

Kunststoffrohre in der Trinkwasserversorgung

Planung von Haus- installationen Teil 1

Klaus Pörtl¹

Der Einsatz von Rohrleitungen aus Kunststoff hat in der Technischen Gebäudeausrüstung (TGA) in den vergangenen 10 Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen, sowohl im Kaltwasser- als auch im Warmwasserbereich. Was gilt es bei der Ausführung solcher Installationen zu beachten? Der Autor erläutert in seinem Beitrag, wie vor allem der Planer dafür Sorge zu tragen hat, um eine sichere und sachgerechte Verlegung zu gewährleisten.

Aufgrund der verstärkten Verwendung von Kunststoffrohren für Hausinstallationssysteme müssen sich das Architektur- bzw. Ingenieurbüro sowie der Handwerks- und Industriebetrieb intensiver mit diesen Rohrwerkstoffen auseinandersetzen. Dazu bedarf es eines Grundwissens über das Werkstoffverhalten, des Verständnisses für die Grenzen der jeweiligen Anwendung und der Erfahrung mit der Verarbeitung von Kunststoffen. Vergleicht man Kunststoffe mit metallischen Werkstoffen, läßt sich erkennen, daß es bei der Wahl eines Werkstoffes meist keine eindeutigen Vor- oder Nachteile gibt. Jeder Anwender muß also wissen, wie er die jeweiligen Vorteile zu seinem Nutzen und dem der Kundschaft einsetzen kann. Ein bedeutender Bei-

trag zur Betriebssicherheit von Kunststoffrohrsystemen wird durch die planerische Betrachtung beigesteuert.

Sind Planungsarbeiten notwendig?

Häufig stellt sich die Frage, in welchem Umfang und ob eine besondere Planung von Rohrleitungssystemen notwendig ist oder ob das ausführende Unternehmen (Handwerks- oder Industriebetrieb) diese Leistung im Rahmen seines Auftrages übernehmen und dem Bauherrn somit Zeit und Geld sparen kann.

Eine pauschale Aussage ist hierzu nicht möglich. Denn es ist einerseits eine Frage des Schwierigkeitsgrades bei der Aufgabenstellung. Andererseits ist der Struktur des ausführenden Unternehmens Rechnung zu tragen. Die Vorteile einer getrennt vergebenen Planung und Ausführung lassen sich durch folgende Argumente stützen:

- die Objektivität von Entscheidungen bleibt über die gesamte Planungs- und Bauzeit gewahrt
- die Schwerpunkte der Erfahrungen des Planers und des ausführenden Unternehmens kommen deutlicher zum Tragen
- Kontrollen und Abgleich der Unterlagen sind effizient und zweifelsfrei
- Vorschriften mit wirtschaftlicher Auswirkung werden nicht verwässert
- die Qualität der Ausführung bewegt sich auf einem höheren Niveau.

Planungsphasen und ihre Inhalte

Es gibt verschiedene Formen einer Planung, wobei in der TGA lediglich die Entwurfs-, die Ausführungs- und die Detailplanung zu beachten sind.

Entwurfsplanung

Im Rahmen einer Entwurfsplanung muß die Lösung der Planungsaufgabe beschrieben werden. Hierbei sind die Zielvorstellungen des Bauherrn zu berücksichtigen. Gleich-



zeitig sind Kostenschätzungen vorzunehmen, die den Bauherrn in die Lage versetzen, Entscheidungen auch unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten zu treffen. Zur Entwurfsplanung gehören im wesentlichen:

- Objektbeschreibung mit Erstellen eines Pflichtenheftes
- Stufenweises Erarbeiten einer oder mehrerer Lösungen
- Integration von Randgewerken
- Ermittlung der Schätzkosten
- Verhandlungen mit Behörden, Ämtern und dgl.

Ausführungsplanung

Die Ausführungsplanung befaßt sich mit dem Erarbeiten und der Darstellung der ausführungsfähigen Planungslösung. Folgende Leistungen sind als Grundgerüst der Ausführungsplanung anzusehen:

- Durcharbeiten der Ergebnisse aus der Entwurfsplanung
- Durchführen von rechnerischen Untersuchungen
- zeichnerische Darstellung der Planungsobjekte
- Erstellen eines Leistungsverzeichnisses
- Fortschreiben der Unterlagen auf den Stand der Ausschreibungsergebnisse.

Detailplanung

Die Detailplanung umfaßt alle Leistungen, welche der Herstellung des Objektes dienen. Die Detailplanung hat i.d.R. das ausführende Unternehmen durchzuführen. Hierzu gehören insbesondere:

- das Festlegen der Termine und ihre Abbildung in einem Terminplan
- das Durcharbeiten und Kontrollieren der Planungsunterlagen
- das Erstellen der Fertigungs- und Montagezeichnungen
- die Material-, Personal- und Maschinen-disposition

¹ Dipl.-Ing. Klaus Pörtl, 68239 Mannheim, Fax (06 21) 48 13 63, referierte zu diesem Thema auf der Tagung „Kunststoffe in der Trinkwasserversorgung“ im SKZ Würzburg.

