

# Zugfeste Werkstoffübergänge im Rohrleitungsbau

Anforderungen und Praxiserfahrungen

## End-load resistant material transitions in piping systems

Requirements and practical advises

Von Jan Treiber

*Der Artikel befasst sich mit den bei Werkstoffübergängen im Druckrohrleitungsbau typischerweise auftretenden Problemen und zeigt unterschiedliche Ansätze zu deren Lösung. Die verschiedenen Typen zugfester Werkstoffübergänge werden kurz beschrieben, die an sie gestellten Anforderungen aus vorliegenden Praxiserfahrungen abgeleitet. Daraus wird ersichtlich, dass nur wenige der auf dem Markt angebotenen Produkte den vielfältigen Anforderungen genügen können. Nur mit Produkten, die ein Höchstmaß an Universalität, Montagefreundlichkeit und Betriebssicherheit in sich vereinigen, können die bei Werkstoffübergängen auftretenden Problemstellungen schnell und kostengünstig gemeistert werden.*

*The article shows alternative ways to handle typical problems related to pipe material transitions in pressure pipe systems. A short description of the different types of end-load resistant material transitions is given. The requirements on end-load resistant couplers are shown as a result of long-lasting practical knowledge. Only few products on the market can meet all the various requirements. Those products featuring a maximum of multi-purpose use, user-friendly handling and long-term security can solve all the problems occurring with material transitions and save time and money as well.*

### Werkstoffübergänge im Rohrleitungsbau

Im Rohrleitungsbau spielen Werkstoffübergänge heutzutage eine immer größere Rolle. Gründe dafür sind einerseits neue Rohrwerkstoffe, die zunehmend eingesetzt werden, andererseits aber auch eine Zunahme der Reparaturen im Bestand zu Lasten der Neuverlegung. Bei Einbindungen in bestehende Netze ist ebenfalls meistens ein Werkstoffübergang zu realisieren.

Neben der „klassischen“ Lösung durch den Einsatz von Flanschverbindungen gibt es seit mehreren Jahren auf dem Markt eine ganze Reihe von Formstücken, die als zugfeste Werkstoffübergänge in Form von Rohrkupplungen eingesetzt werden können. Dieser Beitrag setzt sich mit den Anforderungen an solche Formstücke auseinander und zeigt anhand von Erfahrungen aus der Verlegepraxis die Vorteile und Probleme auf, die sich ergeben können.

Da im Kanalbau Zugfestigkeit nur selten gefordert ist, wird hier ausschließlich auf die Wasser- und Gasversorgung mit Druckrohrleitungen eingegangen.

### Das Rohrnetz

Das historisch gewachsene Rohrnetz in Deutschland und den meisten europäischen Ländern besteht in vielen Fällen aus hauptsächlich einem Werkstoff, der mit den Jahren durch Teilstrecken und Neuverlegungen aus moderneren Werkstoffen ergänzt oder ersetzt wurde. Häufig findet man Netze, die ursprünglich aus Graugussrohren gebaut, dann durch Duktillgussrohre erweitert und schließlich mit Stahl-, Asbestzement-, PVC- und PE-Rohrleitungen ergänzt worden sind.

Die Unterhaltung und Instandsetzung eines solchen gemischten Netzes erweist sich als problematisch, da es immer wieder zu Übergängen zwischen den einzelnen Werkstoffen kommt. Bei Rohrbrüchen, Einbindungen und



**Bild 1:** Werkstoffübergang von Stahl- auf GGG-Leitung mit FRAGRIP®-Kupplung DN 250

**Fig. 1:**

Auswechslungen ist es daher unerlässlich, sich über als Werkstoffübergang geeignete Materialien Gedanken zu machen. Das größte Problem stellen dabei die meist unterschiedlichen Außendurchmesser des Alt- und Neurohres dar, die es zu überbrücken gilt (**Bild 1**).

