

DIN 30670-1

DIN

ICS 23.040.99

Mit DIN 30670-2:2024-01
Ersatz für
DIN 30670:2012-04**Polyethylen-Umhüllungen von Rohren und Formstücken aus Stahl –
Teil 1: Anforderungen und Prüfungen von extrudierten Umhüllungen**Polyethylen coatings of steel pipes and fittings –
Part 1: Requirements and testings of factory-applied extruded coatingsRevêtement du polyéthylène pour des tubes et des pièces ajustées d'acier –
Partie 1: Exigences et essais pour des revêtements extrudées

Diese Norm wurde in das DVGW-Regelwerk aufgenommen.

Gesamtumfang 46 Seiten

DIN-Normenausschuss Gastechnik (NAGas)
DIN-Normenausschuss Erdöl- und Erdgasgewinnung (NÖG)
DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP)

Inhalt

	Seite
Vorwort	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	8
4 Symbole und Abkürzungen	8
5 Umhüllung	9
5.1 Allgemeines	9
5.2 Umhüllungsarten	9
6 Bestellangaben des Bestellers	9
6.1 Verbindliche Angaben	9
6.2 Bestelloptionen	10
7 Aufbringen der Umhüllung	10
7.1 Allgemeines	10
7.2 Oberflächenvorbehandlung	10
7.3 Aufbau der Umhüllung	10
7.3.1 Allgemeines	10
7.3.2 Epoxidharzprimer	12
7.3.3 Polyethylen-Kleber (PE-Kleber)	12
7.3.4 Polyethylen-Decklage	12
7.3.5 Endenausführung	13
8 Anforderungen und Prüfungen	13
8.1 Allgemeines	13
8.2 Umhüllungseigenschaften	13
8.3 Prüfverfahren	20
8.4 Prüfbescheinigungen	20
9 Reparaturen	20
9.1 Allgemeines	20
9.2 Geringfügige Beschädigungen	20
9.3 Schwerwiegende Beschädigungen	21
10 Kennzeichnung	21
11 Handhabung, Transport und Lagerung	21
Anhang A (normativ) Prüfung der Schichtdicken	22
A.1 Allgemeines	22
A.2 Prüfbericht	22
Anhang B (normativ) Aushärtegrad der Epoxidharzschicht	23
B.1 Allgemeines	23
B.2 Prüfvorrichtung	23
B.3 Verfahrensbeschreibung	23
B.3.1 Probennahme	23
B.3.2 Durchführung der Messung	23

B.3.3	Auswertung.....	24
B.4	Prüfbericht.....	24
Anhang C (normativ) CD-Test (Kathodische Unterwanderung)		25
C.1	Allgemeines	25
C.2	Prüfvorrichtung	25
C.3	Verfahrensbeschreibung	27
C.3.1	Probenvorbereitung.....	27
C.3.2	Durchführung der Messung.....	27
C.3.3	Auswertung.....	27
C.4	Prüfbericht.....	28
Anhang D (normativ) Schälwiderstand.....		29
D.1	Allgemeines	29
D.2	Prüfvorrichtung	29
D.3	Verfahrensbeschreibung	32
D.3.1	Vorbereitung der Proben	32
D.3.2	Durchführung der Messung.....	32
D.3.3	Auswertung.....	32
D.4	Prüfbericht.....	32
Anhang E (normativ) Porenfreiheit.....		33
E.1	Allgemeines	33
E.2	Prüfeinrichtung.....	33
E.3	Vorgehensweise	33
E.4	Prüfbericht.....	34
Anhang F (normativ) Bruchdehnung		35
F.1	Allgemeines	35
F.2	Prüfeinrichtung.....	35
F.3	Verfahrensbeschreibung	35
F.3.1	Probenvorbereitung.....	35
F.3.2	Durchführung der Messung.....	35
F.3.3	Auswertung.....	36
F.4	Prüfbericht.....	36
Anhang G (normativ) Tieftemperatur- bzw. Schlagbeständigkeit		37
G.1	Allgemeines	37
G.2	Prüfeinrichtung.....	37
G.3	Verfahrensbeschreibung	37
G.3.1	Probenvorbereitung.....	37
G.3.2	Durchführung und Auswertung	37
G.4	Prüfbericht.....	38
Anhang H (normativ) Eindringtiefe.....		39
H.1	Allgemeines	39
H.2	Prüfeinrichtung.....	39
H.3	Verfahrensbeschreibung	39
H.3.1	Probenvorbereitung.....	39
H.3.2	Durchführung und Auswertung	39
H.4	Prüfbericht.....	39
Anhang I (normativ) Spezifischer elektrischer Umhüllungswiderstand.....		40
I.1	Allgemeines	40
I.2	Prüfeinrichtung.....	40
I.3	Verfahrensbeschreibung	40
I.3.1	Probenvorbereitung.....	40
I.3.2	Durchführung und Auswertung	40

I.4	Prüfbericht.....	41
Anhang J (normativ) UV-Beständigkeit.....		42
J.1	Allgemeines	42
J.2	Prüfgerät.....	42
J.3	Verfahrensbeschreibung	42
J.3.1	Probenvorbereitung.....	42
J.3.2	Durchführung der Messung	42
J.3.3	Auswertung.....	42
J.4	Prüfbericht.....	43
Anhang K (normativ) Wärmebeständigkeit		44
K.1	Allgemeines	44
K.2	Prüfeinrichtung	44
K.3	Verfahrensbeschreibung	44
K.3.1	Probenvorbereitung.....	44
K.3.2	Durchführung der Messungen	44
K.3.3	Auswertung.....	44
K.4	Prüfbericht.....	45
Literaturhinweise.....		46

Botop Steel

Vorwort

Dieses Dokument wurde vom Arbeitsausschuss NA 032-02-09 AA „Außenkorrosion“ im Normenausschuss Gastechnik (NAGas) überarbeitet. Dieses Dokument wurde aufgrund der verfahrensbedingten Unterschiede in zwei Teile aufgeteilt. Teil 1 beinhaltet die schlauch- bzw. wickelextrudierten Polyethylen-Umhüllungen. In Teil 2 werden die gesinterten und flammgespritzten Ausführungen behandelt. Die letzte Fassung der DIN 30670 wurde 2012 veröffentlicht. Bei der Überarbeitung wurden die Prüfungen, Prüfhäufigkeiten und Produktanforderungen dem aktuellen Stand der Technik angepasst.

Die Möglichkeit, der Designtemperatur entsprechende Umhüllungsarten zu vereinbaren, wurde beibehalten. Gleiches gilt für die Vereinbarung höherer Umhüllungsschichtdicken. Die Schichtdicke der Polyethylen-Umhüllung von 1 mm ist dabei für den reinen Korrosionsschutz erforderlich, der übrige Schichtdickenanteil dient der Verbesserung der mechanischen Belastbarkeit der Schutzschicht.

Die Schälwiderstände für die wickelextrudiert Ausführung wurden den heute üblichen Fertigungstechniken angepasst. Die Erfahrungen mit Transport und Verlegung von Rohren und Rohrleitungen mit Polyethylen-Umhüllung haben gezeigt, dass zum Vermindern möglicher Schäden durch mechanische Einwirkungen eine hohe Haftfestigkeit der Umhüllung erforderlich ist. Für die Korrosionsschutzwirkung ist die Haftfestigkeit der Umhüllung an sich nicht maßgebend, soweit Dicke und Qualität der Umhüllung den Anforderungen dieser Norm entsprechen und solange die Umhüllung verletzungsfrei und formstabil am Rohr anliegt.

