestens 5 cm dick, die Brusthölzer mindestens 8 cm dick und 16 cm breit sein. Der Verbau muss zur Geländeoberkante mindestens 5 cm überstehen. Die Kanalspindel sind vor Herabfallen zu sichern.

3.1.7 Mindestabmessungen von Kopfblöchern

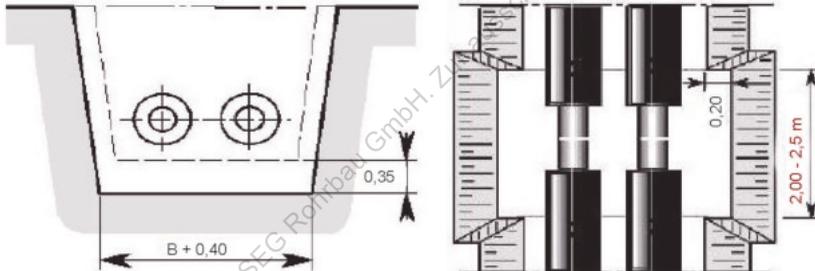


Abbildung 21, Kopfblöcher

Damit die Mediumrohre einwandfrei miteinander verschweißt und die Muffenverbindungen entsprechend den Qualitätsvorgaben montiert werden können, sind bei größeren Dimensionen an jeder Rohrverbindung Kopfblöcher zu erstellen.

Beim Einbau von T-Abzweigen, Bögen, Absperrarmaturen etc. sind entsprechend größere, den Herstellerangaben entsprechende Kopfblöcher erforderlich.

Je nach konstruktivem Aufbau der Muffen sind die Kopflöcher ggf. zu vergrößern.

3.1.8 Grabenverbreiterung im Bereich der Dehnungspolster

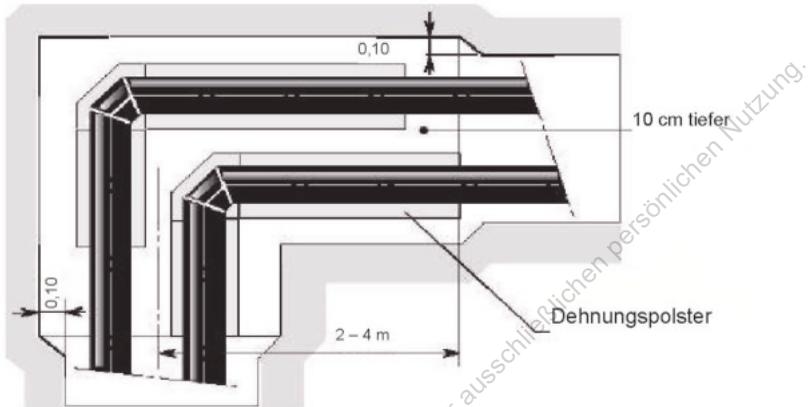


Abbildung 22, Grabenbreiten bei Dehnungspolstern

Bei einlagiger Polsterung muss der Rohrgraben beidseitig um mindestens 10 cm verbreitert werden um eine ordnungsgemäße Montage zu gewährleisten. Bei mehrlagiger Polsterung sind die Grabenabmessungen in der Breite und Länge entsprechend den Verlegeplänen anzupassen.

3.1.9 Schließen des Rohrgrabens.

Nach Beendigung aller Dämm- und Dichtarbeiten sowie der Montage der Dehnungspolster sind sämtliche zum Leistungsumfang gehörenden Prüfungen durchzuführen. Folgende Punkte sind vor dem Einsanden sicherzustellen:

- Die Rohrleitungsführung entspricht dem Verlegeplan
- Die der statischen Auslegung zugrunde gelegten Überdeckungshöhen sind eingehalten

- Eingefallenes Erdreich, Steine und Fremdgegenstände sind aus dem Bereich des Sandbettes bzw. der Rohre entfernt worden
- Die Dehnungspolster sind in den vorgegebenen Längen und Dicken montiert und gegen Erddruck gesichert
- Alle Muffen sind ordnungsgemäß nachgedämmt und protokolliert, die Durchbrüche zu den Bauwerken und Gebäuden sind geschlossen
- Bei einer thermischen Vorspannung wurden die vorgegebenen Dehnwege und die entsprechende Temperatur erreicht und protokolliert
- Das Überwachungssystem wurde einer Funktionsprüfung unterzogen und protokolliert

Bevor das Sandbett erstellt wird, muss die Trasse nach Kontrolle der zuvor genannten Punkte durch den für das Bauvorhaben verantwortlichen Bauleiter freigegeben werden.

Danach sind die Kunststoffmantelrohre (KMR) allseitig mit mindestens 10 cm Sand der Körnung 0 - 4 mm (Klasse NS 0/2) lagenweise und äußerst sorgfältig wieder zu verfüllen und ausschließlich per Hand zu verdichten. Um Hohlräume zu vermeiden, ist die besondere Aufmerksamkeit den Zwischenräumen oder auch Rohrzwickeln zwischen den Rohren zu widmen. Diese Räume müssen gesondert unterstampft und verdichtet werden.

Dadurch werden spätere und unzulässige Setzungen sowie Verschiebungen vermieden. Während dieser Arbeiten sind gleichzeitig eventuell verwendete Hilfsauflager zu entfernen, sofern es sich nicht um Sandsäcke, die aufzuschlitzen sind, oder um Hartschaumauflager handelt.

Eine weitere Möglichkeit der Verfüllung ist die Verwendung von „Bodenmörtel“ oder „Flüssigböden“. Hier ist eine vorherige Absprache zwischen

Planer, Betreiber und Systemlieferant erforderlich.

Das Einschlämmen des Sandbettes ist nicht zulässig!

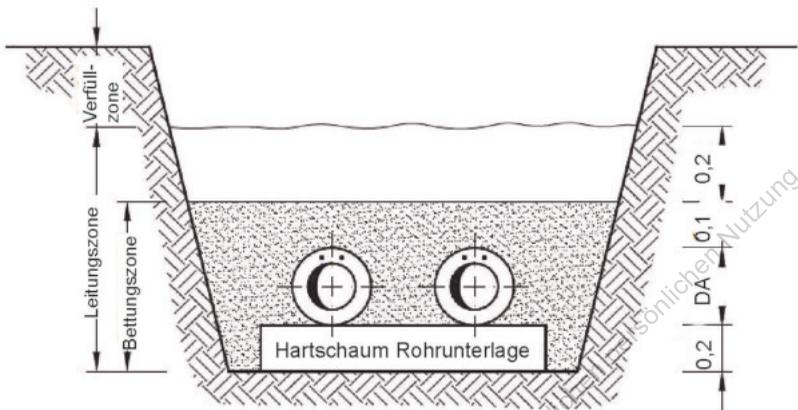


Abbildung 23, Verfüllung - Sandbett

Nach Fertigstellung des Sandbettes kann der Graben mit Aushubmaterial aufgefüllt werden. Hierbei ist eine lagenweise auszuführende Verdichtung notwendig. Große, grobe und spitze Steine sollten entfernt werden.

Gemäß ZTV E - StB sind außerhalb der Leitungszone als Füllboden grobkörnige Boden bis zu einem Großkorn von 20 mm zu verwenden. Generell ist nach DIN 18196 als Verfüllmaterial Boden der Verdichtbarkeitsklasse V 1 zu verwenden.

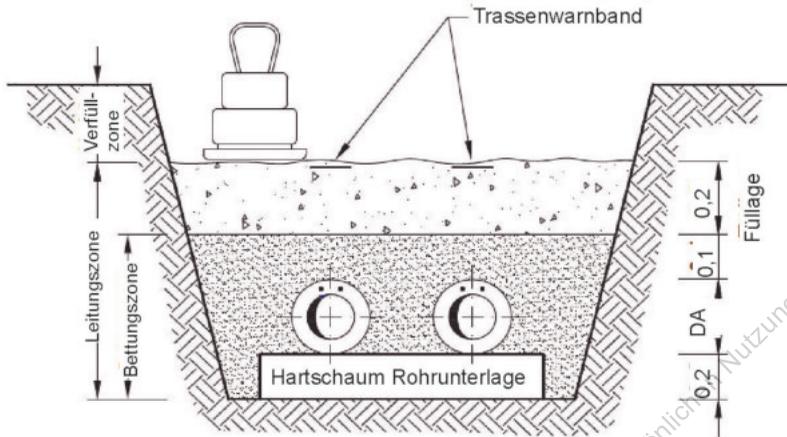


Abbildung 24, Verfüllung - Leitungszone

Auf die erste Schicht baut man weitere Lagen von 20 - 30 cm Höhe auf und schließt mit der vorgesehenen Deckschicht ab.

3.2 Transport, Abladen und Lagerung der Materialien

3.2.1 Transport

Die Kunststoffmantelrohre und Bauteile sowie das Zubehör werden per LKW an die Baustelle bzw. das Materiallager geliefert. Die Anfahrtswege müssen für Schwerlastverkehr sowie für LKW mit 12 m bzw. 16 m Ladefläche geeignet sein.



Die Lagerung der Rohrstangen auf dem LKW hat mit ausreichend breiten Holzzwischenlagen zu erfolgen und gewährleistet somit ein sicheres und beschädigungsfreies Abladen.

Die Mediumrohren müssen während des Transports und der Lagerung mit Kunststoffkappen verschlossen sein. Diese dürfen erst zur Vorbereitung der Stahlrohrschweißverbindungen von den Systembauteilen entfernt werden. Sämtliche Muffen und Schrumpfmateriale sowie alle Zubehörteile wie Endkappen, Dichtringe etc. werden in Schutzhüllen oder Kartons angeliefert, die bis unmittelbar vor der Montage nicht entfernt bzw. beschädigt werden dürfen.

3.2.2 Abladen

Das Entladen des LKW erfolgt bauseits durch den Rohrverleger. Die Einhaltung sämtlicher einschlägiger Unfallverhütungsvorschriften und Sicherheitsbedingungen ist dabei zu gewährleisten. Alle Rohre, Bau- und Zubehörteile sind sachgemäß und schonend zu entladen und dürfen nicht von der Ladefläche geworfen werden. Kleinere Dimensionen und Zubehörteile sind vorzugsweise von Hand abzuladen.

Bei größeren Nennweiten erfolgt das Entladen mit einem bauseits beizustellenden Kran. Dabei sind bei 12 m und 16 m Rohrsträngen generell zwei 10 - 15 cm breite Textil- oder Nylongurte mit einem mindestens 4 m langen Lastbalken (Traverse) beim Abladen zu verwenden.

Dadurch wird eine unzulässige Durchbiegung und Beschädigung der Rohre sowie eine mögliche Beschädigung integrierter Systeme wie z. B. der Netzüberwachung verhindert. Das Ziehen und Rollen der Rohre auf dem Boden sowie die Verwendung von Stahlseilen oder Ketten ist nicht zulässig.

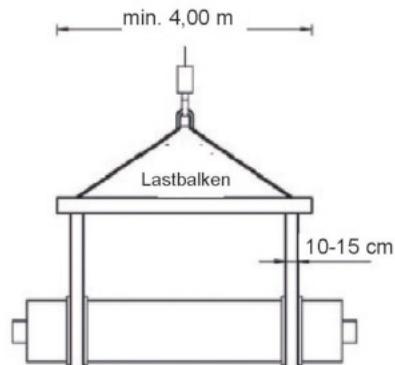


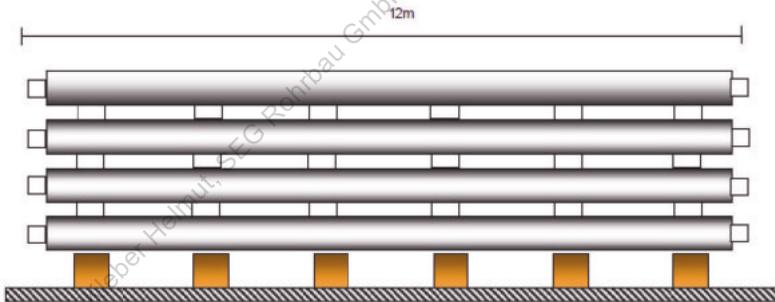
Abbildung 25, Entladen - Lastbalken und Gurte

3.2.3 Lagerung

Die Rohrstangen und Bauteile sind auf ebenen, steinfreien sowie trockenen Flächen, nach Dimensionen getrennt, zu lagern. Grundwasser gefährdete und Wasser stauende Böden sind zur Lagerung zu vermeiden. Als Auflager für die Rohrstangen dienen Sandbänke oder entsprechend breite Kantholzschalen. Je nach Nennweite sollten diese zwischen 10 und 15 cm breit und in gleichmäßigen Abständen von rund 2,00 m angeordnet sein (siehe Abbildung 26).

Aus Sicherheitsgründen ist die Stapelhöhe auf maximal 2,50 m zu begrenzen. Die Anordnung der Rohrstapel erfolgt wahlweise in Pyramiden- oder Quaderform (siehe Abbildung 27 und 28). Dabei ist es in jedem Fall erforderlich, die Rohre gegen seitliches Abrutschen durch Pflöcke bzw. Stützen oder Holzkeile zu sichern.

Ist die Lagerung für längere Zeit vorgesehen, so sind gegen alle Witterungseinflüsse geeignete Schutzmaßnahmen einzuleiten.



Seitliche Ansicht – Lagerung von Fertigrohren á 12m in Quaderform. Lage der Holzbohlen: 6 Stück – 1m vom Ende der Rohre und im Abstand von 2m

Abbildung 26, Lagerung - seitliche Ansicht

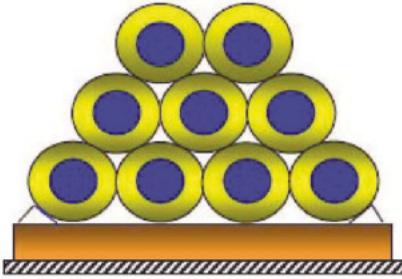


Abbildung 27, Lagerung als Pyramide

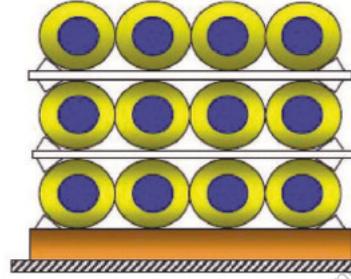


Abbildung 28, Lagerung als Quader

Es sind Vorkehrungen zu treffen, dass bei der Lagerung aller Systembauteile wie Bögen, T-Abzweige, Armaturen etc. Durchfeuchtungen der Schaumendbereiche und Verschmutzungen vermieden werden.

Eine mechanische Beschädigung der Adern der Überwachungs- und Fehlerortungssysteme ist auszuschließen.

Das Zubehör wie Muffen, Schrumpfmanschetten, Endkappen, Dehnungspolster etc. ist, ebenfalls sortiert, trocken, frostfrei und vor direkter Sonneneinstrahlung geschützt zu lagern, alle Verbindungsmuffen sind dabei zwingend stehend aufzubewahren.



Abbildung 29, Hinweiszeichen für Lagerung



Abbildung 30, Nicht sachgerechte Lagerung



Abbildung 31, Sachgerechte Lagerung

Die PUR-Ortschaumkomponenten müssen, wie das bereits genannte andere Zubehör vor Diebstahl geschützt in einem abschließbaren Raum oder Baucontainer bei Temperaturen zwischen + 15° C und + 25° C eingelagert werden. Hierbei sind unbedingt die Forderungen der Sicherheitsdatenblätter zu erfüllen.

Polyol



Abbildung 32, Warn- und Gebotszeichen bei Polyol

Isocyanat



Abbildung 33, Warn- und Gebotszeichen bei Isocyanat

Autoren & Verfasser Kapitel 3

Gerd Moser, BRUGG Rohrsysteme GmbH

Ralph Herzer, German Pipe GmbH

Erstellt für Kleber Helmut, SEG Rohrbau GmbH. Zur ausschließlichen persönlichen Nutzung.

4. Rohrleitungsbau

4.1 Allgemeines

Mit den Rohrleitungsbauarbeiten sind nur Unternehmen zu beauftragen, die ihre fachliche Eignung nach FW 601 nachgewiesen haben und im Besitz eines gültigen Zertifikates sind.

Vor Montagebeginn ist der Rohrgraben vom Tiefbau- an das Rohrleitungsbauunternehmen zu übergeben.

Im Rahmen der vorbereitenden Maßnahmen zur Montage der KMR sind vom Rohrverleger folgende Punkte besonders zu beachten und zu prüfen:

- Prüfung der Verlegpläne auf Übereinstimmung mit den örtlichen Verhältnissen.
- Berücksichtigung der Besonderheiten in den Ausführungsplänen (Lage von Sonderbauteilen, Lage der T-Abzweige, thermische Vorspannung etc.).
- Sind bei geplanter thermischer Vorspannung die Vorspannabschnitte definiert und in welcher Reihenfolge sollen die Leitungsabschnitte montiert und vorgespannt werden.
- Realisierbare Lösungen zur Überwindung etwaiger Hindernisse.
- Sind Hindernisse, die während der Planungsphase nicht bekannt waren, im Rohrgraben vorhanden und müssen überbaut oder gedükert werden, ist vor der Rohrverlegung unbedingt Kontakt zum Planer oder Systemhersteller aufzunehmen, damit die Trassenänderung statisch geprüft und freigegeben werden kann.
- Sind Länge und Dicke der Dehnzonen im Verlegeplan festgelegt

und damit sichergestellt ist, dass die Achsabstände der Rohrleitungen in diesen Bereichen entsprechend vergrößert werden.

4.1.1 Montage der Kunststoffmantelrohre und Bauteile

Die Systembauteile sind zur weiteren Verarbeitung, entsprechend der Montage- und Verlegepläne und gemäß den Herstellerangaben, in den Rohrgraben einzubringen und ohne funktionale Beeinträchtigung des Sandbettes oder der Rohrauflagerungen mit Hilfe von geeigneten Hebezeugen und Tragegurten an die richtige Position zu verziehen.

Als Auflagehilfen sind Sandsäcke oder PUR-Hartschaumstoffriegel zu verwenden, die das Mantelrohr nicht beschädigen und nach der Montage nicht entfernt werden müssen.

Kanthölzer sind als Auflagehilfe nicht zulässig!

Die Auflagehilfen müssen in ihrer Größe so bemessen sein, dass ein Arbeitsraum von mindestens 20 cm um das Rohr herum sichergestellt ist. Die Positionierung der Auflagehilfen muss so gewählt werden, dass sie außerhalb der Bereiche von Dehnpolstern und Mantelrohrverbindungen liegen.

Insbesondere ist bei vorzuspannenden Rohrleitungen darauf zu achten, dass keine Bauteile (Ventile, Schieber, T-Abzweige etc.) in ihrer Bewegungsfreiheit gehindert werden.

Wenn die Rohrleitungen auf dem Grabenplanum aufliegen, muss das geforderte Sandbett eine Höhe von mindestens 10 cm aufweisen.

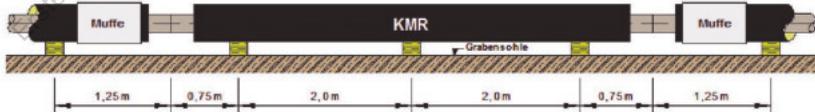


Abbildung 34, Positionierung von Rohrauflagen

Bei der Rohrmontage über Kopflöchern ist darauf zu achten, dass die Mantelrohr-Verbindungen mittig über diesen anzuordnen sind. Ein genügend großer Arbeitsraum zur ordnungsgemäßen Verlegung der Bauteile und Anwendung der Werkzeuge, Geräte und Maschinen für die Herstellung der Rohr- und Muffenverbindungen ist durch einen ausreichenden Abstand der Rohre zueinander und zu den Rohrgrabenwänden sicherzustellen.

Die im Regelfall zur Anwendung kommenden geschlossenen Muffensysteme sind bei der Rohrverlegung – vor dem Verschweißen der Mediumrohre – passend, original verpackt und unbeschädigt auf ein Rohrende aufzuschieben und so weit von der Schweißstelle zu platzieren, dass sie vor Überhitzung geschützt sind (siehe Abbildung 35).

Nur der sorgsame Umgang mit diesen Materialien während der Rohrverlegephase (Schutz vor Beschädigung, Verschmutzung, starker Sonneneinstrahlung etc.) gewährleistet später eine einwandfreie Verarbeitung und eine qualitativ hochwertige Dichtfunktion.

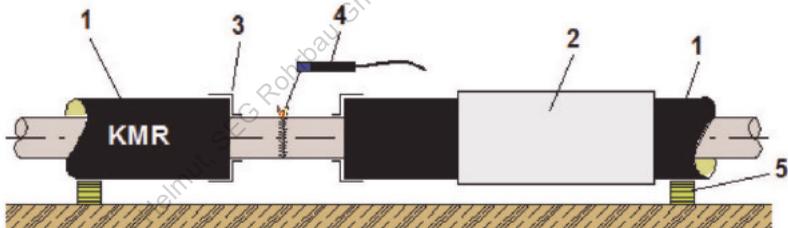


Abbildung 35, Verschweißung von KMR

1. KMR
2. Muffensystem (in Schutzfolie verpackt)
3. Flammschutzmatte (Schutz während der Durchführung des Schweißprozesses)
4. Handschweißgerät
5. PUR - Hartschaum Rohrauflager

Zur Aufnahme der sich aus der Wärmedehnung ergebenden Spannungen in der Rohrleitung und den Endverschiebungen an Richtungsänderungen sind verschiedene Kompensationsmaßnahmen wie L-, Z- oder U-Bogen möglich.

Weiterhin ist unter bestimmten Voraussetzungen und baulichen Gegebenheiten eine thermische Vorspannung der Rohrleitungen oder eine mechanische Vorspannung der Dehnpolster möglich. Auch der Einbau von Systembauteilen, wie T-Abzweige, Kompensatoren, Erdeinbauarmaturen, Festpunkte etc. obliegt hinsichtlich Statik und Einbauvorschriften besonderer Beachtung (siehe hierzu 1. Kapitel Planung).

Der Abstand zwischen den Leitungen und der Rohrgrabenwand bzw. dem Grabenverbau sowie zwischen der Vor- und Rücklaufleitung richtet sich bei der Montage im Rohrgraben nach folgenden Gesichtspunkten und Vorschriften:

- der Sicherheit bei Arbeiten in Baugruben und Gräben nach BGV C 22 in Verbindung mit der DIN 4124
- den notwendigen Freiräumen zur Rohr- und Systembauteilverlegung
- der Herstellung der Mediumrohr-Schweißnähte
- der Art der herzustellenden Muffenverbindungen
- der Verdichtungsmöglichkeit der Bettungsmaterialien insbesondere im unteren Rohrbereich
- der unterschiedlichen Verschiebung von Vor- und Rücklaufleitung in den Bogenbereichen
- der Länge und Dicke der zu montierenden Dehnpolster

4.1.2 Montageformteile

Montageformteile sollten nur dann eingesetzt werden, wenn aus technischer

Sicht keine anderen Alternativen möglich sind.

Natürlich wird es immer Fälle geben, bei denen ein Montageformteil gerechtfertigt ist, wie zum Beispiel im Falle eines unerwarteten Hindernisses in einer verkehrsreichen Straße oder eine Anbohrung einer Fernwärmeleitung für einen neuen Abzweig. Das sind aber überschaubare Einzelfälle, für die die Montageformteile letztendlich konzipiert worden sind.

Bei der Entscheidung Montageformteile einzusetzen ist einzukalkulieren, dass vor Ort gefertigte PE-Bauteile immer den Baustellenbedingungen unterliegen, die selten denen einer werkseitigen Fertigung entsprechen.

4.1.3 Verlegung mit Überwachungs- und Fehlerortungssystem

Sind die KMR mit einem Überwachungs- und Fehlerortungssystem ausgestattet, ist auf folgendes besonders zu achten:

- Die Adern dürfen auf keinen Fall mechanisch und/oder thermisch beschädigt werden. Beim Verschweißen der Mediumrohre sind geeignete Schutzmaßnahmen zu treffen (siehe Abbildung 35).
- Die elektrisch leitenden Adern der Überwachungs- und Fehlerortungssysteme müssen sich nach der Rohrverlegung in der in der vom Hersteller vorgegebenen Position befinden.
- Gleiche Adern müssen sich generell gegenüber liegen (siehe Abbildung 36).
- Kreuzungen der Adern in den Muffenbereichen sind nicht zulässig (ggf. sind die Rohre bei der Verlegung zu drehen)!

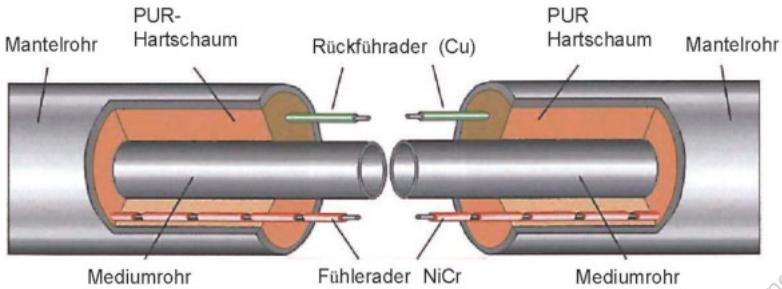


Abbildung 36, Adernlage bei Überwachungssystem (Beispiel NiCr-Cu-System)

4.1.4 Übergabe an Muffenmontageunternehmen

Das Rohrleitungsbauunternehmen hat nach Fertigstellung seiner Arbeiten den zur Nachdämmung anstehenden Abschnitt ordnungsgemäß und anhand eines Protokolls an das Muffenmontageunternehmen zu übergeben.

Aus dem Protokoll muss hervorgehen, dass sämtliche zum Nachdämmabschnitt gehörenden Schweißnähte geprüft und freigegeben sind.

Autoren & Verfasser Kapitel 4

Gerd Moser, BRUGG Rohrsysteme GmbH

Ralph Herzer, German Pipe

5 Muffensysteme – Muffenmontagen-Mantelrohrverbindungen

Um ein kraftschlüssiges, gas- und wasserdichtes Fernwärmerohrsystem zu erlangen, sind für die Mantelverbindungsstellen spezielle Muffenkonstruktionen erforderlich.

5.1 Muffensysteme

Nach dem heutigen Stand der Technik gibt es folgende Muffensysteme in der Fernwärme:

- unvernetzte Schrumpfmuffen
- vernetzte Schrumpfmuffen
- Elektromuffen
- herstellerspezifische Spezialmuffen

5.1.1 unvernetzte Abschrumpfmuffen

Dieser Muffentyp stellt ein doppeldichtendes Muffensystem dar, das aus einem ungeteilten PEHD-Rohr mit wärmeschrumpfenden Eigenschaften besteht. Die erste Abdichtung erfolgt durch das Auflegen von Butyl-Kautschuk-Dichtbändern zwischen der Muffe am Mantelrohr. Die zweite Abdichtung wird durch zwei Schrumpfmanschetten an den Übergängen der Muffe zum Mantelrohr hergestellt.

5.1.2 vernetzte Abschrumpfmuffen

Die vernetzte, selbstdichtende Schrumpfmuffe ist ein System, das aus einem ungeteilten PEHD-Rohr mit wärmeschrumpfenden Eigenschaften besteht. Nach der Extrusion wird die Muffe vernetzt. Durch diese Strahlenvernetzung erhält die Muffe mechanische, thermische und chemische Eigenschaften von

Hochleistungskunststoffen. Zwischen dem Mantelrohr und der Muffe wird zur Abdichtung vor dem Schrumpfvorgang ein Dichtband aus Butyl-Kautschuk eingelegt, sodass sich durch das Abschrumpfen und die Abdichtung eine sehr hohe ringschlüssige Festigkeit einstellt und keine zusätzliche Manschette erforderlich ist.

5.1.2 Elektroschweißmuffen

Die Elektromuffe ist ein unvernetztes Muffensystem, das aus einem geteilten oder ungeteilten PEHD-Rohr besteht. Durch das Aufbringen von Heizleitern bzw. Verwendung von Muffen, die bereits bei der Herstellung mit Heizgittern ausgestattet wurden, kann die Muffe mit Hilfe von mikroprozessorgesteuerten Schweißtrafos so stark erhitzt werden, dass die Muffe mit dem Mantelrohr stoffschlüssig verbunden wird.

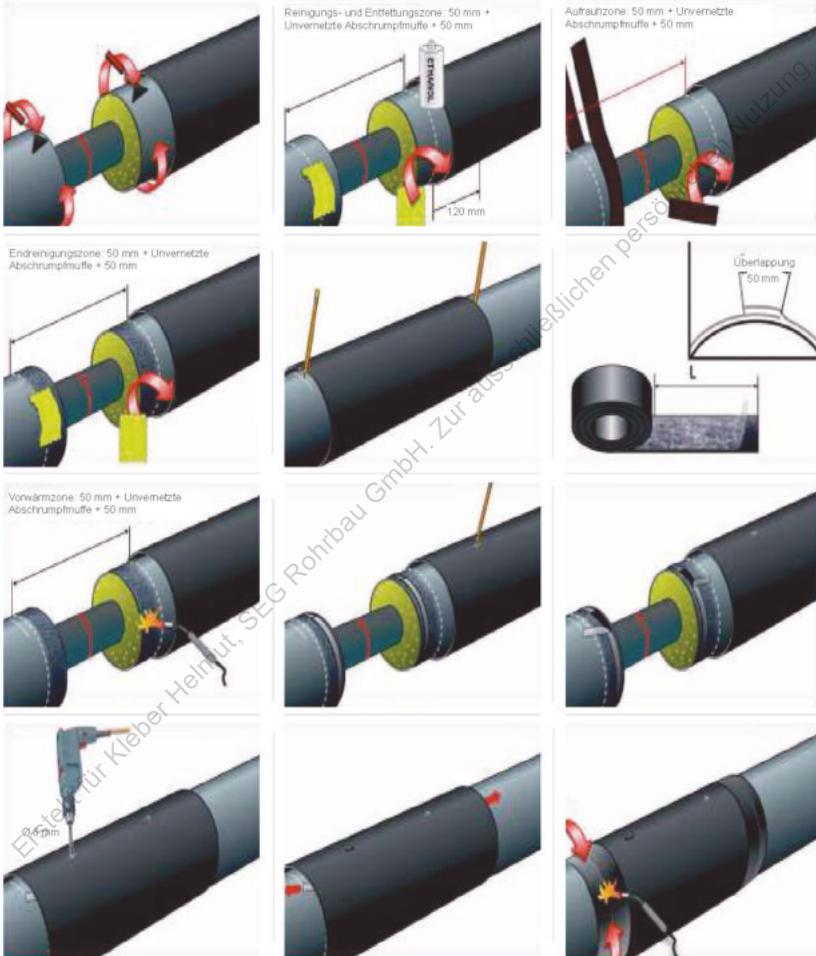
5.2 Arbeitsschritte bei unvernetzten Abschrumpfmuffen

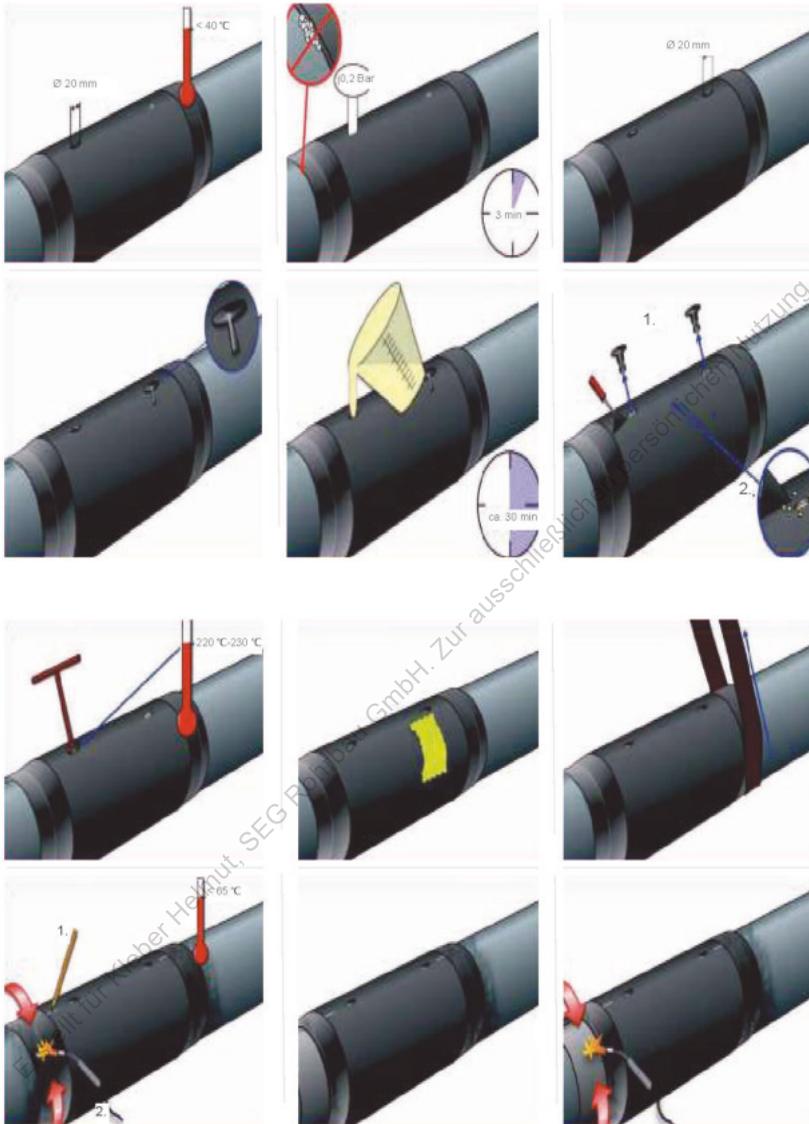
- a) Entfernen der Schaumhaut an den Stirnseiten der angrenzenden Schaumbereiche
- b) Montage des Überwachungs- und Fehlerortungssystems entsprechend der Herstellerangaben
- c) Säubern und Trocknen der Dichtungsflächen
- d) Reinigen und Entfetten der Dichtungsflächen mit PE-Reiniger
- e) Aufrauhern der Schrumpfbereiche mit Schmirgelleinen (Körnung 40-60), beidseitig jeweils + 50 mm
- f) Endreinigung der Dichtflächen
- g) Muffe mittig über den Rückschnitt anzeichnen
- h) Dichtband zuschneiden (Umfang + 50mm)

- i) Vorwärmen der Auflageflächen auf ca. 40°C
- j) Dichtband aus Butyl-Kautschuk ca. 20 mm neben der Markierung mit ca. 50mm Überlappung auflegen
- k) Entlüftungslöcher am Muffenrand (unmittelbar nach Ende der Auflagefläche) einbringen
- l) Muffe an den beiden Zentriermarken ausmitten
- m) Muffenrohrenden (Auflagen am Mantelrohr) mit der Flamme durch stetiges Bewegen des Brenners in Umfangsrichtung und radial zum Rohr abschrumpfen
- n) Muffe auf unter ca. 40°C abkühlen lassen
- o) Dichtheitsprüfung mit 0,2 bar über die Dauer von 3 Minuten
- p) Entlüftungslöcher aufbohren
- q) Anfertigen eines Probeschaums, mindestens am Beginn der täglichen Ausschäumungen, bei neuen Gebinden der Schaumkomponenten oder vor Beginn einer Ausschäumserie. Mit der Probeschäumung können die Reaktionszeiten und die Qualität der PUR-Komponenten festgestellt werden.
- r) Überprüfung der Haltbarkeitsangaben der Komponenten und der Komponententemperatur (ca. 20°C)
- s) Richtige Mengendosierung entsprechend dem Volumen des Muffenhohlraums und dem korrekten Mischungsverhältnis der Schaumkomponenten nach Angaben der Schaumhersteller festlegen und im Mischbecher markieren.
- t) Oberflächentemperaturen müssen beim Schäumen in einem Bereich von 15 bis 45°C liegen.

