

Korrosionsschutzbänder: Laminierung versus Koextrusion – welche Produktionstechnologie kann langfristig überzeugen?

Von Thomas Kaiser

Stahlrohrleitungen sind kapitalintensiv; ihre Lebensdauer im Betrieb ist daher essentiell. Dass sich eine überlegene Produktionstechnologie von Bändern entscheidend auf die Betriebsdauer einer Pipeline auswirkt, stellt die DENSO Group Germany im Langzeiteinsatz ihrer dreischichtigen Korrosionsschutzbänder eindrucksvoll unter Beweis: Auch nach 40 Jahren im Feld übertrifft die Umhüllung mit einem koextrudierten Bandsystem die heutigen Anforderungen an den Korrosionsschutz bei weitem. Doch warum schützen bestimmte Bänder das Rohr langfristig besser als andere? Welchen Einfluss hat die Produktionstechnologie auf die Materialeigenschaften und wie verändert sie die Qualität von Korrosionsschutz-bändern? Die nachfolgende Gegenüberstellung der Herstellungsverfahren, Laminierung versus Koextrusion, gibt Antworten.

Damit ein korrosives Medium nicht Zugang zur Stahloberfläche erhält, werden Stahlleitungen durch Umhüllung vor Korrosion geschützt. Für Neubau und Rehabilitation von existierenden Rohrleitungen kommen spezielle Korrosionsschutzbänder zum Einsatz. Diese Bänder bestehen aus mindestens zwei Schichten, hochwertige Bänder sind sogar aus drei unterschiedlichen Schichten aufgebaut, welche die geforderten Eigenschaften und Funktionen erfüllen.

Bei einem dreischichtigen Band verleiht die mittlere Schicht dem Band eine hohe mechanische Festigkeit und Belastbarkeit; sie wird als Trägerschicht bezeichnet. Die innere, dem Rohr zugewandte Schicht, stellt die sichere Verbindung zur Rohroberfläche her und wird Korrosionsschutzschicht genannt.

Die außen liegende Schicht sorgt im Zusammenspiel mit der Korrosionsschutzschicht für eine Verbindung der spiralförmig gewickelten Bänder untereinander (Verbindungsschicht). Aus dem gewickelten Band entsteht also ein geschlossener Schlauch, da die äußere Schicht des unteren Bandes mit der inneren Schicht des überlappenden Bandes verschmilzt. Dies können Zwei-Schichten-Bänder nicht leisten.

Vergleicht man aber selbst Drei-Schichten-Bänder untereinander, so ergeben sich signifikante Unterschiede, die man rein optisch nicht wahrnimmt: Band ist also nicht gleich Band. Ein wesentliches Unterscheidungsmerkmal ist die Produktionstechnologie, die das Langzeitverhalten der Bandsysteme maßgeblich beeinflusst.