Bereits DIN 30670:1991-04 verweist in den Erläuterungen auf die Möglichkeit einer Prüfung der Spannungsrissbeständigkeit unter Netzmitteleinfluss. Heute liegen Erkenntnisse vor, die bestätigen, dass Prüfungen an neuwertigen Materialien in Gegenwart von Netzmitteln bei höheren Temperaturen keinerlei Aussagekraft in Bezug auf das alterungsbedingte Spannungsrissverhalten haben. Relevante Materialveränderungen während des Betriebes, wie der Abbau an Bruchdehnung und Bruchfestigkeit und damit die Änderung bruchmechanischer Eigenschaften des Polyethylens, werden in einer Kurzzeitprüfung unter Netzmitteleinwirkung auch bei höheren Prüftemperaturen nicht abgebildet. Die Möglichkeit einer Verseifung von Kleberkomponenten und damit eine Spannungsrissbildung durch Netzmitteleinflüsse sind systembedingt durch den Einsatz des Epoxidharzprimers sowie den Einsatz von Klebercopolymerisaten in den Dreischichtsystemen ausgeschlossen. Eine Netzmitteluntersuchung der Umhüllung zur Prüfung der Leistungsfähigkeit im Langzeitverhalten wird daher in dieser Norm nicht weiter behandelt.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. DIN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseite von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Änderungen

Gegenüber DIN 30670:2012-04 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Ergänzungen und Anpassungen von Anforderungen und Prüfmethoden;
- b) Aufteilung der Norm in zwei Teile, getrennt nach extrudiert und gesintert aufgebraachte Umhüllungen.

Frühere Ausgaben

DIN 30670: 1974-02, 1980-07, 1991-04, 2012-04
DIN 30670 Berichtigung 1: 2012-10

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt die Anforderungen an werkseitig im Dreischichtverfahren extrudierten Polyethylen-Umhüllungen fest, die dem Korrosionsschutz von Rohren aus Stahl dienen.

Die Umhüllungen eignen sich zum Schutz erd- oder wassererlegter Stahlrohre für definierte Designtemperaturen

Das vorliegende Dokument legt Anforderungen an Materialien und Umhüllungen fest, welche auf längs- oder spiralgeschweißte sowie nahtlose Stahlrohre zum Bau von Rohrleitungen für die Beförderung von Flüssigkeiten oder Gasen (z. B. Erdgas, Biogas, Wasserstoff, CO₂) aufgebracht werden.

Durch die Anwendung dieser Norm ist sichergestellt, dass die Schutzwirkung der dreischichtigen Polyethylen-Rohrumhüllung gegenüber den sich im Betrieb, bei Transport, Lagerung und Verlegung ergebenden mechanischen, thermischen und chemischen Belastungen ausreichend ist.

Mit DIN EN ISO 21809-1 werden die Anforderungen an dreischichtige extrudierte Polyethylen- und Polypropylenumhüllungen für Stahlrohre von Leitungen zum Transport von Öl und Gas international festgelegt. Folgende Anwendungsbereiche deckt DIN EN ISO 21809-1 nicht ab:

- alle Polyethylen-Umhüllungen von Stahlrohren zum Transport und für die Verteilung von Wasser und Abwasser,
- alle Polyethylen-Umhüllungen von Stahlrohren von Verteilungsleitungen für gasförmige und flüssige Medien,
- kleine Liefermengen, die nur über Fertigungslose realisiert werden, die ggf. auch mehrere Aufträge umfassen und deren Konformität mit den technischen Lieferbedingungen üblicherweise durch Werkszeugnis 2.2 nach DIN EN 10204 bestätigt werden.

Für diese Anwendungsbereiche behält die vorliegende Norm weiterhin ihre Anwendbarkeit. Die 2-Schicht-Polyethylen-Umhüllung ist mit der DIN EN 10288 europäisch genormt.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DIN EN 10204:2005-01, *Metallische Erzeugnisse — Arten von Prüfbescheinigungen; Deutsche Fassung EN 10204:2004*

DIN EN ISO 306, *Kunststoffe — Thermoplaste — Bestimmung der Vicat-Erweichungstemperatur (VST)*

DIN EN ISO 527-1, *Kunststoffe — Bestimmung der Zugeigenschaften — Teil 1: Allgemeine Grundsätze*

DIN EN ISO 527-2:2012-06, *Kunststoffe — Bestimmung der Zugeigenschaften — Teil 2: Prüfbedingungen für Form- und Extrusionsmassen (ISO 527-2:2012); Deutsche Fassung EN ISO 527-2:2012*

DIN EN ISO 527-3, *Kunststoffe — Bestimmung der Zugeigenschaften — Teil 3: Prüfbedingungen für Folien und Tafeln*

DIN EN ISO 868, *Kunststoffe und Hartgummi — Bestimmung der Eindruckhärte mit einem Durometer (Shore-Härte)*

DIN EN ISO 1133-1, *Kunststoffe — Bestimmung der Schmelze-Massefließrate (MFR) und der Schmelze-Volumenfließrate (MVR) von Thermoplasten — Teil 1: Allgemeines Prüfverfahren*

DIN EN ISO 1183-1, *Kunststoffe — Verfahren zur Bestimmung der Dichte von nicht verschäumten Kunststoffen — Teil 1: Eintauchverfahren, Verfahren mit Flüssigkeitspyknometer und Titrationsverfahren*

DIN EN ISO 2808:2019-12, *Beschichtungsstoffe — Bestimmung der Schichtdicke (ISO 2808:2019); Deutsche Fassung EN ISO 2808:2019*

DIN EN ISO 4892-2:2021-11, *Kunststoffe — Künstliches Bestrahlen oder Bewittern in Geräten — Teil 2: Xenonbogenlampen (ISO 4892-2:2013 + Amd 1:2021); Deutsche Fassung EN ISO 4892-2:2013 + A1:2021*

DIN EN ISO 8130-1, *Pulverlacke — Teil 1: Bestimmung der Teilchengrößenverteilung durch Sieben*

DIN EN ISO 8130-2, *Pulverlacke — Teil 2: Bestimmung der Dichte mit einem Gasvergleichspyknometer*

DIN EN ISO 8130-6, *Pulverlacke — Teil 6: Bestimmung der Gelzeit von wärmehärtenden Pulverlacken bei einer gegebenen Temperatur*

DIN EN ISO 8501-1, *Vorbereitung von Stahloberflächen vor dem Auftragen von Beschichtungsstoffen — Visuelle Beurteilung der Oberflächenreinheit — Teil 1: Rostgrade und Oberflächenvorbereitungsgrade von unbeschichteten Stahloberflächen und Stahloberflächen nach ganzflächigem Entfernen vorhandener Beschichtungen*

DIN EN ISO 8502-3, *Vorbereitung von Stahloberflächen vor dem Auftragen von Beschichtungsstoffen — Prüfungen zum Beurteilen der Oberflächenreinheit — Teil 3: Beurteilung von Staub auf für das Beschichten vorbereiteten Stahloberflächen (Klebeband-Verfahren)*

DIN EN ISO 8502-6, *Vorbereitung von Stahloberflächen vor dem Auftragen von Beschichtungsstoffen — Prüfungen zum Bewerten der Oberflächenreinheit — Teil 6: Lösen von wasserlöslichen Verunreinigungen zur Analyse (Bresle-Verfahren)*