- u) Schaumkomponenten Polyol und Isocyanat sind ausschließlich mit einem hochtourigen Rührer mechanisch solange zu mischen bis keine Schlieren mehr vorhanden sind und eine einheitliche Färbung vorliegt.
- v) Zügiges Einfüllen des Schaumgemisches und Einbringen von Entlüftungstopfen.
- w) Abklopfen der gedämmten Muffe und Klangvergleich mit der werksmäßig hergestellten KMR-Leitung. Ein vergleichbarer Klang deutet auf eine ordnungsmäßige Schäumung hin.
- x) Überprüfung des Überwachungssystems nach Aushärtung des PUR-Schaums
- y) Dauerhafte Abdichtung der Schäumöffnungen
- z) Übergangsbereiche der Muffe zum Mantelrohr gründlich säubern und mit PE-Reiniger entfetten
 - aa) Mit dem Schmirgelleinen die Übergangsbereiche aufrauen (Manschettenbreite 50 mm auf beiden Seiten)
 - ab) Übergangsbereich auf ca. 65°C anwärmen
 - ac) Abschrumpfen der Manschette durch stetiges Bewegen des Brenners in Umfangsrichtung und radial zum Rohr. Während des Schrumpfvorgangs ist die Verflüssigung des Heißschmelzklebers auf der gesamten Abdichtungsfläche durch den Monteur mittels der Fingerprobe festzustellen. Nach Beendigung des Schrumpfvorgangs muss der Monteur durch Abfühlen der Manschettenränder den Schmelzkleberaustritt und eine nach unten weisende Form des Klebers kontrollieren. Eine Hochschnäbelung des Klebers ist nicht in Ordnung.
 - ad) Endkontrolle
 - ae) Dauerhaft sichtbare Kennzeichnung der Muffe an der Oberseite mit

- Tag der Muffenmontage
- Muffenmonteur (Kürzel oder Nummer)
- Messwerte





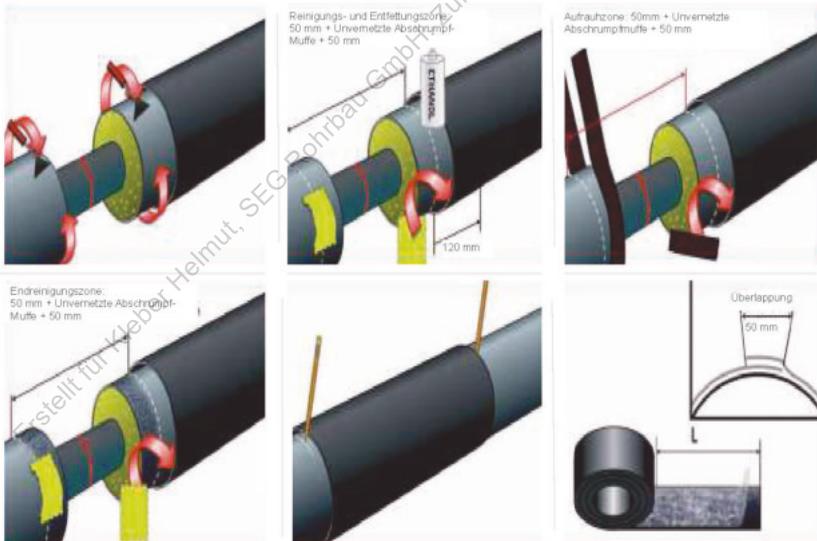


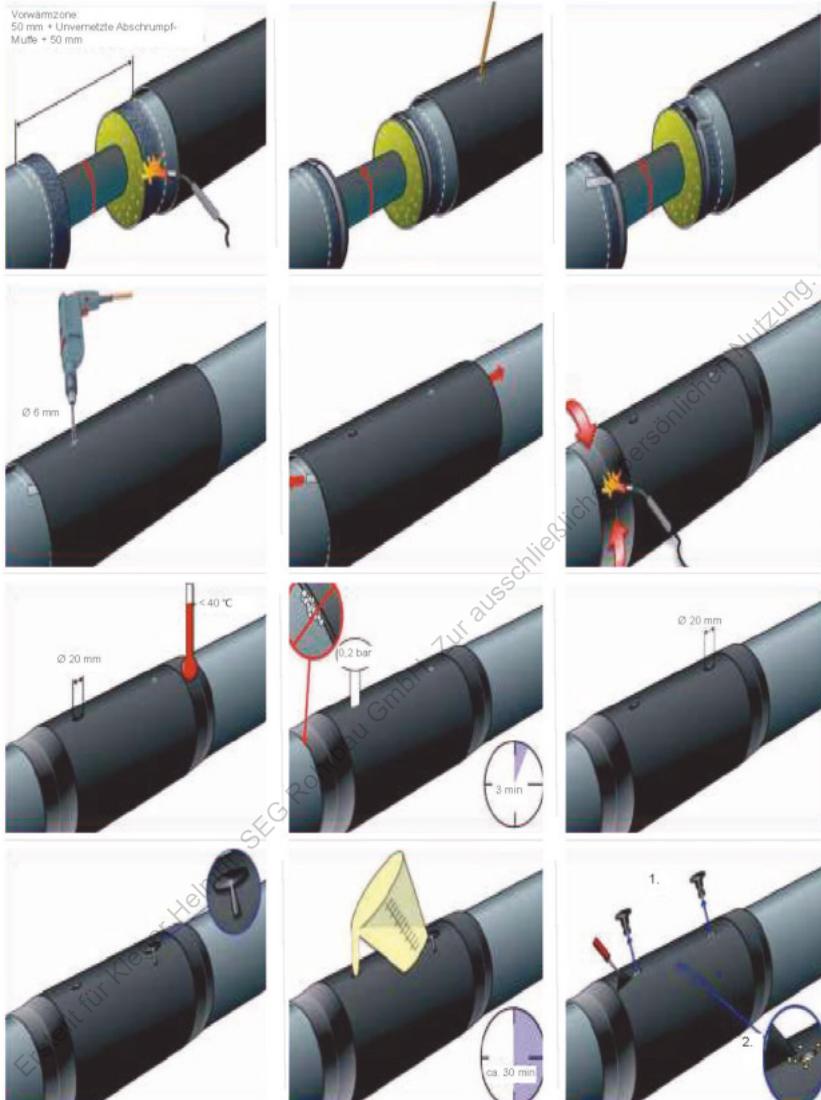
5.3 Arbeitsschritte bei vernetzten Schrumpfmuffen

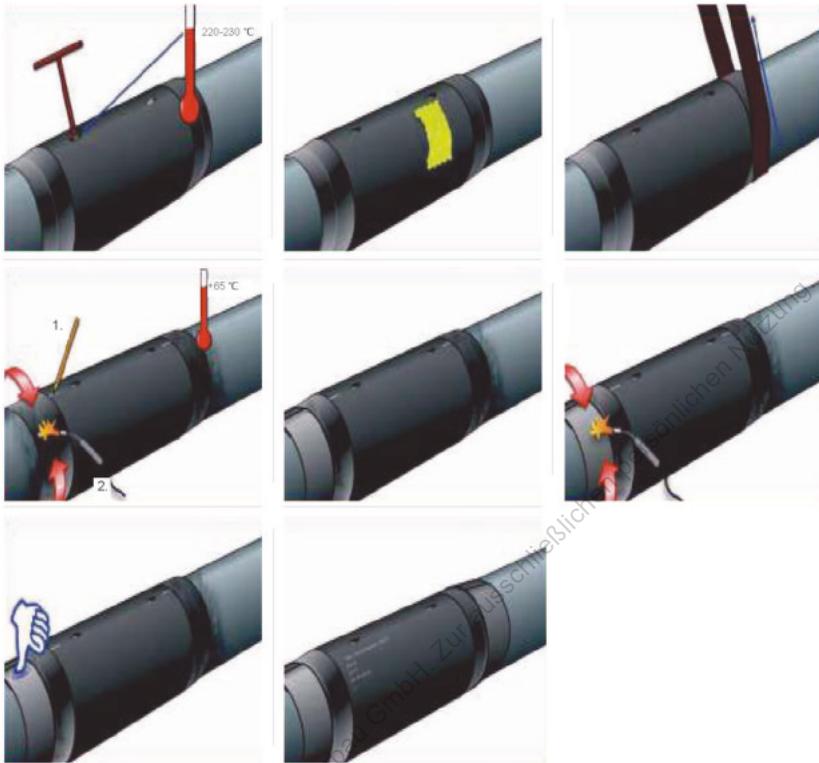
- a) Entfernen der Schaumhaut an den Stirnseiten der angrenzenden Schaumbereiche
- b) Montage des Überwachungs- und Fehlerortungssystems entsprechend der Herstellerangaben
- c) Säubern und Trocknen der Dichtungsflächen
- d) Reinigen und Entfetten der Dichtungsflächen mit PE-Reiniger
- e) Aufrauen der Schrumpfbereiche mit Schmirgelleinen (Körnung 40-60),
beidseitig jeweils +50 mm
- f) Endreinigung der Dichtflächen
- g) Muffe mittig über den Rückschnitt anzeichnen
- h) Dichtband zuschneiden (Umfang +50mm)
- i) Vorwärmen der Auflageflächen auf ca. 40°C
- j) Dichtband aus Butyl-Kautschuk ca. 20 mm neben der Markierung mit ca. 50mm Überlappung auflegen
- k) Entlüftungslöcher am Muffenrand (unmittelbar nach Ende der Auflagefläche) einbringen

- l) Muffe an den beiden Zentriermarken ausmitteln
- m) Muffenrohrenden (Auflagen am Mantelrohr) mit der Flamme durch stetiges Bewegen des Brenners in Umfangsrichtung und radial zum Rohr abschrumpfen.
- n) Muffe auf unter ca. 40°C abkühlen lassen
- o) Dichtheitsprüfung mit 0,2 bar über die Dauer von 3 Minuten
- p) Entlüftungslöcher aufbohren
- q) Anfertigen eines Probeschaums, mindestens am Beginn der täglichen Ausschäumungen, bei neuen Gebinden der Schaumkomponenten oder vor Beginn einer Ausschäumserie. Mit der Probeschäumung können die Reaktionszeiten und die Qualität der PUR-Komponenten festgestellt werden.
- r) Überprüfung der Haltbarkeitsangaben der Komponenten und der Komponententemperatur (ca. 20°C)
- s) Richtige Mengendosierung entsprechend dem Volumen des Muffenhohlraums und dem korrekten Mischungsverhältnis der Schaumkomponenten nach Angaben der Schaumhersteller festlegen und im Mischbecher markieren
- t) Oberflächentemperaturen müssen beim Schäumen in einem Bereich von 15 bis 45°C liegen.
- u) Schaumkomponenten Polyol und Isocyanat sind ausschließlich mit einem hochtourigen Rührer mechanisch solange zu mischen bis keine Schlieren mehr vorhanden sind und eine einheitliche Färbung vorliegt.
- v) Zügiges Einfüllen des Schaumgemisches und Einbringen von Entlüftungstopfen.

- w) Abklopfen der gedämmten Muffe und Klangvergleich mit der werkmäßig hergestellten KMR-Leitung. Ein vergleichbarer Klang deutet auf eine ordnungsmäßige Schäumung hin
- x) Überprüfung des Überwachungssystems nach Aushärtung des PUR-Schaums
- y) Dauerhafte Abdichtung der Schäumöffnungen.
- z) Endkontrolle.
- aa) Dauerhaft sichtbare Kennzeichnung der Muffe an der Oberseite mit
 - Tag der Muffenmontage
 - Muffenmonteur (Kürzel oder Nummer)
 - Messwerte







5.4 Arbeitsschritte bei Elektromuffen

- a) Entfernen der Schaumhaut an den Stirnseiten der angrenzenden Schaumbereiche
- b) Montage des Überwachungs- und Fehlerortungssystems entsprechend der Herstellerangaben
- c) Säubern und trocknen der Dichtungsflächen
- d) Reinigen und Entfetten der Dichtungsflächen mit PE – Reiniger
- e) Aufrauchen der Schrumpfbereiche mit Schmirgelleinen (Körnung

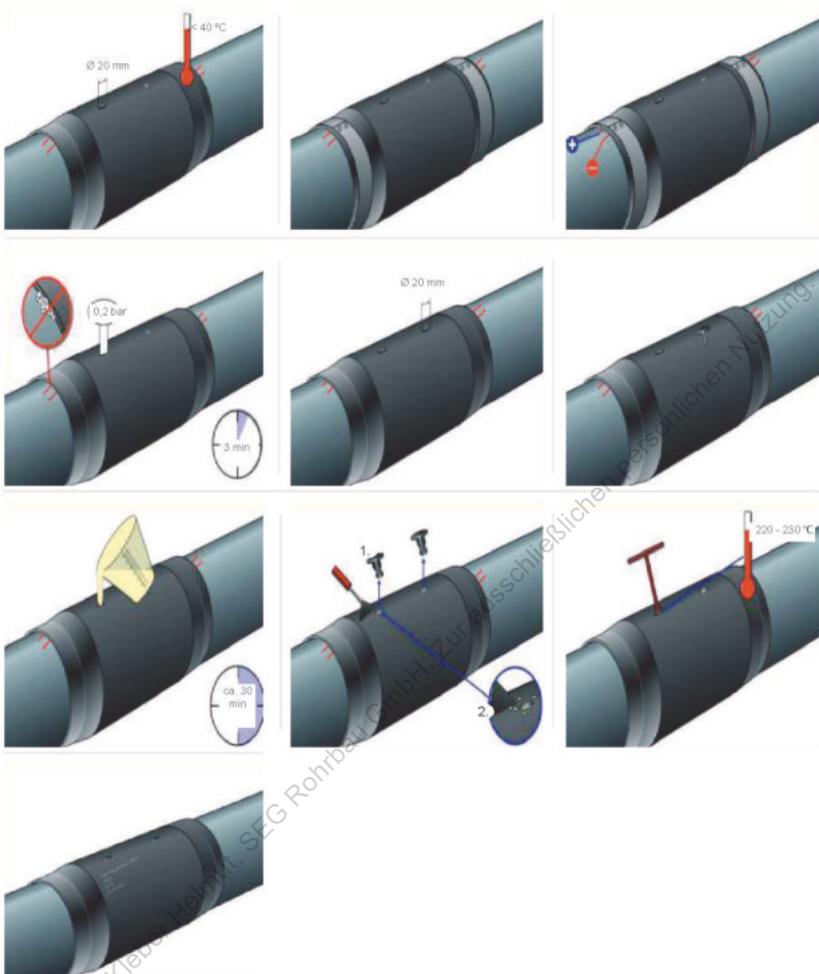
40 -60) + beidseitig jeweils 50 mm

- f) Endreinigung der Dichtflächen
- g) Muffe mittig über den Rückschnitt anzeichnen

Den Kupfer-Heizleiter gründlich entfetten. Den Kupfer-Heizleiter 20 mm vom Muffenrand bzw. den Zentriermarken entfernt um das Mantelrohr legen und in 12:00 Uhr-Position positionieren. Den Kupfer-Heizleiter enganliegend am Mantelrohr mit Hilfe der Kunststoffackernadeln befestigen. Zwischen den Enden der Kupfer-Heizleiter muss wegen der Ausdehnung bei Erhitzung ein Abstand von 3 – 5 mm eingehalten

- h) Entlüftungslöcher am Muffenrand (unmittelbar nach Ende der Auflagefläche) einbringen
- i) Muffenrohrenden (Auflagen am Mantelrohr) mit der Flamme durch stetiges Bewegen des Brenners in Umfangsrichtung und radial zum Rohr abschrumpfen
- j) Muffe auf unter ca. 40°C abkühlen lassen
- k) Die Spannbänder bündig mit den Muffenenden direkt über den Kupfer- Heizleitern positionieren und verschrauben. Elektrische Kurzschlüsse ausschließen Spannbänder fest anziehen
- l) Beide Schweißzangen an den losen Enden eines Kupfer-Heizleiters anschließen, die Polung ist dabei zu vernachlässigen Die Zangen mit einem Spanngurt oder Klebeband fixieren. Nach einer Endkontrolle auf Sicht aller Muffenkomponenten wird der erste automatisierte elektrische Schweißvorgang durchgeführt. Mit der anderen Seite wird genauso verfahren.
- m) Muffe auf unter ca. 40°C abkühlen lassen

- n) Dichtheitsprüfung mit 0,2 bar über die Dauer von 3 Minuten
- o) Entlüftungslöcher aufbohren
- p) Anfertigen eines Probeschaums, mindestens am Beginn der täglichen Ausschäumungen, bei neuen Gebinden der Schaumkomponenten oder vor Beginn einer Ausschäumserie. Mit der Probeschäumung können die Reaktionszeiten und die Qualität der PUR-Komponenten festgestellt werden.
- q) Überprüfung der Haltbarkeitsangaben der Komponenten, der Komponententemperatur (ca. 20°C)
- r) Richtige Mengendosierung entsprechend dem Volumen des Muffenhohlraums und dem korrekten Mischungsverhältnis der Schaumkomponenten nach Angaben der Schaumhersteller festlegen und im Mischbecher markieren
- s) Die Oberflächentemperaturen müssen beim Schäumen in einem Bereich von 15 bis 45°C liegen.
- t) Schaumkomponenten Polyol und Isocyanat sind ausschließlich mit einem hochtourigen Rührer mechanisch solange zu mischen bis keine Schlieren mehr und eine einheitliche Färbung vorhanden ist.
- u) Zügiges Einfüllen des Schaumgemisches und Einbringen von Entlüftungsstopfen.
- v) Abklopfen der gedämmten Muffe und Klangvergleich mit der werksmäßig hergestellten KMR-Leitung. Ein vergleichbarer Klang deutet auf eine ordnungsmäßige Schäumung hin
- w) Überprüfung des Überwachungssystems nach Aushärtung des PUR-Schaums
- x) Dauerhafte Abdichtung der Schäumöffnungen.
- y) Endkontrolle.
- z) Kennzeichnung der Muffe an der Oberseite dauerhaft sichtbar mit
 - Tag der Muffenmontage



Unterlagen, die für die Muffenmontage erforderlich sind:

- Montagewerkzeug u. Maschinen
- Montageanweisungen
- Schaumtabellen

- Betriebsanweisungen
- Schutzausrüstung

5.5 Qualitätssicherung

Eine einwandfreie Ausführung der Dämm- und Dichtarbeiten an Muffenverbindungen ist unter anderem abhängig von den herrschenden Witterungsbedingungen. Während ein ausreichend großer Arbeitsschirm bei Regenwetter ausreichend ist, stellt neben der Sauberkeit vor allem die Temperatur einen äußerst wichtigen Faktor für die Qualität der Ausführung dar.

Der Normbereich der Temperatur nach EN 489 liegt im Bereich zwischen +15°C und +45°C. Dies gilt

sowohl für die Lufttemperatur als auch für die Oberflächentemperatur der Kunststoffmantelrohr-Bauteile. Die ideale Verarbeitungstemperatur der Schaumkomponenten „Polyol und Isocyanat“ liegt

bei 20 °C

Für Baumaßnahmen, die außerhalb dieses Bereiches liegen, ist entweder die Einstellung der Baustelle oder das Ergreifen von Sonderbaumaßnahmen notwendig, die auf Anforderung des Bauherrn oder der ausführenden Firma geleistet werden können.

Generell müssen die Oberflächen der Stahlrohrverbindungen und der Mantelrohringraum der Muffenverbindung über die gesamte Dämm- und Dichtphase sicher auf Temperaturen zwischen

+15°C und +45°C gehalten werden.

Dies kann in der kalten Jahreszeit erreicht werden durch:

- Zirkulation von Heizwasser
- Einsatz eines Baugebläses
- Elektrisches Vorheizen der Stahlmediumrohre
- Einhausung und leichte Beheizung (bis ca. 15°C) bei PE-Schweißarbeiten
- In der warmen Jahreszeit:
 - durch Beschattung der PUR-Schaumkomponenten und Muffenbereiche, die nicht der direkten Sonneneinstrahlung ausgesetzt werden dürfen.
 - Schäumarbeiten in den frühen Morgen- oder späten Abendstunden durchführen.

Bei Reparaturen und Anbohrungen bei KMR-Systemen im Betrieb ist zu achten auf:

- Vorschäumung
- Einsatz von Schaumschalen
- Umwicklung der heißen Oberfläche mit geschlossenzelligen Polyethylen-Wickelstreifen

Weitere Punkte, die auf die Qualität Einfluss nehmen:

- Niederschläge - Abhilfe durch entsprechende Schutzmaßnahmen, wie z.B. Schutzschirm
- Starker Wind - Abhilfe durch entsprechenden Schutzmaßnahmen, wie z.B. Windschürzen
- Platzmangel – es muss ausreichend Platz (DIN 4142:2002) vorhanden sein

- Sauberkeit, Trockenheit – die KMR-Teile und Rohre sollten in einem sauberen, der Rohrgraben in einem relativ trockenen Zustand sein

Abschlussarbeiten des Montagepersonals Endkontrolle

- Endmessung
- Dokumentation

Autoren & Verfasser Kapitel 5

Johannes Ellmer, isoplus Fernwärmetechnik Vertriebsgesellschaft mbH

Oliver Vollmann, STURM Isotech GmbH & Co. KG

6 Ausrüstung und Werkzeuge zur Montage von Mantelrohrverbindungen und Montageformteilen

6.1 Allgemeine Informationen zum Bauablauf

Im Rahmen der Nachdämmarbeiten an den Mantelrohrverbindungen ist es unerlässlich, dass das Montagepersonal über geeignete Werkzeuge und Ausrüstungen verfügt.

Es wird empfohlen, dass die Muffenmonteure die nachfolgend aufgeführten Werkzeuge in ihrem Montagefahrzeug mitführen und auch ausschließlich mit diesen Werkzeugen arbeiten.

Nur damit wird eine qualitätsgerechte Arbeitsausführung sichergestellt. Das heißt, dass die zur Nachdämmung eingesetzten und geprüften Monteure auch mit diesen, entsprechend qualitätsgerechten Werkzeugen ausgestattet sein müssen.

Widrige Umgebungsbedingungen, Zeitverzögerungen durch andere Gewerke und saisonale Höhepunkte erfordern eine enge Zusammenarbeit mit der Bauleitung, der verlegenden Firma und dem Tiefbau.

Deshalb ist eine möglichst exakte Vorausplanung wichtig, aber eine verbindliche Feinplanung kurz vor Beginn und dann laufend während der Montage ist noch wichtiger.

Ein allseits zufrieden stellender Arbeitsablauf kann nur durch intensive Kontaktpflege zwischen der Montageabteilung des Montagebetriebes und

der Bauleitung erreicht werden. Damit wird sichergestellt, dass die bauseitigen Vorarbeiten im Einklang mit dem Einsatz der Monteure stehen.

Jedes Muffenmonteurteam muss ein voll ausgerüstetes Montagefahrzeug zur Verfügung haben. Hierzu zählen selbstverständlich auch Stromaggregate, Schutzschirme, Abdeckplanen, Sicherheitsausrüstung und Schutzkleidung. Jeder Muffenmonteur muss alle zur Verarbeitung des gewählten Muffensystems erforderlichen Materialien, Werkzeuge und Geräte mit sich führen.

In der nachfolgenden Auflistung sind alle relevanten Werkzeuge zur qualitativ einwandfreien Durchführung der Arbeiten aufgelistet. Hierbei wird besonderer Wert auf Qualitätswerkzeug gelegt, denn nur dann kann auch Qualitätsarbeit geleistet werden.

6.2 Werkzeuge für die Montage von Mantelrohrverbindungen und Montageformteilen



1) Propangasflasche



2) Propan-Anschlussgarnitur



3) Stecheisen



4) Hammer



5) Dreikantschaber



6) Digital-Temperaturmessgerät



7) Verdrahtungszangen



8) Quetschzangen



9) Messgeräte für Überwachungs-Systeme.



10) Dichtbänder



11) Markierstifte



12) Maßband / Zollstock



13) Neutrales Reinigungspapier



14) PE-Reiniger



15) Schmiergelleinen Körnung
40 - 60



16) Spiralbohrersatz



17) Zentrierkeile



18) Akku-Bohrmaschine

Erstellt für Kleber Helmut, SEG-Bohrbau GmbH. Zur ausschließlichen persönlichen Nutzung.



19) Abdrückgarnitur



20) Sprühflasche



21) Manschettenband



22) Schaumkomponenten



23) Kabeltrommel



24) Elektro-Bohrmaschine



25) 20 mm Flachbohrer
mit Tiefenanschlag



26) Schaummessbecher



27) Rührstäbe



28) Schutzbrille



29) Keilbohrer mit Tiefenanschlag



30) Stopfenhalter



31) Stopfen-Schweißgerät



32) Handsäge



33) PE-Entgrater



34) Stichsäge



35) Spanngurte



36) Temperaturmessgeräte



37) Extruder-Schweißgerät



38) Heißluft-Schweißgerät



39) Unterlegschiene mit Nut



40) Stromaggregat



41) Schutzbekleidung



42) Schutzhandschuhe



43) Sicherheitsausrüstung



44) Schutzschirm



45) PE-Schweißdraht



46) Augenspülflasche



47) Klappleiter



48) Atemschutzfilter

6.2.1 Erforderliches Werkzeug zur Muffenmontage gemäß FW 603

Werkzeug	Werkzeugnummer
Abdrückgarnitur	19
Akku-Bohrmaschine inkl. Ersatzakku	18
Atenschutzmaske	48
Augenspülflasche	46
Dichtbänder	10

Werkzeug	Werkzeugnummer
Digital-Temperaturmessgerät	6
Dreikantschaber	5
Elektro-Bohrmaschine (mindestens 1000 Umdrehungen/min)	24
Flachbohrer 20 mm mit Tiefenanschlag	25
Hammer	4
Handsäge	32
Kabeltrommel	23
Keilbohrer mit Tiefenanschlag (normale und große Version)	29
Leiter	47
Manschettenband	21
Markierungsstifte	11
Maßband und Zollstock	12
Messgeräte für unterschiedliche Überwachungssysteme	9
Neutrales Reinigungspapier	13
PE-Entgrater	33

Werkzeug	Werkzeugnummer
PE-Reiniger	14
Propangasflasche	1
Propan-Anschlussgarnitur bestehend aus: Sicherheitsventil, Druckregler, doppelwandiger Schlauch, Glocke, Rohr u. Griff	2
PUR-Schaumkomponenten (Polyol u. Isocyanat)	22
Quetschzangen	8
Rührstäbe	27
Schaummessbecher	26
Schmiergelleinen (Körnung 40 - 60)	15
Schutzbrille	28
Schutzhandschuhe	42
Schutzkleidung	41
Schutzschirm	44
Sicherheitsausrüstung	43
Spiralbohrersatz	16
Sprühflasche mit Leckfinder	20
Stecheisen	3
Stichsäge	34
Stopfenhalter	30
Stopfenschweißgerät	31
Stromaggregat	40
Verdrahtungszangen	7
Zentrierkeile	

Für alle stoffschlüssigen Muffen wie Schweißmuffen, Einpassmuffen etc. muss gesondertes Werkzeug, entsprechend den Herstellervorgaben, zur Nachdämmung eingesetzt werden. Diese Muffen dürfen auch nur von den Monteuren verarbeitet werden, die eine Schulung und Zertifizierung vom Hersteller der jeweiligen Muffe erhalten haben und dies durch ein Zeugnis nachweisen können. Siehe auch Hinweise Kapitel 5.

6.2.2 Zusatzwerkzeug zur Muffenmontage gemäß DVS 2212 - 4

Handextruder mit Schweißschuhen für V- und Kehlnaht	37
Heißluft-Schweißgerät mit Heft- und Schweißdüse	38
PE-Schweißdraht	45
Temperaturmessgeräte bis mindestens 300 °C	36
Spanngurte	35
Unterlegschiene mit Nut für Montageformteile (Schweißhilfe)	39

Entsprechend den Vorgaben der Systemhersteller sind eventuell weitere Werkzeuge erforderlich, insbesondere für kraftschlüssige Muffen (Schweißmuffen, Induktionsmuffen, Einpassmuffen etc.).

Autoren & Verfasser Kapitel 6

Gerd Moser, BRUGG Rohrsysteme GmbH

Johannes Ellmer, isoplus Fernwärmetechnik Vertriebsgesellschaft mbH

7 Überwachungs- und Fehlerortungssysteme

7.1 Allgemein

Feuchtigkeitseintritt durch z.B. Schweißnahtfehler, undichte Muffenverbindungen oder Beschädigungen von außen können zu großen Schäden führen. Wärmeverluste durch Isolationsfehler, Korrosion an Rohrleitungen und Betriebsunterbrechungen wären die Folge.

Heute werden Fernwärmeleitungen überwiegend mit Betriebs- bzw. Leckageüberwachung ausgestattet. Der Vorteil liegt in der Früherkennung von Schäden und deren Ortung. Werkseitig in die Wärmedämmung eingeschäumte Überwachungsadern mit entsprechenden Überwachungsgeräten erhöhen die Betriebssicherheit, begrenzen Schadenskosten und verlängern die Lebensdauer des Fernwärmenetzes. Das bedeutet, sie dienen zum Schutz der Investition und der Versorgungssicherheit.

Je nach verwendetem Überwachungssystem wird hier nicht nur der Muffenbereich, sondern der gesamte Trassenabschnitt überwacht. Schon geringfügige Durchfeuchtung durch undichte Schweißnähte, Baufeuchte oder Beschädigung des PEHD-Mantelrohres oder einer Muffe können detektiert und gemeldet werden.

Am Markt haben sich zwei grundlegende Rohrüberwachungs-Systeme etabliert. Neben dem von den meisten Rohrherstellern standardmäßig verbautem *Nordischem System*, bei dem zwei Kupferdrähte als Fühlerdraht dienen, hat sich noch das *Widerstandsdraht-System* mit einer Nickel-Chrom- und einer vollisolierten Kupferader als Rückführader durchgesetzt. Weitere am Markt angebotene Systeme wie z.B. HDW oder JR-Isotronic spielen eher eine untergeordnete Rolle.

Für ein funktionierendes und vom Netzbetreiber akzeptiertes Überwachungssystem ist, neben der Wahl des geeigneten Fühlerdrahtsystems, die

Einbindung und Anpassung der Überwachungsgeräte in die beim Betreiber vorhandene Infrastruktur sowie eine korrekte, zeitlich aktuelle Dokumentation extrem wichtig.

7.2 Nordisches System (EMS-System)/Cu-Draht-System (Laufzeitmessverfahren)

Die werkseitig vorgefertigten KM-Rohre und Formteile werden standardmäßig mit zwei Kupferdrähten ausgestattet. Diese sind zur Unterscheidung farblich kodiert (Kupfer blank, Kupfer galvanisch verzinkt). Nach Verbindung der Rohre und Formteile werden die aus der Polyurethan-Verbundisolierung herausragenden Überwachungsdrähte durch Quetschhülsen verbunden und anschließend mit Weichlot verlötet. Um eine Messschleife zu bilden, sind an den Endpunkten beide Drähte verbunden. Abzweige werden unter Berücksichtigung der Verdrahtungsrichtlinien direkt in die Überwachungsschleife eingebunden. Dadurch entsteht eine lückenlose Kontrolle des gesamten Netzes.

7.2.1 Aufbau



Abbildung 37, Nordisches-System
— Komponenten



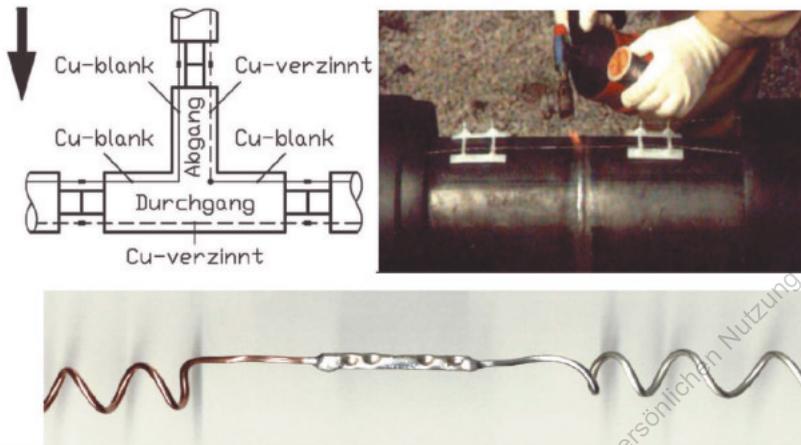


Abbildung 38, Nordisches-System – schematischer Aufbau

- Ein Kupferdraht blank 1,5 mm²
- Ein Kupferdraht galvanisch verzinkt 1,5 mm²
- Komplette Oberfläche beider Drähte dient als Sensorfläche
- Widerstand 0,012 Ohm/m
- Impedanzwert typisch 270 Ohm
- Impulslaufzeit typisch 274 m/μs

7.2.2 Funktionsweise

Die Überwachung erfolgt in der Regel über die ohmsche Widerstandsmessung (Gleichspannung) zwischen dem Drahtpaar und dem elektrisch leitendem Mediumrohr. Da die Dämmung aus PUR-Schaum einen elektrischen Isolator darstellt, weist diese bei intaktem Verbundmantelrohr zwischen Draht und Mediumrohr einen hohen Isolationswiderstand auf. Durch ein-

dringende Feuchte wird der Widerstand zwischen Mediumrohr und Drahtsystem abgesenkt. Zur Ortung der Schadstelle wird das sog. Impulslaufzeitverfahren angewendet.

Im Gegensatz zur Widerstandsmessung wird hier das Wechselspannungsverhalten der Anordnung bewertet. Durch die geometrische Anordnung der Kupferdrähte und des Mediumrohrs stellen sich bestimmte Impedanzwerte (typ. 270 Ohm) in dieser Anordnung ein. Die Impedanzwerte sind unter anderem abhängig vom Abstand des Drahtes zum Mediumrohr und den Wechselspannungseigenschaften des Zwischenraums (Dielektrikum). Veränderungen im Zwischenraum und somit eine Änderung der Impedanz, z.B. durch Feuchtigkeit, können ortsabhängig detektiert werden. Hierzu werden von einem Impulslaufzeitmessgerät (engl. Time Domain Reflectometer – TDR) Pulse auf die Anordnung gegeben. Die Messpulse legen innerhalb einer bestimmten Zeit eine bestimmte Strecke zurück. Die Geschwindigkeit des Messimpulses (hier typ. 270 m/μs) hängt wie der Impedanzwert vom Aufbau der Anordnung ab. An Stellen, an denen sich der Impedanzwert der Anordnung ändert, werden Teile des Pulses reflektiert (sog. Echo). Durch Messen der Zeitspanne zwischen Senden des Messimpulses und Eintreffen des Impulsechos ist eine eindeutige Ortung möglich.

Diese Technik kann nicht nur für die reine Ortung, sondern auch für eine präventive Überwachung genutzt werden. Ein Vorteil gegenüber der Widerstandsüberwachung ist die Unabhängigkeit gegenüber der Leitfähigkeit des eindringenden Mediums. Hierdurch kann das System auch für schlecht oder nicht leitende Medien eingesetzt werden. Ein weiterer Vorteil ist die Möglichkeit, mehrere Fehler in einem Messabschnitt differenziert und ortsabhängig zu orten. Ein Nachteil ist, dass bei Isolationsfehlern ein eindeutiges und detektierbares Echo erst ab einem Widerstandsisolationswert im Kiloohmbe-
reich erkennbar ist. Im Gegensatz hierzu sind Drahtabrisse eindeutig detektierbar.