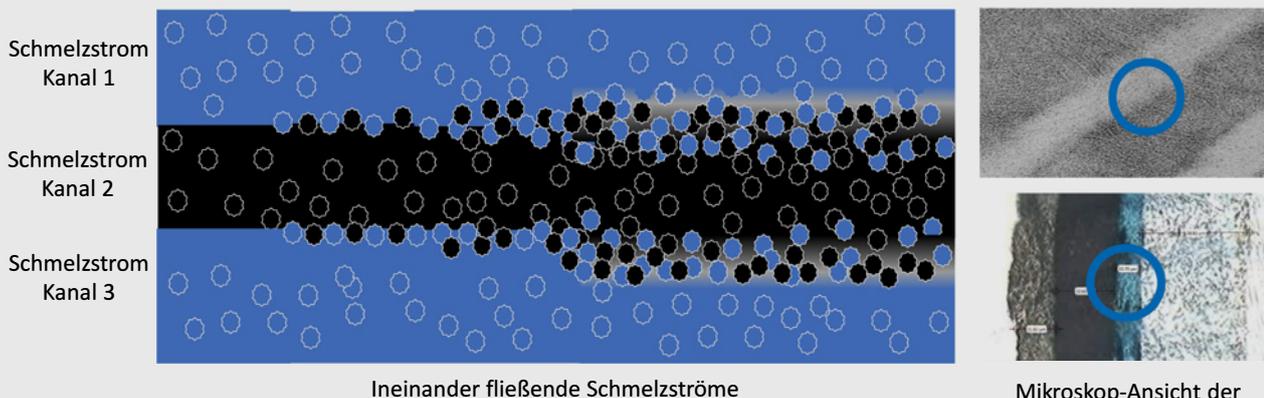
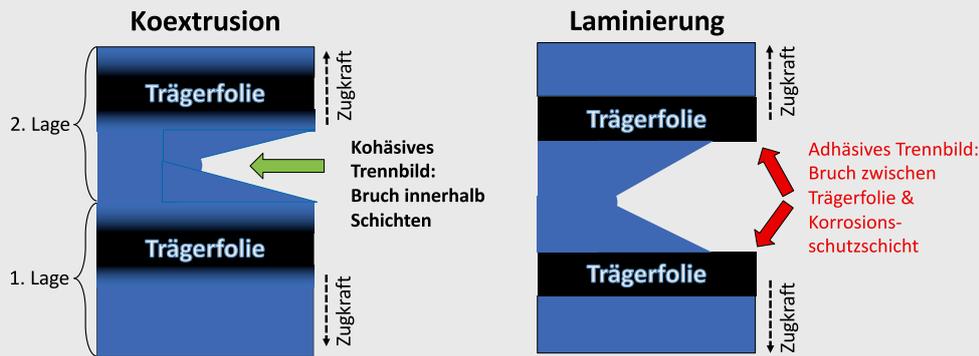


Bild 1: Koextrusion: Eine Art von Verschweißung



Laminierung: Risiko zur Ablösung zwischen den Schichten.

Bild 2: Koextrusion: Vorteile bei Lage-Lage-Haftung – Laminierung: Risiko zur Ablösung zwischen den Schichten

Die verschiedenen Schichten der Bänder bestehen aus unterschiedlichen Materialien, die im Produktionsprozess durch Laminierung oder Koextrusion miteinander verbunden werden. Allen Laminierungstechnologien ist gemeinsam, dass mindestens eine Schicht bereits abgekühlt ist und anschließend mit einer weiteren Schicht überzogen wird: Es wird also nachträglich ein Material auf einer kalten, fest erstarrten Trägerfolie aufgebracht, die ähnlich einer Verklebung auf dem Trägermaterial haftet. Die verschiedenen Schichten bilden einen Verbund, grenzen sich jedoch weiterhin voneinander ab.

Koextrusion: Eine Art von Verschweißung

Anders verhält es sich bei der Koextrusion: Hier befinden sich die unterschiedlichen Materialien während des Füge- und Verbindungsprozesses in einem schmelzförmigen Zustand (**Bild 1**). Beim Koextrusionsprozess fließen die verschiedenen Schmelzströme über unterschiedliche Kanäle in eine Mehrschichtdüse. Das Besondere dabei: Entlang des Fließweges fließen die einzelnen Schmelzströme – und somit die Makromoleküle der geschmolzenen Materialien – immer mehr ineinander und vermischen sich so stark, dass sie sich durchdringen. Am Ende des Prozesses ist ein einzelner Materialstrang entstanden, der aus mehreren Schichten besteht. Die Materialien sind nun so stark miteinander verbunden, dass die Festigkeit des Materialstrangs vergleichbar mit einer Verschweißung ist. Träger- und Beschichtungsmaterial bilden eine untrennbare Einheit. Dadurch kommt es nicht zu einer Ablösung der einzelnen Funktionsschichten untereinander, wie dies bei laminierten Bändern zu beobachten ist. Koextrusion erfordert Expertenwissen und sehr viel Erfahrung: Jeder Schmelzstrom muss über die komplette Breite mit derselben Geschwindigkeit fließen, um eine konstante und korrekte Dickenverteilung des Materials zu gewährleisten.