² Für Trinkwasseranlagen: 50 Jahre

Qualität der Planungsarbeiten

Kunststoffrohrleitungen sind nach den anerkannten Regeln der Technik herzustellen. Die Definition entstammt dem Strafrecht. Obwohl eine gesetzliche Festlegung bislang fehlt, sind diese Regeln und daraus resultierende Regelwerke (Normen, Richtlinien und dgl.) generell zu beachten. Entspricht eine Leistung (Planungs- oder Bauleistung) nicht den anerkannten Regeln, so ist sie grundsätzlich als mangelhaft anzusehen, was zu Gewährleistungsansprüchen des Bauherrn führen kann. Es genügt aber nicht, die Planung vom Inhalt her ausschließlich an den Regelwerken zu orientieren. Neben ihnen sind auch die Erfahrungen zu berücksichtigen, welche sich aus laufenden und abgeschlossenen Arbeiten ergeben. Außerdem ist zu bedenken, daß z. B. Normen veraltet und damit in ihrer Anwendung überholt sein können. Versäumt es die mit der Planung befaßte Stelle, sich um die Aktualität von Normen und Richtlinien zu bemühen, so läuft sie Gefahr, am dadurch ausgelösten Mangel einer Ausführung teilzuhaben. Gleichzeitig tritt die planende Stelle automatisch mit in die Gewährleistung des nach ungenügenden Unterlagen ausführenden Unternehmens ein.

Art und Umfang der Planungsarbeiten

Zur sorgfältigen und ausgewogenen Planung von Kunststoffrohrleitungen gehören insbesondere

- die Dimensionierung der Rohrleitungssysteme
- das Bestimmen der Verlegeparameter
- das Anfertigen von Verlegeplänen
- das Erstellen eines Halterungskonzeptes
- das Beraten des Bauherrn und des ausführenden Unternehmens
- das qualitätsbezogene Überwachen der Bauausführung.

Häufig müssen die vorgenannten Aufgaben dem ausführenden Unternehmen in Auftrag gegeben werden, obwohl der Baumaßnahme bereits eine Planung vorgeschaltet war. Dies führt jedoch mehrheitlich zu unbefriedigenden Ergebnissen.

Außerdem ist diese Vorgehensweise eine grobe Nachlässigkeit der planenden Stelle gegenüber dem Bauherrn und dem ausführenden Unternehmen. Daher sollten auch Planungsarbeiten einer Qualitätssicherung und -überwachung unterzogen werden. Im Rahmen einer Rohrleitungsplanung müssen vor allem die werkstoffcharakteristischen Eigenschaften der Kunststoffe

berücksichtigt werden. Denn die aus dem Stahlrohrleitungsbau bekannten Grundsätze können nicht ohne weiteres übertragen werden.

Technische Vertragsgrundlagen für Kunststoffrohrsysteme

Neben den kaufmännischen Voraussetzungen zum Bau von Rohrleitungsanlagen aus Kunststoffen, müssen insbesondere die technischen Belange in Form von Spezifikationen – z. B. Technische Vertragsgrundlagen (TVG) – Berücksichtigung finden. Gibt es keine Spezifikation oder ist diese zu dürftig, so führt dies erfahrungsgemäß zur Qualitätsminderung bei Lieferungen und Leistungen. Die TVG sollen aber nicht die Regeln der Technik ersetzen sondern der Er-

Ausführungs- und Detailplanung für Kunststoffrohrsysteme

Im wesentlichen sind folgende Aufgaben bei der Ausführungs- und Detailplanung zu erledigen und in die Planungsunterlagen zu übertragen:

- Festlegen der hydraulischen Querschnitte für das Rohrsystem
- Ermitteln der thermisch bedingten Längenänderung
- Prüfen und Vorgeben der Kompensationsmöglichkeiten
- Bestimmen der Abmessungen von Dehnungsbogen
- Bestimmen der Rohrbefestigungsabstände
- Festlegen der Befestigungsart im Rohrsystem

| Kriterium | Kunststoffe | metallische Werkstoffe |
|---|-------------------------------|------------------------|
| Innendruckbelastbarkeit | ++ (begrenzt bis etwa 25 bar) | ++++ (nicht relevant) |
| Temperaturbelastbarkeit | ++ (begrenzt bis etwa 120 °C) | ++++ (nicht relevant) |
| Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Einflüsse | ++ (teils stoßempfindlich) | +++ |
| Widerstandsfähigkeit gegen aggressive Durchflußstoffe | +++ (ausgeprägt) | + |
| Korrosionsbeständigkeit | +++ (ausgeprägt) | + |
| Verarbeitung, Verlegung | +++ (einfach zu handhaben) | ++ |
| Wirtschaftlichkeit | +++ (längere Lebensdauer) | ++ |

Allgemeine Unterschiede zwischen Kunststoffen und metallischen Werkstoffen

gänzung sowie der Regelung dienen, welche Standards in welchem Umfang besondere Berücksichtigung finden sollen. Die planende Stelle, welche lediglich in Form allgemeiner Verweise auf Normen, Richtlinien, Merkblätter und dgl. das ausführende Unternehmen zu knebeln versucht ohne gleichzeitig Lösungen aufzuzeigen, hat seine Aufgabe falsch verstanden. Vorrangige Aufgabe der planenden Stelle ist es, wichtiges von unwichtigem zu trennen, damit sich das ausführende Unternehmen ganz seiner Aufgabe widmen kann und nicht erst nach den jeweils aktuellen Normen oder Richtlinien suchen muß. Im übrigen sind nur wenige Handwerksbetriebe in der Lage, sich in der verschachtelten Situation vieler Standards zurechtzufinden bzw. die Übersicht zu behalten. Daher müssen TVG's für Rohrsysteme aus Kunststoffen inhaltlich folgende Elemente aufweisen.