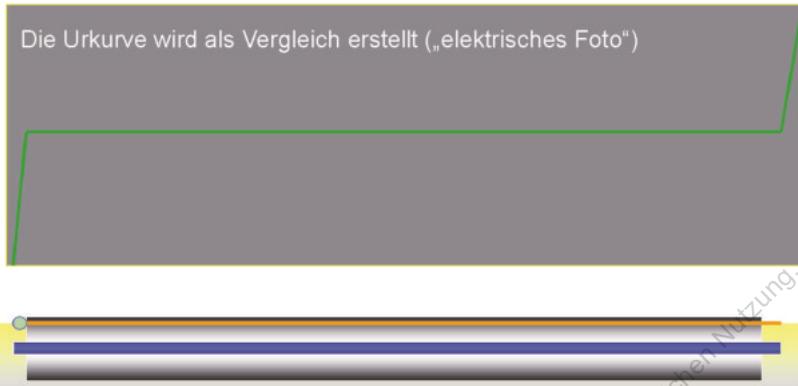


Abbildung 39, Nordisches-System – Urbild, Gutmessung

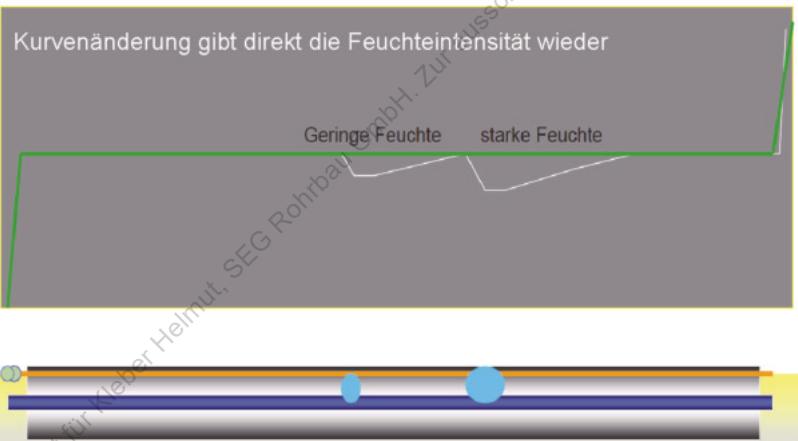


Abbildung 40, Nordisches-System – Kurvenänderung bei Feuchte

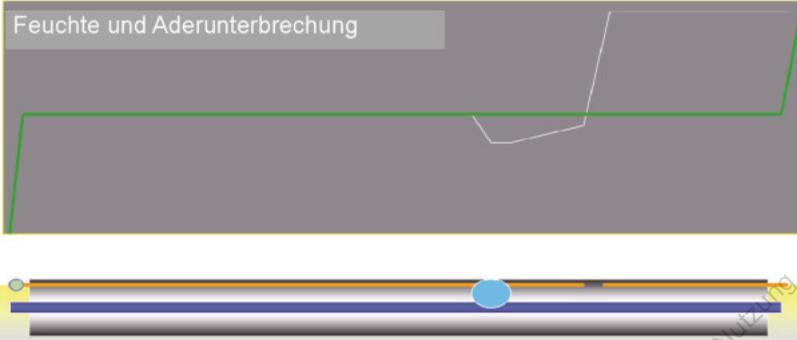
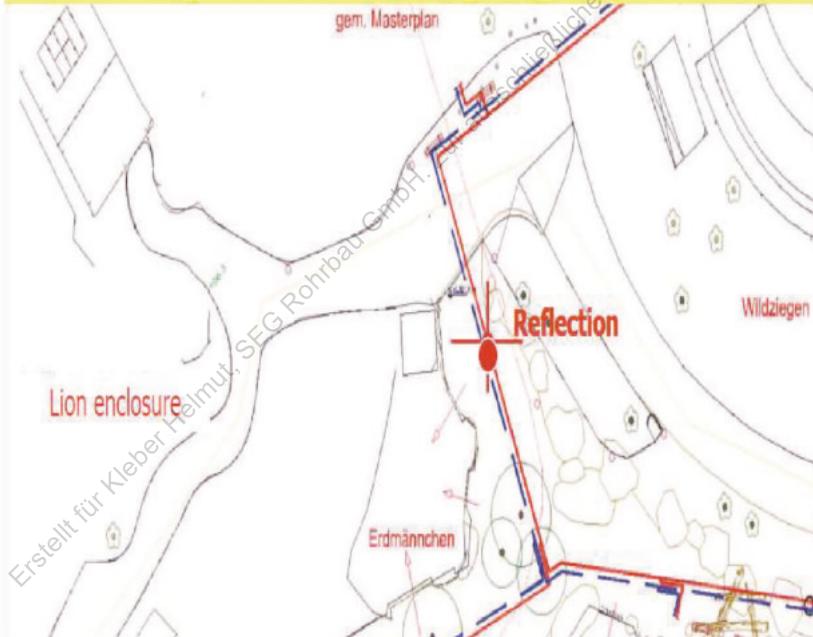


Abbildung 41, Nordisches-System – Kurvenänderung bei Feuchte und Drahtabriss

**Elektrische Impulse werden in das
Kupferdrahtsystem der Rohrleitung eingespeist.**



Fehlerstellen verursachen Reflexionen

Abbildung 42, Nordisches-System – Ermittlung von Mehrfachfehlern

7.2.3 Fazit

Vorteile:

- Überwachung des gesamten Rohrsystems
- Detektion von Fehlern über beide Adern
- Einfache Muffenmontage durch Quetschhülsen und Verlötung
- Keine elektronischen Komponenten
- Fühlerschleifenüberwachung über das gesamte Netz
- Ortbarkeit von Mehrfachfehlern
- Detektion von nichtleitenden Medien

Nachteile:

- Fehlerortung erst bei größeren Schadenstellen,
stärkerer Durchfeuchtung möglich

7.2.4 Überprüfung Cu-Draht-System

- Durchgangsmessung der Drahtschleife
niederohmiger Wert zwischen 1-50 Ohm
Werte im Vor- und Rücklauf sollten gleich sein
Isolationsmessung zwischen Drahtschleife und Medienrohr
hochohmiger Wert ca. 10 MOhm / 1000 m Rohr

Messungen müssen mit einem speziellen Isolationsmessgerät durchgeführt werden, z.B. LANCIER Monitoring „PipeCheck“, isoplus „IPS-HST“ o.ä.

7.3 Widerstandsdraht-System/NiCr-Draht-System (Widerstandsmessverfahren)

Typisches Merkmal und Namensgeber dieser Technologie ist der Widerstandsdraht, der als Sensorik (Fühlerader) im Rohr verbaut ist. Heute wird fast ausschließlich ein NiCr Draht mit 5,7 Ohm/m (selten auch 4 Ohm/m) eingesetzt. Dieser NiCr-Draht hat eine perforierte Isolation. Zusätzlich ist eine vollisolierte Schleifenader (Rückführader) verbaut. Diese dient zur Bildung einer Messschleife und hat für die eigentliche Überwachung keine Bedeutung.

Wichtig: Hier ist bei der Montage darauf zu achten, dass alle Verbindungsstellen durch Verwendung von Schrumpfschläuchen dauerhaft isoliert sind.

7.3.1 Aufbau, Komponenten

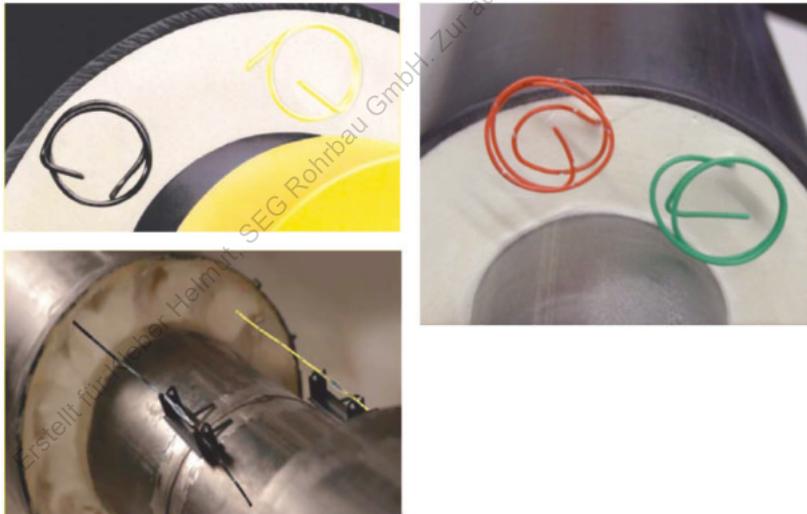
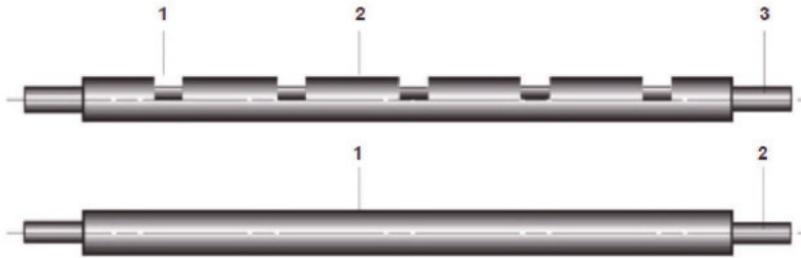


Abbildung 43, Widerstandsdraht-System – Komponenten



Aufbau der Fühlerader (oben):

1. Perforationen in regelmäßigen Abständen für Feuchtekontakt
2. PTFE-Isolierung,
Farbe gelb, Fa. Isoplus
Farbe rot, Fa. Brandes
3. NiCr 8020 Draht, \varnothing 0,5 mm
5,7 Ohm/m

Aufbau der Rückführader:

1. FEP-Isolierung,
Farbe schwarz, Fa. Isoplus
Farbe grün, Fa. Brandes
2. Cu Draht, \varnothing 0,8mm
0,036 Ohm/m

7.3.2 Funktionsweise

Ähnlich dem nordischen System wird die Überwachung durch eine ohmsche Widerstandsmessung, in diesem Fall zwischen der perforierten Fühlerader und dem Mediumrohr, ermöglicht. Da die Dämmung aus PUR-Schaum einen elektrischen Isolator darstellt, weist diese bei intaktem Verbundmantelrohr zwischen Fühlerader und Mediumrohr einen hohen Isolationswiderstand auf. Die Perforation der Fühlerader wird durch eindringende Feuchte benetzt. Der Widerstand zwischen Mediumrohr und Fühlerader wird abgesenkt. Die Ortung der Schadstelle wird nach dem Prinzip des unbelasteten Spannungsteilers durchgeführt. (Verbindungen der Rückföhlerader sind unbedingt zu isolieren, siehe 7.3)

Zwischen Rohranfang und Rohrende bildet der Widerstandsdraht einen Längswiderstand [Schleifenwiderstand, $R(\text{ges})$], dessen Größe letztendlich durch die Rohrlänge und den darin verbauten Drahtwiderstand bestimmt wird. Eine Schadstelle (Feuchtigkeit) im Rohrsystem stellt eine Verbindung zwischen Fühlerader und Mediumrohr dar und teilt den Schleifenwiderstand in die Abschnitte $R(x_1)$ vom Rohrbeginn (0% der Länge) bis zum Fehler und dem Abschnitt $R(x_2)$ vom Fehler bis zum Rohrende (100% der Länge). Die beiden Teilwiderstände $R(x_1)$ und $R(x_2)$ sind direkt abhängig vom Ort der Durchfeuchtung. Legt man eine Spannung an die Fühlerschleife an, so überträgt im Fehlerfall die leitende Feuchtigkeit einen vom Ort abhängigen Spannungsteilwert auf das Mediumrohr. Elektrisch gesehen übernimmt das Mediumrohr die Funktion des dritten Anschlusses, ähnlich dem Schleiferanschluss eines Potentiometers. Die gemessene Teilspannung ($x\%$ der Gesamtspannung) ist direkt proportional zum Ort der Durchfeuchtung ($x\%$ der Gesamtlänge).

In der Praxis findet man jedoch kaum idealisierte Verhältnisse vor, sondern hat es mit zusätzlichen Störkomponenten zu tun. Hierzu zählt unter anderem die Elementspannung (U_x), die sich aufgrund der verwendeten Metalle

7.3.3 Fazit

Vorteile:

- Überwachung des gesamten Rohrsystems
- Einfache Muffenmontage durch Quetschhülsen
- Keine elektronischen Komponenten
- Fühlerschleifenüberwachung über das gesamte Netz
- Ortung schon bei kleinen Schadenstellen, hohe Ansprechempfindlichkeit
- Sichere und einfache Ortung von Erstfehlern
- Einfache Bestimmung der Rohrlänge durch Schleifenmessung

Nachteile:

- Keine direkte Ortbarkeit von Mehrfachfehlern.

7.3.4 Überprüfung NiCr-Draht-System

- Durchgangsmessung der Drahtschleife
 - Wert zwischen 0,1-10 kOhm
 - Messwert muss umgerechnet mit der Trassenlänge übereinstimmen
 - Werte im Vor- und Rücklauf sollten annähernd gleich sein
- Isolationsmessung zwischen Drahtschleife und Medienrohr
 - hochohmiger Wert > 10 MOhm / 1000 m Rohr

Messungen müssen mit einem speziellen Isolationsmessgerät durchgeführt werden, z.B. LANCIER Monitoring „PipeCheck“, isoplus „IPS-HST“ o.ä.

7.4 Systeme mit Indikatoren – auch *Hierarchisches System* genannt

Typisches Merkmal der Systeme sind, neben den in den Muffenverbindungen platzierten Feuchteindikatoren (HDW) bzw. Ortungsschaltern (JR-Isotronic), die in Rohrabszweigen eingebauten Trennweichen (T-Weichen). Auf diese Weise erhält das Überwachungssystem seine namensgebende hierarchische Struktur. Das Rohrnetz hinter einem Abzweig gehört zur nächsthöheren Hierarchie. Das Fernwärmenetz lässt sich in bis zu vier Hierarchien teilen. Feuchteindikatoren und Trennweichen sind über das werkseitig in das Rohr eingeschäumte, verdrehte Adernpaar elektrisch verbunden. Die Systeme arbeiten, da eine Messung Ader gegen Ader erfolgt, potentialfrei.

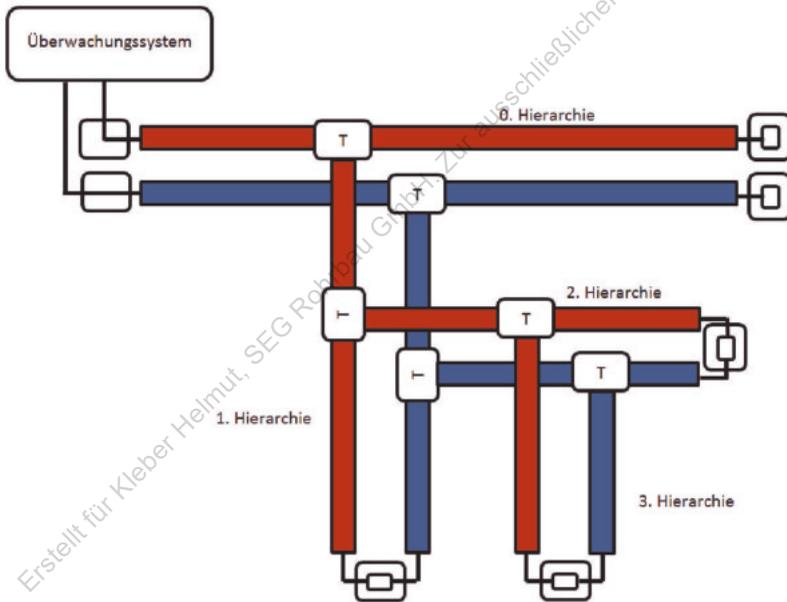


Abbildung 45, Hierarchisches System – Prinzipdarstellung

7.4.1 Aufbau, Komponenten

Feuchteindikator



Adernpaar, eingeschäumt



T-Weiche



Abbildung 46, Hierarchisches System – Komponenten

7.4.2 Funktionsweise

Das System überwacht die in den Muffen verbauten Indikatoren bzw. Ortungsschalter. Der Indikator besteht im Wesentlichen aus zwei Kupferplatten, die durch ein anorganisches Vlies gegeneinander isoliert sind. Bei Feuchtigkeitseintritt in das Vlies verringert sich der Widerstand zwischen den Kupferplatten.

Der Ortungsschalter beruht auf einer reversiblen Schaltfunktion. Bei Feuchtigkeitseintritt wird über eine Quellscheibe ein Schaltkontakt betätigt. Das Überwachungsprinzip basiert – wie schon beim Nordischen- und Wider-

standdraht-System – auf der Messung des ohmschen Widerstandes, in diesem Fall der Isolationsschicht des Feuchteindicators bzw. dem Schaltzustand des Ortungsschalters. Bei Feuchtigkeitseintritt verringert sich jeweils der Widerstandswert. Durch Einbau eines Endabschlusses lässt sich zusätzlich die Durchgängigkeit in der ersten Hierarchie überwachen. Die Schleifendurchgängigkeit in den anderen Hierarchien muss turnusmäßig manuell geprüft werden. Im Fehlerfall kann durch eine Impulslaufzeitmessung der Fehlerort bestimmt werden.

7.4.3 Fazit

Vorteile:

- Einfache Muffenmontage durch Quetschhülsen
- Sichere und eindeutige Ortung ausgelöster Feuchteindikatoren
- Ortbarkeit von Mehrfachfehlern

Nachteile:

- Keine Überwachung des gesamten Rohrnetzes, reine Muffenüberwachung
- Verwendung elektronischer Komponenten im Rohrnetz
- Keine Schleifenüberwachung über das gesamte Netz

7.5 Überwachungs- und Ortungssysteme

7.5.1 Manuelle Überwachung

Bei der Manuellen Überwachung, oder auch *Passives System* genannt, werden die Überwachungsdrähte zu einem Messpunkt, der in Gebäuden oder Feldschränken zugänglich ist, geführt. Nach Bedarf oder in festgelegten Zeitabständen wird der Zustand des Fernwärmenetzes mittels mobiler Messgeräte manuell kontrolliert. Hier gilt, je länger die Zeitspanne zwischen den

Kontrollmessungen gewählt wird, desto größer ist die Gefahr, dass sich eventuell Feuchtigkeitsfehler ausbreiten und große Schäden verursachen. Bei Verwendung des Widerstandsdraht-Systems besteht die Gefahr, dass Mehrfachfehler nicht erkannt und somit im Ortungsfall falsch interpretiert werden.



Abbildung 47, Messgeräte zur manuellen Überwachung

7.5.2 Stationäre Überwachung

Nachdem sich in den letzten Jahrzehnten im Fühlerdrahtbereich Standards durchgesetzt und gefestigt haben, schreitet die Weiterentwicklung der Überwachungsgeräte, gerade durch Anpassung an die sich ändernde IT-Infrastruktur der Netzbetreiber, immer weiter voran. Hierauf muss bei Funktion und Aufbau der Überwachungsgeräte und Systeme geachtet werden.

7.5.2.1 Alarmierungssysteme

Alarmierungssysteme sind zumeist einfache Geräte, die Trassen überwachen und bei Erreichen voreingestellter Grenzwerte einen Alarm auslösen. Der Alarm wird in der Regel über einen Relaiskontakt an andere Systeme z.B. Leitwarte oder Signalgerät weitergeleitet. Eine weitere Einbindung in die beim Netzbetreiber vorhandene IT-Infrastruktur findet nicht statt. Eine Beurteilung der Schadensentwicklung bzw. des Schadenverlaufs ist nicht möglich. Es wird eine einfache Gut/Schlecht-Meldung generiert. Diese Lösungen werden zumeist von kleineren Netzbetreibern mit wenigen Geräten eingesetzt.

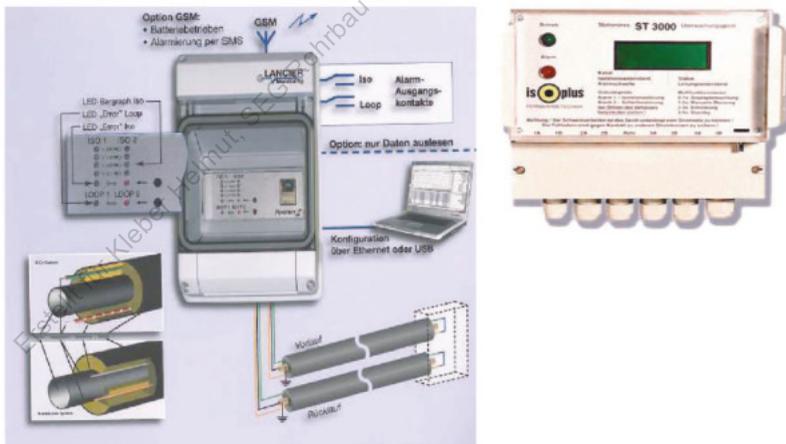


Abbildung 48, Messgeräte zur automatischen Überwachung

7.5.2.2 Monitoringsysteme

In einem Monitoringsystem sind Überwachungsgeräte über ein Netzwerk mit einem Zentralrechner verbunden. Der Zentralrechner kann im einfachsten Falle ein normaler PC oder – je nach Ausbaustufe – ein separater Server oder die Leitwarte des Netzbetreibers sein. Das gesamte Netz wird zentral überwacht. Messwerte und Ereignisse werden visualisiert und als Historienwerte in einer Datenbank gespeichert. Anhand der Historienwerte kann ein Schadensverlauf beurteilt und auf Ursachen geschlossen werden. Durch Einstellung mehrerer Alarmschwellen kann frühzeitig präventiv gewarnt und alarmiert werden.

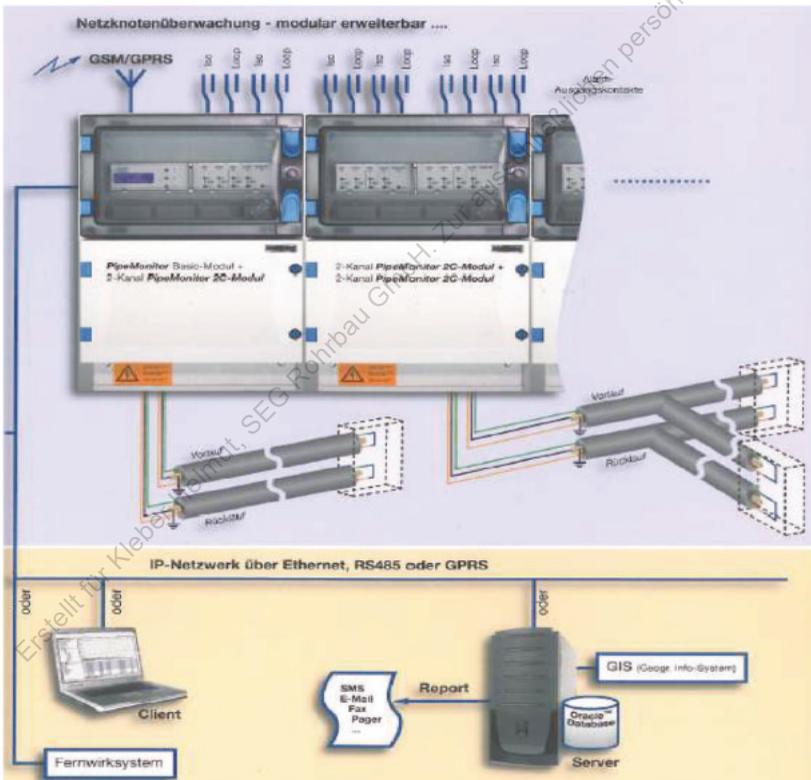
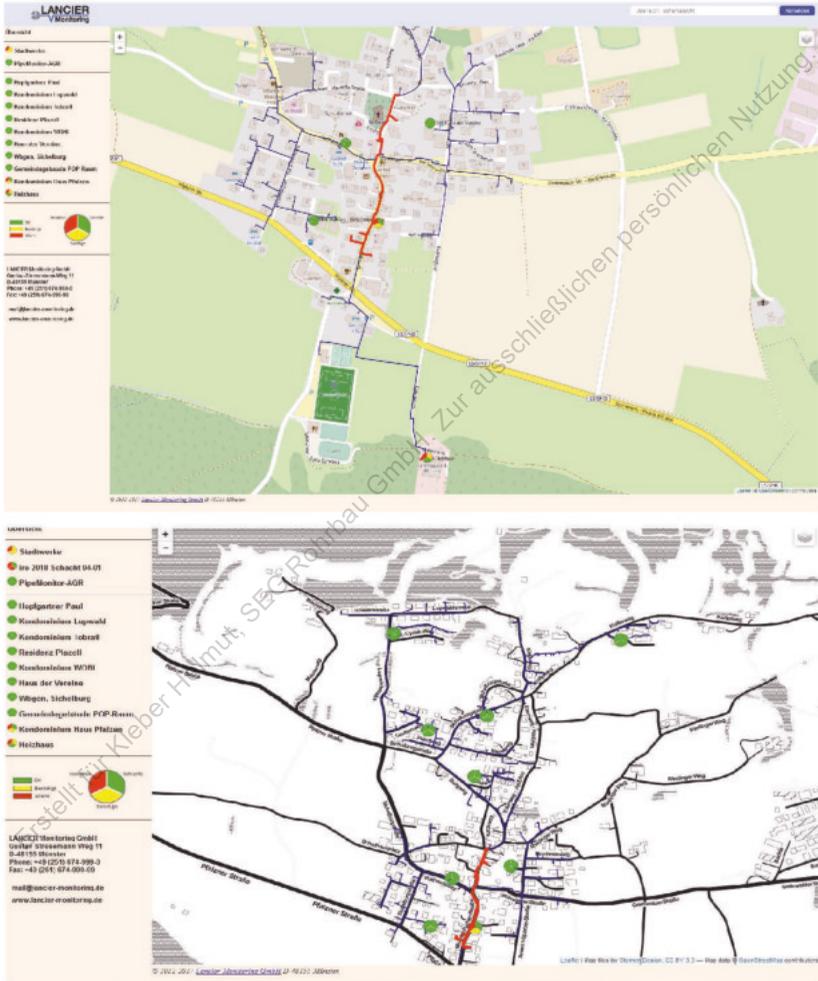


Abbildung 49, Beispiel Systemübersicht zur automatischen Überwachung

Moderne Systeme ermöglichen die Anbindung an ein geografisches Informations-System (GIS), so dass Trassenverläufe, Gerätestandorte und Schadensstellen grafisch in einem Kartensystem dargestellt werden können. Je nach System können Bau-, Netz- und Verdrahtungspläne hinterlegt werden und stehen im Störfall direkt zur Verfügung.

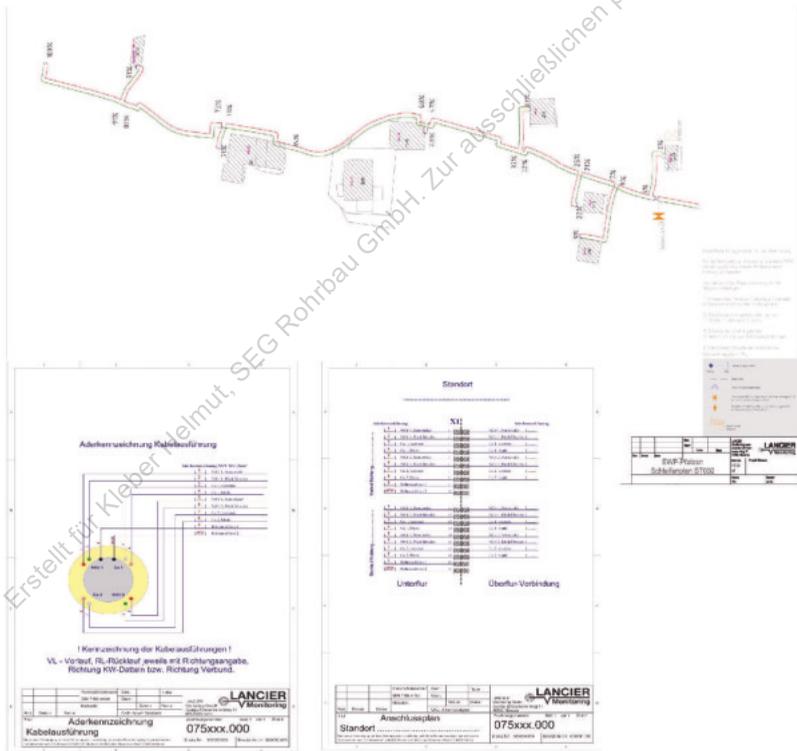


7.6.2 Dokumentation

Zur exakten Fehlerortung im Schadenfall, egal ob Feuchtefehler oder Drahtabriss, ist eine verbindliche, fehlerfreie Dokumentation von Leitungsverlegung und Verkabelung unerlässlich.

Jede Kabelausführung und Verschaltung muss vor Ausführung exakt geplant und dokumentiert werden. Jede Änderung auf der Baustelle muss nachgetragen werden. Hier ist jeder Meter Draht, der, sei es als Zuführung oder in Rohrmuffen, verbaut wird, wichtig.

Nur so ist im Fehlerfall eine exakte, metergenaue Ortung möglich.



Autor & Verfasser Kapitel 7

Johannes Ellmer, isoplus Fernwärmetechnik Vertriebsgesellschaft mbH

Ludger Tidde, Andreas Gräve u. Sebastian Vogt, Lancier Monitoring GmbH

Erstellt für Kleber Helmut, SEG Rohrbau GmbH. Zur ausschließlichen persönlichen Nutzung.

8 Grundlagen der Polyurethanchemie

8.1 Grundlagen der Polyurethanchemie

Polyurethanhartschaum bildet sich bei der Reaktion von Polyolen mit Diisocyanaten. Polyole sind Moleküle mit mehreren Hydroxyl-Gruppen (-OH-Gruppen), die mit Diisocyanaten (Stoffe mit mindestens zwei Isocyanat-Gruppen) einen vernetzten Hartschaumstoff ausbilden. Für die Ausschäumung von Muffen werden in der Regel Zweikomponentensysteme eingesetzt.

8.1.1 Polyolkomponente (A-Komponente)

Die Grundstoffe einer Polyolkomponente sind Polyether und Polyesterole, deren Hydroxyl-Gruppen mit den Isocyanat-Gruppen des Diisocyanates eine Verbindung zur Urethan-Gruppe eingehen. Durch ihre Moleküllänge und ihren Verzweigungsgrad (Funktionalität) haben sie maßgeblichen Einfluss auf die Schaumstoffeigenschaften. Neben den Polyolen sind noch weitere Einsatzstoffe in einer Polyolkomponente enthalten:

- **Stabilisatoren**
- **Katalysatoren**
- **Treibmittel**
- **Sonstige Additive**



Abbildung 50, Farblich gekennzeichnete Fässer markieren den Inhalt.

Blau = Polyol-Komponente und Rot = Isocyanat-Komponente

8.1.1.1 Stabilisatoren

Die Stabilisatoren beeinflussen die physikalischen Vorgänge beim Schäumvorgang und stabilisieren die eigentlichen Zellen des Schaumes. Sie haben Einfluss auf die Zellgröße und Zellstruktur des ausreagierten Schaumes. Weitere wichtige Eigenschaften sind die Erhöhung der Treibmittellöslichkeit in der flüssigen Polyolkomponente und eine verbesserte Homogenität des Polyolgemisches.

8.1.1.2 Katalysatoren

Sie beeinflussen den Reaktionsverlauf des Schaumes. Je mehr Katalysator im System enthalten ist, desto schneller reagiert der Schaum. Katalysatoren wirken selektiv auf die verschiedenen, während des Schäumens ablaufenden Reaktionen. Wichtige Reaktionen sind z. B. die Umsetzung von Wasser mit Diisocyanat unter Bildung von Kohlendioxid (Treibwirkung) und die eigentliche Umsetzung von Polyol mit Diisocyanat zu Polyurethan.

8.1.1.3 Treibmittel

Das Treibmittel führt zur eigentlichen Ausbildung des Schaumes. Über den Anteil an Treibmittel kann die freie Rohdichte des ausreagierten Schaumes beeinflusst werden. Physikalische Treibmittel (z. B. Cyclo-Pentan) werden der Flüssigkomponente zugesetzt und verdampfen durch die freiwerdende Reaktionswärme der Polyurethanbildung. Bei chemischen Treibmitteln (z. B. Wasser) entsteht das Treibgas (z. B. Kohlendioxid) als Reaktionsprodukt des Treibmittels mit Isocyanat während der chemischen Umsetzung beider Stoffe.

8.1.1.4 Sonstige Additive

Häufig verwendete Additive sind z. B. Flammschutzmittel, welche die Brennbarkeit des Schaumes verringern.

8.1.2 Isocyanat (B-Komponente)

Das Isocyanat für die Muffenverschäumung besteht in der Regel nur aus einer Komponente, ohne weitere Zusätze. Im Bereich der Muffenverschäumung wird standardisiertes PMDI (polymeres Diisocyanat) eingesetzt, welches einerseits die Herstellung von temperaturstabilen PUR-Schäumen ermöglicht und andererseits aufgrund seiner niedrigen Viskosität einfach zu verarbeiten ist.

8.2 Verarbeitung und Eigenschaften von PUR-Komponenten

8.2.1 Mischungsverhältnis

Unter dem Mischungsverhältnis versteht man die Mengenanteile der Polyol (A)- und Isocyanat (B)-Komponente, welche zur Bildung eines optimalen Polyurethan-Schaumes führen. Das Mischungsverhältnis wird entweder gewichtsbezogen (gravimetrisch) oder volumenbezogen (volumetrisch) angegeben. Es ergibt sich rechnerisch aus der Anzahl der Hydroxyl-Gruppen der Polyolkomponente sowie der Isocyanat-Gruppen der

Isocyanatkomponente. Die volumetrische Angabe 100 : 139 (A:B) bedeutet, dass ein Volumen von 100 ml Polyolkomponente vermischt mit 139 ml Isocyanatkomponente zur gewünschten Schaumqualität führt. Für das gleiche PUR-Schaumsystem kann das gravimetrische Mischungsverhältnis deutlich höher liegen.

Dies resultiert aus der höheren spezifischen Dichte der Isocyanatkomponente. Eine gravimetrische Angabe von 100 : 160 (A:B) bedeutet, dass ein Gewicht von 100 g Polyolkomponente mit 160 g Isocyanatkomponente gemischt werden muss.

8.2.2 Reaktionszeiten

Während der Reaktion der beiden Komponenten können verschiedene charakteristische Reaktionszeiten bestimmt werden:

Startzeit: Zeit vom Beginn der Vermischung bis zur ersten Volumenvergrößerung.

Abbindezeit: Zeit vom Beginn der Vermischung bis zu dem Zeitpunkt, an dem aus dem aufsteigenden Reaktionsgemisch durch Eintauchen eines Stabes Fäden gezogen werden können (Fadenziehzeit).

Steigzeit: Zeit vom Beginn der Vermischung bis zur vollendeten Volumenvergrößerung des Schaumes.

8.2.3 Rohdichte

Eine weitere wichtige Größe stellt die Rohdichte des Schaumes dar. Unter der Rohdichte (g/l oder kg/m³) versteht man das Gewicht eines Schaumstückes bezogen auf sein Volumen. Man unterscheidet drei verschiedene Rohdichten:

Becherrohdichte, die Kernrohdichte und die Gesamtrohdichte.**8.2.3.1 Becherrohdichte**

Die Becherrohdichte wird überwiegend im Labor bestimmt und insbesondere zur Warenein- und Warenausgangskontrolle verwendet: Es wird eine bestimmte Menge Reaktionsgemisch in einen Becher mit bekanntem Volumen gegeben. Dieses schäumt auf und füllt den Becher komplett aus. Die überstehende Schaumkrone wird exakt am Becherrand abgeschnitten. Aus der im Becher verbleibenden Schaummenge und dem Bechervolumen kann anschließend die Becherrohdichte errechnet werden:

$$\text{Becherrohdichte} = \frac{\text{Masse Schaum im Becher (g)}}{\text{Bechervolumen (l)}}$$

Beispiel:

80 g Komponentengemisch

735-ml-Becher

Im Becher verbleiben 47 g ausreagierter Schaum

Becherrohdichte: 64 g/l

8.2.3.2 Kernrohdichte

Die Kernrohdichte beschreibt die Rohdichte eines Schaumstückes aus dem Inneren eines Schaumkörpers und berechnet sich wie folgt:

$$\text{Kernrohdichte} = \frac{\text{Masse Schaumstück}}{\text{Volumen Schaumstück}}$$

Für Muffen gilt nach EN 489:2009, dass die Kernrohdichte an jeder Stelle oberhalb von 60 kg/m³ liegen muss. Zur Bestimmung muss die Muffe geöffnet werden, um einen Prüfkörper zu entnehmen. Das Volumen kann bei

einem quaderförmigen Schaumstück leicht durch Ausmessen der Kanten bestimmt werden. Bei unregelmäßigen Körpern bietet sich die Wasserverdrängungsmethode an. Hierzu wird der Schaumkörper mittels eines Dorns unter Wasser gedrückt. Die hierzu nötige Kraft ist proportional zum Volumen des Schaumstückes (genauere Beschreibung in 8.6.2).

8.2.3.3 Gesamtrohdichte

Die Gesamtrohdichte wird bestimmt, um den Materialeinsatz zu ermitteln, der zur vollständigen Füllung einer Muffe benötigt wird, ohne die erforderliche Kernrohdichte zu unterschreiten.

Hierbei geht die Gesamtheit aus Kernrohdichte und Randzonenverdichtung des Schaums in die Berechnung ein. Daher liegt die Gesamtrohdichte immer höher als die jeweilige Kernrohdichte.

