

Bild 1: Ausbauort der Leitungsabschnitte

Fig. 1: Dismounting location of pipe segments

Langzeiterfahrung mit DENSOLEN-Bändern

Long-term experience with DENSOLEN tape

Neben einer normgerechten technischen Leistungsfähigkeit im Anlieferungszustand ist das Langzeitverhalten von Korrosionsschutzmaterialien eine der wichtigsten Produkteigenschaften. Beschleunigte Norm-Alterungsprüfungen, die das Alterungsverhalten der Materialien simulieren sollen, geben zwar Hinweise, können jedoch echte Felderfahrung nicht ersetzen. Derartige Praxiserkenntnisse erhält man zum Beispiel, wenn infolge von Leitungssanierung oder Umlagungen Leitungsabschnitte freigelegt werden. Ergänzend liefert die Untersuchung von Langzeit-gelagertem, nicht verarbeiteter Material wichtige Hinweise auf dessen Alterungsverhalten. Im folgenden Beitrag wird über entsprechende Langzeiterfahrungen mit DENSOLEN-Band S40 berichtet.

Technical properties in accordance with relevant material standards and long term performance are the most important properties of corrosion protective coating materials. Accelerated ageing tests give an idea of the ageing behaviour of coatings, but can not replace real field experience. Such practical knowledge can be obtained from pipe segments, which have been excavated for rehabilitation, maintenance or new construction. Additional information on long term behaviour of coating materials can be gained from testing of long term stored material. The following report describes corresponding long term experience with DENSOLEN-Tape S40.



**Dr. rer. nat. Dipl.-Chem.
Michael Quast**

Denso GmbH, Leverkusen
Tel. 0214/2602-308
E-Mail: quast@denso.de

Ausgrabung von 27 Jahre alten Leitungsabschnitten mit DENSOLEN-Band S40

Der längste Zeitraum, über den bis dato Langzeiteigenschaften moderner Polyethylen-Butylkautschukbänder dokumentiert sind, erstreckt sich über 17 Jahre. Neben einem hohen Umhüllungswiderstand und sehr geringem Massenverlust durch Unterrostung sind in [1] für DENSOLEN S40 sehr hohe Schälwerte auch nach 17 Jahren erdverlegter Lagerung dokumentiert. Im Rahmen eines aktuellen Bauvorhabens ergab sich nun die Möglichkeit, die damaligen Ergebnisse zur Alterungsbeständigkeit von DENSOLEN-Kunststoffbändern über einen noch längeren Zeitraum zu bestätigen.

Im Herbst 2003 erfolgte im Bereich der Erdgas-Südbayern (ESB) im Zuge des Neuaufbaus des BMW-Motorenwerks Dingolfing die teilweise Umlagerung einer 27 Jahre alten Leitung DN 300 (Leitung Moosburg – Straubing, „Isarschiene“; Bild 1 und 2).

Die Schweißnähte der werkseitig mit Polyethylen (Zweischicht) umhüllten Leitung sind mit vier Lagen DENSOLEN-Band S40 umwickelt (Bild 3). Bei diesem Band handelt es sich um ein 0,75 mm dickes, symmetrisch aufgebautes Dreischichtband mit Polyethylen-Trägerfolie und beidseitiger Butylkautschukbeschichtung. Das vierlagige Bandsystem entsprach zum Zeitpunkt des Einbaus dem damals gültigen DVGW-Arbeitsblatt GW 7 [2]. Obwohl die heute bekannten Belastungsklassen mit dem entsprechenden Normierungshintergrund [3, 4] 1976 noch nicht existierten, würde das verwendete S40-Bandsystem heute sogar die Anforderungen der höchsten Belastungsklasse (C-50) erfüllen. Entsprechend sind die an S40 gemachten Beobachtungen auch übertragbar auf die heute zur Verfügung stehenden DENSOLEN-Bänder, die zwar vielfach weiterentwickelt wurden, hinsichtlich ihrer grundsätzlichen Funktion und Zusammensetzung aber mit dem S40-Band vergleichbar sind. Zum Funktionsprinzip zählt insbesondere, dass dreischichtige Bänder über ihre Kautschuk-schichten im Überlappungsbereich kalt verschweißen, wodurch eine schlauchartige und für Wasser- und Sauerstoff diffusionsdichte Umhüllung entsteht.