- Beschreibung spezieller Aufgaben
- Transport und Lagerungsbedingungen
- Beschreibung der Liefererteile
- Beschreibung der Montageleistungen
- Beschreibung der Qualitätsanforderungen
- Umfang der Prüfungen mit Erläuterungen zur Durchführung
- Art und Umfang der Dokumentation

- Ermitteln von Kräften an Rohrbefestigungen
- Erfolgte vor der Arbeitsdurchführung keine Detailplanung, muß der Installateur viele der vorgenannten Aufgaben übernehmen. Der Installationsbetrieb hat durch geeignete Hilfsmittel wie Tabellen, Diagramme und Formulare (Montagehandbuch) dafür zu sorgen, daß die Arbeiten sicher und ohne großen zeitlichen Aufwand durchgeführt werden können. Erfahrungsgemäß ist das Verlegepersonal in der Lage, mit Montage Richtlinien umzugehen. Diese und ihre Anwendung sollten jedoch im Rahmen von wiederholten Seminaren und Schulungen dem Personal umfänglich vermittelt werden.

Werkstoffkennwerte als Grundlage der Planung

Die Wahl des geeigneten Kunststoffes erfolgt seitens der planenden Stelle in Zusammenarbeit mit den Rohstofflieferanten und Herstellern von Rohrleitungsteilen. Die Eignung wird durch den jeweiligen An-

| Kennwert | Einheit | Stahl St 37 | UP-GF 35% GF | PE-HD (PE 80) | PP Typ 1,2,3 | PVC-U PVC-C |
|---|-------------------------|----------------|--------------------|------------------|-----------------|-------------------|
| Dichte | g/cm ³ | 7,85 | 1,45 | 0,94..0,96 | 0,93..0,95 | 1,40..1,55 |
| linearer thermischer Ausdehnungskoeffizient | 10 ⁻⁴ 1/K | 0,117 | 0,3 | 2,0 | 1,5..1,8 | 0,7..0,8 |
| Festigkeitskennwert* zur Dimensio- nierung der Rohrleitungswanddicke | N/mm ² | 190 | 60/30 | 5 | 6,5 | 15..17 |
| Biege-E-Modul zur Fest- legung der Stützabstände | N/mm ² | 210 000 | 8000 bis 22 000 | 700 bis 1000 | 800 bis 1100 | 2600 bis 3000 |
| Dehngrenzwerte für die Dimensionierung | % | 0,2 | 0,3..0,5 | 3,0 | 2,0 | 0,8 |
| kurzzeitig zulässige Anwendungstemperatur | °C | bis 350 | 130 | bis 60 | 80..95 | bis 65 bis 100 |
| langzeitig zulässige Anwendungstemperatur | °C | bis 300 | 100 | bis 45 | 60..75 | bis 55 bis 90 |

* für Kunststoffe gelten die Festigkeitswerte bei T = 20 °C und einer rechnerischen Standzeit von 25 Jahren. Mit Zunahme der Temperatur vermindert sich der Festigkeitswert

Stoffliche Eigenschaften ausgewählter Kunststoffe gegenüber Stahl

wendungsfall und die zu erwartenden Betriebsbedingungen bestimmt. Hierzu benötigt die planende Stelle umfassende Kenntnisse zur Anwendung der mechanischen Kennwerte sowie spezielle Erfahrungen über das unterschiedliche Verhalten der Kunststoffe unter Einfluß der jeweiligen Belastungen. Außerdem bedarf es der Beachtung der Kunststoffeigenschaften hinsichtlich Brandverhalten, hygienischem und toxikologischem Verhalten sowie dem Verhalten gegenüber elektrostatischer Aufladung und Einwirkung von UV-Strahlen.

Wirkungen des Durchflußstoffes auf das Kunststoffverhalten

Kunststoffrohrleitungen sind gegenüber einer Vielzahl von Durchflußstoffen widerstandsfähiger als solche aus metallischen Werkstoffen. Einige Durchflußstoffe vermögen jedoch Veränderungen in den Werkstoffeigenschaften zu bewirken (z. B. Festigkeitsminderung bei Einwirkung von Lösemitteln).

Eine erste Orientierung über die Widerstandsfähigkeit von Kunststoffen unter Einwirkung eines bestimmten Durchflußstoffes ermöglichen die Beiblätter zur jeweiligen Rohrnorm. Für die Dimensionierung einer Rohrleitung benötigt der Konstrukteur nicht nur den Hinweis auf die chemische Widerstandsfähigkeit des jeweiligen Kunststoffes gegenüber einem bestimmten Medium, sondern eine Rechengröße (Abminderungsfaktor), welche die Wirkung auf das Festigkeitsverhalten des Werkstoffes berücksichtigt. Angaben zu den thermoplastischen Kunststoffen enthalten die DVS-Richtlinie 2205-1 sowie die Medienlisten (Beständigkeitslisten) des DIBT oder der Rohstoffhersteller.