Die Gesamtrohdichte ist die Berechnungsgrundlage der Schäumtafel, die vor Ort auf der Baustelle verwendet wird. Sie gibt je nach Muffendimension an, wie viel Einsatzmenge der einzelnen Komponenten verwendet werden muss.

$$\text{Gesamtrohdichte} = \frac{\text{Gesamte Masse Schaum}}{\text{Gesamtes ausgeschäumtes Volumen}}$$

8.3 Typische Eigenschaften eines Muffenschaums

Im Folgenden werden die typischen, materialspezifischen Kenngrößen eines Standardmuffenschaums aufgeführt. Als Beispiel dient hier das PUR-Muffenschaumsystem Elastopor H 2130/38:

Beispiel:

Treibmittel: cyclo-Pentan

Mischungsverhältnis: 100 : 139 ± 4 Volumenteile

Mischungsverhältnis: 100 : 160 ± 5 Massenteile

Reaktionsparameter (Labor, 20 °C):

Startzeit: 52 s

Abbindezeit: 252 s

Becherrohdichte: 50 kg/m³

Viskosität Polyol-Komponente: 950 mPa × s

Ein solches System erfüllt bei richtiger Verarbeitung sicher die Vorgaben der EN 489:2009.

8.4 Verarbeitungsbedingungen und Einflüsse



Bei der Verarbeitung von PUR-Systemen sind einige wichtige Dinge zu beachten, die einen großen Einfluss auf die Schaumqualität haben. Im Folgenden werden die verschiedenen Stellgrößen dargestellt und durch Bilder von Schaumbechern gezeigt, wie sich der Schaum entsprechend verändert. Als Vergleich dient das folgende Bild eines idealen Schaumbechers.

Abbildung 51, PUR-Schaum mit optimalen Eigenschaften

8.4.1 Einfluss der Komponententemperatur

Die Komponententemperatur hat einen großen Einfluss auf die Eigenschaften des PUR-Systems.

In den beiden folgenden Grafiken sind der Einfluss der Temperatur auf die Viskosität (Abb. 56) und die Reaktionszeiten (Abb. 57) des oben angeführten PUR-Standardsystems für die Muffenverschäumung darstellt.

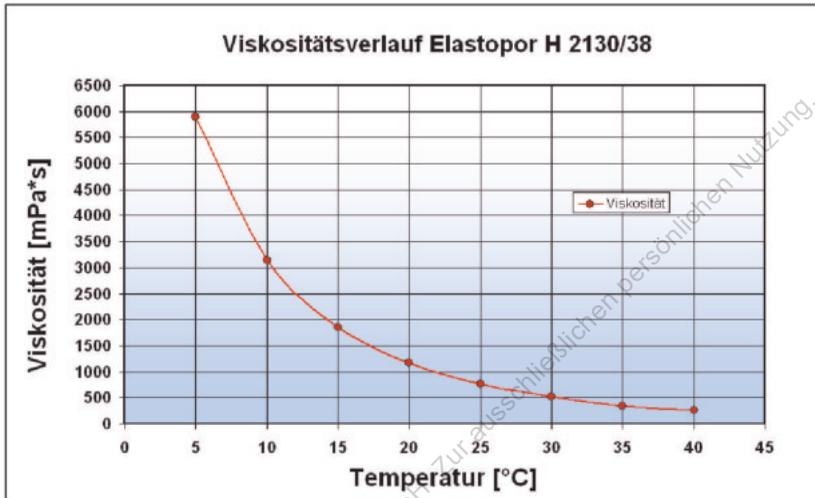


Abbildung 52, Viskositätsverlauf einer Polyolkomponente über der Komponententemperatur

Erstellt für Kleber Helmut, SEG Rohrbau mbH. Zur ausschließlichen persönlichen Nutzung.

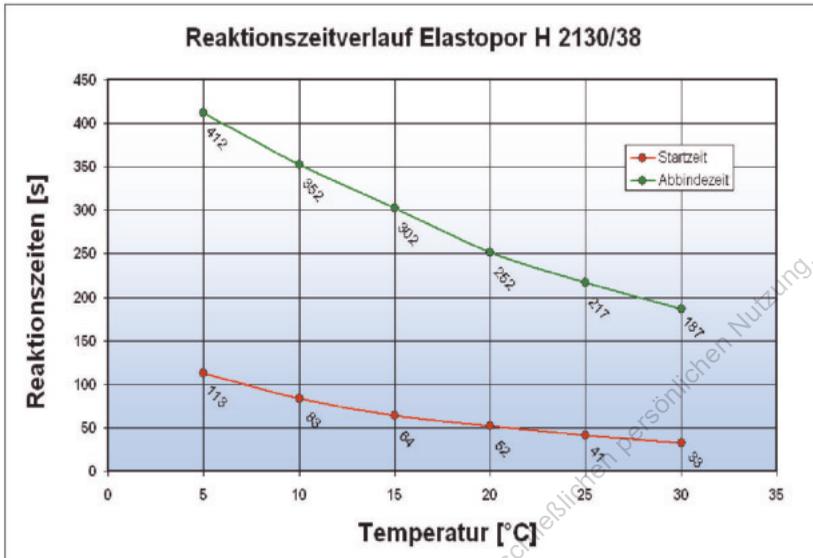


Abbildung 53, Reaktionszeitverlauf eines Muffenschaumsystems über der Komponententemperatur.

8.4.1.1 Polyol- und/oder Isocyanat Komponente zu kalt (< 20 °C)

Bei zu niedrigen Komponententemperaturen steigt die Viskosität der Flüssigkeit deutlich an, sodass es zu Problemen bei der Vermischung kommen kann. Die Absenkung der Komponententemperatur von 20 °C auf 10 °C führt annähernd zu einer Verdreifachung der Viskosität (Abb. 56).

Ein weiterer Effekt von zu kalten Komponenten ist die deutliche Verlängerung der Reaktionszeiten (Abb. 57). Hierdurch kommt es zu einer höheren freien Rohdichte, da der aufsteigende PUR-Schaum noch zu flüssig ist, um das verdampfende Treibmittel in den Zellen zu halten. Dies kann unter Umständen zu einer nicht vollständig gefüllten Muffe führen. Insgesamt reagiert der Schaum langsamer, sodass die Aushärtung eine längere Zeit in Anspruch nimmt und sich die nachfolgenden Montagetage verzögern.

8.4.1.2 Polyol- und/oder Isocyanat-Komponente zu warm (> 20 °C)

Bei erhöhten Komponententemperaturen reagiert das Reaktionsgemisch deutlich schneller (Abb. 57). Je nach benötigter Schaummenge kann die Zeit für die intensive Durchmischung und das anschließende Einfüllen des flüssigen PUR-Gemisches in den Muffenhohlraum nicht ausreichen. Bei deutlich erhöhter Komponententemperatur kann bei cyclo-Pentangetriebenem PUR-Schaum aus einem weiteren Grund eine ungenügende Füllung der Muffe auftreten. Ursache hierfür ist ein frühzeitiger Treibmittelverlust durch Verdampfung, bevor die eigentliche PUR-Reaktion stattfindet. Aus den beiden Grafiken ergibt sich eine optimale Verarbeitungstemperatur von 15°C bis 25°C. In diesem Bereich steht genügend Zeit zur Verfügung, die Muffe zu füllen, und gleichzeitig liegt die Viskosität in einem Bereich, der eine gute Vermischung gewährleistet.

8.4.2 Oberflächentemperatur

Die Oberflächentemperatur spielt eine große Rolle beim Verschäumen der Muffe, sodass in der kalten Jahreszeit mittels eines Brenners oder Strahlers der gesamte Muffenbereich aufgewärmt werden muss. Dies gilt insbesondere für das Stahlrohr, da es durch die hohe Wärmeleitfähigkeit vom Stahl zu einem großen Abfluss an Reaktionswärme kommt. Diese ist für den optimalen PUR-Reaktionsverlauf jedoch essentiell. In der warmen Jahreszeit sollte wenigstens die direkte Sonneneinstrahlung mittels geeigneter Beschattungsmaßnahmen unterbunden werden. Durch direkte Sonneneinstrahlung können am PE-Mantel ohne weiteres Temperaturen von über 70°C erreicht werden.

8.4.2.1 Medium- und/oder Mantelrohr zu kalt (< 15 °C)

Die zu niedrige Temperatur der Rohre führt zu einer verlangsamten Reaktion an der jeweiligen Oberfläche. Hieraus resultiert eine deutlich schlechtere

Haftung zwischen Schaum und Rohr. Die langsame Reaktion führt ebenfalls zu einer erhöhten freien Rohdichte durch nicht ausreichende Verdampfung des physikalischen Treibmittels. Gegebenenfalls kann es hierdurch zu einer ungenügenden Füllung der Muffe kommen. Unterhalb einer Temperatur von 5°C ist keine Muffenverschäumung mit dem PUR-Standardsystem mehr möglich. Bei Reparaturarbeiten an einer warmgehenden Leitung kann als pragmatische Lösung ein Vlies auf das Stahlrohr gelegt werden, um den Schaum vor der Maximaltemperatur zu schützen. Dies führt natürlich zu fehlender Haftung zwischen Schaum und Stahlrohr und muss daher auf Ausnahmefälle beschränkt werden.

8.4.2.2 Medium- und/oder Mantelrohr zu warm (> 50 °C)

Die höhere Temperatur der Rohre führt zu einer erhöhten Reaktionsgeschwindigkeit an der Oberfläche. Hierdurch kann es zu Haftungsproblemen kommen. Dies wird verursacht durch einen schlagartigen Treibmittelverlust beim Kontakt der Flüssigkeit mit der heißen Oberfläche, was zu einer schlechten Schaumstruktur führt. Durch die zu schnelle Reaktion kann sich ebenfalls eine geringere freie Rohdichte ergeben, die zu einer deutlichen Überfüllung und erhöhtem Druckaufbau in der Muffe führt. Ein solcher übermäßiger Druckaufbau muss verhindert werden, da es sonst zum Aufplatzen der Muffe kommen kann.

8.4.3 Mischungsverhältnis

Eine weitere wichtige Einflussgröße ist das Mischungsverhältnis beider Komponenten. Die Ungenauigkeit darf volumetrisch nicht mehr als +/- 4 Volumenteile betragen. In der Regel wirkt sich ein Überschuss an Isocyanat weniger negativ aus als ein Überschuss an Polyol.

8.4.3.1 Mischungsverhältnis zu hoch (Überschuss Isocyanat-Komponente)



Abbildung 54, PUR-Schaum mit zu hohem Isocyanatanteil

Bei einem Überschuss an Isocyanat kommt es zur Bildung einer spröden Schaumstruktur. Ein solcher Schaum zeichnet sich durch schlechte physikalische Eigenschaften aus. Insbesondere die Haftung, die Flexibilität und die Wasseraufnahme verschlechtern sich deutlich. Die entstehende zu hohe freie Rohdichte kann zu einer ungenügend gefüllten Muffe führen. In Abb. 58 erkennt man den – bei gleicher Einfüllmenge wie beim Originalbecher – nur knapp gefüllten Becher und die dunklere Färbung der Schaumes. Zusätzlich zeigt sich ein ausgeprägter Schrumpf des Schaums.

Erstellt für Kleber Helmut, SEG Rohrbau GmbH zur ausschließlichen persönlichen Nutzung

8.4.3.2 Mischungsverhältnis zu niedrig (Überschuss Polyol-Komponente)



Ein Überschuss an Polyol führt zu einer weichen Schaumstruktur und zu einer deutlich geringeren Rohdichte. Am Schaumbecher in Abb. 59 erkennt man den dramatischen Einfluss auf die Schaumqualität. Auch hier kann es, wie bei zu hohen Temperaturen (s.o.), zu einer Überfüllung und dem Aufplatzen der Muffe kommen.

Abbildung 55, PUR-Schaum mit zu hohem Polyolanteil

8.4.4 Einfluss der Mischqualität (schlechte Vermischung)



Abbildung 56, Schlecht vermischter PUR-Schaum

Die Vermischung der beiden Komponenten Polyol und Isocyanat hat einen sehr großen Einfluss auf die Schaumqualität und die Eigenschaften der gesamten Muffe. Es ist unbedingt erforderlich, beide Komponenten intensiv miteinander zu vermischen. Eine schlechte Vermischung führt zu Schlieren im Schaum und – durch die inhomogene Schaumqualität – häufig zu groben, offenen Zellen. Diese spröde Schaumstruktur ergibt

deutlich schlechtere physikalische Eigenschaften. Die Wasseraufnahme sowie die Wärmeleitfähigkeit erhöhen sich und die Temperaturstabilität sowie die Scherfestigkeit verringern sich deutlich. In Abb. 60 erkennt man deutlich die grobe Zellstruktur und im Bodenbereich das braune, nicht abreagierte Isocyanat. Die Erfüllung der EN 489:2009 ist mit einem schlecht vermischtem Schaum nicht möglich!

8.4.5 Einfluss von Wasser, Ölen, Fetten, Staub und Schmutz

8.4.5.1 Einfluss von Wasser

Allgemein kann gesagt werden, dass unkontrolliertes Wasser der schlimmste Feind bei der Verarbeitung von Polyurethansystemen ist. Da Wasser aktiv in den Reaktionsverlauf des PUR-Systems eingreift, muss der

Muffenhohlraum vor Regen-, Kondens- und Grabenwasser geschützt werden. Um über Nacht Kondenswasser zu vermeiden, sollten Muffen am gleichen Tag vorbereitet und verschäumt werden. Wasser auf der Rohroberfläche führt zur oben beschriebenen Umsetzung des Wassers mit Isocyanat unter Bildung von Kohlendioxid. Hieraus resultiert eine ungenügende Haftung sowie eine vermehrte Anzahl an offenen Zellen.

Liegt zusätzliches Wasser in der Polyol-Komponente vor, ergibt sich eine niedrigere freie Rohdichte - mit den bereits beschriebenen Folgen. Weiterhin verändert sich das rechnerische Mischungsverhältnis. Da die für die Umsetzung des Wassers benötigte Menge Isocyanat bei der Festlegung des Mischungsverhältnisses nicht berücksichtigt wurde, ist die zugegebene Isocyanatmenge zu niedrig. Es kommt zu unter 8.4.3.2 beschriebenen Effekten.

Gelangt Wasser in die Isocyanat-Komponente, reagieren beide Stoffe miteinander und es kommt zu Haut- und Klumpenbildung.

8.4.5.2 Einfluss von Staub und Schmutz

Bei Staub und Schmutz auf der Rohroberfläche findet sich häufig eine ungenügende Haftung zwischen Schaum und Rohr. Staub in den Komponenten führt zu Verarbeitungsproblemen (Filterverstopfung), und das Erzielen einer guten Vermischung wird erschwert.

8.4.5.3 Einfluss von Ölen und Fetten

Wenn sich Öle oder Fette auf dem Rohr befinden, erhält man keine Haftung zwischen Schaum und Rohr. Öle oder Fette in den Komponenten führen zu einer groben, weichen Zellstruktur. Die physikalischen Eigenschaften verschlechtern sich hierdurch deutlich.

8.5 Der Weg zum optimalen Schaum

Abb. 61 ist ein „schönes“ Beispiel dafür, wie ein Muffenschaum nicht aussehen sollte: Man erkennt in den Bereichen 1 und 2 Staub und Rostreste vom offensichtlich nicht gereinigten Stahlrohr. Das fransige Aussehen des (hier weichen) Schaumes im Bereich 3 offenbart, dass hier ein deutlicher Polyolüberschuss vorliegt. Der gelbliche (harte) Schaum im Bereich 4 zeigt einen Isocyanatüberschuss. Schlecht vermischten Schaum kann man am schillernden Aussehen erkennen (Bereich 5). Insgesamt wurden hier offensichtlich die beiden Komponenten völlig unzureichend vermischt, bevor sie in die Muffe eingefüllt wurden.

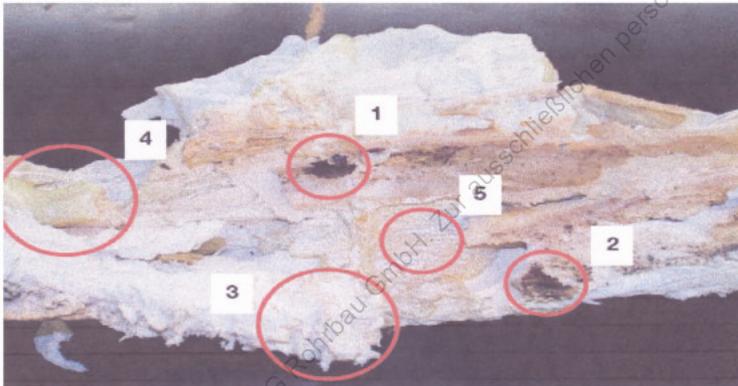


Abbildung 57, Originales Schaumstück von einem Schadensfall

Die Abb. 62 zeigt eine original verbaute Muffe. Man erkennt, dass hier die reinen flüssigen Komponenten in der Muffe vorliegen: Kristallisiertes Isocyanat (Bereich 6) und teils flüssiges Polyol (Bereich 7). Im Bereich 8 sieht man, dass beide Komponenten miteinander reagiert haben, aber der "Schaum" weich und teils noch zähflüssig vorliegt. Offenbar wurden hier im Graben die beiden Flüssigkeiten unvermischt in den Muffenhohlraum eingefüllt.

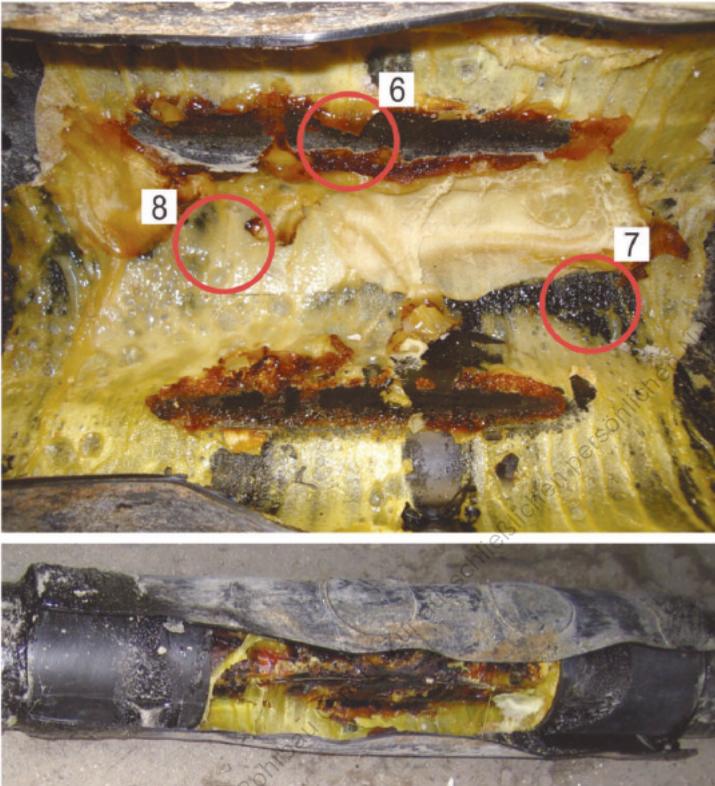


Abbildung 58, Original verbaute Muffenverbindung

Bei Einhaltung der folgend angeführten Bedingungen erhält man ohne Probleme eine Muffe, die vollständig der EN 489:2009 entspricht.

Der ideale Schaum:

- richtiges Mischungsverhältnis
- intensiv vermischt
- richtige Komponententemperatur
- richtige Füllmenge (Schaumtabelle)

Das ideale Rohr:

- vorgewärmt
- trocken
- sauber

8.6 Qualitätsüberprüfung

Bei der Ausschäumung von Muffen sind große Sorgfalt und ein angemessener Zeitrahmen erforderlich.

8.6.1 Praktische Prüfung vor Ort

8.6.1.1 Schaumaustritt

Die Schaummenge, die an der Öffnung austritt, darf nicht zu groß sein (max. Faustgröße), da sonst die Gesamtrohdichte in der Muffe zu niedrig werden kann. Wenn kein Schaum austritt, kann im Allgemeinen von einer nicht vollständig gefüllten Muffe ausgegangen werden. Sollte dies der Fall sein, darf auf keinen Fall nachgeschäumt werden, da dies zu einer qualitativ minderwertigen Muffe führt. Die Muffe ist zu entfernen und neu zu setzen!

8.6.1.2 Erwärmung

Bei vollständiger Füllung, wird die Muffe an jeder Stelle warm. Dies kann leicht durch Handauflegen überprüft werden.

8.6.1.2 Abklopfen der Muffe

Durch Klopfen können eventuell entstandene größere Hohlräume aufgespürt werden.

8.6.2 Schaumprüfung nach EN 489:2009

Die Prüfungen nach EN 489:2009 können nur durchgeführt werden, wenn eine (Probe-) Muffe geöffnet wird bzw. wenn man vor dem Setzen der

Stopfen mit einem Hohlbohrer eine Probe aus dem Entlüftungsloch entnommen hat.

Kernrohddichte: $> 60 \text{ kg/m}^3$. Zur Bestimmung der Dichte eines Schaumkörpers (in beliebiger Form) gibt es eine einfache Methode, die vor Ort schnell durchgeführt werden kann. Hierzu benötigt man eine mobile Waage, ein Gefäß mit Wasser und einen dünnen Stab. Das Schaumstück wird gewogen (Einheit: g). Anschließend wird das mit Wasser gefüllte Gefäß auf die Waage gestellt und auf Null tariert.

Das Schaumstück wird auf den dünnen Stab gesteckt und vollständig untergetaucht. Der Wert, den die Waage in kg anzeigt, entspricht dem Volumen des Schaumstückes in Litern. Die Division des ermittelten Schaumgewichtes durch das Volumen ergibt die gesuchte Dichte. Vorteil dieses Verfahrens ist, dass beliebig geformte Schaumstücke einfach und schnell untersucht werden können.

Wasseraufnahme (Kochtest): $\leq 10 \text{ Vol.-%}$ (Labortest)

Geschlossenzelligkeit: $\geq 88 \%$ (Labortest)

Zellgröße: $< 0,5 \text{ mm}$ (Labortest)

Der Schaum muss schlierenfrei sein.

8.7 Lagerung und Sicherheitsaspekte

Maßgeblich sind insbesondere landesspezifische Vorschriften und die Technischen Merkblätter sowie die Sicherheitsdatenblätter der Komponentenhersteller. Insbesondere die Sicherheitsdatenblätter müssen

vom Muffenmonteur auf dem Fahrzeug mitgeführt werden, damit sie im Notfall vor Ort verfügbar sind. Personen, die mit Chemikalien umgehen, müssen mit den Sicherheitsvorschriften und Unfallmaßnahmen vertraut sein. Hier ist der Arbeitgeber verantwortlich. Generell muss verhindert werden, dass bei Leckagen Komponenten in den Untergrund eindringen. Dies macht eine besondere Lagerung erforderlich. Die Lagerung muss auf einem versiegelten Boden erfolgen (z. B. Stahlgitter-Paletten mit integrierter Auffangwanne, Asphalt oder Beton-Untergrund, starke Folie, versiegelte Hartholzplatten ausreichender Dicke). Falls die Komponenten auf der Baustelle gelagert werden, müssen die Gebinde gegen Diebstahl gesichert werden.

Es muss insbesondere gewährleistet werden, dass spielende Kinder keinen Zugang zu den Flüssigkeiten erlangen können. Jeglicher Kontakt mit den Komponenten ist zu vermeiden. Bei der Verwendung von Polyurethansystemen ist entsprechende Schutzkleidung zu tragen (Handschuhe, geschlossene Sicherheitsschuhe, Schutzbrille, Arbeitskleidung).

Der Lager- und Verarbeitungsplatz für Polyurethansystemkomponenten muss gut be- und entlüftet werden. Bei Treibmitteln mit Explosionsgrenzen (z. B. Pentan) gilt striktes Rauchverbot!

8.7.1 Polyol-Komponente



Ideale Lagertemperatur: 15 °C bis 25 °C.

Das Lagergefäß muss dicht verschlossen gehalten werden, um das Eindringen von Feuchtigkeit und Schmutz zu verhindern.

Abbildung 59, Polyol-Warnzeichen

Lagerung bei tieferen Temperaturen kann zum Entmischen, insbesondere des Treibmittels, führen.

Lagerung bei höheren Temperaturen kann zur Zersetzung des im System enthaltenen Katalysators führen. Weiterhin steigt der Dampfdruck des Treibmittels an und kann zum Aufblähen und Bersten des Fasses führen. Hierdurch wird die Polyolkomponente unbrauchbar.

Bei Treibmitteln, die explosionsfähige Gemische bilden, muss für eine ausreichende Erdung gesorgt werden, um statische Aufladung zu vermeiden. Technische Geräte müssen explosionsgeschützt sein.

8.7.2 Isocyanat-Komponente

Ideale Lagertemperatur: 15 °C bis 25 °C.



Abbildung 60. Warnzeichen

Das **Lagergefäß** muss dicht verschlossen gehalten werden, um das Eindringen von Feuchtigkeit und Schmutz zu verhindern.

Längere Lagerung bei höheren Temperaturen führt zu einem irreversiblen Anstieg der Viskosität. Hierdurch wird das Isocyanat unbrauchbar.

Längere Lagerung unterhalb von -10 °C kann zu teilweiser Kristallisation führen. Dies kann mit vertretbaren Maßnahmen nicht mehr rückgängig gemacht werden.

Restmengen in Gebinden müssen sorgfältig behandelt werden. Eindringende Feuchtigkeit führt zur Bildung von Kohlendioxid und kann bei mangelnder Entlüftung zum Bersten des Gebindes führen. Daher dürfen leere Gebinde nicht dicht verschlossen werden.

Diisocyanat (PMDI) ist gesundheitsschädlich (Xn).

Vorschriften (siehe u. a. Sicherheitsdatenblatt und TRGS 430)

Weitere Sicherheitshinweise unter:

www.isopa.org/walkthetalk/MDI_de.pdf

Autor & Verfasser

Christof Grieser-Schmitz, BASF Polyurethanes GmbH

Erstellt für Kleber Helmut, SEG Rohrbau GmbH zur ausschließlichen persönlichen Nutzung.

9 Kunststoffschweißen in der Fernwärmetechnik

9.1 Allgemeines

Kunststoffschweißen ist ein wesentlicher Bestandteil bei der Erstellung von Fernwärmeleitungen. Eine fachmännische Verschweißung der einzelnen Komponenten trägt zu einer langlebigen und effizienten Fernwärmeversorgung bei. Um diese fachmännische Verschweißung durchführen zu können, bedarf es jedoch einiger grundlegender Kenntnisse der Kunststoffe und deren Verhalten. In teilkristallinen Makromolekülen ist teilweise geordnet (kristallin) und teilweise ungeordnet (amorph).

Kunststoffe bestehen aus so genannten Makromolekülen. Das sind Molekülketten, die aus wiederum mind. 1000 Einzelmolekülen bestehen.

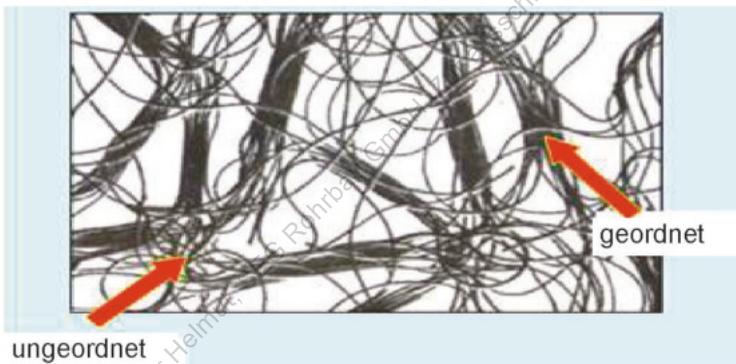


Abbildung 61 Teilkristalline Makromoleküle

Diese Molekülketten bezeichnet man als Faden- oder Kettenmoleküle. Die Anordnung der Molekülketten kann amorph oder teilkristallin sein.

Die Molekülketten der Kunststoffe lassen sich durch Wärme beeinflussen. Daher heißen diese Kunststoffe Thermoplaste. Durch die Wärme werden die Molekülketten beweglich und die physikalischen Bindungskräfte werden verringert.

9.1.1 Einteilung

Die Kunststoffe lassen sich in 3 Hauptgruppen einteilen:

Duroplaste: engmaschig chemisch vernetzte Fadenmoleküle

Elastomere: weitmaschig chemisch vernetzte Fadenmoleküle

Thermoplaste: teilen sich auf in amorphe (wirr und regellose) Fadenmoleküle, z. B. PVC und teilkristalline (teils geordnet, teils ungeordnete) Fadenmoleküle, z.B. PE-HD

9.1.2 Eigenschaften von PE-HD

Dichte	ca. 0,95
Streckspannung bzw. Zugfestigkeit (Nmm ²)	ca. 19 – 33
Bruch- und Schlagempfindlichkeit 0°C	gering
Lineale Wärmedehnzahl (mm/nK)	0,2
Formbeständigkeitstemperatur (°C)	ca. 45
Wärmeleitfähigkeit (W/mK)	0,5
Elektrischer Durchgangswiderstand (Ω)	10 ¹⁶
Klebarkeit	bedingt
Schweißbarkeit	ja
brennt außerhalb der Flamme	ja
Geruch der Rauchschwaden	Parrafin

Erstellt für Kleber Rohmaterial GmbH. Zur ausschließlichen persönlichen Nutzung.

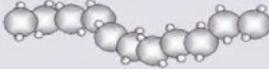
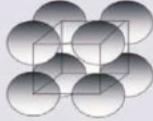
	Polyethylen	Metall
chemische Basis	Kohlenstoff und Wasserstoff	Metalle
chemischer Aufbau	<p>Abb. 1a lange Molekülketten (Makromoleküle), Q: SKZ</p> 	<p>Abb. 1c Kristallgitterstruktur Q: SKZ</p> 
	<p>Abb. 1b Amorphe und teilkristalline Bereiche.</p> 	

Abbildung 62, Chemische Struktur von Polyethylen

Polyethylen gehört zu den thermoplastischen Kunststoffen, d.h. zu den Kunststoffen, die bei Erwärmung aufschmelzen (plastifizieren) und bei Abkühlung wieder erstarren. Es besteht aus Makromolekülen, die aus gleichen Grundbausteinen (Ethylen) zusammengesetzt sind. Es besitzt eine teilkristalline Struktur (ungeordnete und geordnete Bereiche zwischen den Molekülketten) (Abb. 1b in Abb. 66).

Polyethylen unterscheidet sich in seinem Aufbau und seinem Eigenschaftsprofil wesentlich von anderen Werkstoffen, was sich zwangsläufig auf die Schweiß- und Verlegetechnologie auswirken muss.

9.1.3 Was heißt Schweißen?

Grundsätzlich erfolgt beim Schweißen thermoplastischer Kunststoffe das Vereinen von plastifizierten Fügepartnern unter Anwendung von Druck zu einer stoffschlüssigen Verbindung. Fließvorgänge während des Schweißens spielen hierbei eine entscheidende Rolle (Abb. 67). In der Fachliteratur gibt es zum Schweißen mehrere Theorien, die aber jeweils nur einen Teil der auftretenden Phänomene beschreiben. So gibt es z.B. die Adsorptions-, die Diffusions-, die Mindestfließgeschwindigkeitstheorie und die Theorie des viskoelastischen Kontaktes.

Stark vereinfacht kann man sich das Schweißen von Polyethylen so vorstellen, als ob man in einen Teller frisch gekochte Spaghetti gibt. Die Spaghetti sind wild ineinander verschlungen und entsprechen im warmen Zustand dem thermoplastischen Bereich. D.h. die einzelnen Spaghetti sind frei beweglich und können aneinander abgleiten, sind also frei verformbar – "schweißbar".

In diesem Zustand kann ohne Probleme eine zweite Portion frisch gekochter Spaghetti (2. Fügepartner) hinzu gegeben und mit einer Spaghettizange (Schweißkraft) mit der ersten Portion vermischt werden, sodass eine homogene Masse (Schweißverbindung) entsteht. Kühlen die Spaghetti ab, können sich die einzelnen Spaghetti (Moleküle) nicht mehr frei bewegen (zwischenmolekulare Kräfte); sie liegen als kompakter Haufen (feste, geschweißte Verbindung) vor. Sie haben die Tellerform angenommen (Keine Verformbarkeit mehr).

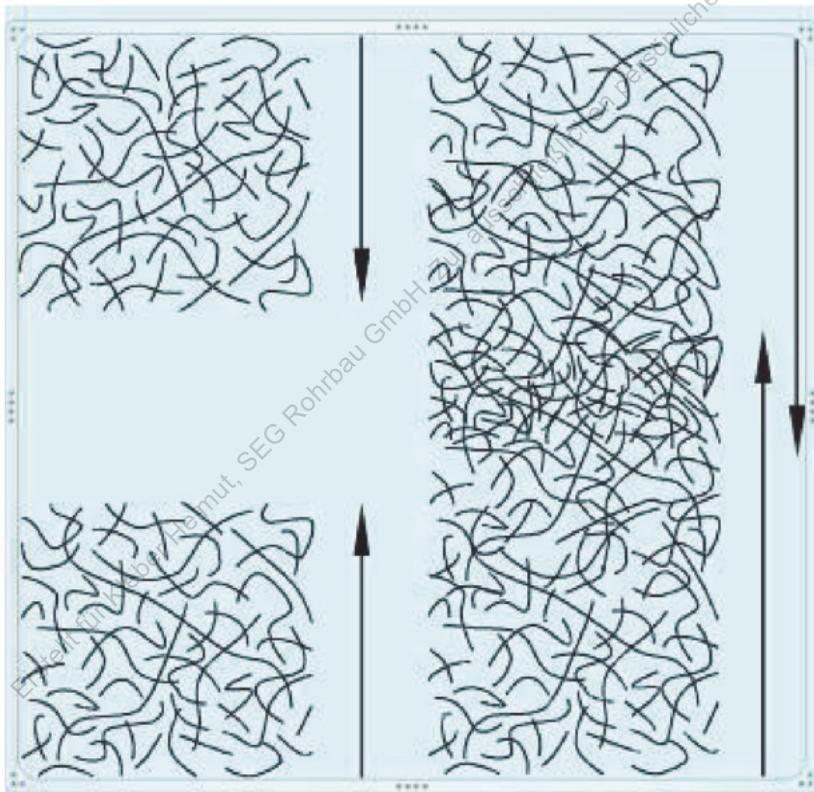


Abbildung 63, Modellvorstellung des Schweißvorgang

Modellvorstellung Schweißvorgang

Die drei wesentlichen Einflussgrößen für das Schweißen sind:

- **Schweißtemperatur,**
- **Schweißkraft**
- **Schweißzeiten.**

Alle drei Größen sind für jeden schweißbaren Thermoplasten charakteristisch und müssen innerhalb bestimmter Toleranzbereiche liegen. Liegt auch nur eine dieser drei genannten Einflussgrößen außerhalb dieser Toleranzen, ist die Schweißnahtqualität grundsätzlich in Frage gestellt. Deshalb ist die Einhaltung der in den DVS-Richtlinien vorgegebenen Einflussgrößen elementar für die Schweißnahtqualität. Für den Werkstoff Polyethylen (PE) sind sie in der Richtlinie DVS 2207-1 für die Schweißverfahren Heizelementstumpfschweißen (HS), Heizwendelschweißen (HM) und Heizelementmuffenschweißen (HD) festgeschrieben.

Die DVS-Richtlinien werden vom Deutschen Verband für Schweißen und verwandte Verfahren (DVS), Düsseldorf, erstellt und stellen die allgemein anerkannten Regeln der Technik u. a. für das Schweißen von Kunststoffen dar. Die Beurteilung von Schweißnähten erfolgt – ob im Rahmen von Gutachten oder offiziellen Begutachtungen – in Deutschland grundsätzlich nach den Richtlinien des DVS.