Um zu erkennen, ob es sich um ein laminiertes oder koextrudiertes Band handelt, eignet sich ein einfacher Test: Taucht man die Bänder für mindestens zwei Stunden in Benzin ein, sind bei einem laminierten Band die Reste der Korrosionsschutzschicht leicht mechanisch entfernbar; die Trägerfolie

ist glatt oder glänzend. Handelt es sich hingegen um ein koextrudiertes Band, sind die Reste selbst unter Einsatz starker mechanischer Hilfsmittel nur schwer entfernbar.

Vorteile koextrudierter Bänder: überlegene Langzeiteigenschaften

Bei Verlegung und später im Betrieb der Rohrleitungen muss die Umhüllung nicht nur mechanischen Angriffen durch Rohrbewegungen und Verkehrslasten standhalten, sondern auch bei klimatisch höchst unterschiedlichen Einsatzbedingungen sicheren Schutz bieten. Qualitativ hochwertige Korrosionsschutzbänder müssen daher eine sehr gute Lage-Lage-Haftung, eine hohe Zugscherfestigkeit und eine hohe Reißdehnung aufweisen. Betrachtet man diese Materialanforderungen genauer, ergeben sich starke Unterschiede zwischen laminierten und koextrudierten Bändern. Gerade im langfristigen Einsatz besteht bei laminierten Bändern die Gefahr, dass sich die Trägerfolie von der Korrosionsschutzschicht löst, da die Schichten nur miteinander „verklebt“ sind. An solch einer Sollbruchstelle delaminieren die einzelnen Schichten (adhäsives Trennbild). Ein koextrudiertes Band versagt nicht: Die Makromoleküle fließen ineinander; die einzelnen Schichten durchdringen sich und sind miteinander verbunden.

Entsprechend ist die Lage-Lage-Haftung sehr gut. Selbst bei extremer Zugkraft löst sich ein koextrudiertes Band nicht an der Grenzfläche zwischen Trägermaterial und Korrosionsschutzschicht. Es würde stattdessen innerhalb der Schichten zum Bruch kommen (kohäsives Trennbild). Auch die Haftung der Verbindungsschicht zur Trägerfolie könnte eine Schwachstelle darstellen, wäre sie nicht mit dieser koextrudiert und damit einen festen Verbund bildend (**Bild 2**).

Zugscherfestigkeit und Reißdehnung als Erfolgskriterien

Da die verlegte Leitung Temperaturschwankungen unterliegt, dehnt sie sich aus und zieht sich wieder zusammen. Die Pipeline vollzieht eine Relativbewegung zum umgebenden Erdreich: es entsteht eine Zugscher-Belastung.