Dimensionierungskennwerte

Festigkeitsberechnungen zu Kunststoffrohrleitungen sind grundsätzlich auf der Basis

von Langzeit-Kennwerten vorzunehmen. Bei den thermoplastischen Kunststoffen ist eine rechnerische Standzeit von 25 Jahren² anzusetzen, wobei die Festigkeitskennwerte in Abhängigkeit zur Betriebstemperatur aus den Zeitstandkurven der Hersteller, den Rohrgrundnormen oder der DVS-Richtlinie 2205-1 entnommen werden können.

Verlegeparameter für oberirdische Kunststoffrohrleitungen

Für die oberirdische Verlegung von Kunststoffrohren gilt es in erster Linie, die thermisch bedingte Längenänderung ausreichend zu berücksichtigen. Hiervon sind der Einbau von Kompensatoren und Dehnungsmuffen sowie die Anordnung von Dehnungsbögen, Festpunkten und Gleitschellen einschließlich deren Abstand abhängig.

Ermittlung der thermisch bedingten Längenänderung

Wird die Kunststoffrohrleitung unterschiedlichen Temperaturen (Betriebs- oder Umgebungstemperaturen) ausgesetzt, so verändert sich ihre Lage entsprechend den Bewegungsmöglichkeiten der einzelnen Rohrstrecken. Als Rohrstrecke wird der Abstand zwischen zwei Festpunkten angesehen. Für die Berechnung von temperaturabhängigen Längenänderungen gilt allgemein:

$$\Delta l/\vartheta = + \alpha \cdot L \cdot \Delta \vartheta$$

In vorstehender Gleichung bedeuten:

$\Delta l/\vartheta$ = temperaturabhängige Längenänderung [mm]

α = linearer Ausdehnungskoeffizient [mm/m · K bzw. 1/K]

L = Länge der betrachteten Rohrstrecke [m bzw. mm]

$\Delta \vartheta$ = Temperaturdifferenz ($=T_{\max} - T_{\min}$) [K]

Bei der Festlegung von $\Delta \vartheta$ ist die niedrigste und höchste Rohrwandtemperatur T_R bei Montage, Betrieb oder Stillstand der Anlage anzusetzen.

Beispielsweise ist das betriebsbedingte Leerlaufen einer Kunststoffrohrleitung im

| α -Mittelwerte | mm/(m · K) | 1/K |
|-----------------------|------------|---------------------|
| PE | 0,18 | $1,8 \cdot 10^{-4}$ |
| PP | 0,16 | $1,6 \cdot 10^{-4}$ |
| PVC-C | 0,07 | $0,7 \cdot 10^{-4}$ |
| PVC-U | 0,08 | $0,8 \cdot 10^{-4}$ |

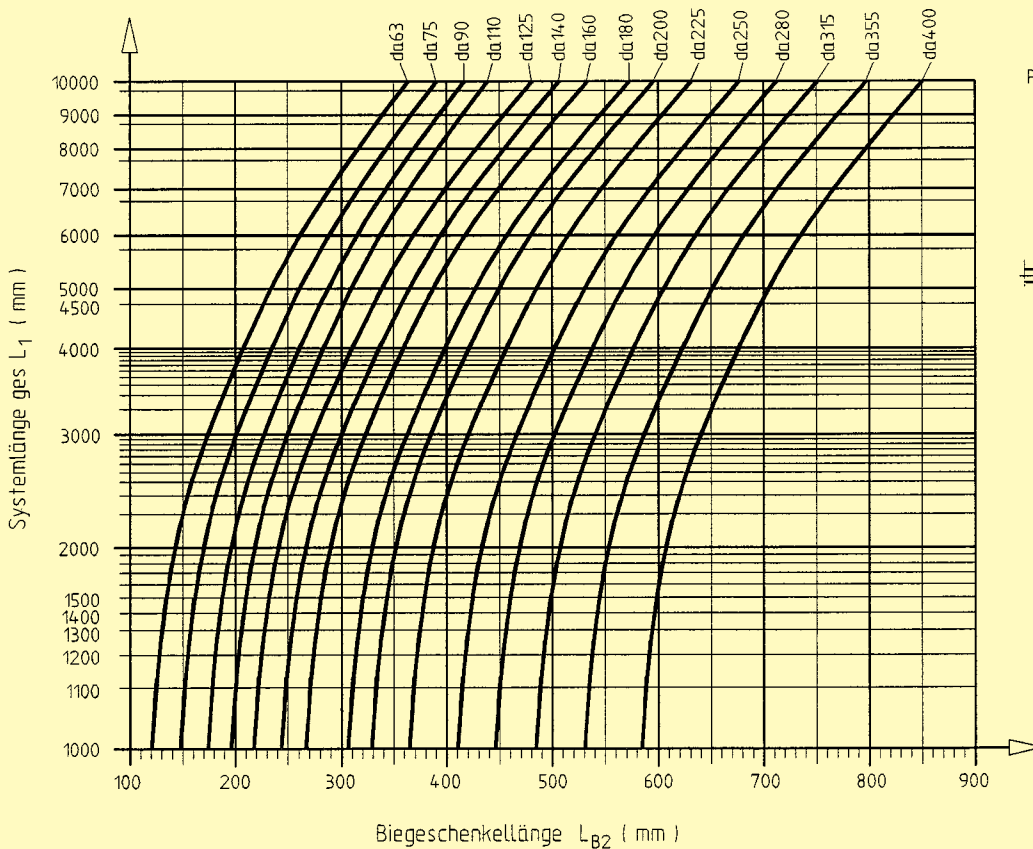
Lineare thermische Ausdehnungskoeffizienten ausgewählter Thermoplaste

Freien ein besonders kritischer Zustand, da sich durch die witterungsabhängigen Temperaturänderungen erhöhte Zug- bzw. Druckspannungen einstellen können.