Um die thermoplastischen Kunststoffe dauerhaft verschweißen zu können, benötigt man:

- **Zeit**
- **Temperatur**
- **Druck**

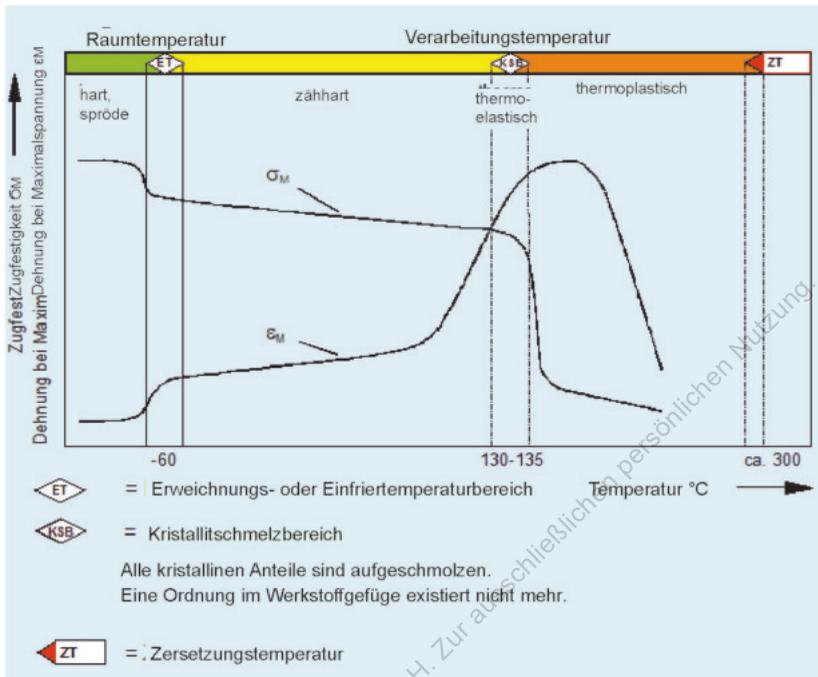


Abbildung 64, Zustands- und Verarbeitungsbereiche von Polyethylen

Die Schweißtemperatur ist zu Plastifizierung der Verbindungsflächen erforderlich. Die Temperatur ist abhängig vom Werkstoff, der Einwirkdauer auf die Verbindungsflächen und dem Schweißverfahren.

Die Verbindungsflächen müssen sich im Thermoplastischen Zustand befinden. Nur gleiche Thermoplaste sind miteinander verschweißbar. Liegt nur einer dieser Schweißparameter im falschen Bereich, so ist eine dauerhafte Verbindung der Fügeile nicht mehr gewährleistet und es kommt zum vorzeitigen Versagen.

9.2 Schweißverfahren

9.2.1 Warmgasziehschweißen (WZ)

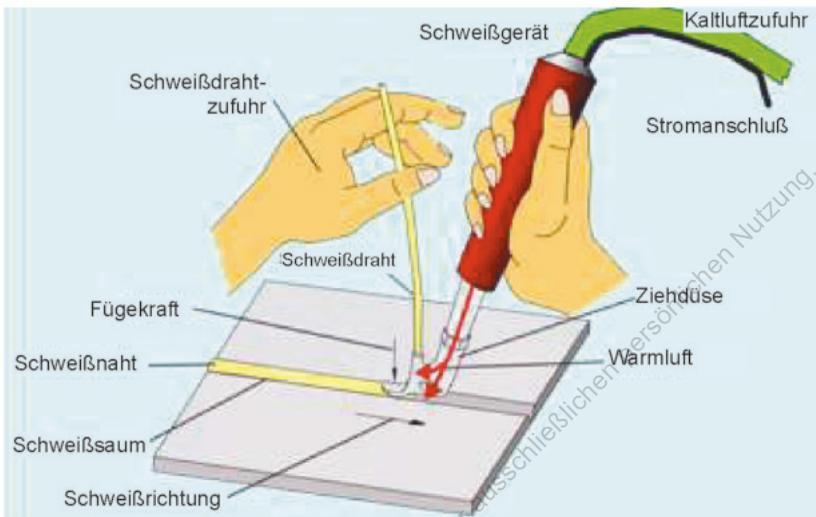


Abbildung 65, Warmgasziehschweißen

Beim Warmgasziehschweißen von Hand werden Schweißgerät und Schweißzusatz von Hand geführt.

Das Warmgasziehschweißen wird überall dort eingesetzt, wo man beengte Bereiche, kleine Wanddicken oder komplexe Geometrien zu verschweißen hat.

Der Vorteil dieses Verfahrens ist die gegenüber dem Warmgasfächelschweißen 3 bis 4 mal höhere Schweißgeschwindigkeit. Diese erhöhte Geschwindigkeit wird durch das Vorwärmprinzip erreicht. Dabei wird sowohl das Grundmaterial als auch der Schweißzusatz (Schweißdraht) gleichzeitig erwärmt.

Im Bereich der Fernwärmetechnik wird dieses Verfahren häufig verwendet, um Wurzellagen zur Vorbereitung einer Warmgasextrusionschweißung zu fertigen.

Zur Vorbereitung der Schweißnaht muss sowohl das Grundmaterial als auch der Schweißzusatz unmittelbar vor der Schweißung spanend bearbeitet werden, um die Oxidschicht auf der Oberfläche zu entfernen. Die vorbereiteten Schweißflächen müssen:

- **frei sein von Kerben**
- **trocken sein**
- **frei sein von Schmutz, Öl und Fett**
- **frei sein von Spänen**

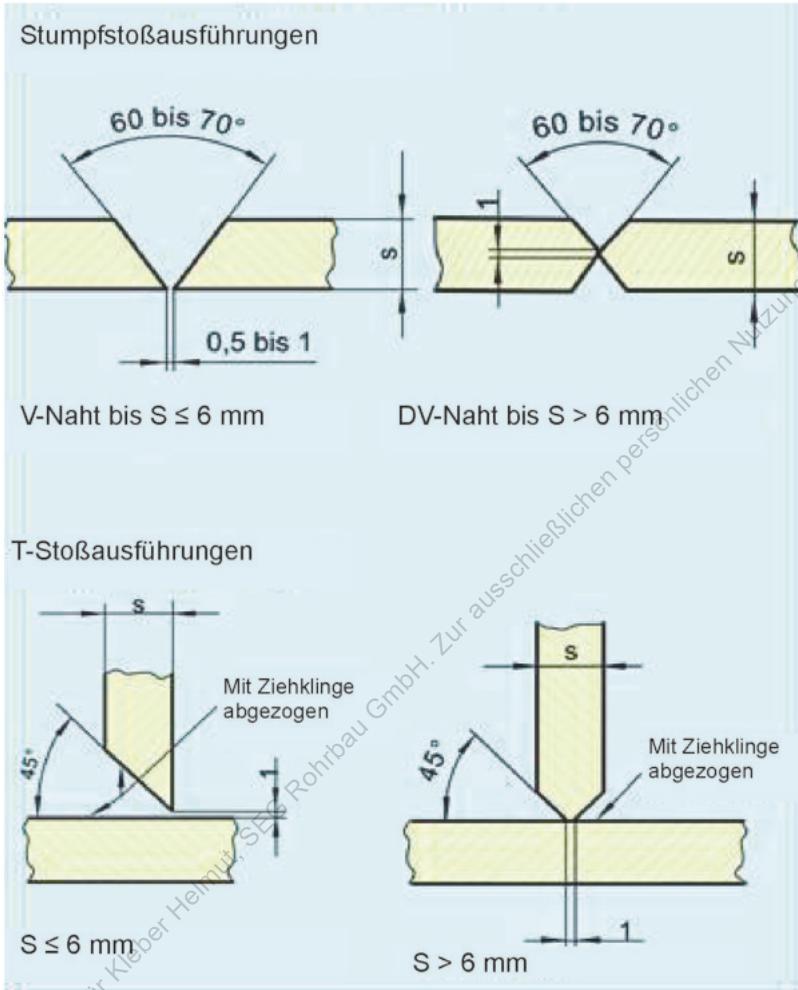


Abbildung 66, Schweißdrahtnahtvorbereitung und -formen nach DVC 2207 Teil 3

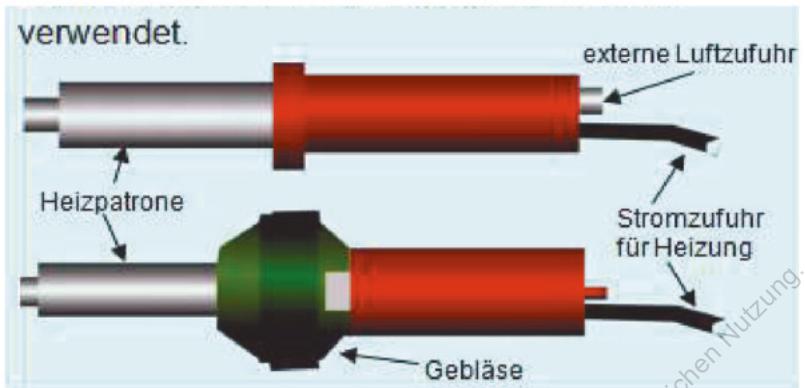


Abbildung 67, Wärmegasschweißen

Beim Wärmegasschweißen erfolgt die Wärmeübertragung mit erwärmtem Gas. Als Gas wird vornehmlich trockene und ölfreie Luft verwendet. Es gibt einige Dinge zu beachten, um eine gute Verschweißung zu gewährleisten:

- richtige Temperatur des Wärmegases, bei PE-HD im Bereich von 300 – 350° C, 5 mm in der Düse gemessen
- ausreichende Druckaufbringung mit Hilfe der Schweißdüse
- möglichst parallele Führung der Düse zum Grundmaterial. Bei zu großer Entfernung wird das Grundmaterial nicht genügend erwärmt, bei zu kleiner Entfernung kann das Grundmaterial bereits thermisch geschädigt werden.

Schon während des Schweißvorganges ist es dem Schweißer möglich, die Qualität der Schweißung zu überprüfen und Fehler zu korrigieren.

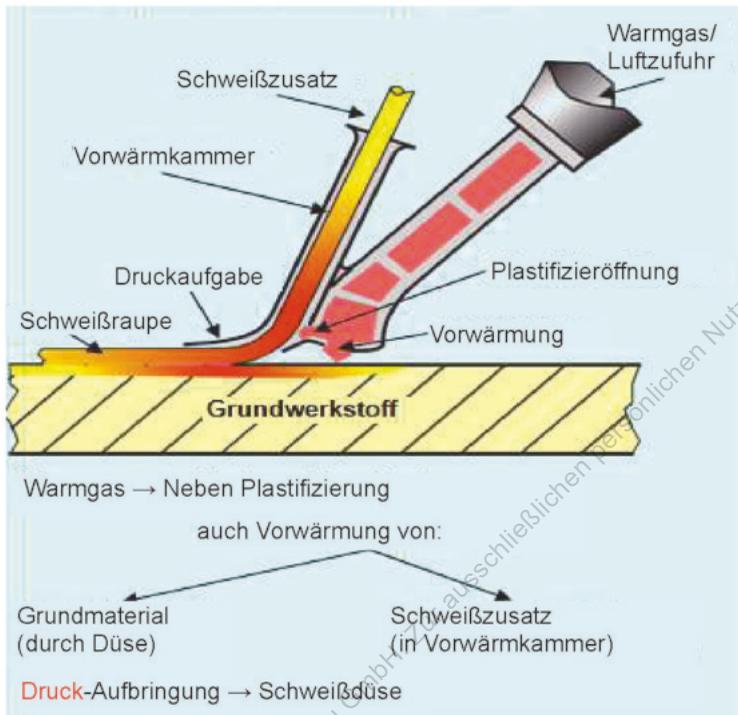


Abbildung 68, Prinzip des Ziehschweißens

Eine gute Schweißnaht ist an folgenden Kriterien zu erkennen:

- einer glatten Doppelwulst an beiden Seiten der Schweißraupe
- einer leichten Abflachung des Schweißstabes
- einer nicht verfärbten, speckig glänzenden Oberfläche

Mögliches Aussehen und Ursachen einer fehlerhaften WZ-Naht aus PE-HD/PP

Aussehen	Fehlerursache
Keine Wulstbildung, Schweißzusatz liegt rund auf	Temperatur zu niedrig , Schweißgeschwindigkeit zu hoch oder Schweißkraft zu niedrig.
Schweißstab abgeflacht, Wulstbildung nur am Schweißzusatzstab	Ungenügende Erwärmung des Grundmaterials durch falsche Haltung (zu flach) des Wärmgasschweißgerätes
Schweißstab liegt rund auf, Wulstbildung nur am Grundwerkstoff	Schweißstab ungenügend erwärmt (zu steile Haltung)
Schweißzone speckig glänzend , Fließmarkierung quer.	Schweißtemperatur zu hoch .
Kerben	
a.) zwischen den einzelnen Schweißzusatzstäben	a.) Abstand zwischen den Schweißzusatzstäben zu groß
b.) am Schweißnahtübergang	b.) Naht nicht voll ausgeschweißt

9.2.2 Extrusionsschweißen (WE)

LE 1 Die Extrusion

Als Extrusion bezeichnet man in der Kunststoffverarbeitung das kontinuierliche Erzeugen von endlosen Halbzeugprofilen. z.B.: Folien, Platten, Fensterprofile und Rohre.

Hierbei wird der Kunststoff

- aufgeschmolzen
- vermischt und homogenisiert
- entgast
- und durch ein Werkzeug gepresst, welches die neue Form vorgibt.

Nach dem Austritt aus dem Werkzeug kühlt der Kunststoff langsam ab und erstarrt dadurch zu seiner endgültigen Form.

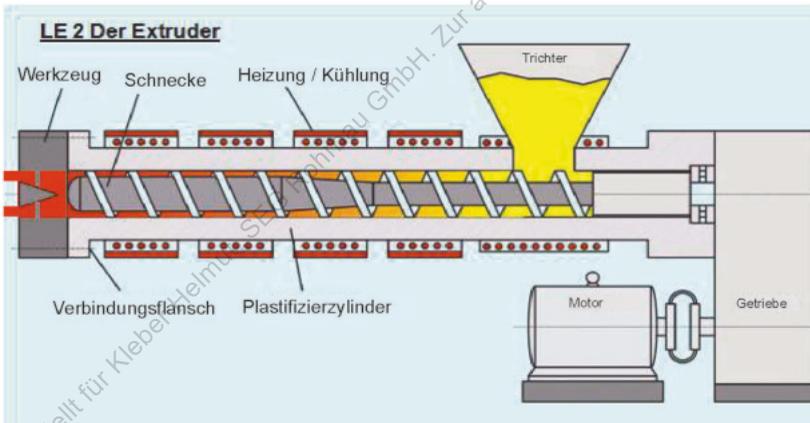


Abbildung 69, Extruder

Die Farbdarstellung des Kunststoffes soll die Temperaturänderung verdeutlichen. Gelb ist die Raumtemperatur, rot ist mit der Schmelztemperatur gleichzusetzen.

9.2.2.1 Die Arbeitsweise des Extruders

Das granulat- oder pulverförmige Ausgangsmaterial gelangt vom Trichter über eine Öffnung in den Plastifizierzylinder. Hier wird es durch die sich drehende Schnecke zur Austrittsöffnung befördert. Auf diesem Weg wird die Formmasse verdichtet, aufgeschmolzen, entgast, homogenisiert und aus der Austrittsöffnung herausgedrückt.

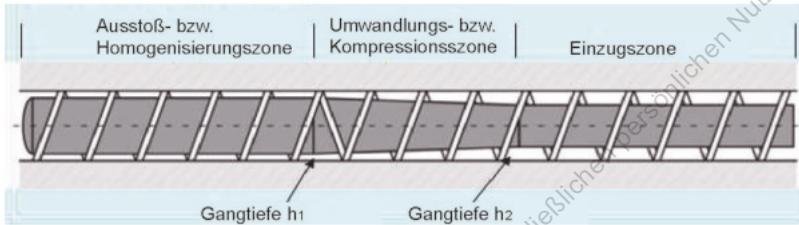


Abbildung 70, Extruderschnecke

9.2.2.2 Schweißschuhe

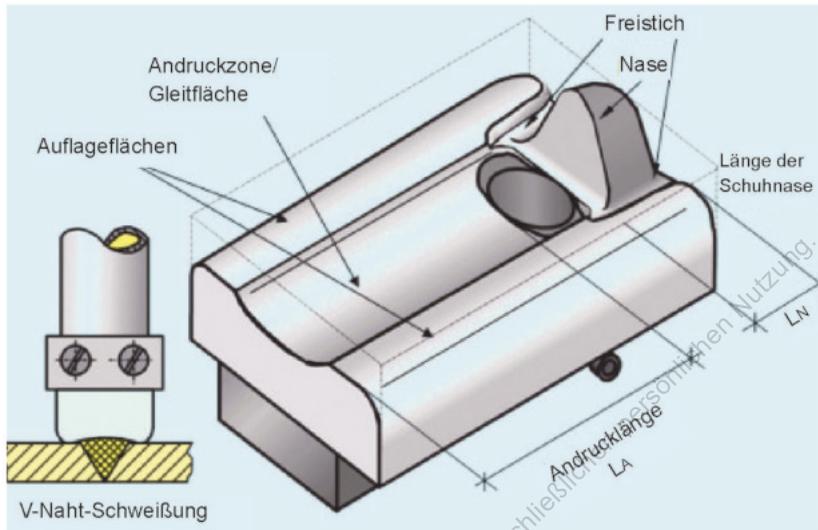


Abbildung 71, Schweißschuh für V-Naht nach DVC 2207-4

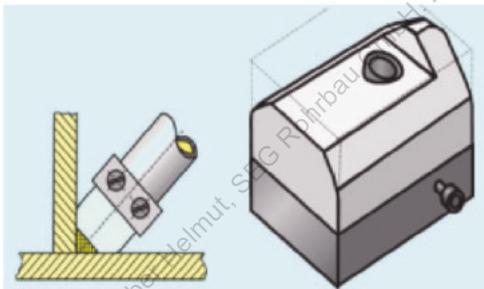


Abbildung 72, Schweißschuh für Kehlnaht

9.2.2.3 Schweißparameter

- Temperatur des Schweißzusatzes
- Temperatur des Grundwerkstoffs
- Warmgastemperatur
- Massedurchsatz des Schweißzusatzes
- Warmgasmenge
- Schweißgeschwindigkeit
- Schweißdruck

9.2.3 Heizelementstumpfschweißen (HS)

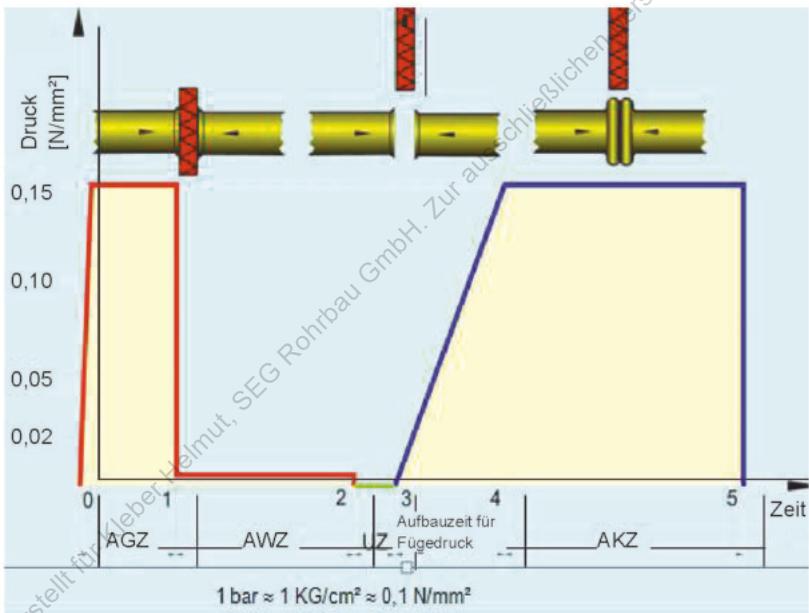


Abbildung 73, Heizelementstumpfschweißen am Beispiel von PE

Die Verbindungsflächen werden durch den Kontakt mit einem Heizelement bis in den thermoplastischen Zustand erwärmt. Nach der Entfernung des Heizelementes werden die Verbindungsflächen unter Druck zusammengefügt und bis zum Erreichen der Umgebungstemperatur gehalten. Mit dieser Methode lassen sich Langzeitschweißfaktoren von 0,9 erreichen. Mittels HS können sowohl Halbzeuge (Rohre, Platten, Profile) als auch Fertigteile (z.B. Spritzgussteile) gefügt werden.

9.2.3.1 Verschließen der Entlüftungs- und Einfüllöffnungen

9.2.3.1.1 unvernetzte Schrumpfmuffe

Vorbereitung

- Aufbohrung der Schäum- und Entlüftungslöcher mit einem konischen Bohrer mit Tiefenstopp, passend zu den PE-Einschweißstopfen aufbohren
- Ausstechen des Schaumes unmittelbar unterhalb der Bohrungen
- Entfernen der Schaumreste
- Oxidschicht an der Oberfläche im Bereich der Bohrung abziehen
- Schweißbereich mit PE-Reiniger säubern

Einschweißen der Schweißstopfen

- Temperatur des vorgeheizten PE-Stopfenschweißgerätes kontrollieren (250°C).
- PE-Schweißstopfen mit geeignetem Stopfenhalter in die zum PE-Schweißstopfen passende Heizbuchse eindrücken nach ca. 10 Sekunden gleichzeitig den Heizdorn ca. 10-15 Sekunden in die vorbereitete konische Bohrung eindrücken.
- Wenn die richtige Vorwärmtemperatur erreicht ist (seidig-mattglänzende PE-Schweißstopfen und eine PE-Wulstausbildung am

Rand der Bohrung sowie am PE-Schweißstopfen), wird innerhalb von 3 Sekunden den Schweißstopfen von der Schweißbuchse in die konische Bohrung umgesetzt, mit **gleichmäßigem Druck** flächengleich einpressen und anschließend mindestens 30 Sekunden zur Abkühlung in der Schweißnaht verharren.

Wichtig!

Den Schweißstopfen nicht verkanten und nicht zu tief in die Bohrung einpressen. Die Stopfenoberfläche sollte mit der Muffenoberfläche abschließen. Die Schweißwulst darf nicht entfernt werden.

9.2.3.1.2 vernetzte Schrumpfmuffe

- Aufbohrung der Schäum- und Entlüftungslöcher mit einem konischen Bohrer mit Tiefenstopp, passend zu den PE-Einschweißstopfen aufbohren
- nicht den Schaum unterhalb der Bohrungen ausstechen, es muss ein Gegendruck vorhanden sein
- Entfernen der Schaumreste
- Oxidschicht an der Oberfläche im Bereich der Bohrung abziehen
- Schweißbereich mit PE-Reiniger säubern

Einschweißen der Schweißstopfen

- Temperatur des vorgeheizten PE-Stopfenschweißgerätes kontrollieren (270 °C).
- PE-Schweißstopfen mit geeignetem Stopfenhalter in die zum PE-Schweißstopfen passende Heizbuchse und gleichzeitig den Heizdorn in die vorbereitete konische Bohrung ca. 45 Sekunden eindrücken.
- Wenn die richtige Vorwärmtemperatur erreicht ist (seidig matt -

glänzende PE-Schweißstopfen und eine PE-Wulstausbildung am Rand der Bohrung sowie am PE-Schweißstopfen), wird innerhalb von 3 Sekunden den Schweißstopfen von der Schweißbuchse in die konische Bohrung umsetzen, mit gleichmäßigem Druck flächengleich einpressen und anschließend mindestens 45 Sekunden zur Abkühlung in der Schweißnaht verharren.

Wichtig!

Den Schweißstopfen nicht verkanten und nicht zu tief in die Bohrung einpressen. Die Stopfenoberfläche sollte mit der Muffenoberfläche abschließen. Die Schweißwulst darf nicht entfernt werden.

Autoren & Verfasser Kapitel 9

Reinhold Sänger, Sachverständigenbüro Sänger

Jens Heyer, Handwerkskammer Aachen

Erstellt für Kleber Helmut, SEG Rohrbau GmbH. Zur ausschließlichen persönlichen Nutzung.

10 Dehnungspolster

10.1 Allgemeines

Dehnungspolster (DP) siehe Abb. 78, sind ein besonders zu beachtender Bestandteil des Kunststoffmantelrohrsystems. Sie haben die Aufgabe, die aufgrund der Temperaturdehnungen auftretenden Längenänderungen der KMR aufzunehmen.

Hierbei ist bei der Auswahl der Dehnungspolster darauf zu achten, dass keine unzulässig hohen Spannungen in den Bauteilen des Verbundsystems auftreten.



Abbildung 74, Dehnungspolster

Zur Aufnahme der Längenänderungen werden Dehnungspolster an folgenden Systempunkten montiert:

- an L-, Z- und U - Bogen
- an Abzweigen
- an Reduzier- und Endmuffen
- an Absperrarmaturen
- an Be- und Endlüftungen
- an Hoch- und Tiefpunkten

Die heute zum Einsatz kommenden Dehnungspolster (Abb. 78) bestehen überwiegend aus Neopolen E.

10.1.1 Eigenschaften von Neopolen E

Neopolen E ist ein geschlossenzelliger, physikalisch vernetzter Partikel-Schaumstoff aus Polyethylen (EPE), der als Plattenware in unterschiedlichen Dicken in weiß und schwarz ausgeliefert wird. Durch seine hervorragende Verarbeitbarkeit sowie durch seine vielseitigen Eigenschaften eignet sich Neopolen E für ein breites Anwendungsspektrum.

10.2 Abmessungen der Dehnungspolsterelemente

Die Abmessungen der Dehnungspolsterelemente kann je nach Systemhersteller bzw. Lieferant variieren. Abb. 79 zeigt am Beispiel die Abmessungsreihe der Dehnungspolsterelemente eines Systemherstellers.

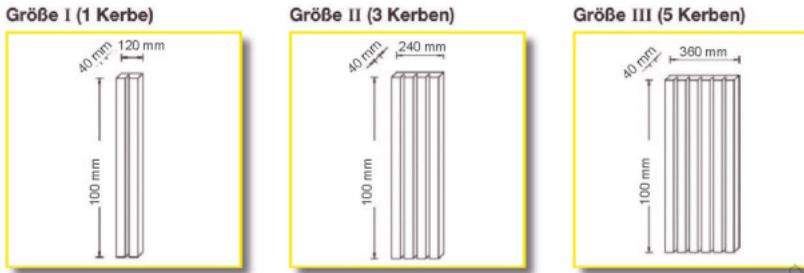


Abbildung 75, Abmessungen von DP-Streifen

Als Standard werden die Dehnungspolster in drei Größen unterschiedlicher Breite und einer Dicke von 40 mm und einer Länge von 1000 mm gefertigt. Sind Polsterdicken von > 40 mm erforderlich, müssen zwei oder mehr Polster durch Aufflammen übereinander gelegt werden.

10.3 Anordnung der Dehnungspolster

Die Anordnung der Dehnungspolster am Mantelrohr kann je nach Anforderung unterschiedlich ausgeführt werden. Die folgende Abbildungen zeigen verschiedene Ausführungsvarianten zur Anordnung der Dehnungspolster:

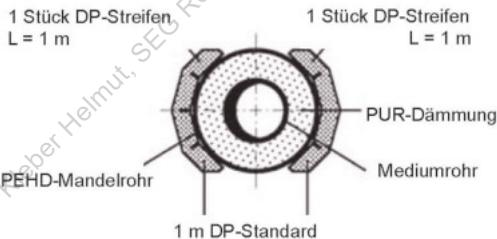


Abbildung 76, Ausführung als Dehnungspolsterstreifen

Ausführung als ovalförmiges Dehnungspolster mit Schutzumhüllung

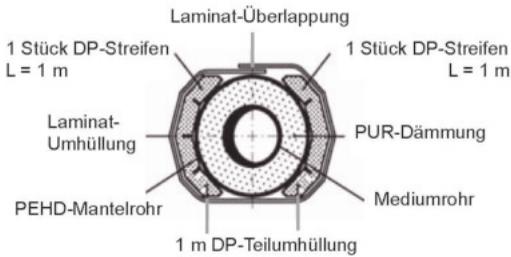


Abbildung 77, ovales Dehnungspolster mit Schutzumhüllung

Ausführung als voll umhüllendes Dehnungspolster mit Schutzumhüllung

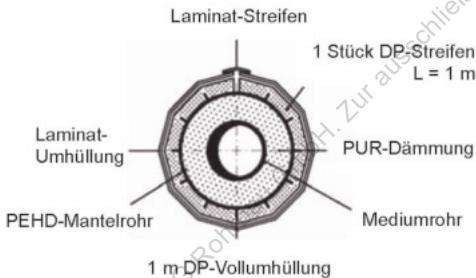


Abbildung 78, Vollumhüllendes Dehnungspolster mit Schutzumhüllung

Die Dehnungspolster sind lagenweise so um das Rohr anzuordnen, dass die - gemäß dem statischen Nachweis und entsprechend dem Dehnungspolsterplan - ermittelte Längenänderung ganz aufgenommen werden kann.

Die Anzahl der Dehnungspolster in axialer Richtung richtet sich nach dem ermittelten und im Dehnpolsterplan dokumentierten Dehnweg.

In den folgenden Abbildungen ist die Anordnung der Dehnungspolster bei einlagiger Polsterung (Abb. 83) und bei zweilagiger Polsterung (Abb. 84) dargestellt.

Einlagige Polsterung (40 mm) bei gleicher Dehnung aus beiden Richtungen

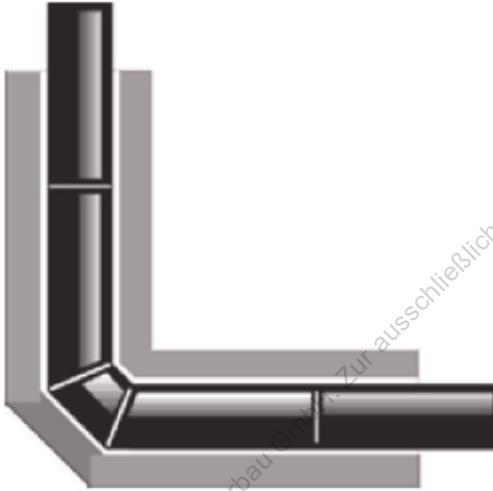


Abbildung 79, Einlagige Polsterung

Zweilagige Polsterung (80 mm) bei gleicher Dehnung aus beiden Richtungen



Abbildung 80, Zweilagige Polsterung

10.3.1 Zuordnung der Einzelemente zur Mantelrohrdimension

Je nach Ausführungsvariante und Mantelrohrdimension, müssen die Dehnungsbereiche ggf. aus mehreren unterschiedlichen Einzelementen zusammengesetzt bzw. kombiniert werden (siehe hierzu Tabelle 1).

Mantelrohr – Ø in mm	Größe	Kombination
65 – 160	I	---
180 – 280	II	---
315 – 355	III	---
400 – 500	IV	II + II
650	V	II + III
630 – 670	VI	III + III
710	VII	III + II + II
800	VIII	III + III + II
900	IX	III + III + III
1000	X	III + III + II + II
1100	XI	III + III + III + II
1200	XII	III + III + III + III
1300	XIII	III + III + III + II + II

Kombination von Dehnungselementen

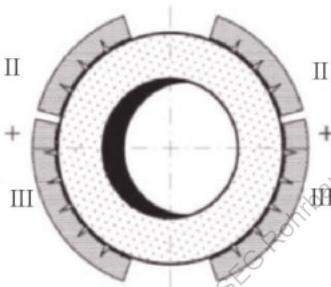


Abbildung 81, Kombinationsbeispiel von Dehnungselementen bei Größe V

10.4 Anforderungen

10.4.1 Funktionale Anforderungen

Die Dehnungspolstermaterialien müssen folgende Anforderungen erfüllen:

- ausreichendes Rückstellverhalten
- ausreichende Elastizität während der gesamten Lebensdauer
- wärmeleitend, um Wärmestaus zwischen Dehnungszone und

Mantelrohr zu minimieren

- formstabil gegen Sandverdichtung und Erddruck
- genügende Druckfestigkeit gegen äußere Lasteinwirkung
- Sicherheit vor unzulässiger Verfestigung durch Verschlammung und Sandpenetration
- Unverrottbarkeit
- Nagetiersicherheit

Von den Herstellern sind die zuvor genannten Eigenschaften durch Nachweise sicherzustellen.

10.4.2 Steifigkeit

Die am Markt erhältlichen Dehnungspolster können hinsichtlich ihrer Steifigkeit erhebliche Unterschiede aufweisen. Sie müssen jedoch in ihren Eigenschaftsmerkmalen folgende Parameter erfüllen:

- unter dem seitlich wirkenden Erddruck sollten sich die Dehnungspolster nicht mehr als 10 % zusammendrücken.
- das Dehnungspolster muss eine Querbewegung des Rohres von mindestens 50 % der ursprünglichen Dicke ermöglichen, ohne dass die radial zulässigen Druckspannungen überschritten werden. D. h. die Härte (Steifigkeit) des Dehnungspolsters hat einen entscheidenden Einfluss auf das Biegemoment und damit auf die auftretende Spannung im Bogen. Folglich müssen Dehnzonen mit harten Dehnpolstern im Bogenbereich dicker ausgelegt werden als Dehnzonen mit weichen Dehnungspolstern.

10.4.3 Dehnungspolsterdicken

Die erforderliche Dehnungspolsterdicke richtet sich nach der thermisch bedingten Längenänderung des Rohres. Bereits bei der Planung und statischen Auslegung muss darauf geachtet werden, dass infolge der Dämmwirkung der Dehnungspolster der damit verbundene Wärmestau am PE - Mantel begrenzt wird.

Folgende Kriterien sind sicherzustellen:

- **die Temperatur am PE-Mantelrohr darf den Maximalwert von 50°C nicht übersteigen.**
- **es muss sichergestellt sein, dass die Dauerfestigkeit des PE-Mantels und insbesondere die langfristige Funktion der Muffenabdichtungen und Mantelrohrschweißverbindungen nicht beeinträchtigt wird.**

Folgende maximalen Polsterdicken sind ohne Nachweis / Nachrechnung zulässig:

- **maximale Polsterdicke bei Vollumhüllung: 100 mm**
- **maximale Polsterdicke bei seitlichen Dehnpolstern: 120 mm**

10.5 Montage der Dehnungspolster

Entsprechend den Planungsvorgaben- aus Polsterplan u. statischem Nachweis des Systemherstellers - sind die Dehnungspolster in Bezug auf Steifigkeit, Dicke und Länge ordnungsgemäß zu montieren.

Die Montage ist so durchzuführen, dass die Dehnungspolster nach der Montage fest am PE-Mantelrohr anliegen. Bei der Verfüllung des Rohrgrabens und der Verdichtung des Bettungsmaterials dürfen die Dehnungspolster sich nicht in ihrer Lage verändern.

Vorzugsweise sind die Dehnungspolster durch geeignete Maßnahmen vor Sandpenetration zu schützen. Dies kann z. B. durch eine Laminatummhüllung erfolgen. Die Abdichtung der Umhüllung im Überlappbereich muss durch eine Verklebung / Verschweißung erfolgen.

Am Ende der Dehnungszone ist unbedingt darauf zu achten, dass die Laminatummhüllung bis auf das Mantelrohr geführt und dort überlappend verschweißt wird.

Ovalförmig angebrachte Dehnungspolster sind so anzuordnen, dass die Mittelachsen der Kunststoffmantelrohre und der Dehnpolster parallel zueinander liegen und in der Höhe mindestens bis zum Scheitel des Mantelrohres reichen.

Die Wirkungsrichtungen der Dehnpolster müssen mit der Verschieberichtung der KMR übereinstimmen (Vorgaben im Polsterplan beachten).

Erstellt für Kleber Helmut, SEG Rohrbau GmbH. Nur ausschliesslich zum persönlichen Nutzung

10.5.1 Beispiele Dehnungspolstermontage



Abbildung 83, Mehrlagige, ovalförmige Polsterung eines L-Schenkel mit Vollumhüllung



Abbildung 84, Einlagige Polsterung mit Vollumhüllung

Autor & Verfasser Kapitel 10

Johannes Ellmer, isoplus Fernwärmetechnik Vertriebsgesellschaft mbH

11 Wanddurchführungen und Dichtsysteme

Die nachfolgend aufgeführten Systemkomponenten und Bezeichnungen in Text und Bild sind nur als Beispiel zu sehen und stellen keinerlei Wertung zu gleichwertigen Produkten anderer Hersteller dar.