DIN EN ISO 8502-9, *Vorbereitung von Stahloberflächen vor dem Auftragen von Beschichtungsstoffen — Prüfungen zum Beurteilen der Oberflächenreinheit — Teil 9: Feldverfahren zur Bestimmung von wasserlöslichen Salzen durch Leitfähigkeitsmessung*

DIN EN ISO 8503-4, *Vorbereitung von Stahloberflächen vor dem Auftragen von Beschichtungsstoffen — Rauheitskenngrößen von gestrahlten Stahloberflächen — Teil 4: Verfahren zur Kalibrierung von ISO-Rauheitsvergleichsmustern und zur Bestimmung der Rauheit - Tastschnittverfahren*

DIN EN ISO 8503-5, *Vorbereitung von Stahloberflächen vor dem Auftragen von Beschichtungsstoffen — Rauheitskenngrößen von gestrahlten Stahloberflächen — Teil 5: Abdruckverfahren zum Bestimmen der Rauheit*

DIN EN ISO 11357-1, *Kunststoffe — Dynamische Differenzkalorimetrie (DSC) — Teil 1: Allgemeine Grundlagen*

DIN EN ISO 11357-2, *Kunststoffe — Dynamische Differenzkalorimetrie (DSC) — Teil 2: Bestimmung der Glasübergangstemperatur und der Glasübergangsstufenhöhe*

DIN EN ISO 15512, *Kunststoffe — Bestimmung des Wassergehaltes*

DIN EN ISO 17855-2, *Kunststoffe — Polyethylen (PE)-Formmassen — Teil 2: Herstellung von Probekörpern und Bestimmung von Eigenschaften*

DIN EN ISO 21809-1:2020-09, *Erdöl- und Erdgasindustrie — Umhüllungen für erd- und wasserverlegte Rohrleitungen in Transportleitungssystemen — Teil 1: Polyolefinumhüllungen (ISO 21809-1:2018); Deutsche Fassung EN ISO 21809-1:2018*

ISO 6964, *Polyolefin pipes and fittings — Determination of carbon black content by calcination and pyrolysis — Test method*

ISO 18553, *Method for the assessment of the degree of pigment or carbon black dispersion in polyolefin pipes, fittings and compounds*

ISO 19840:2012, *Paints and varnishes — Corrosion protection of steel structures by protective paint systems — Measurement of, and acceptance criteria for, the thickness of dry films on rough surfaces*

ASTM D 1693, *Standard Test Method for Environmental Stress-Cracking of Ethylene Plastics*

ASTM D 1921, *Standard Test Methods for Particle Size (Sieve Analysis) of Plastic Materials*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach DIN EN ISO 21809-1.

DIN und DKE stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- DIN-TERMinologieportal: verfügbar unter <https://www.din.de/go/din-term>
- DKE-IEV: verfügbar unter <https://www.dke.de/DKE-IEV>

4 Symbole und Abkürzungen

ϵ_b Bruchdehnung in % nach DIN EN ISO 527-1

E Schlagarbeit in J

I Stromstärke in A

L_0, L_1 Längenangaben zur Ermittlung der Dehnung (gleiche Einheit, z. B. m oder mm)

MFR Schmelze-Massefließrate in g/(10 min) nach DIN EN ISO 1133-1

OIT Oxidations-Stabilitätszeit nach DIN EN ISO 11357-1

$Ry5$ mittlere maximale Rautiefe nach DIN EN ISO 8503-4

r_u spezifischer elektrischer Umhüllungswiderstand in Ωm^2

S Fläche in m^2

U elektrische Spannung in V

ΔH_1	Reaktionsenthalpie des Pulvers
ΔT_g	Abweichung der Glasübergangstemperatur in °C
φ	Korrekturfaktor bei der Schlagbeständigkeitsprüfung
DSC	Dynamische Differenzkalorimetrie (Differential Scanning Calorimetry) nach DIN EN ISO 11357-1
PE	Polyethylen
EP	Epoxidharz

5 Umhüllung

5.1 Allgemeines

Die extrudierte Umhüllung besteht aus drei Schichten: einem Epoxidharzprimer, einem PE-Kleber und einer äußeren Schicht aus extrudiertem Polyethylen. Der Epoxidharzprimer wird als Pulver appliziert. Der Kleber darf als Pulver oder durch Extrusion aufgebracht werden. Bei der Extrusion der Polyethylenschicht sind Schlauch- und Wickelextrusionsverfahren zu unterscheiden. Für zusätzliche Ummantelungen als mechanischen Schutz, z. B. aus Beton (siehe DIN EN ISO 21809-5), Glasfaserkunststoffen oder Zementmörtel (siehe DIN 30340-1), kann ggf. für die Sicherstellung der Scherfestigkeit die PE-Oberfläche angeraut oder mit einer Profilierung versehen werden. Anforderungen sind ggf. zu vereinbaren, aber nicht Gegenstand dieser Norm.

5.2 Umhüllungsarten

Bei den Umhüllungen sind in Bezug auf die Designtemperaturen zwei Anwendungsbereiche vorgesehen (siehe Tabelle 1). Die Umhüllungsart ist bei der Bestellung anzugeben. Andere Designtemperaturen dürfen zwischen Besteller und Beschichter vereinbart werden.

Tabelle 1 — Umhüllungsarten

Typ	Anwendungsbereich	
	N	S
Designtemperaturen für extrudierte Polyethylen-Umhüllung	von -20 °C bis +60 °C	von -40 °C bis +80 °C

6 Bestellangaben des Bestellers

6.1 Verbindliche Angaben

Folgende Angaben müssen vom Besteller angegeben werden:

- Anzahl und Maße der zu umhüllenden Rohre;
- Verweisung auf dieses Dokument;

- Umhüllungsart;
- Designtemperatur (ohne Angabe gilt der Anwendungsbereich N);
- Schichtdickenklasse (ohne Angabe gilt die Schichtdickenklasse n (siehe 7.3.4));
- Prüfbescheinigung, z. B. Prüfzeugnis 2.2 nach DIN EN 10204 oder andere Arten nach DIN EN 10204.

6.2 Bestelloptionen

Folgende Bestellangaben können optional angefordert werden:

- abweichende Endenausführung, Endenschutz;
- abweichende Kennzeichnung der Umhüllung;
- abweichende Anforderungen der Umhüllungseigenschaften;
- abweichende Prüfhäufigkeiten;
- Materialvorgaben;
- Lagerungsbedingungen, z. B. Dauer, Umgebungsbedingungen;
- Farbe der Umhüllung.

7 Aufbringen der Umhüllung

7.1 Allgemeines

Die Wahl der Beschichtungsmaterialien obliegt dem Beschichter, da je nach Anlagen und Umhüllungsverfahren unterschiedliche Materialien die in dieser Norm geforderten Mindestanforderungen an die fertige Umhüllung ermöglichen. Abweichende Vorgaben des Bestellers bezüglich der Einsatzmaterialien müssen vereinbart werden. Die Mindestanforderungen an die Beschichtungsmaterialien müssen nach DIN EN ISO 21809-1:2020-09, Tabelle 3 bis Tabelle 5, erfüllt und in einem Prüfbericht dokumentiert werden. Der Prüfbericht hat eine Gültigkeit von maximal 3 Jahren und die Prüfungen müssen nach drei Jahren sowie bei Änderung der Zusammensetzung, des Produktionsprozesses oder der Produktionsstätte entsprechend wiederholt werden.