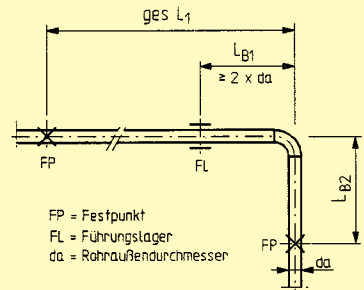
Kompensation der Längenänderung

Durch die große Längenänderung können Probleme nach der Inbetriebnahme von Kunststoffrohrleitungen entstehen. Dies trifft weniger auf die Kaltwasser- als auf die Warmwasserleitung zu. Generell sind Kunststoffrohrleitungen so zu verlegen, daß eine Kompensation der Längenänderungen sichergestellt ist. In den meisten Fällen können Richtungsänderungen im Rohrleitungsverlauf zur Kompensation herangezogen werden.

Die zur Aufnahme der Längenänderung nutzbare Richtungsänderung wird als Dehnungsbogen oder Biegeschenkel bezeichnet. Ist eine planmäßige Richtungsänderung



Prinzipzeichnung L - Dehnungsbogen



Werkstoff : PE 80

Geltungsbereich
 Montagetemperatur : 20 °C
 Betriebstemperatur : bis 30 °C

Quelle: Akatherm

Diagramm zur Bestimmung von Dehnungsbögen in L-Form für thermoplastische Rohrleitungen aus PE 80

nicht vorhanden, so müssen spezielle Dehnungsschleifen oder Kompensatoren eingebaut werden. Ist der Einbau von Dehnungselementen nicht möglich, so ist zu prüfen, ob die Rohrstrecke axial eingespannt, d. h. die Längenänderung durch das Anordnen spezieller Festpunkte im Rohrsystem unterdrückt werden kann.

Dimensionieren von Dehnungsbogen

Die einfachste Art der Kompensation von Längenänderungen ermöglicht der Dehnungsbogen in L-Form. Die Mindestabmessungen von L-Dehnungsbogen lassen sich nach folgender Gleichung ermitteln:

$$L_B = \sqrt{\frac{3 \cdot d_a \cdot L_{1,2} \cdot E_{cm}}{\text{zul } \sigma}}$$

In vorstehender Gleichung bedeuten:

L_B = erforderliche Länge des jeweiligen Biegeschenkels [mm]

- $L_{1,2}$ = Systemlängen des Dehnungsbogens [mm]
- d_a = Rohraußendurchmesser [mm]
- E_{cm} = mittlerer Biegekriechmodul für $t = 25a$ [N/mm²]
- zul σ_b = zulässiger Biegespannungsanteil für $t = 25a$ [N/mm²]
- ϵ = Längsdehnung des Systems = $\alpha \cdot \Delta\vartheta$ [-]

Formen von Dehnungsbogen und deren Abmessungen

Neben dem L-Dehnungsbogen gibt es weitere Formen der Richtungsänderung in einem Rohrsystem wie z. B. der Z- und U-Bogen. Weiterhin auch räumliche Richtungsänderungen, welche alle zu Kompensationszwecken genutzt werden können. Nun ist es nicht immer einfach, die Abmessungen des jeweiligen Dehnungsbogens in Abhängigkeit zur Längenänderung rechnerisch zu bestimmen. Eine Möglichkeit bietet die grafische Lösung, wie sie im Anhang dieses Referates dargestellt ist. Eine elegante Lösung zur Ermittlung der Abmessungen von Dehnungsbogen und anderer Verlegeparameter, bietet ein PC-Rechenprogramm für Kunststoffrohrleitungen, das im Büro des Referenten entwickelt wurde und zum Kauf angeboten wird.

Kompensatoren und Dehnungsmuffen

Ist ein Längenausgleich mittels Dehnungsbogen nicht oder nur teilweise möglich, so können Kompensatoren oder Dehnungsmuffen eingesetzt werden. Bauart und Konstruktion der Kompensatoren bzw. Dehnungsmuffen müssen sich an der Größe und Richtung der aufzunehmenden Längenänderung orientieren.

Zu beachten ist, daß beim Einbau von Kompensatoren und Dehnungsmuffen die aus dem Innendruck herrührenden Axialkräfte einer besonderen Betrachtung bedürfen. Dies gilt im besonderen für die Anordnung und Dimensionierung der Festpunkte. Da die Methodik zur Ermittlung der Festpunktkräfte nicht kunststoffspezifisch ist, wird auf eine weitere Behandlung dieser Thematik verzichtet.