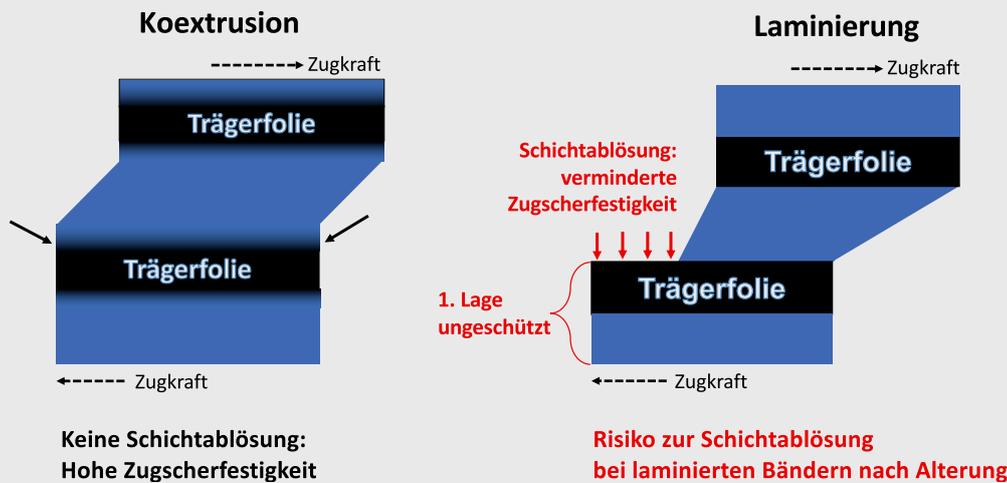


Bild 3: Hohe Zugscherfestigkeit von koextrudierten Bändern

Koextrudierte Bänder halten der Belastung stand (**Bild 3**). Die einzelnen Schichten gleiten nicht aufeinander ab, weil sich die Makromoleküle zwischen den einzelnen Schichten im Herstellungsprozess vermischt und verzahnt haben. Bei laminierten Bändern hingegen besteht das Risiko der Schichtablösung, da es sich lediglich um einen miteinander „verklebten“ Verbund handelt (Bild 3). Der Alterungsprozess beschleunigt dies mit einem signifikanten Einfluss auf die Langzeiteigenschaften. Die mangelnde Zugscherfestigkeit laminierten Bänder führt zu einer schwachen Widerstandsfähigkeit gegenüber Bodenspannungen – mit weitreichenden Folgen für den Korrosionsschutz: Die Bänder bedecken nicht mehr die gesamte Stahloberfläche; sie schützen nicht diffusionsdicht, so dass korrosive Medien an die Stahloberfläche gelangen.

Neben der sehr guten Zugscherfestigkeit ist die hohe Reißdehnung ein weiteres Qualitätsmerkmal koextrudierter Bänder – und ein Indiz für die Verwendung hochwertiger Materialien und eines optimalen Extrusionsprozesses: Im Vergleich zu min-

derwertigen Bändern lassen sich hochwertige koextrudierte Bänder deutlich weiter dehnen, bevor sie reißen (**Bild 4**).

„Der direkte Vergleich der Materialeigenschaften zeigt, dass es große Unterschiede bei Korrosionsschutzbändern gibt. Koextrudierte Bänder weisen eine deutlich höhere Langzeitbeständigkeit auf und sind laminierten Bändern damit überlegen“, erläutert Dr. Reha Cetinkaya, Director Engineering DENSO Group Germany. „Pipelines haben heute eine Lebensdauer von mindestens 50, idealerweise bis zu 100 Jahren. Um die korrosionsschützende Wirkung über diesen überaus langen Zeitraum gewährleisten zu können, ist es essentiell, qualitativ hochwertige Bänder einzusetzen.“

Bewiesener Korrosionsschutz nach vier Jahrzehnten

Dass koextrudierte Bänder tatsächlich langlebiger sind, zeigte DENSO mit einem Praxisbeweis des bewährten DENSOLEN®-



Bild 4: Versagen von laminierten 2-Schichten-Bändern – Schwache Zugscherfestigkeit: schwache Widerstandsfähigkeit gegenüber Bodenspannungen



Bild 5: Übertoller Korrosionsschutz: koextrudierte Bänder – Kohäsives Trennbild nach 39 Jahren im Feld

Bandes sehr beeindruckend: 2015 entstand in Bayern ein modernes Logistikzentrum – genau im Bereich der im Jahr 1976 erbauten Erdgas-Hochdruckleitung ISARSCHIENE. Im Rahmen der notwendigen Neuverlegung der Gasleitung hob der Betreiber Energienetze Bayern GmbH die 39 Jahre alten Rohre aus: Eine einmalige Chance, die Langlebigkeit und Qualität der damals eingesetzten DENSOLEN®-Bänder zu überprüfen. Verwendet hatte man zwei koextrudierte Dreischicht-Bänder mit einem Trägermaterial aus stabilisiertem Polyethylen, das auf beiden Seiten mit einer Butylkautschukschicht versehen war. Bei einer spiralförmigen Wicklung der dreischichtigen Bänder um das Rohr verwachsen die Butylschichten in den Überlappungsbereichen miteinander. Sie bildeten eine homogene, schlauchartige Umhüllung und waren untrennbar miteinander verbunden.