7.2 Oberflächenvorbehandlung

Die Oberflächenvorbehandlung erfolgt durch eine Strahlentrostung. Die Strahlentrostung der Oberfläche sowie evtl. erforderliche Nacharbeiten dürfen nicht zur Unterschreitung der in den Liefornormen für das Stahlrohr geforderten Mindestwanddicken führen. Strahlmittelreste müssen vor dem Aufbringen der Umhüllung entfernt werden. Die Anforderungen an die Oberfläche sind der Tabelle 4 zu entnehmen.

7.3 Aufbau der Umhüllung

7.3.1 Allgemeines

Für die in drei Schichten applizierte extrudierte Polyethylen-Umhüllung ist zwischen den Eigenschaften von Epoxidharzprimer, Kleber und Polyethylen zu unterscheiden.

Tabelle 2 gibt einen Überblick der erforderlichen Angaben in den technischen Datenblättern und die in den Abnahmeprüfzeugnissen auszuweisenden Chargenprüfungen des Materialherstellers. Diese Daten beziehen sich auf die Beschichtungsmaterialien und können sich von den Werten der hergestellten Umhüllung unterscheiden.

Tabelle 2 — Erforderliche Angaben in den Produktdatenblättern und die in den Abnahmeprüfzeugnissen auszuweisenden Chargenprüfungen des Materialherstellers

Material	Eigenschaft	Prüfgrundlage	Abnahmeprüfzeugnis	Produktdatenblatt
Allgemeine Angaben	Materialbezeichnung	—	X	X
	ProduktHersteller	—	X	X
	Lagerbedingungen	—	X	X
	Lagerfähigkeit in Monaten	—	X	X
	Fertigungsdatum	—	X	—
	Chargennummer	—	X	—
Epoxidharz	Kornverteilung	DIN EN ISO 8130-1	X	X
	Haltbarkeit	—	—	X
	Dichte	DIN EN ISO 8130-2	X	X
	DSC (ΔT_g)	DIN EN ISO 11357-1	X	X
	Gelzeit	DIN EN ISO 8130-6	X	X
	Wassergehalt	DIN EN ISO 15512	X	X
Kleber ^a	Kornverteilung (nur für Pulverkleber)	ASTM D 1921	X	—
	MFR	DIN EN ISO 1133-1	X	X
	Dichte	DIN EN ISO 1183-1	X	X
	Streckspannung	DIN EN ISO 527-2	—	X
	Bruchdehnung	DIN EN ISO 527-2	—	X
	Vicat-Erweichungspunkt	DIN EN ISO 306	—	X
	Feuchtegehalt	DIN EN ISO 15512	X	X
	Anteil reaktiver Bestandteile	Hersteller-Methode	X	X
Polyethylen ^d	OIT	DIN EN ISO 11357-1	X	X
	Dichte	DIN EN ISO 1183-1	X	X
	MFR (190 °C/2,16 kg oder 5,0 kg je nach PE Sorte)	DIN EN ISO 1133-1	X	X
	Feuchtegehalt	DIN EN ISO 15512	X	X

Material	Eigenschaft	Prüfgrundlage	Abnahmeprüfzeugnis	Produktdatenblatt
	Pigmentverteilung CB dispersion ^b	ISO 18553	X	X
	Rußanteil ^b	ISO 6964	X	X
	Bruchdehnung ^c	DIN EN ISO 527-2	—	X
	Streckspannung ^c	DIN EN ISO 527-2	—	X
	Bruchfestigkeit ^c	DIN EN ISO 527-2	—	X
	Erweichungspunkt	DIN EN ISO 306	—	X
	Shore-D-Härte	DIN EN ISO 868	—	X
	ESCR (50 °C, F50)	Netzmittelprüfung nach ASTM D 1693	—	X
	UV-Beständigkeit	Anhang J	—	X
	Wärmebeständigkeit	Anhang K	—	X

^a Die Angaben für den Kleber beziehen sich auf das ungemahlene Material und können bei Materialien für Pulverapplikationen beim Beschichter nicht geprüft werden.

^b Bei schwarz eingefärbten Materialien.

^c Weiterhin erforderlich sind Angaben, ob gepresste, oder extrudierte Proben verwendet wurden.

^d Wenn eine Beimischung von Pigmenten/Additive durch den Beschichter erfolgt, dann muss die Einhaltung der Anforderungen durch den Beschichter erfolgen.

7.3.2 Epoxidharzprimer

Der Epoxidharzprimer wird als Pulver appliziert. Die Mindestschichtdicke ist Tabelle 5 zu entnehmen. Die Überwachung der Schichtdicke erfolgt nach ISO 19840:2012, Verfahren nach 4.2.1, 4.2.2 oder 4.2.3.

7.3.3 Polyethylen-Kleber (PE-Kleber)

Der PE-Kleber wird alternativ als Pulver aufgebracht oder extrudiert. Die Mindestschichtdicke ist Tabelle 5 zu entnehmen. Die Überwachung der Schichtdicke erfolgt nach ISO 19840:2012 Verfahren nach 4.2.1, 4.2.2 oder 4.2.3.

Prozessbedingt ergeben sich bei Pulverapplikation und Extrusionsverfahren unterschiedliche Anforderungen an die Schälwiderstände.

7.3.4 Polyethylen-Decklage

Die Polyethylen-Decklage wird im Schlauch- oder Wickelextrusionsverfahren aufgebracht. Die Umhüllung ist nach der Applikation zu kühlen, um bei den folgenden Transportvorgängen unzulässige Deformationen zu vermeiden. In Abhängigkeit von der Nennweite ergeben sich unterschiedliche Mindestwerte für die normale Gesamtschichtdicke (n). Für erhöhte mechanische Belastungen (Transport, Lagerung, Verlegung, spezifische Masse, erhöhte Anforderungen) ist eine um 0,7 mm verstärkte Mindestschichtdicke (v) vorzusehen. Die Mindestschichtdicken sind in der folgenden Tabelle 3 aufgeführt. Höhere Sonderschichtdicken können vereinbart werden und erhalten die Kennzeichnung s. Die Messung der Gesamtschichtdicke erfolgt nach DIN EN ISO 2808:2019-12, siehe Anhang A.

Tabelle 3 — Gesamtschichtdicke der Polyethylen-Umhüllung

Nennweite	Mindestschichtdicke ^a	
	mm	
	normal (n)	verstärkt (v)
≤ DN 100	1,8	2,5
> DN 100 bis ≤ DN 250	2,0	2,7
> DN 250 bis < DN 500	2,2	2,9
≥ DN 500 bis < DN 800	2,5	3,2
≥ DN 800	3,0	3,7

^a Eine 10%-ige Unterschreitung der Gesamtschichtdicke im Bereich der Schweißnaht ist zulässig.

7.3.5 Endenausführung

Die Umhüllung an den Rohrenden ist auf eine bestimmte Länge, nach Tabelle 5, oder nach Vereinbarung zwischen dem Auftraggeber und Beschichter, zu entfernen. Zur Bestimmung der Länge wird der Abstand zwischen Steg am Rohrende und dem Anfang der Umhüllungsschräge gemessen.