### Warum zugfeste Übergänge?

In vielen Einzelfällen ist die Zugfestigkeit des Verbinders eigentlich gar nicht erforderlich. Es gibt aber mehrere Gründe, die für den grundsätzlichen Einsatz zugfester Formstücke sprechen:

- Unbekannter Leitungsverlauf
- Übergang auf Kunststoffrohre mit großer Längenänderung bei Temperaturdifferenzen
- Gewährleistungsproblematik bei Fremdvergabe
- Keine Widerlager notwendig (**Bild 2**)
- Einspareffekte durch Materialvereinheitlichung.

### Typen von Werkstoffübergängen

Auf dem Markt wird eine ganze Reihe von zugfesten Werkstoffübergängen angeboten. Man kann diese Produkte nach mehreren Kriterien unterscheiden:

- Übergänge für spezielle Rohrarten ⇔ Universelle Übergänge
- Zugsicherungssystem nachträglich montierbar ⇔ Zugsicherungssystem integriert
- Zugsicherung in Dichtung integriert ⇔ Zugsicherung funktional getrennt.

Je nach Anwendungsfall gibt es also verschiedene Lösungen; Richtlinien für die Auswahl des passenden Produktes lassen sich

aus der Praxis des Baustellenbetriebs wie folgt ableiten:

- Universelle Einsetzbarkeit
- Einfache Handhabung
- Hohe Betriebssicherheit
- Sicheres Langzeitverhalten.

Unter dem Punkt *universelle Einsetzbarkeit* lassen sich diejenigen Formstücke aufführen, die mehr als nur einen ganz speziellen Werkstoffübergang bewerkstelligen können. Im Idealfall ist der Spannungsbereich des Formstückes so gewählt, dass alle in einer Nennweite vorkommenden Rohraußendurchmesser passen (**Tabelle 1**). Zur Universalität zählt auch, dass die Formstücke ohne umständlichen Wechsel der Dichtung für Gas und für Wasser einsetzbar sind und dass das Zugsicherungssystem sowohl auf Metall- als auch auf Kunststoffrohren gleichermaßen sicher funktioniert.

### Problemfeld: der Rohraußendurchmesser

Leider lässt sich oft erst beim Freilegen einer Rohrleitung deren Außendurchmesser feststellen; dies kann sowohl durch unvollständiges Planwerk als auch durch nicht genormte Rohrleitungen bedingt sein. Stahlleitungen wurden oft in sogenannten Werksnorm-Abmessungen gefertigt. Viele Nennweiten, die es früher im Bereich der Guss- und Stahlrohre gab (zum Beispiel DN 60, DN 70 oder DN 90) sind heute nicht mehr marktüblich und durch Vorzugsnennweiten ersetzt. Gussrohre wiederum sind bis zu 2 m vor der Muffe nicht maßhaltig, sondern konisch zulaufend, was die Montage von Schraubringformstücken erschwert beziehungsweise verhindert.

Aus diesem Problemfeld wird ersichtlich, dass ein Netzbetreiber bestrebt sein sollte für die unterschiedlichen Rohrwerkstoffe in

**Tab. 1:** Rohraußendurchmesser (in mm) von Druckrohren am Beispiel DN 100

**Table 1:**

DN	GGG	GG			Stahl		PVC	PE
		PN16	PN25	PN40	Gw.-Rohr	Siede-Rohr		
90		108	112	116				
100	118	118	122	128	114,3	108,0	110 125	110 125
Spannbereich eines FRIAGRIP®-Formstückes DN 100: 107,2 - 133,2 mm								

seinem Netz passende Verbindungs- und Reparaturprodukte vorzuhalten. Neben dem entsprechenden Spannungsbereich sollten sich diese Formstücke auch durch eine *einfache Handhabung* auszeichnen, die den Anwender entlastet und ihm nicht noch zusätzliche Aufgaben aufbürdet. Hierzu gehören folgende Eigenschaften des Bauteils:

- Geringst mögliche Montagevorbereitungen, das heißt:
  - Kein Anfasen oder Anschrägen der Rohrenden
  - Kein Auswechseln von Dichtungen
  - Keine Auswahl spezieller Zugsicherungssysteme
- Montage mit handelsüblichen Werkzeugen
- Klare Prüfkriterien für die korrekte Montage.