Festpunktbelastung beim Dehnungsbogen

Die Festpunktbelastung an L-, Z-, U- und räumlichen Dehnungsbogen ist von der jeweiligen Geometrie des Dehnungsbogens abhängig.

Allgemein gilt: Je „weicher“ der Rohrleitungsverlauf zwischen zwei Festpunkten ist, desto geringer sind die Reaktionskräfte aus der Verformungsarbeit in den Biegeschenkeln.

Für den L-Dehnungsbogen kann die Festpunktbelastung näherungsweise wie folgt ermittelt werden:

$$F_{LB} = \frac{12 \cdot \Delta l \cdot E_c \cdot J_R}{L_B^3}$$

In vorstehender Gleichung bedeuten:

F_{LB} = Festpunktbelastung am L-Dehnungsbogen [N]

L_B = Länge des Biegeschenkels [mm]

Δl = Längenänderung der beweglichen Rohrstrecke [mm]

E_c = Kriechmodul für $t = 100$ min [N/mm²]

J_R = Rohr-Trägheitsmoment [mm⁴]

Berechnungen zur exakten Ermittlung der Festpunktbelastung von ebenen Systemen wie L-, Z- und U-Dehnungsbogen sowie der Belastung in räumlichen Systemen sind aufwendig. Deshalb gilt auch hier der Hinweis auf PC-Rechenprogramme.

Planung von Kunststoffrohrleitungen ohne Kompensation der Längenänderung

Wird die Längenänderung einer geraden Rohrstrecke durch Einbau von Festpunkten unterdrückt, so entsteht ein axial eingespanntes System. Die axial eingespannte Kunststoffrohrleitung muß hinsichtlich ihrer Dimensionierung als Sonderfall betrachtet werden. Folgende Systemgrößen sind rechnerisch zu bestimmen:

- die Festpunktbelastung
- der Führungsabstand des Rohres
- die auftretenden Zug-/Druckspannungen

Bestimmen der Festpunktbelastung bei axial eingespannten Rohrstrecken

Die größte Festpunktbelastung tritt am geraden, axial eingespannten Rohrstrang auf. Sie beträgt in allgemeiner Form:

$$F_{FP} = A_R \cdot E_c \cdot \varepsilon$$

In vorstehender Gleichung bedeuten:

F_{FP} = Festpunktbelastung im eingespannten Rohrstrang [N]

A_R = Rohrwandringfläche [mm²]

E_c = Kriechmodul für $t = 100$ min [mm²]

ε = verhinderte Längsdehnung [-]

Die verhinderte Längsdehnung ε ist wie folgt in die vorstehende Gleichung einzusetzen:

Lastfall Wärmedehnung: $\varepsilon = \alpha \cdot \Delta \vartheta$

In vorstehender Gleichung bedeuten:

ε = verhinderte Längsdehnung [-]

α = thermischer Längenausdehnungskoeffizient [(1/K)]

$\Delta \vartheta$ = Temperaturdifferenz [K]

Bestimmen der Führungsabstände bei axial eingespannten Rohrstrecken

Werden Kunststoffrohrleitungen so verlegt, daß eine axiale Bewegung (Längenänderung) nicht mehr möglich ist, muß zur Aufrechterhaltung der Systemsicherheit die kritische Knicklänge bestimmt werden.

Die zu bestimmenden Abstände der Rohrleitungen müssen eine Knicksicherheit von mindestens $S_K = 2,0$ aufweisen. Ist der erforderliche Führungsabstand der Rohrleitung kleiner als der errechnete Unterstützungsabstand L_A , so ist L_A auf L_F zu reduzieren.

Für eine Mindestsicherheit von $S_K = 2,0$ beträgt der Führungsabstand:

$$\text{erf } L_F = 3,17 \sqrt{\frac{J_R}{\varepsilon \cdot A_R}}$$

In vorstehender Gleichung bedeuten:

L_F = erforderlicher Abstand der Rohrleitungslager [mm]

J_R = Rohr-Trägheitsmoment [mm⁴]

A_R = Rohrwandringfläche [mm²]

ε = verhinderte Längsdehnung [-]

Eine vereinfachte Ermittlung der Führungsabstände ist unter Zuhilfenahme der Tabellen in der DVS-Richtlinie 2210-1 oder mittels Diagramm im Anhang möglich.

Bestimmen der Stützweiten von Kunststoffrohrleitungen

Die Unterstützungsabstände von Kunststoffrohrleitungen sind, wie bei Stahlrohrleitungen, unter Beachtung einer begrenzten Durchbiegung des Rohrstranges zu bestimmen. Als Richtwert für die zulässige Durchbiegung kann $L_A/500.. L_A/750$ angenommen werden.

Unter Berücksichtigung der vorstehend genannten Durchbiegungsergibt sich ein zulässiger Unterstützungsabstand der Rohrleitung von:

$$\text{erf } L_A = f_{LA} \sqrt[3]{\frac{E_c \cdot J_R}{q}}$$

In vorstehender Gleichung bedeuten:

L_A = zulässiger Unterstützungsabstand [mm]

f_{LA} = Faktor für die Durchbiegung (0,80..0,92) [-]

E_c = Kriechmodul für $t = 25a$ [N/mm²]

J_R = Rohr-Trägheitsmoment [mm⁴]

q = Streckenlast aus Rohr-, Füll- und Zusatzgewicht [N/mm]

Übliche Stützweiten von thermoplastischen Kunststoffrohrleitungen können den Tabellen der DVS-Richtlinie 2210-1 oder einem Diagramm entnommen werden.