8 Anforderungen und Prüfungen

8.1 Allgemeines

Die Anforderungen und Prüfungen an die Umhüllungen nach diesem Dokument gelten für den Zeitpunkt der Auslieferung und dienen zur Qualitätssicherung der Einsatzmaterialien und zur Überwachung des Umhüllungsprozesses.

8.2 Umhüllungseigenschaften

Die verlangten Umhüllungseigenschaften sowie die Verweisungen auf die entsprechend durchzuführenden Prüfungen sind in Tabelle 5 zusammengestellt. Andere Anforderungen können bei Anfrage und Auftragserteilung vereinbart werden.

Tabelle 4 — Eigenschaften der Oberflächen

Eigenschaft	Anforderung	Prüfung nach	Bemerkungen	Häufigkeit Produktionsprüfung	Häufigkeit Systemprüfung 3 Rohre
Stahloberfläche					
Oberflächenbeschaffenheit vor der Strahlentrostung	frei von Verunreinigungen, wie Schmutz, Öl, Fett, Schweißperlen usw.	visuelle Prüfung		jedes Rohr	jedes Rohr
Rohrtemperatur vor der Strahlentrostung	min. 3 °C oberhalb des Taupunktes	geeignetes Temperaturmessgerät	Berechnung des Taupunktes erforderlich, keine genormte Prüfung	alle 4 h	einmal
Rohrtemperatur vor dem Beschichtungsprozess	nach internen Prozessvorgaben	geeignetes Temperaturmessgerät		jedes Rohr	jedes Rohr
Temperatur des extrudierten Klebers und Polyethylens	nach internen Prozessvorgaben	geeignetes Temperaturmessgerät		1 / h	einmal
Reinheitsgrad nach der Strahlentrostung	min. SA 2 ½	DIN EN ISO 8501-1		jedes Rohr	jedes Rohr

Eigenschaft	Anforderung	Prüfung nach	Bemerkungen	Häufigkeit Produktionsprüfung	Häufigkeit Systemprüfung 3 Rohre
Rauigkeit nach der Strahlentrostung (Ry5)	50 µm bis 100 µm	DIN EN ISO 8503-4 oder DIN EN ISO 8503-5	Gemessen nach den Anforderungen der DIN EN ISO 8503-4 (Tastschnittverfahren) oder DIN EN ISO 8503-5 (Abdruckverfahren). Das Tastschnittverfahren muss zur Verifizierung eingesetzt werden, das Abdruckverfahren kann verwendet werden, wenn ein Zusammenhang zum Profilometer (Tastschnittverfahren) mit einer Abschnittslänge von 2,5 mm festgestellt wird.	alle 2 h	jedes Rohr
Oberflächenbeschaffenheit nach der Strahlentrostung	frei von Stahlfehlern wie zum Beispiel Schalen, Einwalzungen und Verunreinigungen jeglicher Art	Visuelle Prüfung		jedes Rohr	jedes Rohr
Staubtest	max. Klasse 2 (Menge und Größe)	DIN EN ISO 8502-3		alle 2 h	jedes Rohr
Salztest	max. Salzgehalt (NaCl) 20 mg/m ²	DIN EN ISO 8502-6 oder DIN EN ISO 8502-9	Mobiles Testgerät kann benutzt werden.	1 / Schicht	jedes Rohr

Tabelle 5 — Eigenschaften der extrudierten Umhüllung

Eigenschaft	Anforderung	Prüfung nach	Bemerkungen	Häufigkeit Produktionsprüfung	Häufigkeit Systemprüfung 3 Rohre
Schichtdicke: Epoxidharzprimer	min. 80 µm	Anhang A	ggf. an einem Zusatzrohr Falls für die Trockenschichtdickenmessung als Produktionsprüfung durch eine Nassschichtdickenmessung ersetzt wird, muss die Korrelation nachgewiesen werden.	1 / Tag und bei Anlagenumrüstung	einmal
Schichtdicke: PE-Kleber	min. 150 µm	Anhang A	ggf. an einem Zusatzrohr Falls für die Trockenschichtdickenmessung als Produktionsprüfung durch eine Nassschichtdickenmessung ersetzt wird, muss die Korrelation nachgewiesen werden.	1 / Tag und bei Anlagenumrüstung	einmal
Gesamtschichtdicke:	nach Tabelle 3 (n oder v) oder Vereinbarungen	Anhang A		jedes 10. Rohr	jedes Rohr
Aushärtegrad Epoxidharzprimer	ΔT_g nach Angaben des Produktherstellers	Anhang B	Probenentnahme direkt vom Produktionsrohr oder von einem Zusatzrohr	1 / Schicht	einmal
CD-Test bezogen auf Silber-Silberchlorid-Elektrode mit gesättigtem KCl-Elektrolyten	$\leq 5,0$ mm 24 h bei $(65 \pm 3) ^\circ\text{C}$ $-3,38$ V	Anhang C		1 / EP Charge	—
	$\leq 7,0$ mm 28 Tage bei $(23 \pm 3) ^\circ\text{C}$ $-1,38$ V	Anhang C		—	1 Rohr (3 Proben)

Eigenschaft	Anforderung	Prüfung nach	Bemerkungen	Häufigkeit Produktionsprüfung	Häufigkeit Systemprüfung
	und ≤ 15,0 mm Typ N: 28 Tage bei (60 ± 3) °C -1,38 V Typ S: 28 Tage bei (80 ± 3) °C -1,38 V				3 Rohre
Schälwiderstand	Schlauchextrusion Typ N: 45,0 N/cm bei Raumtemperatur ≥ 20 °C 15,0 N/cm bei (60 ± 3) °C Typ S: 60,0 N/cm bei Raumtemperatur ≥ 20 °C 25,0 N/cm bei (80 ± 3) °C Wickelextrusion Typ N: 100,0 N/cm bei Raumtemperatur ≥ 20 °C 20,0 N/cm bei (60 ± 3) °C	Anhang D	im Falle eines Abrisses siehe D 3.3 keine Enthaftung zum Stahl	1 / Schicht bei Raumtemperatur ≥ 20 °C an einem Rohrende	3 Rohre (an einem Rohrende bei Raumtemperatur ≥ 20 °C und bei erhöhter Temperatur)

Eigenschaft	Anforderung	Prüfung nach	Bemerkungen	Häufigkeit Produktionsprüfung	Häufigkeit Systemprüfung 3 Rohre
	Typ S: 150,0 N/cm bei Raumtemperatur $\geq 20\text{ °C}$ 30,0 N/cm bei $(80 \pm 3)\text{ °C}$				
Porenfreiheit	keine Durchschläge	Anhang E	25-kV-Prüfung	jedes Rohr	jedes Rohr
Bruchdehnung	min. 400 % bei $(23 \pm 3)\text{ °C}$	Anhang F		1 / PE-Charge	einmal
MFR Granulat vor Applikation und PE-Probe nach Applikation	Δ MFR max. 20 %	DIN EN ISO 1133-1		1 / PE-Charge	einmal
Schlagbeständigkeit ($\geq 20\text{ °C}$)	Typ N: $\geq 5\text{ J/mm}$ Typ S: $\geq 7\text{ J/mm}$	Anhang G	25-kV-Prüfung Keine Durchschläge	1 / PE-Charge	1 Rohr oder 1 Probe
Tiefemperatur- Schlagbeständigkeit	Typ N: $\geq 5\text{ J/mm}$ bei $(-20 \pm 3)\text{ °C}$ Typ S: $\geq 7\text{ J/mm}$ bei $(-40 \pm 3)\text{ °C}$	Anhang G	25-kV-Prüfung Keine Rissbildung	—	1 Rohr / 1 Probe
Eindringtiefe	Typ N: max. 0,3 mm bei $(23 \pm 3)\text{ °C}$ max. 0,4 mm bei $(60 \pm 3)\text{ °C}$ Typ S: max. 0,2 mm bei $(23 \pm 3)\text{ °C}$ max. 0,4 mm bei $(80 \pm 3)\text{ °C}$	Anhang H		1 / PE-Charge (3 Proben)	einmal (3 Proben)