11.1 Allgemeines und Voraussetzungen

Dichtungen für Wanddurchführungen an gedämmten Rohrleitungen, insbesondere Fernwärmeleitungen, bedürfen höchster Sorgfalt bei der Auswahl der für den jeweiligen Anwendungsfall geeigneten Dichtung und bei der Dichtungsmontage. Der im Vergleich zu beispielsweise Gas- oder Wasserrohrleitungen zum Teil weiche Kunststoffmantel von Fernwärmehohrleitungen bedarf darauf speziell abgestimmter Dichtungssysteme. Die Rahmenbedingungen rund um Rohr, Wand, Planung, Verlegung, Leitungsbetrieb, anstehendes Medium, aber auch Montagemöglichkeiten und Preis der Komponenten sind in ihrer Gesamtheit bei der Auswahl eines für den individuellen Anwendungsfall geeigneten Dichtungssystems für die Wanddurchführung zu berücksichtigen.



Abbildung 85, eingeschnürter Kunststoffmantel

Nur mit fachkundiger und frühzeitiger Planung der Anwendung in ihrer Gesamtheit lassen sich langfristig Bauschäden vermeiden.

Typische Schäden an Wanddurchführungen sind vor allem Undichtheiten durch deformierte Rohre (siehe Abb. 89 und 90) oder zerquetschte Gummidichtungen.



Abbildung 86. Mantelrohrdeformation durch falsche Auswahl der Ringraumdichtung

11.1.1 Auswahl der geeigneten Dichtung – was ist zu beachten!

Die folgende Checkliste bietet einen Überblick auf die wichtigsten Aspekte, die bei der Auswahl und Beurteilung eines Dichtungssystems für Wanddurchführungen zu beachten sind. Sie erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Neubau oder Sanierung?

- Welche Beschaffenheit hat das Mauerwerk bzw. die Mauerhülse?
- Müssen Maßnahmen getroffen werden, um die Wand zu dichten oder die Bohrung in der Wand zu beschichten?
- Muss eine Mauerhülse in die Wand eingesetzt werden?

Auswahl eines geschlossenen Dichtungssystems oder muss ein Produkt gewählt werden, das eine **nachträgliche Montage** erlaubt?

Insbesondere bei Kunststoffmantelrohren (KMR) größer 315 mm Außendurchmesser macht es Sinn, das Rohr erst durch die Wand zu legen und dann den Ringraum einzumessen. In diesem Fall muss die dann individuell anzufertigende Ringraumdichtung zur nachträglichen Montage geeignet sein.

Schiebt die Leitung, insbesondere bei Temperaturschwankungen? Wie viel Rohrbewegungen in Millimeter sind genau zu erwarten?

- Gibt es Rohrbewegungen, insbesondere bei Temperaturschwankungen?
- Wie oft kommt das vor?
- Wie viele Rohrbewegungen in Millimeter sind genau zu erwarten?

Nur mit genauen Angaben ist die Auswahl der geeigneten Dichtung möglich!

Ist der **Rohrmantel formstabil**?

Welches Rohr genau kommt zum Einsatz?

Sind Dichtungen mit geringem **Anzugsdrehmoment** nötig?

Insbesondere die Mantelrohre der flexiblen, gedämmten Rohrsysteme sind

weich und bedürfen besonderer Sorgfalt bei der Bestimmung der jeweils kompatiblen Dichtung.

Welche Toleranzen des Rohrdurchmessers (EN 253 erlaubt plus ca.3%) bei KMR?

In den Dimensionen größer 315 mm Außendurchmesser, kann eine Standard-Ringraumdichtung die möglichen Toleranzen nicht mehr sicher abdecken. In der Regel passt die Standarddichtung nicht mehr auf den Rohrmantel und es muss eine neue „Sonderdichtung“ eingemessen und gefertigt werden. Es ist zu empfehlen, in diesen Rohrdimensionen ausschließlich mit individuell eingemessenen und geteilten Dichtungen für die spätere Montage zu arbeiten. Lieferzeiten für diese individuellen Dichtungen sind in den Bauablauf einzuplanen.

Mit Ovalitäten ist insbesondere bei Ringbunden flexibler, vorgedämmter Rohrsysteme zu rechnen.

Durch die Wahl von Ringraumdichtungen Typ FW, welche mit Ihren Abmessungen speziell für die Fernwärme entwickelt wurden, werden die Ovalitäten und Toleranzen der Ringbunde bis zum Mantelrohrdurchmesser von 200 mm optimal abgedeckt. Eine Standarddichtung z.B. aus dem Wasserrohrbereich sollte keinesfalls für flexible gedämmte Rohrleitungen verwendet werden.

Ist eine zentrische Lage in der Wandöffnung realisierbar?

Wer montiert das Dichtsystem?

Erfahrene Fachfirma oder Endverbraucher?

Je nach zu erwartenden Fachkenntnissen, ist die Dichtung entsprechend für eine sichere, baustellengerechte Montage auszuwählen. Auch eine

hochwertige Dichtung kann in den Händen eines Unkundigen Schaden anrichten.

Steht „drückendes Wasser“ an? Dieser Begriff ist sehr pauschal.

Mit wie viel Metern Wassersäule ist wirklich zu rechnen?

Insbesondere beim Zusammenspiel von Druck und Temperatur an der Dichtung ist es wichtig, den richtigen Werkstoff auszuwählen und ggf. besondere Maßnahmen zu treffen. Auch Dichtungen gegen „drückendes Wasser“ haben ihre Grenzen – es sollte klar sein, wo diese liegen und ob diese Eigenschaften für die jeweilige Anwendung ausreichen.

Kommt das Rohr unter Spannung durch die Wand?

Kann die Dichtung die Spannung aufnehmen und aushalten?

Sind zusätzlich Maßnahmen zur Entlastung der Dichtung zu treffen?

Das Rohr kann ggf. mit einem Gleitkufenring aus Kunststoff zentriert werden und die Spannung auch so von der Dichtung genommen werden. Es besteht auch die Möglichkeit eine zweite, einfache Dichtung in die Wand zu setzen, so dass eine Dichtung innen die Spannungen aufnehmen und die zweite aussen (mit 2x40mm Breite) dichten kann. Wird es nötig, eine Pressio-individual Dichtung mit asymmetrischem Aufbau zu fertigen, ist auch hier auf alle Belange eines werksgedämmten Rohres Rücksicht zu nehmen.

ACHTUNG! Eine Ringraumdichtung aus Gummi kann nur dichten! NIE die Lasten, welche das Rohr auf die Dichtung überträgt, tragen oder gar langfristig halten.

Ist mit Abwinklungen in der Wanddurchführung zu rechnen?

Ist mit späteren Bauwerks- oder Bodensetzungen zu rechnen?

Erlaubt meine Dichtung entsprechend spätere Abwinklungen?

Es ist zu beachten, dass entsprechende Bauwerkssetzungen von nur 10mm eine Pressdichtung bis zur Undichtigkeit quetschen können und gleichermaßen zu Rohrdeformationen führen können.

Ist mit Auftrieb durch hohen Wasserstand zu rechnen?

Kunststoffmantelrohre haben einen großen Auftrieb. Insbesondere vor Inbetriebnahme kann die noch ungefüllte Leitung durch anstauendes Regenwasser oder hohes Grundwasser starke Auftriebskräfte entwickeln. Gedämmte Rohrleitungen größerer Dimensionen drücken dann oben auf die Ringraumdichtungen, was zu Undichtigkeiten unten auf 6 Uhr Position führen kann. Auftriebssicherungen bzw. Beschwerungen sind in diesen Fällen die Lösung für eine funktionierende Mauerdurchführung.

Welches Medium steht an (Wasser, Biomasse...?)

Gegebenenfalls ist auf die Medienbeständigkeit des Dichtungswerkstoffes zu achten! Beständigkeitstabellen für die wichtigsten Stoffe sind auf den Seiten der Dichtungshersteller zu finden z.B. www.4pipes.de

Ist die Dichtung UV-Strahlung ausgesetzt?

Gegebenenfalls zusätzliche Schutzmaßnahmen planen.

Beispielsweise können oberirdisch verlegte Dichtungen mit Blechhalbschalen abgedeckt werden, um die Elastomere gegen UV-Licht zu schützen. Auch die Werkstoffauswahl des Elastomers kann die Beständigkeit eines oberirdischen Dichtsystems gegen UV-Strahlung verbessern. EPDM ist hier beispielsweise vorteilhafter als NBR Kautschuk.

Welche Temperaturen treten an der Dichtung auf?

Elastomere, welche typischerweise als Dichtelement eingesetzt werden, gehören zur den Kunststoffen. Mit steigenden Temperaturen verlieren die Elastomere an Festigkeit und entsprechend an Druckdichtheit.

Berücksichtigung des Zusammenspiels von Druck und Temperatur und der daraus resultierenden reduzierten Druckdichtheit.

11.2 Gängige Dichtungssysteme für Wanddurchführungen in der Fernwärme

Die folgenden Dichtungssysteme stehen für diverse Anwendungsfälle an Fernwärme-Rohrleitungen zur Verfügung. Betrachtet werden die für die vorisolierten Rohre speziell entwickelten Dichtungssysteme. Auf eine Komplettübersicht aller traditionell am Markt üblichen Wanddurchführungssysteme für Rohrleitungen, auch anderer Gewerke, wird verzichtet.

11.2.1 Labyrinth - Mauerdichtringe

Labyrinth-Mauerdichtringe (Abb. 91) dienen als Wasserstopp, werden in die Wand einbetoniert bzw. eingemörtelt und sind geeignet bei Wanddurchführungen ohne außergewöhnliche Belastung bei „nicht drückendem Wasser“. Eine einfache Montage, lediglich mit Spannung auf das Rohr aufzuschieben, und ein günstiges Preis-/Leistungsverhältnis zeichnen das Dichtsystem aus.

Im Fall der Undichtigkeit muss die Wand geöffnet werden. Ein Nachspannen dieses Dichtungssystems ist nicht möglich.



Abbildung 87, Labyrinth Mauerdichtring

11.2.2 Ringraumdichtungen Fernwärmeausführung

Ringraumdichtungen in Fernwärmeausführung (Abb. 92) sind entwickelt für den Einsatz gegen drückendes Wasser in der Fernwärme. Ihre Abmessungen sind auf die Toleranzen und Ovalitäten der gängigen Fernwärme-Rohrsysteme abgestimmt. Die 2 x 40 mm breiten, extra weichen Gummidichtringe (Härte Shore A 40±) verteilen den Anpressdruck der Dichtung schonend auf eine möglichst breite Oberfläche. Ein geringes Anzugsdrehmoment ermöglicht eine sichere Montage. Druckplatten aus Edelstahl ermöglichen den bedenkenlosen Einsatz im Erdreich. Ringraumdichtungen können Drücke von bis zu 3 bar sicher abdichten.

Individuelle Ringraumdichten sind für Sonderanwendungen in frei wählbaren Abmessungen und Konturen zu fertigen. Ovale Dichtungen oder Dichtungen mit mehreren zusätzlichen Rohr- oder Kabeldurchführungen, sowie Dichtungen in geteilter Ausfertigung sind möglich. Zum Standardwerkstoff EPDM-Gummi stehen alternative Qualitäten, wie z.B. NBR-Gummi oder Viton, für besondere Einsätze der Dichtungen zur Verfügung. Pressio-individual-Dichtungen in geteilter Variante sind erste Wahl, wenn KMR schon

verlegt sind und der Ringraum individuell eingemessen wird.

Ringraumdichtungen sind mit Fest-Losflansch für den Einsatz an Bauwerken mit Dichtungsbahn auch in der speziellen Fernwärmeausführung lieferbar (DIN 18533 beachten).



Abbildung 88, Ringraumdichtung – Fernwärmeausführung

Erstellt für Kleber Helmut, SEG-Bohrbau GmbH. Zur ausschließlichen persönlichen Nutzung.



Abbildung 89, Beispiel Hausanschluss mit Ringraumdichtungen

11.2.2.1 Montage von Ringraumdichtungen – was ist zu beachten

- Starke mechanische Belastungen auf Rohroberfläche vermeiden
- Spröbruch durch Punkt- und Linienlasten vermeiden
- Spannungsrisse durch zu hohen Kraftaufwand vermeiden
- Mit richtigen Montagewerkzeug arbeiten (Drehmomentschlüssel)

Beim Anzugsdrehmoment sind hinsichtlich Umgebungstemperatur und Gummiqualität (Herstellerabhängige Gummihärten der Dichtelemente) unbedingt die Vorgaben der einzelnen Hersteller zu beachten!

Besonders zu beachten ist, dass Elastomere mit steigenden Temperaturen weicher und mit sinkenden Temperaturen schnell härter werden. Die

Herstellerangaben der empfohlenen Anzugsdrehmomente beziehen sich in der Regel auf eine Temperatur von 23°C.

Bei niedrigen Temperaturen muss das empfohlene Anzugsdrehmoment bis zu 50% gesteigert, bei erhöhten Temperaturen eventuell um bis zu 50% reduziert werden.

11.2.3 Gliederkettendichtungen

Ringraumdichtungen in Gliederkettenbauweise (Abb.94) sind für weiche, mit PE-Mantel vorisolierte Rohrsysteme nur sehr bedingt geeignet. Es besteht die Gefahr der Rohrdeformation. Extra weiche Gummiqualitäten (marktüblich blau) stehen für den Einsatz an Kunststoffrohrsystemen zur Verfügung. Eine fachgerechte Montage ist für den Dichtungserfolg speziell an gedämmten Rohrleitungssystemen unumgänglich.



Abbildung 90, Gliederkettendichtung – extra weiche Ausführung

11.2.4 Schrumpfabdichtung vom Hülsrohr zum Mantelrohr

Schrumpfmanschetten in hoch schrumpfender Ausführung, z.B. Typ Canusa - K60 HS70 (Abb. 95), bieten eine hochwertige Abdichtung von Hülsrohr auf Mantelrohr. Die der Muffenabdichtung gleichkommende Technik ist geeignet für kleine Ringräume und Wasserdruck von außen. Die Montage erfolgt warm schrumpfend, nachträglich und mit wenig Anpressdruck auf den Rohrmantel.

Der integrierte Schmelzkleber in der Manschette sorgt für die Abdichtung. Der geringe Druck auf den Rohrmantel macht das Dichtsystem auch für sehr fragile gedämmte Rohrsysteme sehr praktikabel. Abdichtungen mit Schrumpfmaterialien sind als geschlossener Schrumpfschlauch oder als geteilte Manschette verfügbar.

Voraussetzung zur Verwendung dieses System ist ein vorhandenes Hülsrohr, welches mindestens 150 mm hervorsteht und Erfahrung des Monteurs im Umgang mit wärmeschrumpfenden Produkten in der Fernwärme.



Abbildung 91, Schumpfabdichtung vom Hülrohr zum Mantelrohr

11.2.5 Abdichtmanschetten

Die Abdichtmanschetten sind speziell entwickelt, um einen druckdichten Abschluss zwischen Hülrohr und Mantelrohren zu gewährleisten. Die Manschetten bestehen aus hochwertigem Elastomer und sind durch ihre gegenüber handelsüblichen Gummimanschetten hohe Wanddicke sehr formstabil und druckdicht bis 0,8 bar. Durch ihre hohe Flexibilität erlauben die Manschetten große axiale und radiale Bewegungen zwischen Hülrohr und Mantelrohr. Um die Dichtheit zu gewährleisten, sollte der Ringraum nicht mehr als 70 mm betragen.

Vor Verfüllung des Rohrgrabens, müssen die Abdichtmanschetten zum Erdreich hin immer mit einem Dehnpolster umhüllt werden.

Bei der Verarbeitung der Abdichtmanschetten sind unbedingt die

Herstellervorgaben zu beachten. Je nach Ausgestaltung der Wanddurchführung - mit oder ohne Hülsrohr - kommen unterschiedliche Abdichtmanschetten zum Einsatz.

11.2.5.1 Abdichtmanschette zum direkten Wandanschluss

Abdichtmanschetten (Abb. 96) erlauben Rohrbewegungen und Rohrsetzungen. Druckdichtheit ist bis 0,8 bar gegeben, vorausgesetzt der Ringraum zwischen Rohr und Maueröffnung beträgt nicht mehr als 70 mm. Die Montage der Dichtungen sollte zum Erdreich hin immer mit einem Dehnpolster erfolgen.

Die Dichtung wird an eine glatte, saubere Wand geflanscht bzw. gedübelt (Abb. 97) und auf der Rohrleitung und zur Wand mit Spezial-PU-Dichtkleber und doppelten Spannbändern gedichtet. Der Anpressflansch zur Wand ist in Edelstahl ausgeführt.

Die maximalen Werte hinsichtlich axialer und radialer Bewegungsaufnahme sind - entsprechend den Herstellervorgaben - unbedingt einzuhalten.



Abbildung 92, Abdichtmanschette zum direkten Wandanschluss



Abbildung 93, Beispiel einer Schachteinführung mit Abdichtmanschette vor der Wand

11.2.6 Abdichtmanschette vom Hülsrohr zum Mantelrohr

Spezielle Abdichtmanschetten (Abb. 98) erlauben ebenfalls Rohrbewegungen. Sie werden auf Hülsrohren (Voraussetzung) und Mediumrohren mit speziellem Dichtkleber und doppelten Spannbändern appliziert. Im Vergleich zu handelsüblichen Gummimanschetten beträgt die Materialdicke der Spezial Fernwärme-Abdichtmanschetten mindestens 5 mm. Weiterhin sind die Kragen besonders lang, um jeweils zwei Spannbänder und Dichtkleber zu montieren. Eine Druckdichtheit bis 0,5 bar ist für Ringräume bis 70 mm gewährleistet.

Größere Ringräume reduzieren die Druckdichtheit der Manschette, kleinere Ringräume können die Faltenbildung und dadurch die Bewegungsfähigkeit der Manschette reduzieren. Dichtungssysteme, die Rohrbewegungen und Setzungen mitmachen sollten, müssen zum Erdreich mit einem Dehnpolster und Laminat umhüllt werden.



Abbildung 94, Beispiel einer KMR-Bauwerkseinführung



Abbildung 95, Abdichtung Hülrohr zum Mantelrohr mit Gelenkbolzenband

11.2.7 Mauerhülsen

Mauerhülsen formen ein perfektes Loch in der Wand und bieten so die optimale Basis für den Einsatz einer Ringraumdichtung. Ebenfalls steht mit dem Einsatz einer Mauerhülse die Dichtheit zwischen Wand und Dichtung außer Zweifel.

Mauerhülsen sind in Kunststoff bis Innendurchmesser 300 mm und in Faserzement bis Innendurchmesser 800 mm verfügbar.

Zur Vermeidung von Bauschäden bei Mauerdurchführungen ist die ganzheitliche Betrachtung aller beteiligten Komponenten wie Rohr, Dichtung, Montage und Wand unerlässlich. Ein perfekter Wanddurchbruch ist Basis für die Qualität der nachfolgenden Schritte und Produkte.

Autor & Verfasser Kapitel 11

Frank Hellmann, 4 pipes GmbH

Hier finden Sie direkt die Arbeitshilfen des BFW zu Abdichmanschetten.

► www.bfwev.de/arbeitshilfen



Erstellt für Kleber Helmut, SEG Rohrbau GmbH. Zur ausschließlichen persönlichen Nutzung.

12. Dokumentation und Abnahme

Checkliste – Dokumentation für Fernwärmanlagen

Diese Checkliste kann von jedem Leser gerne für eigene Kontrollzwecke kopiert werden.

Bauvorhaben: Teil 100 – Technologie

Nr.	Bezeichnung	erforderlich		vorhanden	
101	Fertigmeldung und Ablaufplan zur Einbindung				
102	Abnahmeprotokoll EVUH/Errichter				
103	Protokoll: „Freigabe zum Füllen und Probetrieb“ / Errichtererklärung				
104	Schweißdokumentation				
105	Schweißanweisung				
106	Liste eingesetzter Schweißer mit Prüfungsnachweis				
107	Bestätigte Schweißnahtprüfprotokolle				
108	Protokolle der Überprüfung durch EVU-Beauftragte				
109	Schweißnahtlageplan				
110	Isometrie				
111	Übersichtsplan				
112	Schaltschema				
113	Messstellenplan				
114	Messstellenplan				
115	Beschriftungsschema				
116	Beschriftungsliste				
117	Revidierte Projektunterlagen				
118	Detailzeichnungen				
119	Verlegepläne				

Nr.	Bezeichnung	erforderlich		vorhanden	
		ja	nein	ja	nein
121	Protokoll: „Druckprobe“ (mit Schreibstreifen)				
122	Reinigungsprotokoll				
123	Funktions- und Justierprotokolle der Armaturen				
124	Schleifenplan Lecküberwachungssystem				
125	Protokoll: „Isolations- und Durchgangsprüfung Lecküberwachungssystem – kalt –“				
126	Muffenprotokolle				
127	Muffenlageplan				
128	Materialstücklisten				
129	Herstellerdokumentationen der Einzelkomponenten (Typenblätter, Maßblätter, Prospekte, Bedienungs- und Wartungsvorschriften)				
130	Zertifikate für die einzelnen Bauteile (geordnet nach Positionen der Materialstückliste)				
131	Lageplan (M 1:500, Auszug aus Stadtkarte, handvervidiert)				
132	Errichtererklärung/Dokumentation Wärmedämmung				
133	Errichtererklärung/Dokumentation Korrosionsschutz				
134	Errichtererklärung Stahlbau				
135	Dokumentation Stahlbau				
136	Abnahmeprotokolle Eit-Anlage				
137	Dokumentation Eit-Anlage				
138	Abnahmeprotokolle MSR-Anlage				
139	Dokumentation MSR-Anlage				
140	Sonstige Abnahmeprotokolle wie z.B. Grundstückseigner				

Anlagen

Nr.	Bezeichnung	erforderlich		vorhanden	
		ja	nein	ja	nein
A1-1	Schweißnahtprüffilme				
A1-2	Statischer Nachweis des Rohrsystems				
A1-3	Betriebsanleitung				
A1-4	Aufmaße				
A1-5	Bautagebuch				
A1-6	Fotodokumentation				

Erstellt für Kleber Helmut, SEG Rohrbau GmbH. Zur ausschließlichen persönlichen Nutzung.

Checkliste – Dokumentation für Fernwärmanlagen

Diese Checkliste kann von jedem Leser gerne für eigene Kontrollzwecke kopiert werden.

Bauvorhaben: Teil 200 – Bau

Nr.	Bezeichnung	erforderlich		vorhanden	
		Ja	Nein	ja	nein
201	Abnahmeprotokoll EVUH/Errichter				
202	Protokoll: „Freigabe zum Probebetrieb“/ Errichtererklärung				
203	Dokumentation des Bauteils				
204	Bauwerkszeichnungen				
205	Detailzeichnungen				
206	Abnahmeprotokoll Tiefbauamt				
207	Sonstige Abnahmeprotokolle wie z.B. Grundstückseigner, Grünflächenamt u.a.m.				
208	Verdichtungsnachweis				
209	Nachweis der Einbaudichte bei allen Tragschichten				
210	Nachweis der Körnung des eingebauten Verfüllsandes				
211	Betonprüfbefunde				
212	Schalungs- und Bewehrungspläne				
213	Dokumentation Dränage				
214	Dokumentation Bauteile (z.B. Schachtabdeckungen, Leitern u.a.)				
215	Dokumentation Bauwerkseinführung (Abdichtungssystem)				

Checkliste – Dokumentation für Fernwärmanlagen

Diese Checkliste kann von jedem Leser gerne für eigene Kontrollzwecke kopiert werden.

Bauvorhaben: Teil 300 – Übergabe-/Übernahmeunterlagen

Nr.	Bezeichnung	erforderlich		vorhanden	
		Ja	Nein	ja	nein
301	Abnahme-/Übernahmeprotokoll Fernwärme				
302	Bestandsdatenblätter Fernwärme				
303	Abnahmeprotokolle der Errichter				
304	Nachweis der leitungsrechtlichen Sicherung				
305	Nachweis der Gewährleistungsfristen				
306	Endrevidierte Projektunterlagen Technologie				
307	Endrevidierte Projektunterlagen Bau				
308	Endrevidierte Projektunterlagen Elt-Anlage				
309	Endrevidierte Dokumentation Technologie (3-fach)				
310	Endrevidierte Dokumentation Bau (2-fach)				
311	Endrevidierte Dokumentation Elt-Anlage (2-fach)				
312	Vermessungsunterlagen (katastermäßig durch öffentlich bestellten Vermesser)				
313	Lage- und Höhenpläne (M 1:500, Auszug aus Stadtkarte, Folie)				
314	Detailpläne (M 1:250, Folie)				
315	Protokoll: „Isolations- und Durchgangsprüfung Lecküberwachungssystem – warm –“				
316	Abnahmeprotokolle FM-Anlage				
317	Genehmigungsunterlagen (Planfeststellung / Schachtscheine)				
318	Genehmigungsunterlagen (z.B. Einleitgenehmigung HWA, EBA)				
319	Fertigmeldung zum Bauvorhaben				
320	Verschrottungsprotokoll				

321	Lageplan (M 1:500) mit Kennzeichnung stillgelegter und verschrotteter Anlagenteile				
322	Equipments im SAP angelegt				
323	Anlagenbestand in „Fachschaale Fernwärme“ übernommen				

Erstellt für Kleber Helmut, SEG Rohrbau GmbH. Zur ausschließlichen persönlichen Nutzung.

Checkliste Nr.

Diese Checkliste kann von jedem Leser gerne für eigene Kontrollzwecke kopiert werden.

Dokumentation für erdverlegte Fernwärmeleitungen

Bauvorhaben: _____ **Auftrags Nr.** _____

Teil B (Auftragnehmer)

	Vorhanden		Nicht erforderlich
	Ja	Nein	
1. Tiefbau	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.0 Abnahmeprotokoll Tiefbauamt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.1 Abnahmeprotokoll Grundstückseigentümer bzw. Grünflächenamt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.2 Verdichtungsnachweis	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.3 Nachweis über Einbaudichte bei allen Tragschichten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.4 Nachweis des Bindemittelgehaltes bei Asphalttragschichten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.5 Nachweis über Körnung des eingebauten Verfüllsandes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.6 Bautagebuch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.7 Fotodokumentation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Rohrbau	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.0 Abnahmeprotokoll Rohrbau	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.1 Vorspannungsprotokoll	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

	Vorhanden		Nicht erforderlich
	Ja	Nein	
2.2 Reinigungsprotokoll	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.3 Druckproben mit Luft/Vakuumbürste, Schweißnähte abgeseift ohne Protokollierung durchgeführt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.4 Schweißerzeugnisse	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.5 Werkzeugnisse	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.6 Messprotokoll Leckwarnsystem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.7 Isometrien	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.8 Rohrbuch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.9 Statik (Verlegeplan)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.10 Bautagebuch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Geprüft: _____ Datum / Unterschrift _____

Erstellt für Kleber Helmut, SES Rohrbau GmbH. Zur ausschließlichen persönlichen Nutzung.

Fertigmeldung

Bauvorhaben: _____

Auftrags Nr.: _____

1. Ausführungszeit

Plan

Ist

Baubeginn: _____

Abnahme: _____

Auftrags Nr.: _____

Über/Unterschreitung

Euro

Prozent

Bei Abweichung größer 5% Begründung beifügen.



Anlage 1

Aufstellung der Rechnungen



Anlage 2

Mängelliste

Ort

Datum

Unterschrift

13. Normen und technische Regelwerke

Gütige Normen und Regelwerke zum Zeitpunkt der Drucklegung

Die wesentlichsten zu beachtenden Vorschriften und Regeln für

- die Sicherheit bei den Montagearbeiten
- Anforderungen an die Rohrsysteme
- Hinweise zur Planung
- vorbereitende Maßnahmen zur Ausführung der Mantelrohrverbindungen
- die Durchführung der Montagearbeiten
- Prüfverfahren
- geforderte Ausführungsqualitäten sind in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt.

Der Anwender muss sich immer über den aktuellen Stand der vorliegenden Ausarbeitungen vergewissern.

Technische Regeln	Titel
<i>Berufsgenossenschaftliche Vorschriften und Regeln</i>	
BGV A 1:2005	Grundsätze der Prävention
BGV A 3:1997	Elektrische Anlagen und Betriebsmittel
BGV C 22:11997	Bauarbeiten
BGV D 36:2006	Leitern und Tritte
BGV 500:2004	Betreiben von Arbeitsmitteln
<i>DIN- und DIN EN-Normen</i>	
DIN 4124:2002	Baugruben und Gräben - Böschungen, Verbau u. Arbeitsraumbreiten
DIN EN 253:2006 + Ergänzung A2:2006 E DIN EN 253:2007	Fernwärmerohre – werkmäßig gedämmte Verbundmantelrohrsysteme für direkt erdverlegte Fernwärmenetze – Verbund-Rohrsystem bestehend aus Stahl-Mediumrohr, Polyurethan-Wärmedämmung und Außenmantel aus Polyethylen

DIN- und DIN EN-Normen	
DIN EN 448:2003 E DIN EN 448:2007	Fernwärmerohre - werkmäßig gedämmte Verbundmantelrohrsysteme für direkt erdverlegte Fernwärmenetze-Verbund-Formstücke, bestehend aus Stahl-Mediumrohr, Polyurethan-Wärmedämmung und Außenmantel aus Polyethylen
DIN EN 488:2003	Fernwärmerohre – werkmäßig gedämmte Verbundmantelrohrsysteme für direkt erdverlegte Fernwärmenetze – Verbund-Rohrsystem bestehend aus Stahl-Mediumrohr, Polyurethan-Wärmedämmung und Außenmantel aus Polyethylen
DIN EN 489:2003 E DIN EN 489:207	Fernwärmerohre – werkmäßig gedämmte Verbundmantelrohrsysteme für direkt erdverlegte Fernwärmenetze – Rohrverbindungen für Stahlmediumrohre mit Polyurethan-Wärmedämmung und Außenmantel aus Polyethylen

Technische Regeln	Titel
DIN EN 13941:2004	Berechnung und Verlegung von werkmäßig gedämmten Verbundmantelrohren für die Fernwärme
DIN EN 14419:2004	Fernwärmerohre - werkmäßig gedämmte Verbundmantelrohrsysteme für direkt erdverlegte Fernwärmenetze - Überwachungssysteme
E DIN EN 15632	Fernwärmerohre – werkmäßig gedämmte flexible Rohrsysteme
Teil 1:2007	Klassifikation, allgemeine Anforderungen und Prüfungen
Teil 2:2007	Verbundrohrsysteme mit Mediumrohren aus Kunststoff, Anforderungen und Prüfungen
Teil 3:2007	Nicht-Verbund-Rohrsysteme mit Mediumrohren aus Kunststoff, Anforderungen und Prüfungen
Teil 4:2007	Verbundmediumrohre aus Metall; Anforderungen und Prüfungen
E DIN EN 15689-1	Fernwärmerohre – werkmäßig gedämmte Verbundmanteldoppelrohre für direkt erdverlegte Fernwärmenetze – Teil 1: Verbund-Doppelrohrsystem bestehend aus zwei Stahl-Mediumrohren, Polyurethan-Wärmedämmung und einem Außenmantel aus Polyethylen

AGFW-Regelwerk	
FW 401	Verlegung und Statik von Kunststoffmantelrohren (KMR) für Fernwärmenetze
Teil 2:2007	Systembeschreibung
Teil 3:2007	Bauteile; gerade Verbundmantelrohre
Teil 4:2007	Bauteile; Verbundformstücke
Teil 5:2007	Bauteile; Erdeinbauarmaturen
Teil 6:2007	Bauteile; Rohrverbindungen
Teil 7:2007	Bauteile; Kompensationselemente und sonstige Systembauteile
Teil 8:2007	Überwachungs- und Fehlerortungssysteme
Teil 9:2007	Entwurfs- und Ausführungsplanung
Teil 12:2007	Bau und Montage; Organisation der Bauabwicklung, Tiefbau
Teil 13:2007	Bau und Montage; Organisation der Bauabwicklung, Rohrbau
Teil 14:2007	Bau und Montage; Organisation der Bauabwicklung u. Muffenmontage
Teil 15:2007	Betrieb
Teil 16:2007	Prüfverfahren für Mantelrohrverbindungen

Technische Regeln	Titel
Teil 17:2007	Qualitätssicherung
FW 420	Fernwärmeleitungen aus flexiblen Rohrsystemen
Teil 1:2004+ Änderung 1:2006	Bauteile für Systeme aus polymeren Mediumrohren (PMR)
Teil 2:2004	Systeme mit glatten Stahl-Mediumrohren (Stahlflex)
Teil 3:2007	Systeme mit gewellten Edelstahl-Mediumrohren (Metalische Wellrohre)
FW 420-5:2004 + Änderung 1:2006	Fernwärmeleitungen mit flexiblen Rohrsystemen – Planung, Bau und Betrieb
FW 603:2007	Muffenmontage an Kunststoffmantelrohren (KMR) und flexiblen Rohrsystemen; Prüfung von Muffenmonteuren
FW 605:2003	Muffenmontage an Kunststoffmantelrohren (KMR) und flexiblen Rohrsystemen; Anforderungen an Unternehmen die Muffenmontagearbeiten ausführen

<i>DVS Richtlinien</i>	
DVS 2207-5:1993	Schweißen von thermoplastischen Kunststoffen; Schweißen von PE-Mantelrohren – Rohre und Rohrleitungsteile
Beiblatt 1:1997	Schweißen von thermoplastischen Kunststoffen; Schweißen von PE-Mantelrohren – Formstücke und Absperrarmaturen
DVS 2212-4:2004	Prüfung von Kunststoffschweißern; Schweißen von PE-Mantel - rohren – Rohre und Rohrleitungsteile
DVS 2284:2004	DVS-Lehrgang Kunststoffschweißer – PE-Mantelrohre; Vorbereitung auf die Schweißerprüfung nach DVS 2212-4

Erstellt für Kleber Helmut, SEG Rohrbau GmbH. Zur ausschließlichen persönlichen Nutzung.

14 Stahlmantelrohre

14.1 Stahlmantelrohre (SMR)

Stahlmantelrohr-Fernwärmeleitungen erfüllen alle Anforderungen, die heute an zeitgemäße und zukunftsorientierte Fernwärmesysteme gestellt werden. Stahlmantelrohre werden in Übersee seit 70 Jahren und in Europa seit über 50 Jahren in der Fernwärme-Versorgung eingesetzt und haben sich in dieser Zeit bestens bewährt.

Die Arbeitsgemeinschaft Fernwärme (AGFW) und der Bundesverband Fernwärmeleitung e.V. (BFW) empfehlen Stahlmantelrohr als sicheres Rohrsystem. Die wesentlichen Vorteile gegenüber anderen Verfahren liegen in:

- der sicheren Konstruktion,
- der schnellen Verlegung,
- den breiten Anwendungsbereichen,
- der werkseitigen Vorfertigung,
- den zusätzlichen Prüf- und Kontroll-einrichtungen.

Das Stahlmantelrohr ist ein Kammersystem unter Vakuum. Ein Stahlmantelrohr wird gemäß AGFW-Arbeitsblatt FW 410 hergestellt, montiert und verlegt.



Abbildung 96, Stahlmantelrohre

Anwendungen

Stahlmantelrohre sind je nach Rohrwerkstoff und Wanddicke für alle in der Fernwärme und Kälteversorgung üblichen Medien, Temperaturen, Rohrdimensionen und Druckstufen einsetzbar. Darüber hinaus findet es in der Industrie als Produktleitung einen vielseitigen Einsatz.

Standardanwendungen bis +300°C

- Warmwasser
- Heißwasser
- Brauchwasser
- Kondensat

Hohe Temperaturen bis +400 °C

- Dampf
- Heißluft und Gase

Niedrige Temperaturen bis –30 °C

- chemische Produkte
- Kälte oder Kühlwasser

Stahlmantelrohr eignet sich ausgezeichnet für

- schwierige Bodenverhältnisse
- Feuchtgebiete Bodensenkungsgebiete
- Flussquerungen (Düker)
- Straßenquerungen
- Straßen und unter Betonflächen
- Transportleitungen

Stahlmantelrohr-Dimensionen und Auslegungsdaten

- Innenrohr DN 25 bis DN 1200
- Temperaturen bis +300 °C
- Sonderausführungen bis +400 °C
- Druckstufen bis PN 64

Haupt-Bauteile

- Standardlängen
- Axialkompensator-Endverschluss
- Mauerdurchführung
- Bogen
- Festpunkt
- Mantelrohrerweiterung
- T-Abzweig
- Kathodischer Korrosionsschutz
- Isolierflansche
- Vakuum im Ringraum

Montage

- Verarbeitung, Abladen, Lagern
- Verlegen
- Schweißarbeiten, Prüfungen
- Vorspannen
- Montagehinweise
- Nachumhüllung der Bauverbindungen
- Grabenprofil

Erstellt für Kleber Helmut, SEB Rohrbau GmbH. Zur ausschließlichen persönlichen Nutzung.