Die oben genannten Punkte werden nur von wenigen auf dem Markt erhältlichen zugfesten Werkstoffübergängen erfüllt. Viele Produkte müssen auf der Baustelle vom Anwender je nach zu verbindenden Werkstoffen mit unterschiedlichen Dichtungen oder Zugsicherungen ausgestattet werden; unter den zumeist rauen Baustellenbedingungen ist

dies unzumutbar und stellt eine große Fehlerquelle dar. Hier spielen Produkte mit integriertem Zugsicherungssystem ihre Stärken aus, da sie ohne weitere Vorbereitung eingesetzt werden können.

Bei der Montage der Formstücke ist es ein entscheidender Vorteil, wenn sie mit einfachen Werkzeugen wie zum Beispiel Gabel- oder Ringschlüssel montiert werden können. Die noch immer häufig anzutreffende Schraubringtechnik hingegen ist sowohl aus Gründen des großen Platzbedarfs als auch der bei der Montage auftretenden Kräfte nicht mehr zeitgemäß. Speziell bei Graugussleitungen mit Stemmmuffen besteht die Gefahr, dass durch die Krafteinwirkung mit dem Schlagschlüssel bei der Schraubringmontage die Bleiverstemmungen der benachbarten Muffen versagen (**Bild 3**).

Ebenso wichtig wie die einfache Montage ist aber auch die Möglichkeit, den Endzustand der Montage festzulegen und überprüfen zu können. Beim Einsatz von Formstücken mit Normschrauben ist es möglich, diese durch den Einsatz eines Drehmomentschlüssels auf die erforderliche Vorspannung zu bringen beziehungsweise die bereits angezoge-

**Bild 2:** Bei Richtungsänderungen ist beim Einsatz von zugfesten Werkstoffübergängen kein Widerlager erforderlich

**Fig. 2:**



**Bild 3:** Gewaltfreie Montage auf empfindlichen älteren Leitungen (links) im Vergleich zu herkömmlicher Technik (rechts)





**Bild 4:** Zugsicherungssystem der FRIAGRIP®-Baureihe  
**Fig. 4:**

nen Verbindungen auf die Einhaltung des geforderten Drehmomentes zu überprüfen. Für den Anwender, den Auftraggeber und auch den Hersteller des Formstücks ein unschätzbare Vorteil, da die korrekte Vorspannung der Schraubverbindung sowohl eine einwandfreie Funktion als auch eine entsprechende Lebensdauer der Verbindung garantiert. Im Idealfall sind die erforderlichen Drehmomente aus Gründen der Handhabungssicherheit unabhängig von den vorliegenden Rohrwerkstoffen und an der Schraubendimension orientiert.

## Schrauben im Erdreich?

Über wenige Themen wird im Rohrleitungsbau so ausgiebig diskutiert wie über Schrauben im Erdreich. Sicher hat jeder Netzbetreiber eigene Erfahrungen mit korrodierten Schrauben gemacht. Es gibt in Einzelfällen tatsächlich Böden, in denen sämtliche metallischen Bauteile innerhalb kürzester Zeit korrodieren und in der Folge massive Schäden auftreten. Durch den Einsatz austenitischer Werkstoffe für Schrauben, Unterlegscheiben und Muttern kann Korrosion heutzutage nahezu ausgeschlossen werden. Allerdings stellt sich dann wiederum das Problem des Kaltverschweißens von Mutter und Bolzen, vor allem unter Baustellenbedingungen. Abhilfe schafft hier ein Bündel von Maßnahmen, das heute Stand der Technik ist:

- Spanlos geformte (gerollte) Bolzengewinde
- Schmierstoffbeschichtung der Bolzen
- Unterschiedliche Werkstoffe bei Bolzen und Muttern (z. B. 1.4301 und 1.4501)
- Gleitbeschichtung der Muttern, z. B. mit Aluminiumlegierung.