Eigenschaft	Anforderung	Prüfung nach	Bemerkungen	Häufigkeit Produktionsprüfung	Häufigkeit Systemprüfung 3 Rohre
Spezifischer elektrischer Umhüllungswiderstand	$\geq 10^8 \Omega \text{m}^2$ bei $(23 \pm 3) ^\circ\text{C}$	Anhang I	—	—	einmal (1 Probe) kann vom Materialhersteller durchgeführt werden
Rohrendenaufführung					
Länge Cutback	150 mm \pm 20 mm (sofern nichts anderes vereinbart)			1 / h	—
Epoxidharzschichtüberstand	min. 10 mm			1 / h	—
Abschrägungswinkel	max. 30° (sofern nichts anderes vereinbart)			1 / h	—
Unbeschichtetes Rohrende	min. 80 mm der Rohrenden, von der Schweißnaht gemessen, frei von Epoxidharz und Kleber (sofern nichts anderes vereinbart)			1 / h	—

8.3 Prüfverfahren

Die Prüfverfahren der Umhüllungs- und Materialeigenschaften sind in Anhang A bis Anhang K beschrieben. Es sind die Produktionsprüfungen von den Systemprüfungen zu unterscheiden.

In der Systemprüfung werden die erforderlichen Materialeigenschaften und funktionalen Anforderungen der Umhüllungskomponenten im Sinne dieser Norm nachgewiesen und dokumentiert. Die Systemprüfung ist in zeitlichen Abständen von drei Jahren je Kunststoffzusammensetzung und Umhüllungsverfahren durchzuführen.

Werden die Umhüllungsanforderungen dieser Norm bei den Prüfungen im Produktionsablauf nicht erfüllt, ist die Prüfung mit doppelter Probenzahl zu wiederholen. Werden die Anforderungen erneut nicht erfüllt, ist das Fertigungslos zu sperren.

Bei Verwendung von elektronischen Prüfberichten kann eine vereinfachte Dokumentation der Prüfergebnisse erfolgen.

8.4 Prüfbescheinigungen

Als Nachweis für die Polyethylen-Umhüllungen gilt eine Prüfbescheinigung, die im Allgemeinen der Bescheinigung nach DIN EN 10204, Werkszeugnis 2.2, entspricht. Andere Bescheinigungen können vereinbart werden.

9 Reparaturen

9.1 Allgemeines

Rohre aus Stahl mit örtlich begrenzten Fehlern (Poren, Fehlstellen an der Oberfläche) und solche, die einem zerstörenden Prüfverfahren entsprechend dieser Norm unterworfen wurden, dürfen ausgebessert werden.

Es wird zwischen geringfügigen und schwerwiegenden Beschädigungen unterschieden (9.2 bzw. 9.3).

9.2 Geringfügige Beschädigungen

Dabei handelt es sich um kleine Störstellen und Beschädigungen, die nicht bis zur Stahloberfläche reichen. Zu diesen Defekten zählen:

- Poren in der PE Decklage;
- kleinere Bereiche mit Unterbeschichtung;
- Einschlüsse und Luftblasen in der Decklage;
- Anhaftungen von Fremdkörpern;
- oberflächlicher Abrieb;
- kleinere Eindruckstellen in der Beschichtung.

Die geringfügigen Beschädigungen dürfen ohne Flächenbegrenzung ausgebessert werden.

9.3 Schwerwiegende Beschädigungen

Hierunter fallen alle Beschädigungen der Beschichtung, die bis zur Stahloberfläche reichen.

Wenn nicht anders vereinbart, darf bei den schwerwiegenden Beschädigungen die einzelne zu reparierende Fehlstellenfläche 10 cm² nicht überschreiten. Die zulässige Anzahl der zu reparierenden Fehlstellen beträgt 1 Fehlstelle je 1 m Rohrlänge. Andernfalls ist das Rohr vollständig neu zu umhüllen.

Die Beschichtungsmaterialien, die zur Ausbesserung von Fehlstellen verwendet werden, müssen zwei Bedingungen erfüllen.

- Sie müssen für den Schutz erd- und wasserverlegter Rohrleitungen unter den vorgeschriebenen Betriebsbedingungen (z. B. Designtemperatur) geeignet sein.
- Sie müssen mit der zuvor aufgetragenen Polyethylen-Umhüllung verträglich sein.

Nach erfolgter Reparatur sind die Ausbesserungen nach Anhang A und Anhang E zu prüfen. Die Anforderungen zur Mindestschichtdicke müssen erfüllt werden und es dürfen keine Durchschläge auftreten.

Alternative Reparaturvorgaben können vereinbart werden.

10 Kennzeichnung

Die Kennzeichnung muss an jedem Rohr erfolgen und folgende Angaben enthalten:

- Zeichen oder Name des Rohrherstellers;
- Zeichen und Name des Beschichters (falls abweichend vom Rohrhersteller);
- Verweisung auf die Rohrnorm;
- Verweisung auf die Umhüllungsart unter Angabe der Umhüllungsart nach Tabelle 1 und der Schichtdickenklasse.

Die Kennzeichnung ist in geeigneter Weise, z. B. durch Schablonenbeschriftung oder Aufdruck oder Etiketten (z. B. Barcode, QR-Code) und dauerhaft lesbar vorzunehmen.

11 Handhabung, Transport und Lagerung

Umhüllte Rohre aus Stahl müssen ohne Beschädigung der Rohrenden oder Umhüllung verladen werden. Die Anwendung von Stahlseilen, Haken oder anderer Vorrichtungen, die Beschädigungen der Umhüllungen oder Rohrenden verursachen könnten, ist verboten. Während des Transports sind Maßnahmen zu treffen, um Beschädigungen der Rohre aus Stahl oder Umhüllung zu vermeiden. Nach Auslieferung sind die Rohre bei langfristiger Freilagerung in geeigneter Weise gegen die Einwirkung von Witterungseinflüssen zu schützen.

Anhang A (normativ)

Prüfung der Schichtdicken

A.1 Allgemeines

Die Verfahren zur Prüfung der Schichtdicken müssen nach DIN EN ISO 2808 erfolgen. Die Einzel- und Gesamtschichtdicken sind zu bestimmen.

Die Messung der Einzelschichtdicken von Epoxidharzprimer und PE-Kleber wird an mindestens drei repräsentativen Punkten der Oberfläche über den Rohrumfang durchgeführt. Für die Messung der Einzelschichtdicken von Epoxidharzprimer und PE-Kleber ist der Rautiefeneinfluss, nach ISO 19840:2012, Anhang A, zu berücksichtigen.

Die Prüfung der Einzelschichtdicken bzw. der Gesamtschichtdicke der Umhüllung erfolgt mit Hilfe eines magnetischen Prüfverfahrens nach DIN EN ISO 2808:2019-12, Tabelle A.2, Verfahren 7A, 7B.1 oder 7B.2.