Bezüglich der Betriebsbedingungen der „Isarschiene“ ist zu bemerken, dass im Bereich der ausgebauten Rohrabschnitte ab ca. 1990 teils extreme Schutzpotentiale von bis zu -15 V (Einschaltpotential) vorlagen. Bis 1990 dagegen waren typischerweise Einschaltpotentiale von ca. -2000 mV und Ausschaltpotentiale von etwa -1100 mV zu verzeichnen. Die aktuell gemessenen Einschaltpotentiale liegen nach Auskunft des Betreibers zwischen -4 und -11 V. Ursache für die drastische Änderung der Schutzpotentiale



Bild 2: Ausgebaute Rohrabschnitte DN 300

Fig. 2: Dismounted pipe segments DN 300

waren konstruktive Maßnahmen zur Vermeidung von Wechselstrombeeinflussung durch parallel verlaufende Bahnanlagen, in deren Zuge zwei Isolierkupplungen sowie diverse Erder in die ursprünglich ohne elektrische Trennung errichtete Leitung eingebaut wur-

den [5]. Eine angesichts der sehr negativen Schutzpotentiale zu befürchtende Wasserstoffversprödung der Stahlrohre konnte nicht festgestellt werden [5]. Ebenso konnte jetzt an den untersuchten Rohrabschnitten kein Anzeichen kathodisch enthafteter Bereiche festgestellt werden.

Das sehr gute Langzeitverhalten von DENSOLEN-Band S40 wird anhand von Schälversuchen an den ausgebauten Rohrabschnitten deutlich. **Bild 4** bis **7** zeigen dies exemplarisch.

Zu dem Schweißnahtbereich in **Bild 4** ist zu bemerken, dass die Werksumhüllung keinerlei Spuren von Oberflächenvorbereitung aufweist. Auf der sehr glatten Oberfläche kann das Band samt Primer rückstandsfrei abgeschält werden, allerdings bei hohen Schälwiderständen von 13 bis 16 N/cm bei 10 mm/min Abzugsgeschwindigkeit. Der Übergang vom Stahl zur PE-Werksumhüllung war entsprechend damals gängiger Praxis für Rohre unter DN 500 [6] nicht angefast. Hier ist unter der Bandumhüllung ein ca. 3 bis 4 mm breiter Hohlraum eingeschlossen (**Bild 5**), wobei jedoch keine Spuren von Unterrostung feststellbar sind. Derartige Hohlräume sind auch bei anliegendem Kathodenschutz dann kritisch, wenn sie die Zirkulation von Grundwasser ermöglichen. Es kann deshalb angenommen werden, dass der Hohlraum durch die Bandwicklung komplett eingeschlossen wurde.

In einem 5 bis 7,5 cm breiten Streifen angrenzend an die Werksumhüllung kann das Band mit Primer ebenfalls rückstandsfrei abgeschält werden. Ursache sind der dort noch vorhandene Kantenschutzlack bzw. Reste des Hartklebers, die vor Bandwicklung nicht entfernt worden waren. In diesen Bereichen weist die Stahloberfläche eine leicht dunkelbraune Färbung auf. Ein nennenswerter Materialabtrag ist jedoch nicht feststellbar. Die Schälwiderstände in diesem Bereich entsprechen den auf der Werksumhüllung gemessenen.