Die richtige Wahl der Rohrbefestigung

Rohrbefestigungen bzw. Rohralterungen haben die Aufgabe, alle mechanischen Belastungen, welche eine Rohrleitung an ihre Umgebung abgibt, sicher aufzunehmen und auf ein Bauwerk bzw. eine Unterkonstruktion zu übertragen. Aufgrund der eingeschränkten und von der Temperatur abhängigen Festigkeit und Formstabilität von Kunststoffrohrleitungen, ergeben sich gegenüber metallischen Rohrleitungen andere Anforderungen an das Halterungssystem. Rohrbefestigungen sind entsprechend ihrer Funktion im Rohrsystem anzuordnen. Nachfolgend werden die Grundlagen für eine sachgerechte Planung der Rohrbefestigungen unter Berücksichtigung ihrer Funktion beschrieben.

Gleitlager (GL)

Das Gleitlager in einer horizontal verlegten Rohrleitung kann nur vertikal gerichtete Kräfte (Gewichtslasten) aufnehmen. Es soll vor allem den betriebsbedingten Längenänderungen der Kunststoffrohrleitung einen möglichst geringen Widerstand entgegenzusetzen. Die Bewegungsfreiheit muß sowohl in Rohrlängsrichtung als auch quer zur Rohrachse gegeben sein.

Führungslager (FL)

Das Führungslager muß ein seitliches Verschieben der neutralen Rohrlängsachse verhindern. Es ist somit in der Lage, neben den Gewichtslasten auch Querkräfte aufzunehmen und wird z.B. in axial eingespannten Rohrstrecken zur Sicherung gegen Knicken benötigt.

Das Führungslager kann, in Abhängigkeit zum Rohrsystem, in Richtung der Rohrlängsachse fest oder beweglich sein. Ein Schieben des Rohres in der Rohrschelle, als Ersatz für ein in Längsachse bewegliches Führungslager, ist nur dann zulässig, wenn der Gleitwiderstand gering und sichergestellt ist, daß das Führungslager nicht durch Arretieren des Rohres belastet wird.

zulässige Stützweiten für wassergefüllte Rohre aus PE80 und PE100
nach DVS Richtlinie 2210 T1