Die Analyse des Rohrabschnittes, der tatsächlich seit 39 Jahren im laufenden Betrieb eingesetzt war, zeigte höchst beachtenswerte Ergebnisse: Das Rohr hatte in den vom Band geschützten Bereichen keinerlei Korrosionsschäden. Die Korrosionsschutzschicht aus Butylkautschuk haftete noch immer fest am Stahl; das Rohr war vollständig geschützt.

Laborbefund: Übererfüllung der Normen

Aufschlussreich waren insbesondere die Laboruntersuchungen der ausgegrabenen Schweißnaht Nr. 584 mit dem Rohrdurchmesser DN 300. Obwohl sich die Leitung in der Kornkammerregion Deutschlands in einer Umgebung befindet, in der mit Erderschütterungen durch schwere Traktoren und Erntemaschinen zu rechnen ist, gab es auch nach vier Jahrzehnten keinerlei Fehlstellen an der Beschichtung der Hochdruckleitung. Die Schweißnaht des Stahlrohrs war nach wie vor vollständig durch das DENSOLEN®-Drei-Schichtenband gegen Korrosion geschützt.

Im Jahr 1976 wurde das Band mit einer Normvorgabe zur Schälfestigkeit von 8 N/cm nach DIN 30672 appliziert. Die heutigen Normprüfungen nach EN 12068 und ISO 21809-3 erfordern eine höhere Schälfestigkeit von 10 N/cm. Die Messung nach 39 Jahren zeigte ein kohäsives Trennbild mit einer überragenden Schälfestigkeit von 18,3 N/cm (**Bild 5**). Die Untersuchungsergebnisse übertreffen somit die heutigen Anforderungen um 83 %.

Tabelle 1: Überlegenheit von koextrudierten Bändern

Bandeigenschaften	Koextrudiertes 3-Schichten-Band	Laminiertes 3-Schichten-Band
Langzeit-Performance (Alterung)	hoch	gering
Lage-Lage-Haftung	höher als ISO und EN	ISO und EN
Zugscherfestigkeit	höher als ISO und EN	ISO und EN
Lage-Lage-Fehlerbild	100 % kohäsiv	adhäsiv-kohäsiv
Bedeckung der Stahloberfläche	exzellent	eingeschränkt

Qualität, die sich auszahlt

Auch noch nach 39 Jahren im Einsatz erfüllen koextrudierte Bänder die heute gültigen Normanforderungen für Korrosionsschutz-Umhüllungen. Sie bieten einen hervorragenden Korrosionsschutz wie am ersten Tag und beweisen damit eindrucksvoll ihre Langzeitbeständigkeit. Die einzigartige Produktionstechnologie wirkt sich positiv auf die Materialeigenschaften und damit die Leistungsfähigkeit aus: Mit ihrer sehr guten Lage-Lage-Haftung und der hohen Zugscherfestigkeit schützen koextrudierte Bänder dauerhaft die Pipeline. Sie sind weder für Delamination anfällig noch für das Abgleiten der Schichten aufeinander infolge von Rohrbewegungen (**Tabelle 1**).

Damit sind koextrudierte Bänder laminierten Bändern deutlich überlegen und zeichnen sich durch eine weitaus bessere Langzeitbeständigkeit aus. „Wie in vielen Bereichen bestätigt und als selbstverständlich anerkannt, zahlt es sich auch im Rohrleitungsbau aus, hochwertige Materialien und Produkte für die Werterhaltung und einen langfristigen Betrieb zu verwenden. Setzt man von Anfang an die richtigen Korrosionsschutz-Produkte ein, spart man in den Folgejahren immense Kosten. Denn diese würden zwangsläufig anfallen, wenn die Leitung als Folge eines minderwertigen Korrosionsschutzes rehabilitiert werden müsste“, resümiert Max Wedekind, Managing Director DENSO Group Germany.

SCHLAGWÖRTER: Korrosionsschutz, Korrosionsschutzbänder, Laminierung, Koextrusion

AUTOR



Dipl.-Ing. **THOMAS KAISER**
 Managing Director
 DENSO Group Germany, Leverkusen
 Tel. +49 214 2602-0
 thomas.kaiser@denso-group.com