Bild 4: Partiiell freigelegte Schweißnaht DN 300 mit DENSOLEN-System S40

Fig. 4: Partly peeled off welded joint DN 300 with DENSOLEN-System S40



Bild 5: Hohlraum im Übergang zur nicht angefasten Werksumhüllung

Fig. 5: Hollow in transition to unbevelled factory coating

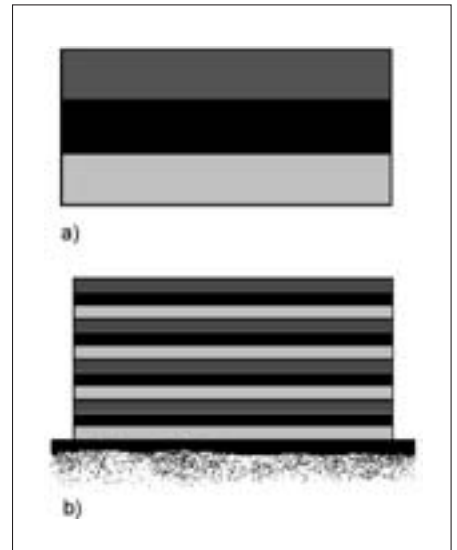
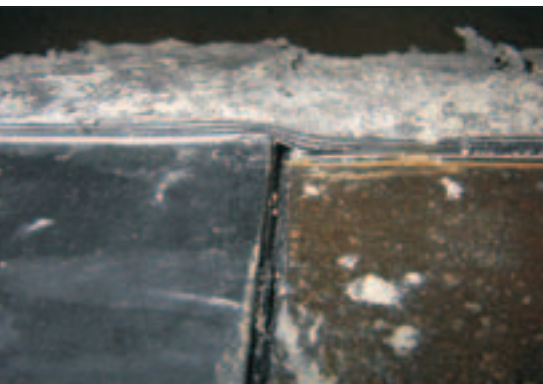


Bild 3: a) Querschnitt von DENSOLEN-Band S40, b) Querschnitt des DENSOLEN S40 Bandsystems

Fig. 3: a) Cross section of DENSOLEN-Tape S40, b) Cross section of DENSOLEN S40 tape system

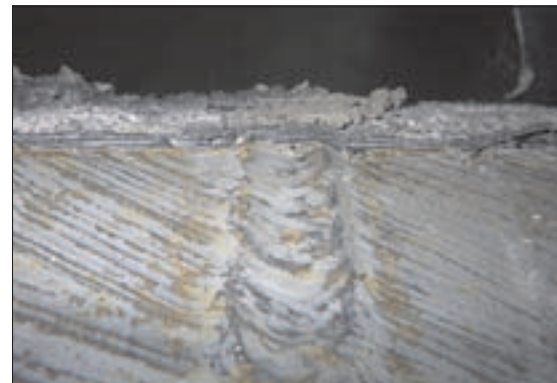


Bild 6: Nahaufnahme der Schweißnaht. Anrostungen entstammen der Freilagerung nach dem Abschälen der Umhüllung

Fig. 6: Close-up view of weld bead. Rust originates from outdoor storage of pipe with partly peeled off tape wrapping