Ein Festfressen der Schraubverbindungen ist damit nur mit unsachgemäßer Kraftanwendung herbeizuführen.

Ist der zugfeste Werkstoffübergang montiert, soll er eine hohe Betriebssicherheit bieten: Die Verbindung soll dauerhaft dicht sein und auftretende Zugkräfte unbeschadet aufnehmen können.

## Exkurs: Zugfest oder ausreißsicher?

Verbindungselemente, die ohne von außen aufgebrachte Sicherungselemente (z. B. Rillenschellen, Betonwiderlager) Rohre zu einer unter Betriebsdruck funktionierenden Rohrleitung verbinden, werden in der Literatur als zugfeste, längskraftschlüssige oder ausreißsichere Verbinder bezeichnet. Diese Begriffe erscheinen nicht immer eindeutig und werden oft synonym verwendet oder gar miteinander verwechselt. Im Regelwerk werden zwei Fälle unterschieden:

- Zugfeste oder auch längskraftschlüssige Verbindungen sind in DIN 3387-1 [1] für metallische, in der VP 600 [2] für Rohre aus PE beschrieben. Die Zugfestigkeit beziehungsweise Längskraftschlüssigkeit des Verbinders wird in beiden Fällen durch das Aufbringen einer definierten, axial gerichteten Prüfkraft festgelegt.
- Der Begriff der ausreißsicheren Verbindung ist in der VP 600 [2] eindeutig definiert. Ein ausreißsicheres Verbindungselement ist danach mindestens ebenso zugfest wie die damit verbundenen PE-Rohre. Somit ist der Begriff „ausreißsicher“ nur in Verbindung mit PE-Rohren definiert!

Als einfache Regel sollte man sich merken:

Zugfest / längskraftschlüssig = Verbindungselement versagt vor dem Rohr

Ausreißsicher = Rohr versagt vor dem Verbindungselement

Bisher gibt es noch keine Prüfgrundlage im Regelwerk, die die Anforderungen an zugfeste oder längskraftschlüssige Verbindungselemente für Metall- und Kunststoffrohre definiert. Daher sind zugfeste Werkstoffübergänge, die für Metall- und Kunststoffrohre geeignet sind, derzeit nicht zulassungsfähig. Lediglich die Komponenten, die direkt mit dem Leitungsmedium in Kontakt kommen, zum Beispiel Dichtungswerkstoff und Beschichtung, können und müssen nach dem geltenden Regelwerk geprüft und zugelassen werden.

Für die Praxis ist daher nur relevant, was der Hersteller des Werkstoffübergangs als maximale Zugfestigkeit angibt. Aufgrund des angegebenen Wertes ist die Entscheidung für oder gegen den Einsatz des Produktes anhand des geforderten Nenndruckes leicht möglich.

Da Rohrleitungssysteme Investitionsgüter darstellen, an die hohe Anforderungen in punkto Betriebssicherheit und Nutzungsdauer gestellt werden, sollten nur Produkte zum Einsatz kommen, die ein sicheres Langzeitverhalten bieten. Dies gilt in besonderem Maß für zugfeste Werkstoffübergänge, die die unterschiedlichen Eigenschaften der miteinander verbundenen Rohrleitungen ausgleichen müssen. Neben der bereits angesprochenen Sicherstellung der ausreichenden Vorspannung der Dichtungen durch die Einhaltung der vorgegebenen Anzugsdrehmomente gilt dies vor allem für zwei Punkte:

- Aufnahme unterschiedlicher Lasten
- Dauerhafte Funktion des Zugsicherungssystems.

Die auf die Verbindung einwirkenden Lasten, die von der Rohrleitung selbst, dem umgebenden Erdreich oder anderen Umweltfaktoren (z. B. Verkehrslasten) verursacht werden, müssen vom Verbindungselement kompensiert werden. Dies bedeutet, dass neben den auftretenden axialen Zug- oder Schubkräften auch axialer Versatz oder Abwinkelung der Rohrleitung bis zu einem gewissen Maß aufgenommen werden müssen.