Das Instrument muss möglichst auf einer gestrahlten Stahloberfläche, auf der die zu prüfende Beschichtung oder Umhüllung aufgebracht ist, kalibriert werden. Die Kalibrierung und Prüfung müssen bei der gleichen Temperatur erfolgen. Andere für Stahl geeignete Kalibrierungen sind möglich, z. B. mittels kalibrierter Folien bekannter Schichtdicke nach ISO 19840. Der Schichtdickenbereich der zu prüfenden Beschichtung oder Umhüllung wie die Schichtdicke der kalibrierten Folien muss in einem Toleranzfenster von $\pm 20\%$ der zu untersuchenden Mindestschichtdicke liegen.

Die Kalibrierung des Messgerätes muss mindestens einmal je Schicht überprüft werden.

ANMERKUNG Bei Mindestschichtdicken von mehr als 1 mm kann die Oberflächenrauheit der Stahloberfläche vernachlässigt werden.

An jedem zu untersuchendem Rohr oder Rohrsegment sind mindestens zwölf Messungen der Gesamtschichtdicke durchzuführen. Bei UP geschweißten Rohren sind zusätzlich mindestens vier Messungen im Schweißnahtbereich durchzuführen. Die Messungen erfolgen an gleichmäßig verteilten Stellen, die sich als Schnittpunkte von vier Längslinien mit drei Umfangslinien in einem Abstand von mindestens 200 mm vom Ende der Umhüllung ergeben.

A.2 Prüfbericht

Der Prüfbericht muss mindestens folgende Angaben enthalten:

- a) Probekörper oder Rohrnummer;
- b) eine Verweisung auf dieses Dokument, einschließlich Ausgabedatum;
- c) verwendetes Verfahren;
- d) Ergebnis(se) nach Abschnitt A.1;
- e) jegliche Abweichung vom beschriebenen Verfahren;
- f) jede festgestellte Besonderheit;
- g) Prüfdatum.

Anhang B (normativ)

Aushärtegrad der Epoxidharzschicht

B.1 Allgemeines

Das Epoxidharz wird mit Hilfe der Dynamische Differenzkalorimetrie (DSC) im gehärteten Zustand geprüft. Das Verfahren muss nach DIN EN ISO 11357-1 und DIN EN ISO 11357-2 erfolgen. Das Verfahren ist entsprechend dieser Norm einzuhalten, solange im vorliegenden Anhang keine abweichenden Festlegungen getroffen sind.

B.2 Prüfvorrichtung

Die Prüfvorrichtung besteht aus folgenden Komponenten:

- ein DSC-Prüfgerät mit Kühleinrichtung;
- eine Waage mit einer Fehlergrenze von 0,1 mg;
- eine Probenpresse;
- Aluminiumprobenträger mit Deckel;
- ggf. Stickstoffspüleinrichtung mit Gastrocknung, mit analytischer Reinheit.

B.3 Verfahrensbeschreibung

B.3.1 Probennahme

Eine repräsentative Probe des ausgehärteten Epoxidharzprimers wird entnommen. Die Probenmenge sollte (10 ± 3) mg betragen. Die Probe darf keine PE-Klebrückstände aufweisen.

B.3.2 Durchführung der Messung

Die DSC-Messung besteht aus folgenden Verfahrensschritten:

- 1) Aufheizen der Proben von (25 ± 5) °C auf (110 ± 5) °C (bei Epoxidharzen mit höheren Glasübergangstemperaturen sind die Bedingungen einer Konditionierung der Proben mit dem Vormaterialhersteller abzustimmen) mit einer Aufheizgeschwindigkeit von 20 °C/min und einer isothermen Phase von 1,5 min und anschließender schnellen Kühlung auf (25 ± 5) °C.
- 2) Aufheizen der Proben von (25 ± 5) °C auf (275 ± 5) °C mit einer Aufheizgeschwindigkeit von 20 °C/min und anschließender schnellen Kühlung auf (25 ± 5) °C und einer isothermen Phase von 3 min.

- 3) Aufheizen der Proben von $(25 \pm 5)^\circ\text{C}$ auf eine Temperatur, die etwa 40°C oberhalb der Glasübergangstemperatur (Wendepunkt) liegt mit einer Aufheizgeschwindigkeit von $20^\circ\text{C}/\text{min}$ und anschließender schnellen Kühlung auf $(25 \pm 5)^\circ\text{C}$.

Für bestimmte Epoxidharzpulver können Abweichungen vom beschriebenen Verfahren nach den Angaben des Materialherstellers vereinbart werden.

B.3.3 Auswertung

Der erste Aufheizvorgang dient zur Beseitigung von Restfeuchte auf der Probe.

Aus dem zweiten Messlauf wird die Glasübergangstemperatur T_{g3} des Epoxidharzes nach DIN EN ISO 21809-1 ermittelt. Der im weiteren Verlauf der Kurve auftretende Peak kennzeichnet den noch nicht ausgehärteten Anteil des Materials. Im dritten Durchlauf wird an gleicher Probe die Glasübergangstemperatur T_{g4} für das ausgehärtete Material bestimmt.

Die Differenz der beiden Glastemperaturen sollte den Anforderungen des Vormaterialherstellers entsprechen.

B.4 Prüfbericht

Der Prüfbericht muss mindestens folgende Angaben enthalten:

- a) Probekörper oder Rohrnummer;
- b) Probenmenge;
- c) eine Verweisung auf dieses Dokument, einschließlich Ausgabedatum;
- d) verwendetes DSC-Gerät;
- e) Ergebnis(se), T_{g3} , T_{g4} , ΔT_g , ΔH_1 , nach B.3.3;
- f) jegliche Abweichung vom beschriebenen Verfahren;
- g) jede festgestellte Besonderheit;
- h) Prüfdatum.

Anhang C (normativ)

CD-Test (Kathodische Unterwanderung)

C.1 Allgemeines

Mit dieser Prüfung soll die Unterwanderung von Umhüllungen unter kathodischer Polarisation des Stahlgrundmaterials ermittelt werden, das heißt, die korrekte Ausführung von Oberflächenvorbehandlung und Epoxidharzprimer sowie die Eignung des Umhüllungssystems für die Anwendung des kathodischen Korrosionsschutzes. Es wird zwischen Systemprüfung und Produktionsprüfung unterschieden.

C.2 Prüfvorrichtung

Die Prüfvorrichtung besteht aus folgenden Komponenten (siehe Bild C.1):