Abbildung 96, Verlegung von Stahlmantelrohren

Stahlmantelrohr ist ein seit Jahrzehnten bewährtes „Stahl-in-Stahl“-Rohrsystem zur direkten Erdverlegung, geeignet für den Transport von Fernwärme, Dampf, Kondensat und anderen Medien.

Sowohl die bis zu 16 m langen geraden Baueinheiten als auch alle systemtypischen Bauteile, wie Bogen, Abzweige, Festpunkte, Lager usw. werden fabrikseitig vorgefertigt. Das bedeutet höhere Sicherheit gegenüber einer Baustellenfertigung.

Stahlmantelrohr ist für alle in der Praxis vorkommenden Anwendungsbereiche und Betriebsbedingungen geeignet, besonders jedoch bei extrem hohen Temperaturen und Drücken. Die konsequent projektbezogene Vorfertigung sichert ein wirtschaftliches Verhältnis der Herstellkosten zu

den betrieblichen Erfordernissen. Die Auswahl der Innenrohr-Spezifikation, die Festlegung der Isolierdicken und die Berechnung der Mantelrohr-nennweiten erfolgt immer in Abhängigkeit von den speziellen Betriebsbedingungen.

Die gas- und wasserdichte Verschweißung der Innenrohre mit den Mantelrohren an Schacht- und Gebäudeeinführungen ist Standard bei Stahlmantelrohr. Sie ist Voraussetzung für die Evakuierung des Ringraumes zwischen Innen- und Mantelrohr. Durch diese Evakuierung wird mögliche Restfeuchte entfernt. Gleichzeitig wird die Isolierwirkung des Systems erheblich erhöht.

Eine Vakuumhaltung und -kontrolle schafft eine hervorragende Möglichkeit der Systemüberwachung auf mögliche Undichtheiten am Innen- oder Mantelrohr. Das bedeutet Sicherheit während des Betriebs der Anlage. Elektronische Überwachungsanlagen melden sofort jeden Druckanstieg im Ringraum.

Die solide, maßgeschneiderte Konstruktion auf der Basis langjähriger Erfahrung mit dem Bau und dem Einsatz dieses Rohrsystems macht Stahlmantelrohr zu einem hochwertigen und sicheren Transportmittel für Wärme und Kälte.

Erstellt für Kleber Helmut, SEU Rohr Bau GmbH. Zur ausschließlich persönlichen Nutzung.

14.1.1 Materialspezifikation - Standardbauteile

Mantelrohr

4. Längs- oder spiralnahtgeschweißtes Stahlrohr
5. Abmessung nach EN 10220
6. Werkstoff P 235TR1 nach EN 10217-1
7. Abnahmeprüfzeugnis nach EN 10204-3.1
8. Außenschutz
 - PE-beschichtet nach DIN 30670; Ausführung n oder v
 - Elektrische Durchschlagfestigkeit 20 kV

Innenrohr

11. nahtlose Rohre aus Werkstoff P 235GH nach EN 10216-2
12. geschweißte Rohre, Längs- oder Spiralnaht
13. Abmessung EN 10220
14. Werkstoff P235 GH nach EN 10217-2/od.-5
15. Werkstoff P355 NH nach EN 10217-3
16. Abnahmeprüfzeugnisse nach EN 10204-3.1

Wärmedämmung

17. Schalen aus hochsilikaten Mineralwollfasern
18. Schalen aus Steinwollfasern
19. wasserabweisend und formstabil
20. temperaturbeständig
21. nicht brennbar
22. Befestigung der Isolierschalen auf dem Innenrohr mit Stahlbändern

Führungs- und Gleitlager

Führungslager als Rollen- oder Gleitlager ausgebildet.

Je nach Betriebstemperatur Rollenböcke zur Verminderung des Wärmeübergangs aus geeigneten VA-Materialien. Um den Wärmefluss zu unterbinden, werden die Lagerschellen mit Isolierstreifen auf dem Mediumrohr befestigt.

Innenrohrbogen

EN 10253-2 Material gemäß Innenrohrspezifikation. Schweißnähte sind zerstörungsfrei mit Röntgen- oder Gammastrahlen geprüft.

Mantelrohrbogen

Aus Segmenten hergestellt, Radius entsprechend Innenrohrradius. Werkstoff gemäß Mantelrohrspezifikation. Schweißnähte zerstörungsfrei geprüft. Im Segmentschweißnahtbereich Schutz der Wärmedämmung mittels feuerfestem Material gegen Einbrand beim Schweißvorgang.

Erstellt für Kleber Helmut, SEG Rohrbau GmbH. Zur ausschließlichen persönlichen Nutzung.

Festpunkt

Wärmebrückenfrei zur Aufnahme der Innenrohrreaktionskräfte oder Kompensatorreaktionskräfte werkseitig in eine Baueinheit eingebaut.

Bestehend aus 2 Stahlringen US-geprüft, mittels Knotenblechen verstärkt und auf dem Mediumrohr verschweißt. Ein Stahlring US-geprüft als Mantelrohrscheibe mittels Knotenblechen verstärkt am Mantelrohr verschweißt.

Zur Unterbrechung des Wärmeflusses sowie zur elektrischen Trennung werden Isolierklötze (asbestfrei) als kraftübertragende Zwischenlage eingebaut.

Evakuieren

Evakuierung des Ringraumes nach Fertigstellung und Inbetriebnahme der Anlage mit einem mobilen Vakuumaggregat zur Entfernung der Feuchtigkeit aus der Isolierung und dem Ringraum.

Serviceleistung

Planung und Abwicklung

- a) Verlegepläne
- b) Detailpläne
- c) Rohrstatik
- d) Montageeinweisung bei Bedarf
- e) Evakuierungsprotokolle
- f) Druckanstiegsprobe Messprotokoll/auf Anforderung

14.1.2 Stahlmantelrohr- Standardlängen (SL) bei Einrohrführung (I-RF)

- 1 Innenrohr (IR)
- 2 Wärmedämmung (IS)
- 3 Mantelrohr (MR)
- 4 MR-Beschichtung
- 5 Axiallager (Kufen oder Rollen) (LA)

Erstellt für Kleber Helmut, SEG Rohrbau GmbH. Zur ausschließlichen persönlichen Nutzung.

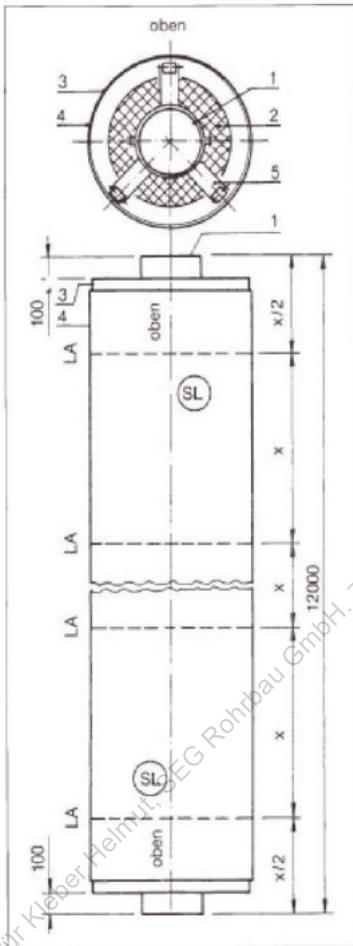


Abbildung 97, Standardlänge

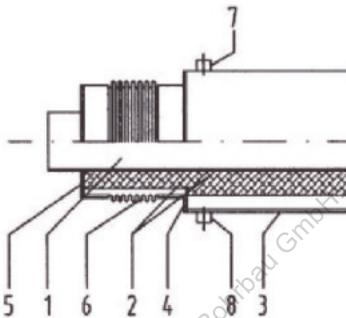
14.1.3 Axialkompensatorrendverschluss

Axialkompensatorverschluss

Kompensatorbalg aus Material 1.4541 ein oder mehrwandig, Dehnungsaufnahme max. 30 mm, PN 16. Abbau der Mediumrohrtemperatur über die Balglänge, für die Relativbewegung zwischen Innen- und Mantelrohr.

Achtung:

Die Edelstahl-Bälge sind vor Kontakt mit Chloriden zu schützen.

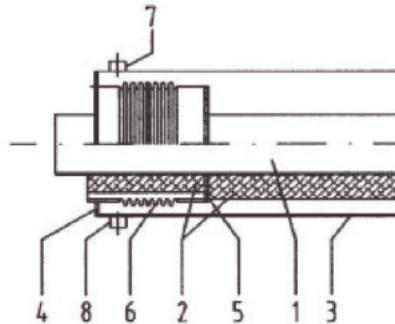


- 1 Innenrohr
- 2 Wärmedämmung
- 3 Mandelrohr
- 4 Mantelrohrscheibe
- 5 Innenrohrscheibe
- 6 Axialkompensator
- 7 Vakuumabschlußstutzen
- 8 Entleerungsstutzen

Abbildung 98, Axialkompensator(AKV)-außenliegend-

Achtung:

Die Edelstahl-Bälge sind vor Kontakt mit Chloriden zu schützen.



- 1 Innenrohr
- 2 Wärmedämmung
- 3 Mantelrohr
- 4 Mantelrohrscheibe
- 5 Innenrohrscheibe
- 6 Axialkompensator
- 7 Vakuumschlußstutzen
- 8 Entleerungsstutzen

Abbildung 99, Axialkompensator (AKV) –innenliegend-

14.1.4 Mauerdurchführung (MD)

Mauerdurchführung

- Mauerdurchführung, bestehend aus einem Hülsrohr mit Mauerkragen
- Prodegol-beschichtet
- Mantelrohr mittels Gleitkufen im Hülsrohr geführt
- Ringraum durch Gummidichtring abgedichtet
- elektrische Trennung

Abschluss zwischen Mantelrohr und Hülsrohr mittels Linse werkseitig als komplette Baueinheit

Die Mauerdurchführungen werden projektbezogen so konstruiert, dass

- durch die Längsbewegung des Mantelrohres die Mauer nicht beschädigt wird;
- Das Grund- oder Oberflächenwasser nicht in das Gebäude das in den Schacht eindringen kann;
- die Mauerdurchführungen geringfügige Gleitbewegungen des Mantelrohres in axialer Richtung aufnehmen können.



Sie sind nicht geeignet, hohe Erdlasten oder Erdsetzungen aufzunehmen. Die Erdaufschüttungen im Schachtbereich, die Sandsohle und die Rohreinsandung sind lagenweise auszuführen oder zu verdichten, um Setzungen auszuschließen.

Die Mauerdurchführungen werden werksseitig auf der Baueinheit montiert und zur Baustelle geliefert.

Abbildung 100, Mauerdurchführungen



Abbildung 101, Mauerdurchführung

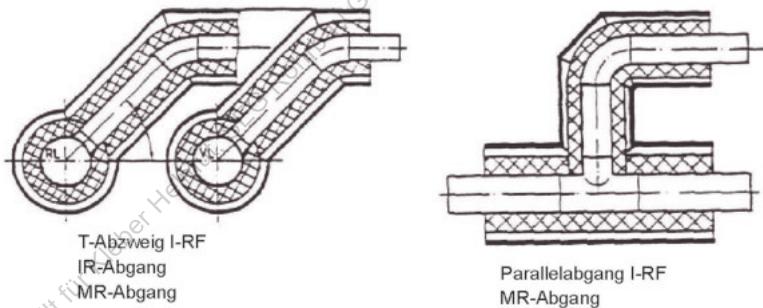


Abbildung 102, T-Abzweig und Parallelabgang



Abbildung 103, T-Abzweig

Erstellt für Kleber Helmut, SEG Rohrbau GmbH. Zur ausschließlichen persönlichen

14.1.5 Voraussetzung für die Gewährleistung ist die Evakuierung der Stahlmantelrohrleitungen

Während der Bauzeit der Stahlmantelrohre kommt es zu einer Aufnahme von Luftfeuchtigkeit des Wärmedämmmaterials sowie zu Kondenswasserbildung im Mantelrohr-Ringraum.

Nach Beendigung der Montagearbeiten wird durch Evakuieren des Ringraumes mit Hilfe einer mobilen Vakuumanlage die in das Leitungssystem eingedrungene Feuchte als Dampf-Luftgemisch abgesaugt und der Druck auf ca. 1 mbar abgesenkt. Mithilfe einer Druckanstiegsmessung ist über die Leckratenbestimmung eine Überprüfbarkeit der Dichtigkeit des Systems gegeben. Durch das Dauervakuum werden Wärmeverluste auf ein Minimum reduziert.

Das mobile Vakuumaggregat besteht aus einer Vakuumpumpe, einer Kältemaschine, einem Kondensator, einem Flüssigkeitssammler mit automatischer Schnellentleerung und einem Ölabscheider. Zum Betrieb ist bauseits ein 380-V-Drehstromanschluss erforderlich. Eurostecker 32A.

14.1.6 Abladen der Stahlmantelrohre

Das Abladen der Baueinheiten vom Lkw ist Angelegenheit der Montagefirma. Zum Heben der Baueinheiten sind nur Tragegurte (Textil, Nylon o.ä.) von min. 150 mm Breite zu verwenden, um so die PE-Beschichtung vor Beschädigung zu schützen.

Beim Eintreffen der Baueinheiten auf der Baustelle sind diese auf äußere Beschädigung zu kontrollieren. Des Weiteren ist die Lieferung auf Vollständigkeit zu prüfen. Mängel sind auf den Lieferpapieren zu vermerken. Während des Abladens der Stahlmantelrohre wird der PE-Mantel mittels

ISO-Testgerät (20 kV) überprüft. PE-Beschädigungen sind sofort zu beseitigen.

14.1.7 Lagern der Stahlmantelrohre

Der Lagerplatz muss eben und frei von Schutt sein und über einen freien und befestigten Zufahrtsweg verfügen.

Stahlmantelrohre sind auf gepolsterten Hölzern zu lagern. Rohre dürfen keine Bodenberührung haben. Bis Mantelrohr-Nennweite 300 dürfen max. 3 Rohrlagen übereinander gelagert werden, über Nennweite 300 max. 2 Rohrlagen. Zwischen jede Rohrlage ist gepolstertes Kantholz zu legen.

14.1.8 Verlegen der Baueinheiten

Die Baueinheiten sind der Reihe nach mit der Baueinheiten-Nr. (BE) durchnummeriert. Aneinander hängende Baueinheiten tragen die gleiche Baustellenverbindungs-Nr. (BV). Die Verlegefolge der Baueinheiten ist dem Trassenausführungsplan zu entnehmen.

Weiterhin ist jede Baueinheit mit "oben" auf dem Mantelrohr gekennzeichnet. Der Rohrscheitel des Innenrohres ist mittels Schlagzahl "o" gekennzeichnet. Beim Vorrichten ist besonders darauf zu achten, dass sich beide Kennzeichen "oben-o" in der 12-Uhr-Position befinden. Weiterhin muss sichergestellt sein, dass keine Verdrehung vorliegt und die Kennzeichnungen "oben" und – "o" – zueinander fluchten.

Bevor die Baueinheiten auf das Sandbett (Rohre dürfen nicht auf Kanthölzer gelegt werden) gelegt werden, sind die Unterseiten der Mantelrohre einem ISO-Test (20 kV) zu unterziehen. Fehlerhafte Stellen sind sofort auszubessern.

Die Rohre sind auf der Grabensohle sofort in ihre richtige Lage zu bringen. Die Lage ist durch Nivellieren zu kontrollieren. Wird eine Höhenkorrektur erforderlich, so dürfen die Baueinheiten nicht mit Kanthölzern unterlegt, sondern nur mit Sand unterstampft werden. Die endgültig richtige Rohrlage ist dadurch zu fixieren, dass stellenweise seitlich und unter den Baueinheiten Sand angeschüttet und verstampft wird.

Die Baustellenverbindungen sind so zu verschließen, dass kein Wasser, Schmutz o. ä. in die Rohre eindringen kann.

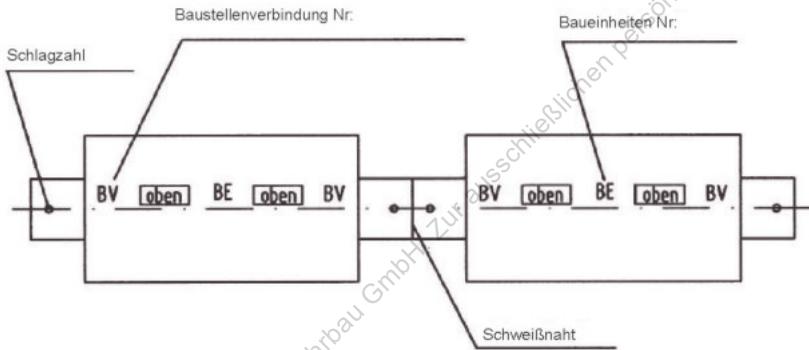


Abbildung 104, Verbindung von Stahlmantelrohren

Schweißerarbeiten an Stahlmantelrohren

Zum Verschweißen der Innen- und Mantelrohre dürfen grundsätzlich nur Schweißer eingesetzt werden, die eine gültige Schweißerprüfung abgelegt haben und ein gültiges Prüfzeugnis vorweisen können.

Die Schweißung selbst ist nach anerkannten Regeln der Technik sowie nach den gültigen Normen und Vorschriften bzw. Richtlinien durchzuführen. Die geforderte Schweißnahtbewertung wird im Einzelfall festgelegt.

Die Transportsicherungen sind erst nach Beendigung der Innenrohr-

schweißung zu demontieren, besonders zu beachten ist dies bei Kompensatorbaueinheiten. Beim Zentrieren der Innenrohrenden mittels Rohrschelle darf nur auf einer Seite, jeweils fortlaufend, die Transportsicherung gelöst werden. Hierzu gibt es gesonderte Hinweise bei der Projektierung.

Durchstrahlungsprüfung der Innenrohre

Die Anzahl der Prüfungen sowie deren Bewertungsmaßstab richten sich nach den Betriebsverhältnissen und den Vorgaben des Auftraggebers.

14.1.9 Vorspannung (mechanische Vorspannung)

Vorspannen von natürlichen Rohrdehnungsausgleichern (Dehnungsschenkel und Dehnungsbogen). Vorgespannt wird nur das Innenrohr!

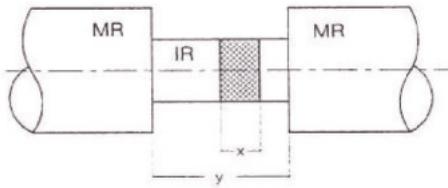
Bei der Auslegung von Rohrdehnungsausgleichern ist (falls erforderlich) eine Vorspannung zu berücksichtigen. Dementsprechend muss das Innenrohr nach den Angaben (Vorspannbetrag, Vorspannstelle und Vorspannrichtung) auf der Baustelle vorgespannt werden.

Die Angaben zu:

- Vorspannbetrag,
- Vorspannstelle,
- Vorspannrichtung

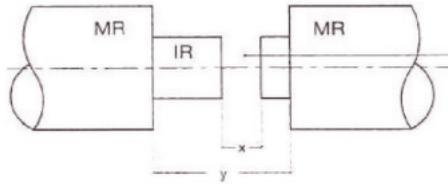
ersehen Sie aus der Ausführungszeichnung.

Das Innenrohr muss in der Vorspannbauverbindung um den Betrag der Vorspannung (Angabe auf Ausführungszeichnung) gekürzt, mit einer Schweißfase versehen und mit geeigneten Werkzeugen wieder zusammen gezogen und verschweißt werden.

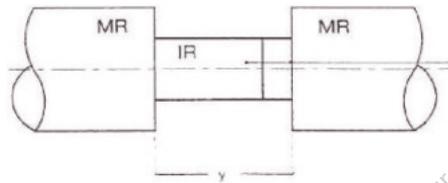


MR = Mantelrohr
 IR = Innenrohr
 x = Vorspannbetrag
 y = Mantelrohrabstand

Der Mantelrohrabstand y darf während der Vorspannung (=Ziehen) nicht geändert werden (sichern, einsanden)!



Innenrohr, gekürzt um den vorspannenden Betrag



Innenrohr in vorgespannter Position

105, Vorspannung beim Verbinden von Stahlmantelrohren

Erstellt für Kleber Helmut, SEG Rohrbau GmbH. Zur ausschließlichen persönlichen Nutzung.

Bitte unbedingt beachten:

Während der Vorspannung (= Zusammenziehen) des Innenrohres darf das Mantelrohr des Dehnungsausgleichers (Dehnungsschenkel oder Dehnungsbogen) nicht mitgezogen oder von seiner Position geschoben werden.

Die Bogen der Festpunktbaueinheiten der Ein- und Zweirohrführungen sind vor der Vorspannung im Graben vollständig einzusanden, damit sie durch die entstehenden Vorspannkräfte nicht gezogen oder verschoben werden. Sollte dies nicht möglich sein, sind durch andere Maßnahmen die Bogen und Festpunktbaueinheiten gegen Ziehen und Verschieben zu sichern.

14.1.10 Nachisolierung des Innenrohres (Baustellenverbindungen)

Zum Nachisolieren des Innenrohres im Bereich der Baustellenverbindungen sind nur die mitgelieferten Isoliermaterialien zu verwenden. Diese sind in der Länge so anzupassen, dass an den Stoßstellen kein Spalt entsteht. Das Isoliermaterial ist auf dem Innenrohr mit VA-Band zu befestigen.

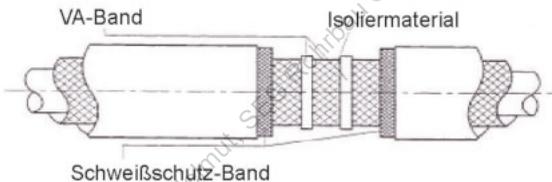


Abbildung 106. Nachisolierung des Innenrohrs

Achtung: Unter jeder Mantelrohr-Schweißnaht ist auf der Isolierung ein Schweißschutz aufzubringen.

14.1.11 Mantelrohrverbindungen (Einsetzen von Passtücken)

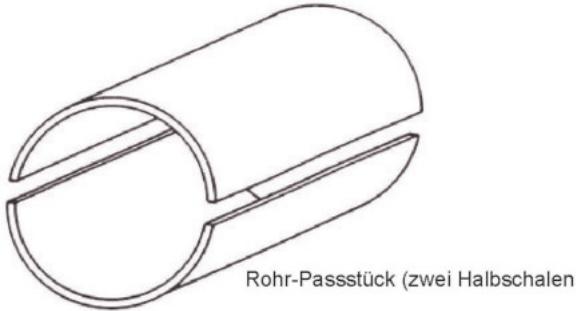


Abbildung 107, Halbschalen zur Mantelrohrverbindung

Zur Verbindung des Mantelrohres im Bereich der Baustellenverbindungen wird ein längs oder spiral geschweißtes Rohr mitgeliefert, aus dem der Rohrverleger die Mantelrohr-Passtücke in der jeweils erforderlichen Länge auf der Baustelle zuschneidet und anpasst. (siehe Abb. 114 und 115)

Passtück einsetzen und gasdicht verschweißen

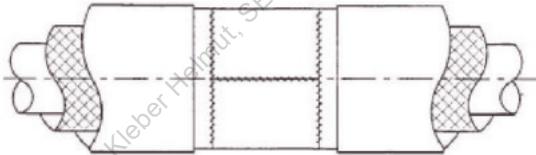


Abbildung 108, Einsetzen und Verschweißen der Halbschalen

14.1.12 Mantelrohrverbindungen (Beiziehen von Mantelrohren)

Um Schweißarbeiten einzusparen, können auch die Mantelrohre an den vorgesehenen Baustellenverbindungen beigezogen werden. Das Ziehen ist mit äußerster Sorgfalt durchzuführen, wobei insbesondere darauf zu achten ist, dass die Festpunkte bzw. die Bogenbaueinheiten ihre Lage nicht verändern.

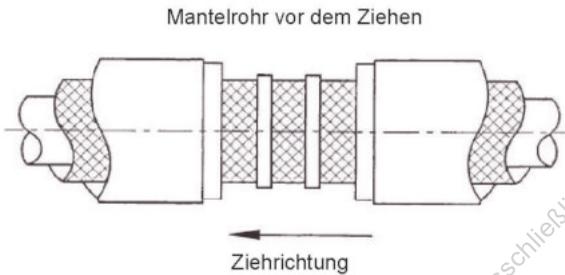


Abbildung 109, Beiziehen von Mantelrohren

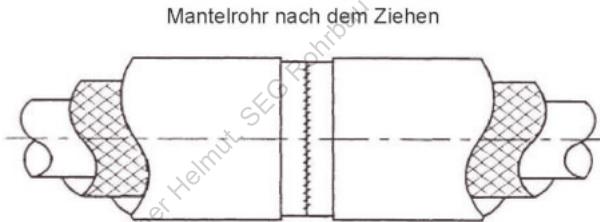


Abbildung 110, Verbindung nach dem Beiziehen

14.1.13 Prüfen der Mantelrohr-Nähte mittels Vakuum-Verfahren

Folgendes Werkzeug wird dazu benötigt:

1. Tragbares Vakuumgerät (Vakuumpumpe)
2. Vakuumbrillen, entsprechend passend zu den Mantelrohrdimensionen
3. Leckspray

Hinweis: Die Schweißverbindungsnahte sind mit einer Drahtbürste zu säubern, die Schweißnaht ist mit Leckspray einzusprühen, die Vakuumbrille wird auf die Schweißnaht aufgesetzt und das Vakuum gezogen (Absolutdruck bis 150 mbar).

14.1.14 Nachumhüllen von Mantelrohrverbindungen

Oberflächenvorbereitung gemäß DVGW, Merkblatt GW 15. Die zu umhüllende Fläche einschließlich der angrenzenden Werksumhüllung muss sauber (keine lose anhaftenden Partikel von Rost, Schmutz und dergleichen), trocken und frei von Fremdmaterialien wie Öl, Fett, Trennmittel und Wachs sein.

Die Werksumhüllung wird im Installationsbereich 100 mm aufgeraut und eventuelle Kanten mit einer balligen Raspel auf ca. 30° aufgeraut.

14.1.15 Grundierung der Oberfläche mit Hilfe von Primer

Der Primer ist vor der Verarbeitung kräftig umzurühren. Die gereinigte, trockene Oberfläche (Stahloberfläche und das beschichtete Mantelrohr) auf ca. 100 mm Länge ist nun mit Primer mithilfe eines Pinsels zu beschichten. Der Primer lüftet in ca. 5 bis 10 Minuten ab. Anschließend muss innerhalb von drei Stunden das mitgelieferte Korrosionsschutzband um das Rohr gewickelt werden.

14.1.16 Umhüllen der Oberflächen

Das mitgelieferte Korrosionsschutzband wird mit der Klebeseite zum Rohr unter straffem Zug mit 50%-iger Überlappung um das Rohr gewickelt. Dieses beschichtete Mantelrohr wird beidseitig 100 mm in die Wicklung einbezogen. Anzahl der Wicklungen: 2-mal mit 50%-iger Überlappung.

Achtung: 100 mm breite Korrosionsschutzbänder dürfen nur mit einem Wickelautomaten verarbeitet werden! Siehe auch Herstellervorschriften

Die fertige Umhüllung muss mit einem ISO Testgerät auf Porenfreiheit geprüft werden.

Die Prüfspannung beträgt 5 KV + 5 KV je mm Isolierung. Die übliche Prüfspannung beträgt 20 KV.

Erstellt für Kleber Helmut, SEG Rohrbau GmbH. Zur ausschließlichen persönlichen Nutzung.

14.1.17 Nachumhüllen von Mantelrohrverbindungen mittels Schrumpftechnik

Oberflächenvorbereitung gemäß DVGW, Merkblatt GW 15.

Die zu umhüllende Fläche einschließlich der angrenzenden Werks-
umhüllung muss sauber (keine lose anhaftenden Partikel von Rost, Schmutz
und dergleichen), trocken und frei von Fremdmaterialien wie Öl, Fett, Trenn-
mitteln und Wachs sein.

Die Werksumhüllung wird im Installationsbereich 100 mm aufgeraut und
eventuelle Kanten mit einer balligen Raspel auf ca. 30° angeschrägt.

Danach wird die zu umhüllende Oberfläche auf ca. 60 °C vorgewärmt. Die
Installation des mitgelieferten Produktes wird dann gemäß der ent-
sprechenden Montageanleitung des Produktherstellers ausgeführt. Ein
Voranstrich entfällt. Die Umhüllung darf nur von Personal mit gültigem
Umhüller-Ausweis gemäß GW 15 ausgeführt werden.

Die fertige Umhüllung muss mit einem ISO Testgerät auf Porenfreiheit
geprüft werden. Die Prüfspannung beträgt 5 KV + 5 KV per mm Isolierung.
Die übliche Prüfspannung beträgt 20 KV.

Der ISO-Test ist zu protokollieren.

14.1.18 Schema Grabenquerschnitt

- Grundlagen:
- Technische Regeln für Rohrfernleitungen (TRFL)
 - AGFW-M.BI: 4.3.3 Grabenbreiten

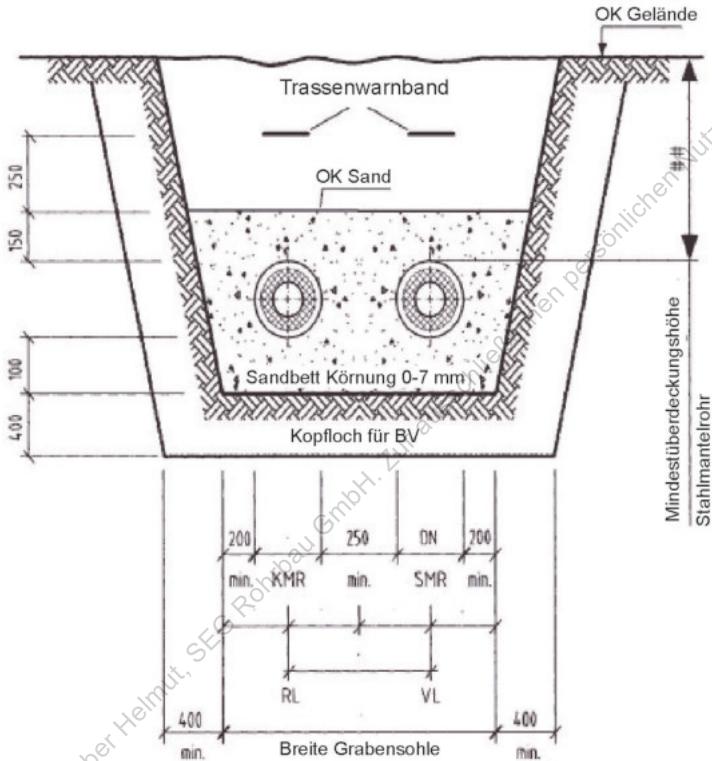


Abbildung 111, Grabenquerschnitte bei Stahlmantelrohren

Autor & Verfasser

Christian Ebert, ISOBRUGG Stahlmantelrohr GmbH

15 BFW Mitgliederverzeichnis



BASF Polyurethanes GmbH

Elastogranstr. 60
49448 Lemförde, DE
www.polyurethanes.basf.eu



BROEN A/S

Skovvej 30
5610 Assens, DK
www.broen.com



BRUGG Rohrsysteme GmbH

Adolf-Oesterheld-Straße 31
31515 Wunstorf, DE
www.brugg.de



Brugg Rohrsystem AG

Industriestrasse 3
5314 Kleindöttingen, CH
www.pipesystems.com



Böhmer GmbH

Gedulderweg 95
45549 Sprockhövel, DE
www.boehmer.de



Seal For Life Industries BVBA

Nijverheidsstraat 13
2260 Oevel / Westerlo, BE
www.berryplastics.com

CANUSA-CPS

Shawcor Pipelines Products

Dellaertweg 9-E

2316 WZ Leiden, NL

www.canusacps.com

GERMANPIPE 
BRUGG

German Pipe - Industrie- und

Fernwärmetechnik GmbH

Darrweg 43

99734 Nordhausen, DE

www.germanpipe.de



**HPW Industrievertretungs-
gesellschaft mbH**

Siemensstraße 27

67454 Hassloch, DE

www.hpw-fernwaerme.de



**IFW Ingenieurgesellschaft für
Wärmetechnik mbH**

Karl Liebknecht Str. 17-19

06682 Deuben, DE

www.ifw-deuben.de

ISOBRUGG

ISOBRUGG Stahlmantelrohr GmbH

Zum Hämeler Wald 21

31275 Lehrte / OT Arpke, DE

www.isobrugg.de

is  **plus**
Sondershausen

isoplus Fernwärmetechnik GmbH

Schachtstraße 28

99706 Sondershausen, DE

www.isoplus.de



**isoplus Fernwärmetechnik
Vertriebsgesellschaft mbH**

Aisinger Str. 12
83026 Rosenheim, DE
www.isoplus.de



Klinger Fluid Control GmbH

Büro Deutschland
Richard-Klinger-Straße 37
65510 Idstein, DE
www.klinger-kf.at



KMR Service GmbH

Warener Chausse 55 b
17217 Penzlin, DE
www.kmr-fernwaerme.de



Kröner GmbH

Armaturen und Dichtungstechnik
Ostring 29
73269 Hochdorf/Plochingen, DE
www.kroener-dichtungstechnik.de



Lancier Monitoring GmbH

Gustav-Stresemann-Weg 11
48155 Münster, DE
www.lancier-monitoring.de



PSI Products GmbH

Ulrichstraße 25
72116 Mössingen, DE
www.psi-products.de



RAV Armaturen GmbH

Am Walzwerk 5
45527 Hattingen, DE
www.rav-valve.de



STURM Isotech GmbH & Co. KG

Benzstraße 21b
38446 Wolfsburg, DE
www.sturm-isotech.de



4 pipes GmbH

Sigmundstrasse 182
90431 Nürnberg, DE
www.4pipes.de

Erstellt für Kleber Helmut, SEG Rohrbau GmbH. Zur ausschließlich persönlichen Nutzung.

16 Quellenverzeichnis

16.1 Normen und Regelwerke

Gültige Normen und Regelwerke zum Zeitpunkt der Drucklegung

[1] AGFW - Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V.