Moderne Produkte lassen hier auf den ersten Blick bis zu 4°-Abwinkelung pro Rohrende zu; diese Angaben beziehen sich aber zumeist auf den Ist-Zustand an der Verbindungsstelle, das heißt diese Abwinkelung muss bereits bei der Montage des Verbinders vorhanden sein. Nur vereinzelt trifft man auf Werkstoffübergänge, die auch eine nachträgliche Abwinkelung der Rohrenden unter Betriebsdruck aufnehmen können. Gerade dieser Fall ist aber die Regel, denn bereits beim Verfüllen und Verdichten des Rohrgrabens tritt an der Verbindung eine Abwinkelung durch die Setzung der Rohrleitung auf. Noch verstärkt wird dieser Effekt durch Verkehrslasten, die heutzutage einen Großteil der Schäden an älteren Rohrleitungen verursachen.

Sowohl für die Aufnahme von Abwinkelungen als auch die sichere und dauerhafte Übertragung von Zugkräften ist eine intelligente Konstruktion des Zugsicherungssystems erforderlich.

## Im Fokus: Das Zugsicherungssystem

Auf dem Markt wird eine Vielzahl von Werkstoffübergängen mit unterschiedlichen Zugsicherungssystemen angeboten. Bei universellen Verbindern für Metall- und Kunststoffrohre lassen sich zwei Systeme unterscheiden:

- Kraftübertragung durch metallisches Element
- Kraftübertragung durch mineralisch beschichtetes Element (**Bild 4**).

Hier ist nun wieder entscheidend, welche Rohrwerkstoffe in der Verbindung zum Einsatz kommen. Bekanntlich unterscheiden sich Metall- und Kunststoffrohre beträchtlich in ihrer Oberflächenhärte. Da die Rohroberfläche den Kontaktbereich zwischen Verbinder und Rohr darstellt sollte der Ausführung des Zugsicherungselementes größte Beachtung geschenkt werden.

Eine grundsätzlich notwendige Eigenschaft eines zugfesten Werkstoffübergangs ist die funktionale Unabhängigkeit von Dichtung und Zugsicherung. Nur dadurch kann sichergestellt werden, dass die Zugsicherung auch bei unterschiedlichen Rohraußendurchmessern einwandfrei funktioniert. Sind die Zugsicherungen zum Beispiel in den Dichtungsgummi einvulkanisiert, so ist der Einsatzbereich des Verbinders konstruktiv bedingt auf einen speziellen Rohraußendurchmesser beschränkt.

Zurück zur Rohroberfläche: wie bereits angeführt, gibt es hier große Unterschiede in der Oberflächenhärte. Den Extremfall stellen Graugussrohre dar, die durch Seigerungen im Oberflächenbereich einen hohen Kohlenstoffanteil haben und daher eine enorme Härte aufweisen. Soll nun die Kraftübertragung durch ein metallisches Zugsicherungselement sichergestellt werden, stößt man hier leicht an die Grenzen des Werkstoffes. Es müssten dann gehärtete Stähle zum Einsatz kommen, die in die Graugussoberfläche eindringen können.

Auf dem Markt sind einige Produkte mit Zugsicherungselementen aus Edelstahl zu finden. Edelstahl ist ein relativ weicher Werkstoff, der in die meisten metallischen Rohroberflächen nicht eindringen kann. Die Zugsicherung wird oft nur erreicht, weil die Krallen des Zugsicherungssystems sich in der welligen Oberfläche von metallischen Rohren verhaken. Bei stärkerer Belastung des Zugsicherungselementes besteht die Gefahr, dass es seinen marginalen Halt in der rauen Rohroberfläche verliert und dann schlagartig vom Rohr rutscht. Des Weiteren ist es bei Edelstahl-Zugsicherungen oft nötig, unterschiedliche Verzahnungen für Metall- und

Kunststoffrohre zu verwenden, was beim Anwender zu Unsicherheiten führt.