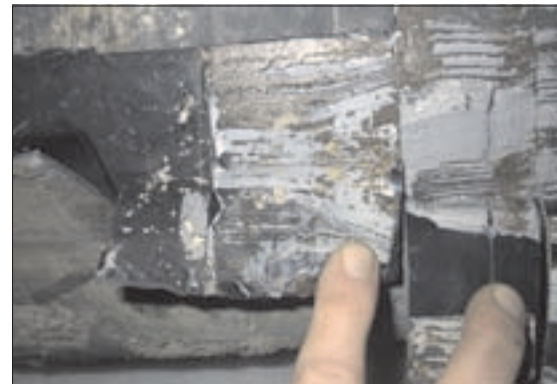


Bild 7: Unter der Bandwicklung eingeschlossene Verunreinigungen

Fig. 7: Dirt enclosed under tape wrapping

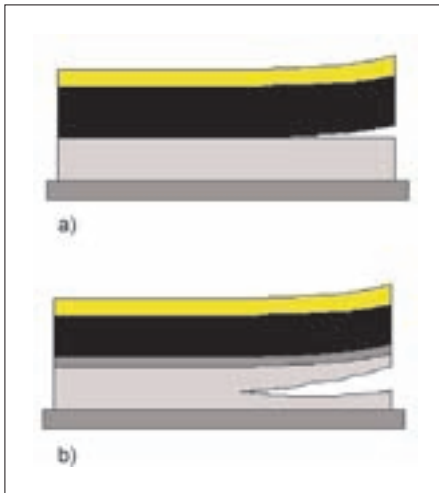


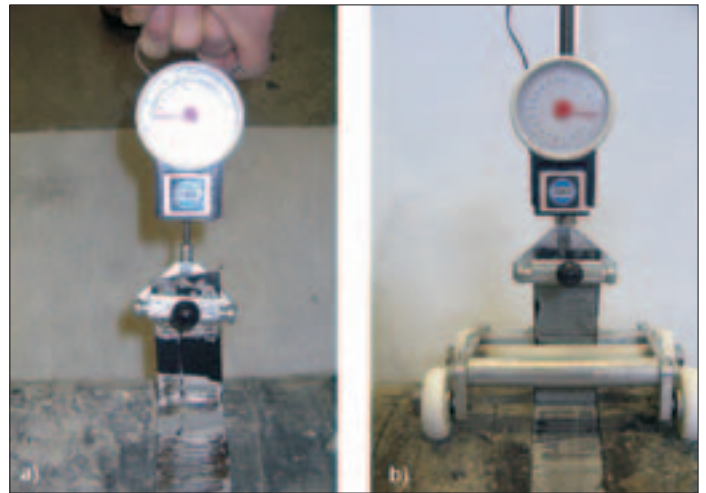
Bild 8: Delaminationsbruch (a) und Kohäsionsbruch (b) beim Abschalen von Bändern ohne bzw. mit coextrudierter Haftvermittlungsschicht

Fig. 8: Delaminative (a) and cohesive (b) peel mode of tapes without and with coextruded intermediate layers

Im Nahtbereich (Bild 4, Schweißnaht sowie angrenzende 7,5 bis 10 cm) kann das Band nur mit Kohäsionsbruch bzw. teilweise

Bild 9: Schälversuch mit Handfederwaage bzw. autom. Schälgerät

Fig. 9: Peel test with spring balance and tensile test device



Delaminationsbruch abgeschält werden. Die gemessenen Schälwiderstände liegen zwischen 25 und 38 N/cm bei 100 mm/min Schälgeschwindigkeit bzw. zwischen 12 und 15 N/cm bei 10 mm/min. Ursache für das teilweise Auftreten von Delaminationsbrüchen bei diesen ersten Dreischicht-Verbundbändern ist das Fehlen einer coextrudierten

Haftvermittlungsschicht zwischen Trägerfolie und Butylkleber, die bei DENSOLEN-Bändern inzwischen zum Stand der Technik gehört (vgl. **Bild 8**). Auch im Nahtbereich (Bild 6) waren keine nennenswerten Unterrostungen erkennbar. Die deutlich erkennbaren Rostspuren entstammen der Freilagerung der abgeschälten Rohrabschnitte.



Technik für

**Kanalbau
Straßenbau
Korrosionsschutz**

DENSO Korrosionsschutz



Verarbeitung von DENSOLEN-Bändern mit DENSO MAT 11 Motorwickelmaschine

- ✓ **DENSOLEN-Bänder und Systeme**
- ✓ **DENSOLID Polyurethan-Beschichtungen**
- ✓ **Petrolatum-Bänder und Massen**
- ✓ **Bitumen-Bänder**
- ✓ **Mechanischer Rohrschutz**
- ✓ **DENSOMAT Wickelmaschinen**

DENSO GmbH

Postfach 150 120 • D-51344 Leverkusen
Tel.: +49 (0)214/26 02-0 • Fax: +49 (0)214/26 02-217
www.denso.de • info@denso.de

www.denso.de

Fazit

Trotz unzureichender Oberflächenvorbereitung zeigt das DENSOLEN S40-System auch nach 27 Betriebsjahren kein Nachlassen der Umhüllungsqualität. Obwohl die beschriebenen und aus heutiger Sicht als solche zu bezeichnenden Verarbeitungsfehler unter allen Umständen vermieden werden sollten, belegt das vorliegende Beispiel die hohe Fehlertoleranz kaltverarbeitbarer DENSOLEN-Korrosionsschutzbänder. Die gemessenen Schälwiderstände von DENSOLEN-Band S40 entsprechen auch nach 27 Jahren sowohl der Leistungsfähigkeit des Materials im Anlieferungszustand als auch den heute gültigen Normanforderungen für die Belastungsklasse C-50. Alterungseffekte sind nicht feststellbar.