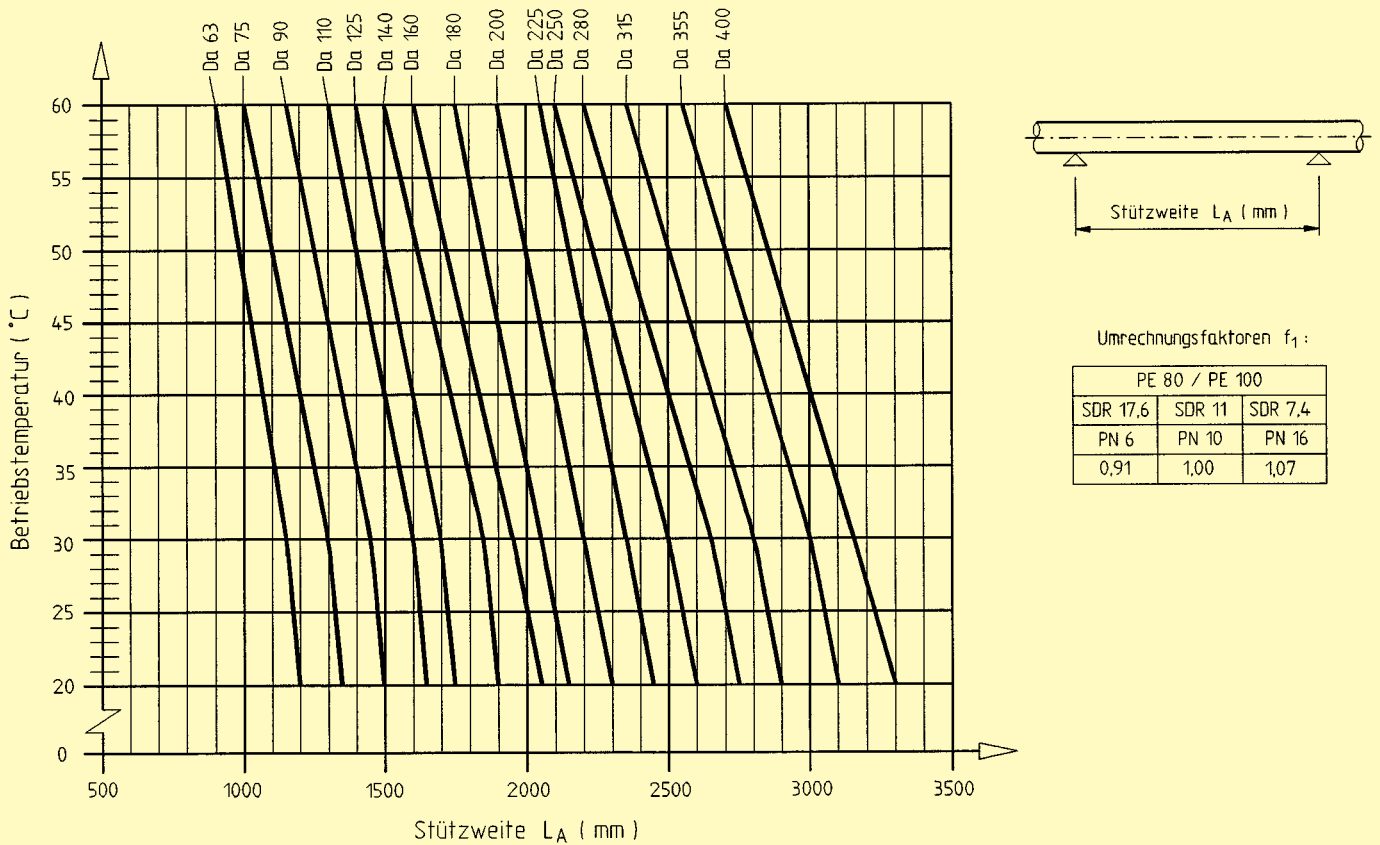


Diagramm zur Bestimmung der Stützweiten für thermoplastische Rohrleitungen aus PE 80

Festpunkte (FP)

Festpunkte sollen die axiale Bewegung der Rohrleitung verhindern. Festpunkte sind so einzubauen, daß Längenänderungen im Rohrsystem den vorhandenen Kompensationselementen (Dehnungsbogen, Kompensatoren, Dehnungsmuffen) in Größe und Richtung zugeordnet werden können (Steuerung der Längenänderung).

Festpunkte sind generell zu dimensionieren. Insbesondere in axial eingespannten Rohrstrecken entstehen große Kräfte, welche vom Rohr auf die umgebende Konstruktion übertragen werden müssen. In senkrechten Rohrleitungen wird der Festpunkt zusätzlich durch das Gewicht der Rohrleitung und die dynamische Belastung (Umlenkungskräfte) beansprucht.

Das Fixieren der Rohrleitung in der Festpunkt-Rohrschelle erfolgt unter Verwendung geeigneter Formteile. Die Abmessungen des Festpunktformteiles soll so gewählt werden, daß handelsübliche Rohrschellen paßgenau verwendbar sind. Bei der Rohrschellenwahl ist auf eine stabile, verwindungssteife Ausführung zu achten.

Das Anschweißen von axialen Versteifungsrippen auf dem Rohr (bei GFK-Rohren = Kleben), zur Unterstützung des radialen Festpunkttringes, ist nicht zulässig. An den Stellen, wo die Steifen mit dem Rohr verbunden sind, stellt sich eine Lastkonzentration ein, was zu einem Versagen der

Rohrleitung unter extremen Prüf- oder Betriebsbelastungen führen kann.

Das Einklemmen des Rohres in der Rohrschelle, als Ersatz für ein Festpunktformstück, ist nicht empfehlenswert. Die Funktion des Festpunktes wird bei dieser Methode nicht oder nur unvollständig erfüllt. Des weiteren kann es zu einer Deformierung des Rohrquerschnittes bzw. zu Beschädigungen der Rohroberfläche mit Kerbwirkung kommen.

Bei GFK-Rohrleitungen werden die Festpunkttringe meist werkseitig im Zusammenhang mit der Rohrherstellung gefertigt und mit dem Rohr verbunden.

Vertikales Auflager (VL)

Soll das Gewicht einer senkrechten Rohrleitung aufgenommen werden, so ist zur Lastaufnahme durch die Rohrschelle ein Auflagering am Rohr vorzusehen. Diese Rohrhalterung wird auch als Vertikalstopp bezeichnet. Die Rohrschelle ist wie ein Träger auf zwei Unterstützungen zu berechnen. U.U. ist das vertikale Auflager so auszubilden, daß eine horizontale Schiebung des Rohrstranges möglich ist.

Hängelager (HL)

Das Hänge- oder Pendellager kann wie das Gleitlager lediglich vertikale Belastungen aufnehmen und wird vorwiegend zur Befestigung von Rohrleitungen an Gebäudedecken benötigt. Es gibt Ausführungsvarianten in Form von Einfach- und Doppelhängelagern. Die so befestigte Rohrleitung ist schwingungsempfindlich und bedarf meistens einiger Zwischenlager mit stabilisierender Wirkung (z. B. Führungslager).

Armaturenbefestigung (AH)

Die Armaturenbefestigung dient zur Aufnahme von Lasten aus dem Armaturen- und Füllgewicht. Sie soll gleichzeitig verhindern, daß die Belastung aus Betätigung der Armatur auf die Rohrleitung übertragen wird. Die Befestigungs konstruktion ist dann richtig gewählt, wenn ein Auswechseln der Armatur ohne gleichzeitige Demontage des Umfeldes möglich ist. Entspricht die Armaturenbefestigung einem Festpunkt, so muß die Auswirkung der verhinderten Längenänderung gesondert berücksichtigt werden.

Der vorliegende Teil des Berichtes behandelt die planerischen Anforderungen an Rohrleitungen aus Kunststoff. Im zweiten Teil beschreibt der Autor die Regeln für die Gestaltung von Rohrbefestigungen sowie die kritischen Punkte beim Einsatz von Kunststoffrohren. □