- AGFW - Regelwerk FW 401
Zertifizierung von Rohrleitungsbauunternehmen
- AGFW - Arbeitsblatt FW 601
Zertifizierung von Rohrleitungsbauunternehmen
- AGFW - Arbeitsblatt FW 603
Muffenmontage an Kunststoffmantelrohren (KMR) und flexiblen
Rohrsystemen, Prüfung von Muffenmonteuren
- AGFW - Arbeitsblatt FW 605
Zertifizierung von Muffenmontageunternehmen

[2] Gesetze und Vorschriften

- BGV A 1, BGV A 3, BGV C, BGV D - Unfallverhütungsvorschriften
- BG RCI - Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie

[3] DIN Normen

- DIN 18195 - Bauwerksabdichtungen
- DIN 18196 - Erd- und Grundbau - Bodenklassifikation für
bautechnische Zwecke
- DIN 18300 - Erdarbeiten
- DIN 30672 - Organische Umhüllungen für den Korrosionsschutz von in
Böden und Wässern verlegten Rohrleitungen für Dauerbetriebs-
temperaturen bis 50 °C ohne kathodischen Korrosionsschutzbänder
und schrumpfende Materialien
- DIN 4124 - Baugruben und Gräben - Böschungen, Verbau,
Arbeitsraumbreiten

[4] DVS Richtlinien

- DVS - Richtlinie 2207-1 Schweißen von thermoplastischen Kunststoffen - Heizelementschweißen von Rohren, Rohrleitungsteilen und Tafeln aus PE-HD
- DVS - Richtlinie 2207-5 Schweißen von thermoplastischen Kunststoffen - Schweißen von PE-Mantelrohren - Rohre und Rohrleitungsteile
- DVS - Richtlinie 2212-4 Prüfung von Kunststoffschweißern - Schweißen von PE-Mantelrohren - Rohre und Rohrleitungsteile

[5] Europäische Normen

- DIN EN 253 - Fernwärmerohre – Werkmäßig gedämmte Verbundmantelrohrsysteme für direkt erdverlegte Fernwärmenetze-Verbundrohrsystem
- DIN EN 448 - Fernwärmerohre - Werkmäßig gedämmte Verbundmantelrohrsysteme für direkt erdverlegte Fernwärmenetze-Verbundformstücke
- DIN EN 489 - Fernwärmerohre – Werkmäßig gedämmte Verbundmantelrohrsysteme für direkt erdverlegte Fernwärmenetze – Rohrverbindungen
- DIN EN 12068 Kathodischer Korrosionsschutz – Organische Umhüllungen für den Korrosionsschutz von in Böden und Wässern verlegten Stahlrohrleitungen im Zusammenwirken mit kathodischem Korrosionsschutz – Bänder und schrumpfende Materialien
- DIN EN 13941 Auslegung und Installation von werkmäßig gedämmten Verbundmantelrohren für die Fernwärme

[6] VdS 2869 - Umgang mit Flüssiggasflaschen

[7] TRGS 430 - Technische Regeln für Gefahrstoffe

16.2 Ergänzende Literatur, Fotos und Abbildungen

Die Autoren des Handbuches bedanken sich für die Unterstützung und Zurverfügungstellung der Planungs- und Produktunterlagen, der Fotos und Abbildungen bei den nachfolgend aufgeführten Firmen:

- [8] 4 pipes GmbH, D - 90431 Nürnberg
- [9] BASF Polyurethanes GmbH, D - 49448 Lemförde
- [10] Brugg Rohrsysteme GmbH, D - 31515 Wunstorf
- [11] Covalence, B - 2206 Westerlo, Belgien
- [12] German Pipe Industrie- und Fernwärmetechnik GmbH,
D - 99734 Nordhausen
- [13] Handwerkskammer Aachen, D - 52062 Aachen
- [14] IFW - Ingenieurgesellschaft für Wärmetechnik mbH,
D - 06682 Deuben
- [15] Isoplus Fernwärmetechnik Vertriebsgesellschaft mbH,
D - 83026 Rosenheim
- [16] isoplus Fernwärmetechnik GmbH, D - 99706 Sondershausen
- [17] Sachverständigenbüro Reinhold Sänger,
D - 52134 Herzogenrath Kohlscheid

17 Unternehmens Präsentationen

Erstellt für Kleber Helmut, SEG Rohrbau GmbH. Zur ausschließlichen persönlichen Nutzung.

**UNSERE
PRODUKTE
AGIEREN
MEIST**

UNDER COVER



BÖHMER Kugelhähne helfen Kunden auf der ganzen Welt, ihre Fernwärmenetze über viele Jahre hinweg störungsfrei zu betreiben. Dabei bleiben sie Dank ihrer hohen Sicherheit und Wartungsfreiheit meist unbemerkt – jedoch immer sehr geachtet.

**UND WIR SORGEN DAFÜR,
DASS ES LANGE SO BLEIBT!**

BÖHMER KUGELHÄHNE
UNSERE ERFAHRUNG – IHRE SICHERHEIT



ISOBRUGG

Stahlmantelrohr-Systemkompetenz

Lösungen für:

schwierige Bodenverhältnisse
Feuchtgebiete · Flussquerungen (Düker)
Straßenquerungen · Transportleitungen
... **unkompliziert und kostengünstig!**

Innenrohrauslegung DN 25 bis DN 1200
Temperaturen bis 400 °C
Druckstufen bis PN 64



Bau eines Fernwärme-Dükers unter dem Rhein zwischen Köln-Niehl und Köln-Mülheim

Beschreibung: Doppeldüker, thermisch vorgespannt, im Betontunnel eingezogen

Bauherr: **RheinEnergie AG**

680 m ISOBRUGG-Stahlmantelrohr DN 700/60/900

680 m ISOBRUGG-Stahlmantelrohr DN 700/410/1000

Berechnung: 130°C/Nameindruckstufe: PN 25

Bauzeit ISOBRUGG: 10 Monate incl. thermischer Vorspannung, Evakuierung und Vakuumanlage

IM GRUNDE SIND ES DOCH DIE

VERBINDUNGEN MIT MENSCHEN,

DIE DEM GANZEN SEINEN FLUSS GEBEN.



LABYRINTH- MAUERDICHTRING

gegen nicht drückendes Wasser



ABDICHTMANSCHETTE TYP FW

gegen drückendes Wasser



PSI ABDICHTMANSCHETTE VOR DER WAND TYP VDW

gegen drückendes Wasser



MAUERDURCHFÜHRUNG COMPAKT FW

gegen drückendes Wasser



PSI Products GmbH
Ulrichstrasse 25
72116 Mössingen

Phone: 0 049 (0)7473 3781 0
Fax: 0 049 (0)7473 3781 35

vertrieb@psi-products.de
www.psi-products.de

abdichtlösungen für vorgedämmte rohre



DHEC/IPEC



EasySeal WPSM-PE

FOPS

EasySeal TPSM-PE

RFS



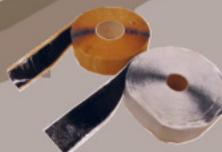
CCS-DHEC



DualSeal RJS-E

RAYJOINT® Kleber

S1113



DARE TO CARE!

isoplus[®]

Energie die ankommt.

www.isoplus.de



isoplus Fernwärmetechnik
Vertriebsgesellschaft mbH
Aisinger Straße 12
D-83026 Rosenheim

Tel: +49 8031 650 0
Fax: +49 8031 650 110
Email: info@isoplus.de

Erstellt für Kleber-Helmuth, SEG Rohrbaubau GmbH. Zur ausschließlichen persönlichen Nutzung.

www.  4 pipes.de



Sicher dicht!
Mauerdurchführungen
4 pipes



4 pipes GmbH
Sigmundstraße 182 • 90431 Nürnberg
Telefon: +49 (0)911 81006-0 • Telefax: +49 (0)911 81006-111
E-mail: info@4pipes.de • www.4pipes.de

PREMANT®

Qualität aus Thüringen



German Pipe*

Industrie- und Fernwärmetechnik GmbH

Darrweg 43

D-99734 Nordhausen

phone +49 (3631) 46 267-0

fax +49 (3631) 46 267-79

info@german-pipe.de

www.german-pipe.de

A company of the BRUGG Group

Die German Pipe GmbH bietet ein breites Spektrum an Bauteilen für Fernwärme und Industrielle Anwendungen. Eine lange Erfahrung und das Wissen um die Bedürfnisse in der Rohrleitungsbranche sichern unseren Kunden eine schnelle und kostengünstige Lösung.

Optimierte Produkte sowie ein erfahrenes Team von Ingenieuren und Technikern steht Ihnen zur Seite, um die die passende Variante für fast jede Anwendung zu finden.

Sonderlösungen sind unser tägliches Geschäft, fordern Sie uns.

"Qualität und Zuverlässigkeit aus Thüringen - Made in Germany"

GERMANPIPE®
BRUGG

**Damit Fernwärme
dort ankommt, wo sie soll!**



Fernwärmerohr-Überwachung von LANCIER Monitoring

**Erkennen und Orten von Leckagen bevor
kostenintensive Schäden auftreten.**

Vertrauen Sie auf mobile und stationäre
Überwachungslösungen vom Spezialisten
mit über 50 Jahren Erfahrung.

LANCIER Monitoring GmbH

Gustav-Stresemann-Weg 11 • 48155 Münster

Tel. +49 (0) 251 674 999-34 • info@lancier-monitoring.de • www.lancier-monitoring.de

Rohrsysteme für die Zukunft

Die Lösung Ihrer Probleme ...



BRUGG Rohrsysteme GmbH

Adolf-Oesterheld-Straße 31
D-31515 Wunstorf
phone +49 (0)5031 170-0
info.brg@brugg.com
www.brugg.de

A company of the
BRUGG Group

... ist flexibel, selbstkompensierend und selbstentlüftend. Sind die effizienten Rohrsysteme von BRUGG für den Einsatz in Fernwärmenetzen. Ob FLEXWELL-Fernheizkabel®, das flexible Stahlmantelrohr, CASAFLEX®, die Hausanschlussleitung, oder CALPEX®, das Kunststoffrohr mit den hervorragenden Dämmwerten: Wir haben für jeden Einsatz die richtige Rohrleitung.

Seit rund 50 Jahren sind wir führend in Kompetenz und Qualität bei der Herstellung flexibler Fernwärmerohre.

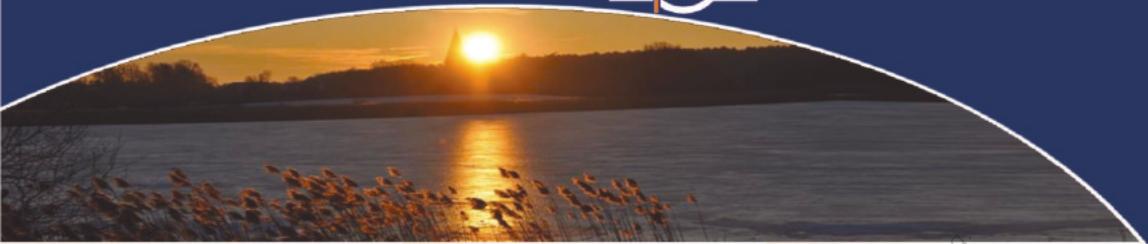
Rufen Sie uns an, wir beraten Sie gerne!

BRUGG PIPESYSTEMS
Flexible solutions

Energieeffizient
handeln



KMR
SERVICE GMBH



FERNWÄRME- ROHRSYSTEME

- starre und flexible Fernwärmerohre mit oder ohne Diffusionssperre; Systeme mit Mediumrohr aus Stahl oder PEX
- Wickelfalzrohr
- Hochtemperaturrohr
- Komponenten für Fernwärmeleitungen



Unsere Produkte sind zertifiziert nach ISO 9001:2009 und ISO 14001:2005



FERNWÄRME- SERVICE

- Nachisolierung
- Herstellung von Formteilen/Sonderbauteilen (Montagebogen, Montageabzweige)
- Fehlerortung, Thermografie, Lecküberwachung
- Sanierung von Fernwärmeleitungen
- Berechnung von komplexen Rohrsystemen (Statik)
- Korrosionsschutz

KUNSTSTOFF- VERARBEITUNG

- Schweißen von Kunststoffen: PE-HD, PVC, PP, PVD
- Behälterbau

QUALITÄTS-TS- SICHERUNG NG

- KMR-Service GmbH ist zertifiziert nach FW 605.
- Unsere Monteure sind zertifiziert nach FW 603.
- Wir sind Mitglied der



KMR-Service GmbH
Gewerbepark 3,
17039Trollenhagen
www.kmr-service.de

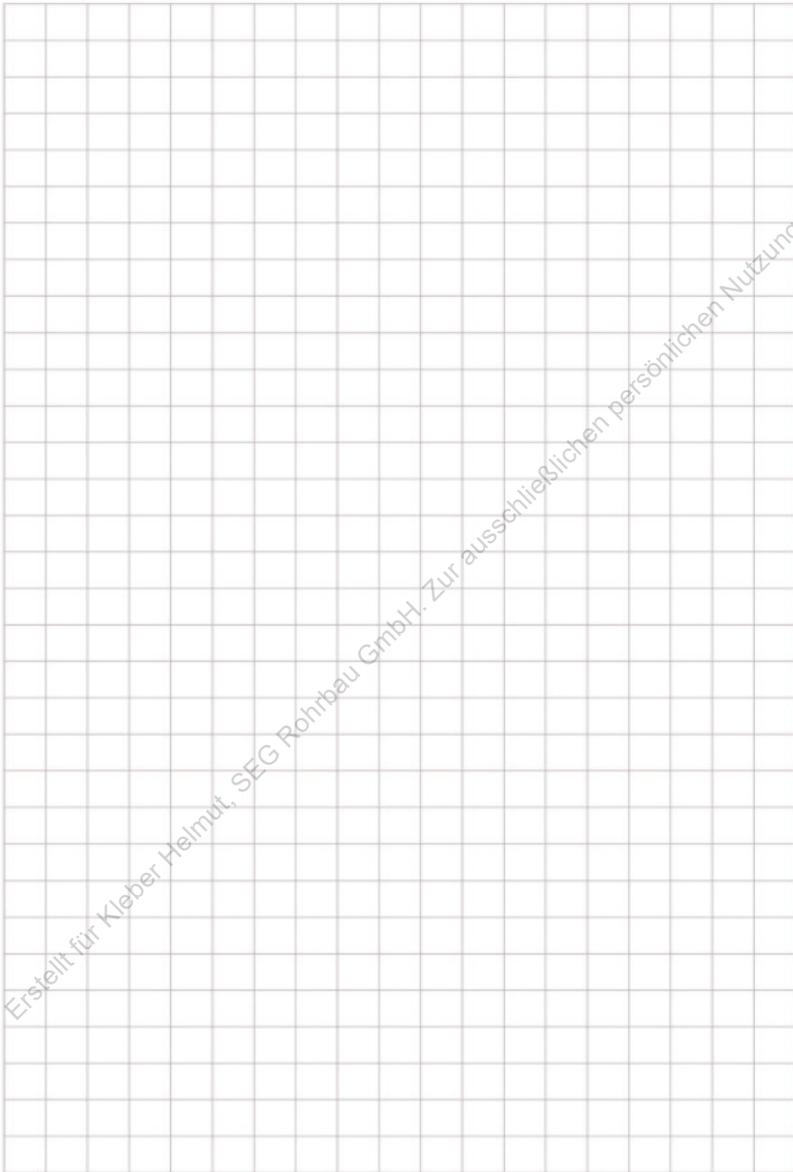
Hauptsitz

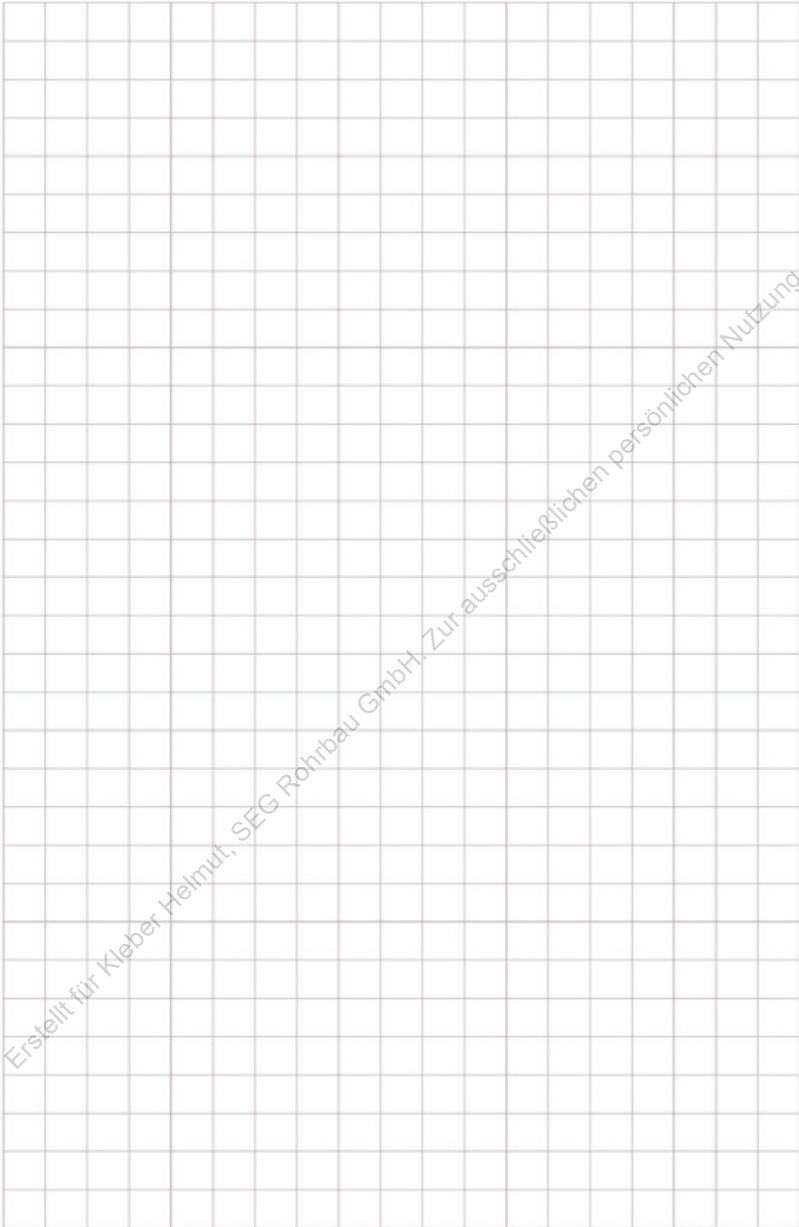
Tel. 0395 45558640
Fax 0395 45558649
info@kmr-service.de
Rainer.Baum@kmr-service.de

Vertrieb

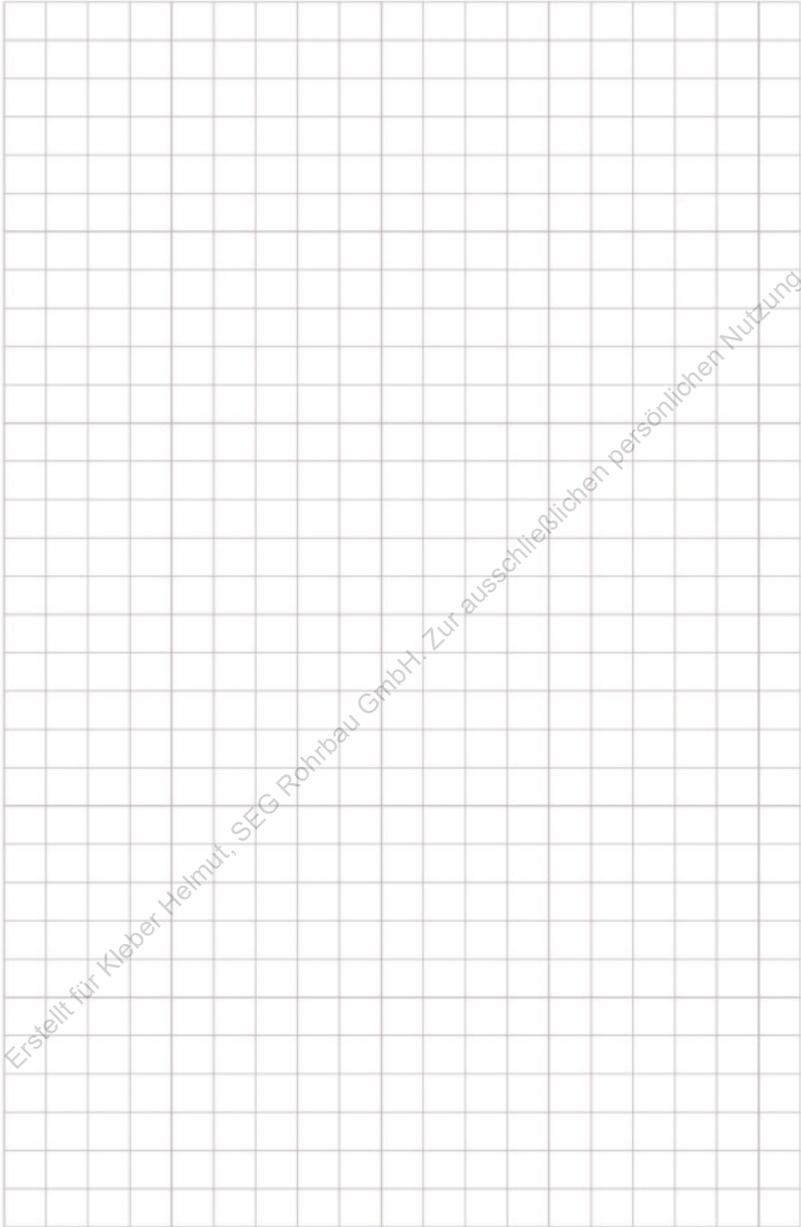
Tel. 03461 814820
Mobil 0170 7381889
Fax 03461 814821
Dietmar.Rost@kmr-service.de

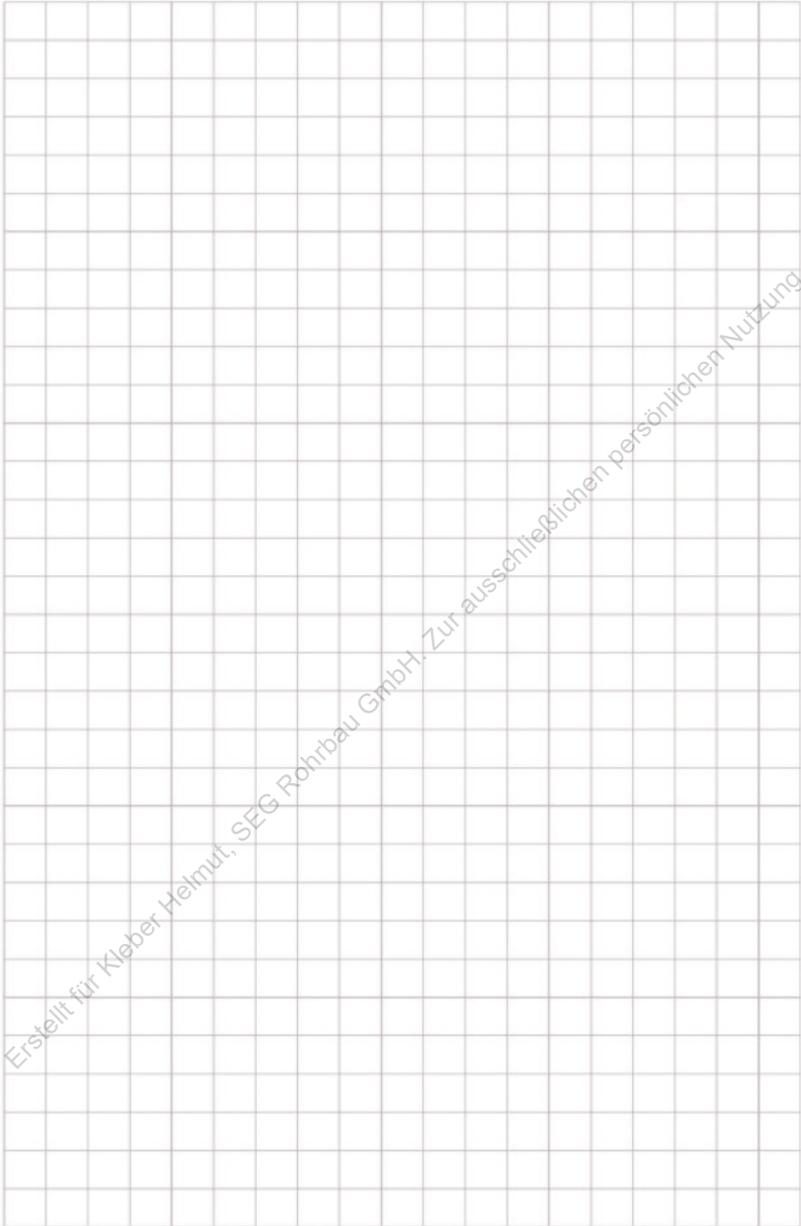
18 Aufzeichnungen und Notizen



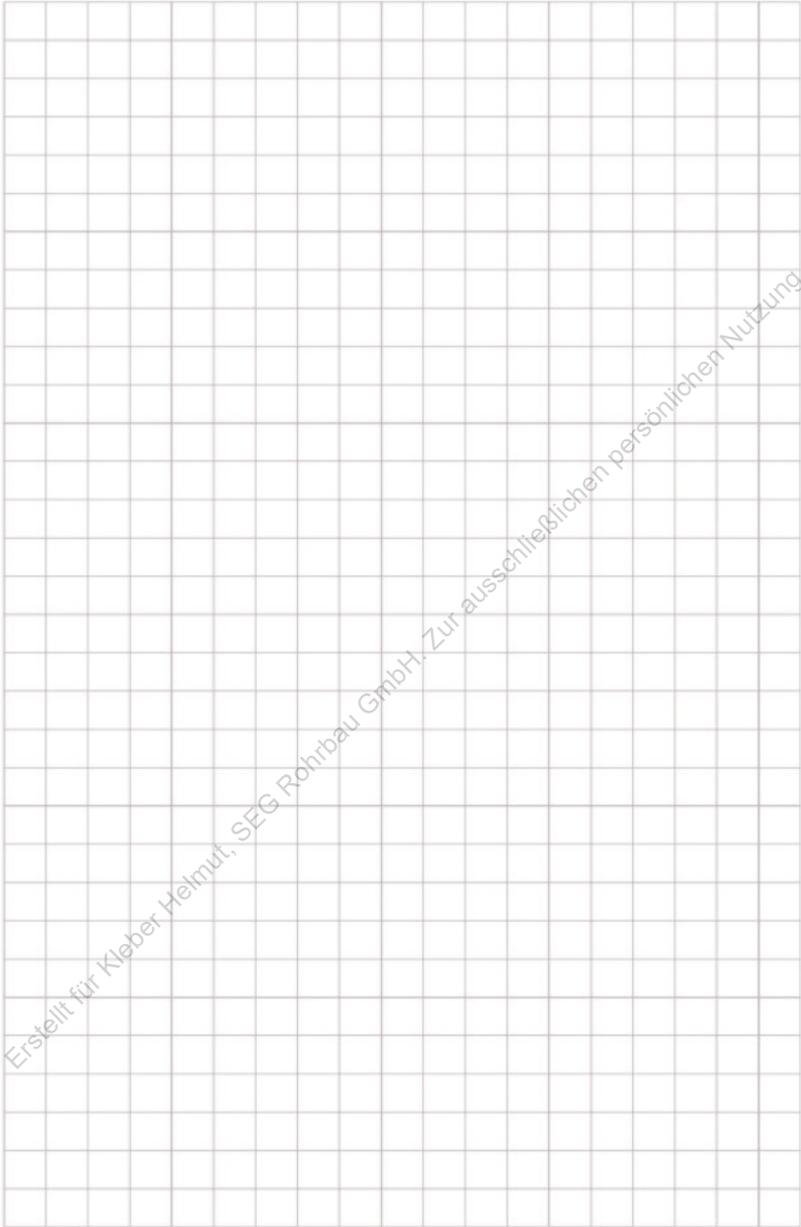


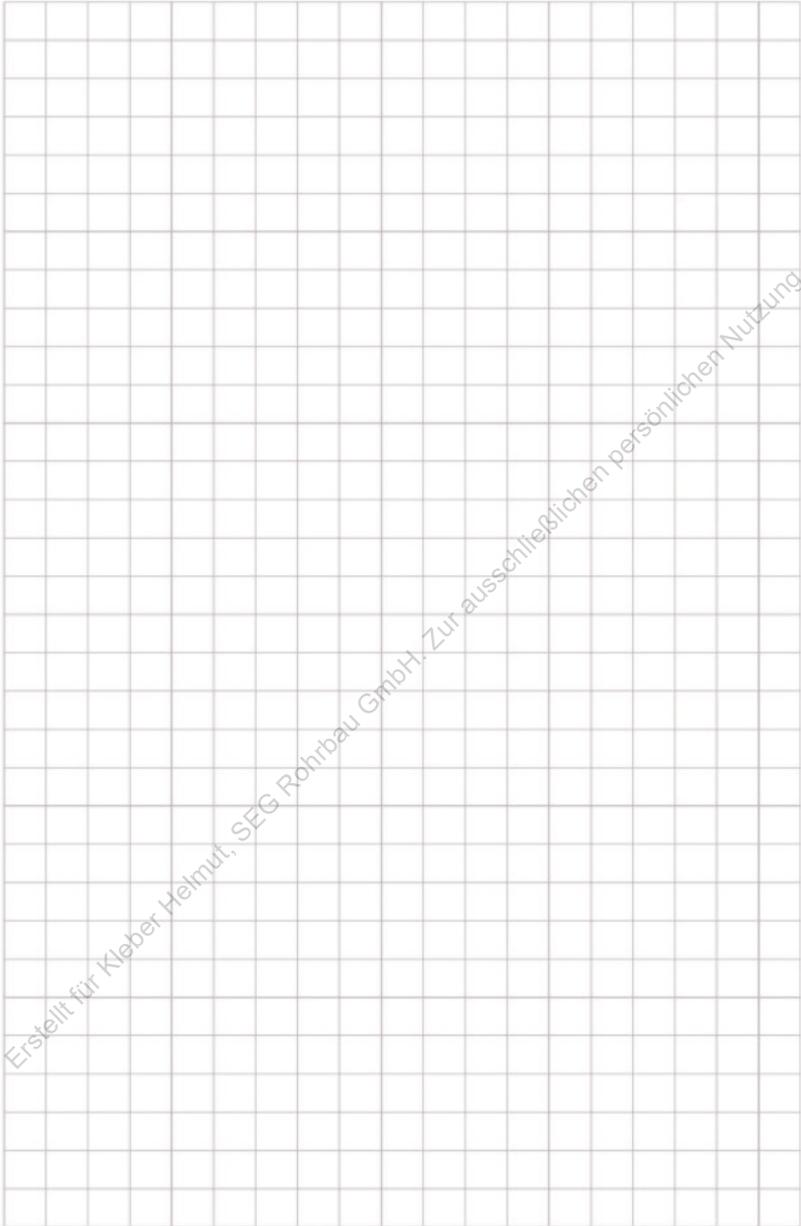
Erstellt für Kleber Helmut, SEG Rohrbau GmbH. Zur ausschließlichen persönlichen Nutzung.



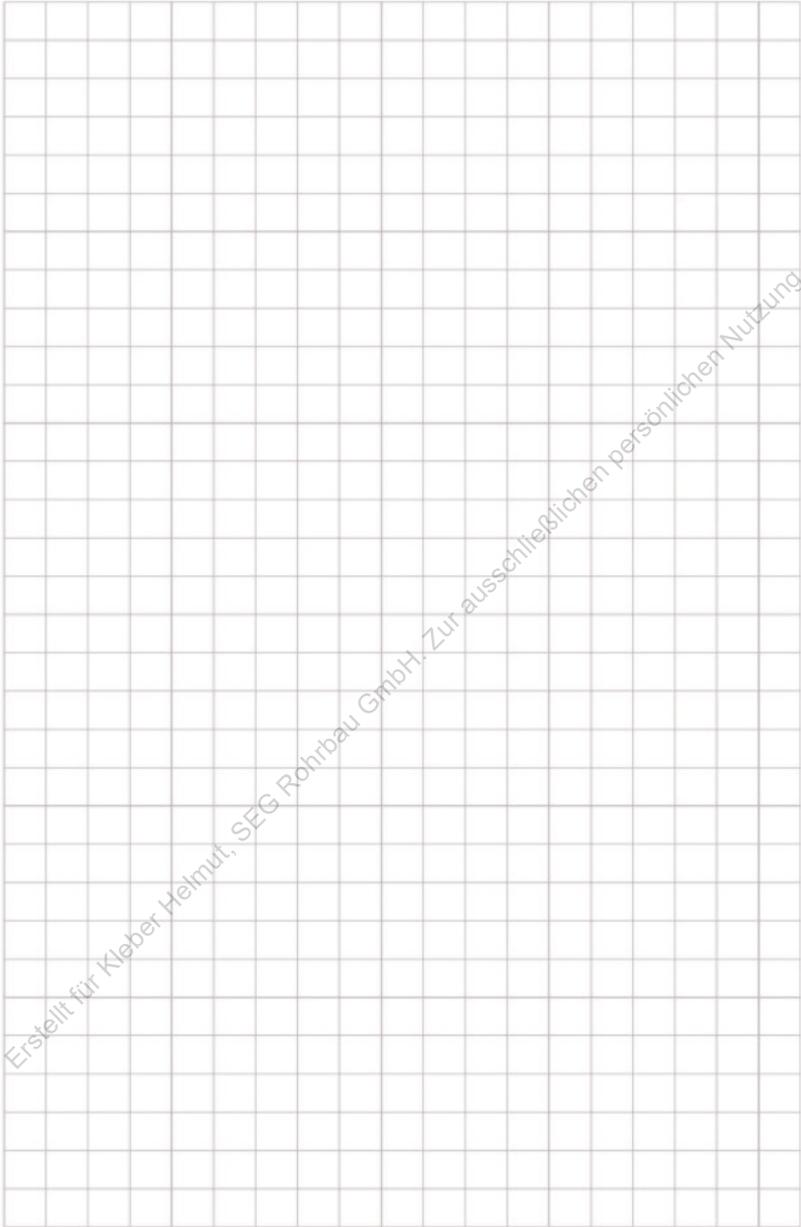


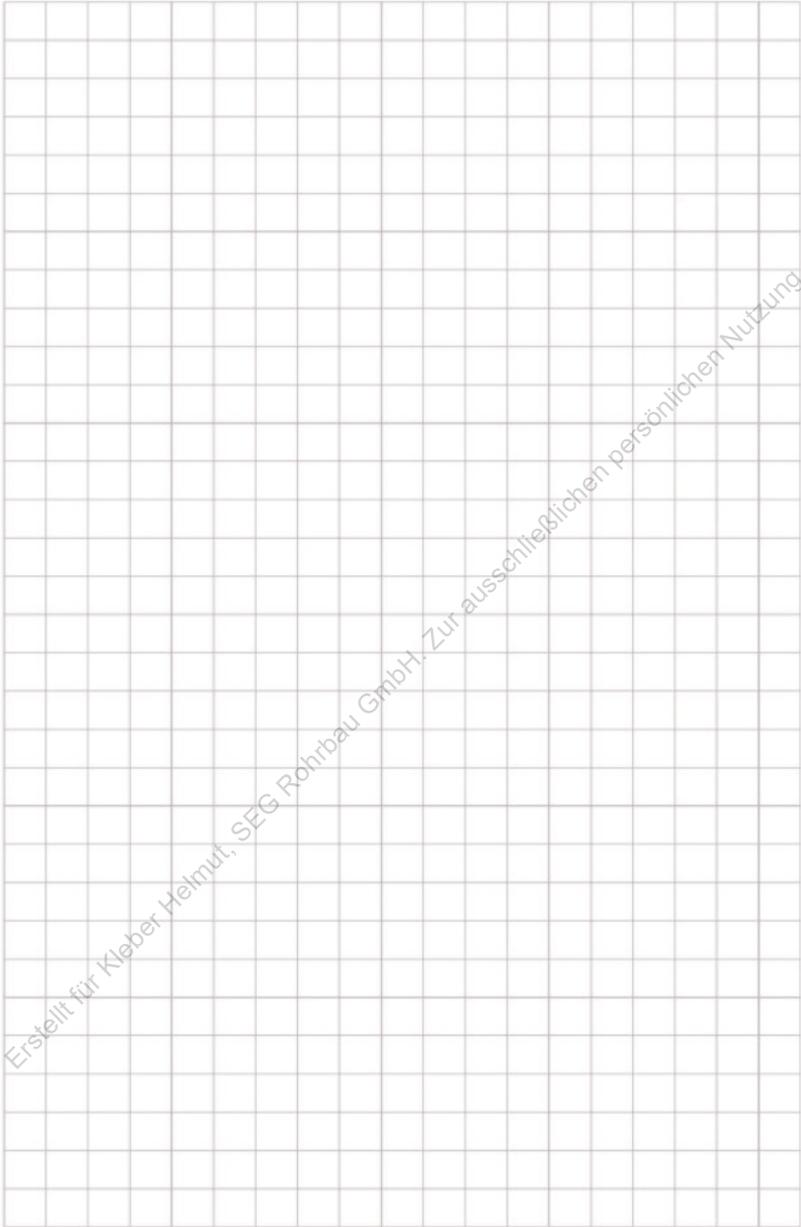
Erstellt für Kleber Helmut, SEG Rohrbau GmbH. Zur ausschließlichen persönlichen Nutzung.





Erstellt für Kleber Helmut, SEG Rohrbau GmbH. Zur ausschließlichen persönlichen Nutzung.





Erstellt für Kleber Helmut, SEG Rohrbau GmbH. Zur ausschließlichen persönlichen Nutzung.