Eigenschaften von DENSOLEN-Band S40 nach 25 Jahren Lagerung

Aus der Rückbemusterung eines Kunden ergab sich parallel die Möglichkeit, die Eigenschaften von DENSOLEN-Band S40 nach über 25 Jahren Lagerung zu untersuchen. Bemustert wurden zwei je 100 mm breite Bandrollen, wovon eine Rolle in einem trockenen Lagerhaus gelagert worden war, während die andere Rolle einem Freilager entstammt. Die an diesem Material geprüften Eigenschaften sind in **Tabelle 1** zusammengefasst.

Sämtliche gemessenen Werte liegen deutlich über den jeweiligen Normanforderungen und entsprechen der Leistungsfähigkeit des Materials im Anlieferungszustand. Die heute

Tab. 1: Eigenschaften von DENSOLEN-Band S40 bzw. DENSOLEN-System S40-C (4 lagige Umhüllung) nach 25 Jahren Lagerung. Prüfung nach DIN EN 12068, Belastungsklasse C-50

Table 1: Properties of DENSOLEN-Tape S40 and DENSOLEN-System S40-C (4 layer tape wrapping) after 25 years of storage. Tests according to DIN EN 12068, stress-class C-50

Eigenschaft	Einheit	S40 (Innenlager)	S40 (Freilager)	Anforderung DIN EN 12068 / DIN 30672
Reißfestigkeit	N/cm	69	75	keine *
Reißdehnung	%	540	530	keine **
Schälfestigkeit Band-Band (23 °C)	N/cm	34	35	≥ 15
Schälfestigkeit Band-Band (50 °C)	N/cm	4,0	3,6	≥ 2
Schälfestigkeit zum Stahl (23 °C)	N/cm	18	19	≥ 10
Schälfestigkeit zum Stahl (50 °C)	N/cm	2,8	2,5	≥ 1
Eindruckfestigkeit, Restschichtdicke	mm	0,8	0,8	≥ 0,6
Schlagbeständigkeit	Nm	22	22	≥ 15

* Anforderung DIN 30672-1 (1991): ≥ 30 N/cm, ** Anforderung DIN 30672-1 (1991): ≥ 250 %

gültigen Anforderungen der Belastungsklasse C-50 nach DIN EN 12068 und DIN 30672 werden von dem 25 Jahre gelagerten Material problemlos erfüllt. Alterungseffekte sind nicht feststellbar.

Literatur

- [1] Schwenk, W.; Heim, G.; Wedekind, B.; Schäfer, T.: Untersuchungen der Korrosionsschutzwirkung von Umhüllungen aus Stahlleitungsrohren nach langzeitiger Auslagerung in Wasser und im Erdboden. 3R internat. 35 (1996) Nr. 12, S. 676-685
- [2] DVGW-Arbeitsblatt GW 7 „Korrosionsschutzbinden für erdverlegte Rohrleitungen und unterirdische Behälter – Anforderung und Prüfverfahren“ (1969-11)
- [3] 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“ (1999-03)
- [4] DIN 30672 „Organische Umhüllungen für den Korrosionsschutz von in Böden und Wässern verlegten Rohrleitungen für Dauerbetriebstemperaturen bis 50 °C ohne kathodischen Korrosionsschutz – Bänder und schrumpfende Materialien“ (2000-12)
- [5] Peez, G.: Korrosionsschutz der wechselstrombeeinflussten „Isar-Schiene“ im Wandel der Zeit und Technik: 1976 – 2004. 3R internat. 43 (2004) Nr. 7, S. 400 – 408
- [6] Leinweber, E.: Praktische Erfahrungen mit Rohrumhüllungen nach DIN 30672. 3R internat. (1977) Nr. 6, S. 331 – 334