Nimmt man die Härte der Rohroberfläche als Richtschnur erscheint es daher sinnvoll, die Übertragung der Zugkräfte einem Material zu überlassen, das noch härter als die Rohroberfläche ist. Hier gibt es eine Auswahl unterschiedlicher mineralischer Werkstoffe, wobei sich Aluminiumoxid besonders anbietet. Aluminiumoxid wird auch als Korund bezeichnet und ist als Schleifmittel zur Bearbeitung von Metalloberflächen seit langem im Einsatz. Um als Zugsicherungssystem eingesetzt werden zu können müssen einige Grundvoraussetzungen erfüllt sein:

- Der Korund muss in einer bestimmten Korngrößenverteilung vorliegen
- Die Schichtdicke des Korunds muss definiert sein
- Ein geeignetes Trägermaterial für den Korund, z. B. aus hochfestem Kunststoff, muss gewählt werden
- Da die Zugkräfte hauptsächlich durch Reibung zwischen Korund und Rohroberfläche übertragen werden, muss der Anpressdruck des Zugsicherungssystems gewährleistet sein.

Hat man nun diese Bedingungen erfüllt, kann mit Hilfe geeigneter Konstruktion ein hocheffizientes Zugsicherungssystem mit hohen Sicherheitsreserven realisiert werden. Korund eignet sich gleichermaßen für den Einsatz auf Metall- und Kunststoffrohren und überträgt die Zugkräfte größtenteils durch Reibung auf der Rohroberfläche. Das bedeutet, dass die Verbindung nicht - wie bei anderen Zugsicherungssystemen - formschlüssig ist und daher die volle Flexibilität der Verbindung erhalten bleibt. Es ist also möglich, ein zugfestes Formstück zu bauen, das auch im Betrieb Abwinklungen und Setzungen aufnehmen kann, ohne dabei undicht zu werden.

Im Überlastfall ist ein Verbinder mit Korund-Zugsicherung ebenfalls überlegen: die Reibung auf der Rohroberfläche lässt gleichförmig nach. Das Formstück beginnt also bei Überlastung langsam zu rutschen, bis die Dichtung über das Rohrende hinauskommt.

Der Leitungsüberdruck kann sich dann entspannen, wobei das Formstück auf dem Rohr verbleibt.

## Fazit

Die Veränderungen im Rohrnetzbau und -betrieb erfordern neue Problemlösungen. Dies gilt in besonderem Maße für Werkstoffübergänge, die immer häufiger zugfest ausgeführt werden. Die Auswahl des passenden Produktes sollte nach praxisorientierten Kriterien erfolgen, damit die Rohrverbindung unter Ausschaltung möglicher Fehlerquellen problemlos gelingt. Nur wenige Produkte können die Anforderungen an Universalität, Montagefreundlichkeit und Betriebssicherheit erfüllen.

In allen Punkten besonders durchdacht und im täglichen Baustelleneinsatz bewährt ist die FRIAGRIP®-Baureihe, die dem Anwender bei größter Wirtschaftlichkeit einen hohen Nutzen bietet. Die Baureihe ist für Gas- und Wasserleitungen von DN 40 bis DN 300 einsetzbar und bietet neben Kupplungen, Flanschadaptern, Reduzierkupplungen und Endkappen auch den neuen PE-Adapter FGPA zur einfachen Anbindung geschweißter PE-Leitungen an bestehende Rohrnetze.

## Literatur

- [1] DIN 3387-1 „Lösbare Rohrverbindungen für metallene Gasleitungen – Glatrohrverbindungen“
- [2] VP 600 „Werkstoffübergangsverbinder aus Metall für Rohre aus Polyethylen“

## Autoren:

### Jan Treiber

Fachberater Mechanische Verbindungssysteme, FRIATEC AG, Mannheim

Tel. +49(0)7551/301041  
E-Mail: jan.treiber@friatec.de