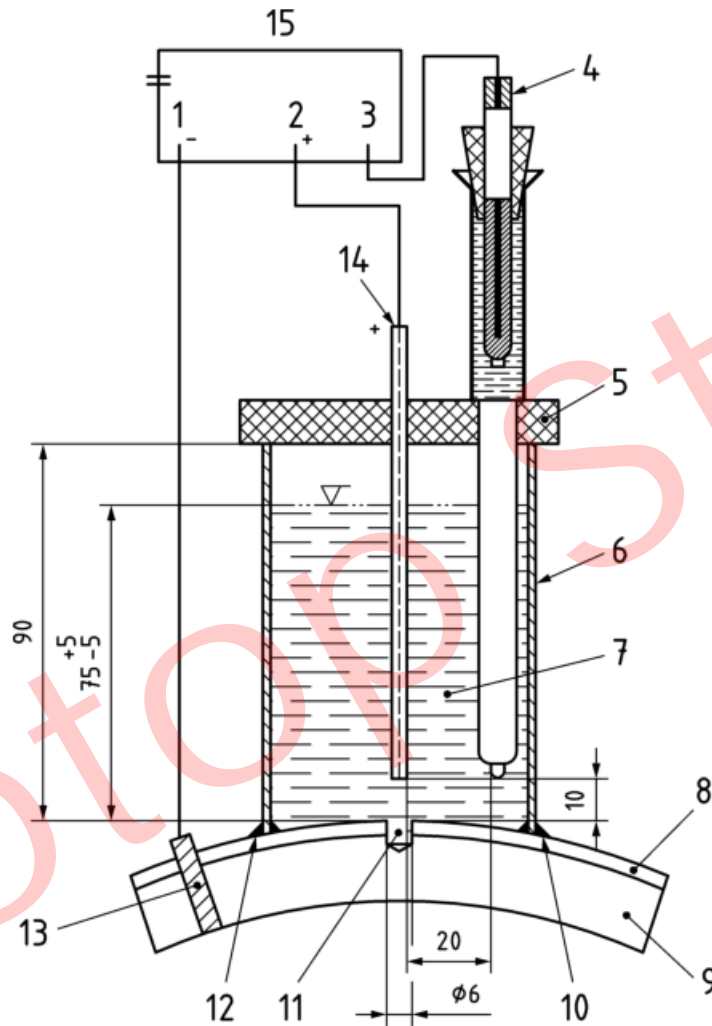
- Potentiostat mit max. Abweichung von ± 10 mV;
- Elektrolysezelle mit Aufnahmen für die erforderlichen Elektroden, Durchmesser mindestens 70 mm;
- Elektrolyt: ≥ 300 ml, NaCl-Lösung aus 3 % Massenanteil NaCl p.a. (pro analysi) und deionisiertem oder destilliertem Wasser, eine pH-Wert-Einstellung oder -Festlegung ist nicht erforderlich. Ein Elektrolyttausch während der Versuchsdauer ist nicht vorgesehen;
- Vorrichtung zum Temperieren des Versuchsaufbaus, Fehlergrenze ± 3 °C, Angabe der Art der Temperierung im Prüfbericht erforderlich;

Die Temperierung sollte bevorzugt isotherm erfolgen (z. B. im Ofen). Bei 3LPE-Umhüllungen ergeben eine Temperierung im Sandbad und eine Temperierung im Ofen erfahrungsgemäß vergleichbare Ergebnisse. Gleiches gilt bei Produktionsprüfung für eine Temperierung am Rohr mit einer geregelten Heizeinrichtung. Daher sind auch nicht isotherme Methoden zur Temperierung gestattet.

- Referenzelektrode, welche für die Prüftemperatur geeignet ist, (z. B. Silber-Silberchlorid-Elektrode mit ges. KCl-Elektrolyten). Die Referenzelektrode muss vor jeder Verwendung mit einem geeigneten Verfahren überprüft werden. Eine Möglichkeit ist die Überprüfung mit einer Mutterelektrode (Referenzelektrode gleichen Typs mit geeignetem Nachweis über die Erfüllung der Anforderungen). Zur Überprüfung werden beide Referenzelektroden in gesättigter KCl-Lösung auf gleichem Temperaturniveau temperiert. Die Potentialdifferenz zwischen den beiden Elektroden wird mit Hilfe eines Voltmeters (Innenwiderstand > 10 M Ω) gemessen. Die Referenzelektrode ist geeignet, wenn die Abweichung zur Mutterelektrode weniger als 10 mV beträgt;
- Hilfselektrode (Anode) aus inertem Material, z. B. platinierter Titanelektrode, Platindraht, platinierter Draht, platinierter Bleche, die eingetauchte Oberfläche der Hilfselektrode muss mindestens doppelt so groß sein wie die Oberfläche der Fehlstelle (Kathode);
- Arbeitselektrode (zu prüfender umhüllter Rohrabschnitt);
- Schneidwerkzeug;

- Messschieber;
- Temperaturmessgerät, Fehlergrenze $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- Material zum Abdichten der Elektrolysezelle ausreichend temperaturbeständig;
- Spiralbohrer, 6 mm, mit einem Schneidwinkel von etwa 160° bis 110° oder Fräser, ohne Kühlschmierstoffe o. ä. bohren bis die gesamte Fläche mit einem Durchmesser von 6 mm freigelegt ist.

Maße in Millimeter



Legende

- | | |
|--|---|
| 1 Arbeitselektrode | 9 Stahlprobekörper |
| 2 Elektrode (Anode) | 10 Dichtungsmaterial |
| 3 Elektrode (Referenz) | 11 Fehlstelle |
| 4 Referenzelektrode | 12 Dichtungsmaterial |
| 5 Kunststoffabdeckung | 13 Elektrode (Kathode) |
| 6 Kunststoffrohr (Innendurchmesser min. 70 mm) | 14 Hilfelektrode aus inertem Material (Anode) |
| 7 Elektrolytlösung $\geq 300\text{ ml}$ | 15 Potentiostat |
| 8 Umhüllung | |

Bild C.1 — Elektrolytische Messzelle

C.3 Verfahrensbeschreibung

C.3.1 Probenvorbereitung

Zur Probennahme wird ein Abschnitt mit der Größe von mindestens 80 mm × 80 mm aus dem fertig umhüllten Rohr geschnitten. Dabei sollte der Abschnitt nicht aus dem Schweißnahtbereich entnommen werden. Produktionsbegleitend kann die Prüfung auch am beschichteten Rohr durchgeführt werden. Die Umhüllung wird mit einer 6 mm Bohrung bis zur Stahloberfläche versehen. Die Tiefe der Bohrung sollte so gering, wie möglich sein, so dass gerade die gesamte Fläche mit einem Durchmesser von 6 mm freigelegt ist. Anschließend wird um die Bohrung herum die Elektrolysezelle mit den Elektroden aufgesetzt. Mit Hilfe einer geeigneten Dichtmasse wird die Elektrolysezelle mit der Polyethylen-Umhüllung verbunden. Zur Messung wird die Zelle mit mindestens 300 ml Elektrolytlösung befüllt.

C.3.2 Durchführung der Messung

Der mit einer Bohrung versehene Rohrabschnitt wird mit Hilfe des Potentiostaten auf das entsprechende Potential polarisiert. Das Prüfpotential ist in Abhängigkeit von der verwendeten Referenzelektrode in Tabelle C.1 aufgeführt. Falls eine andere Referenzelektrode verwendet wird, dann muss das einzustellende Prüfpotential angepasst werden. Die Temperaturabhängigkeit des Potentials der verwendeten Referenzelektrode wird vernachlässigt (keine Verwendung eines Temperaturkoeffizienten / keine Temperaturkompensation). Entsprechend der erforderlichen Prüfbedingungen wird ggf. temperiert, wobei die Prüftemperatur am Stahl gemessen wird.

Falls nicht im Ofen temperiert wird, dann muss Temperatur in der Elektrolytlösung 10 mm oberhalb der künstlichen Fehlstelle und in der Mitte zwischen künstlicher Fehlstelle und Zylinderwand gemessen werden. Die Elektrolyttemperatur darf nicht mehr als 3 °C schwanken, andernfalls ist der Prüfzylinder zu isolieren.

Verluste des Elektrolyten, während der vorgesehenen Prüfzeit werden mit destilliertem Wasser ausgeglichen. Während der Prüfdauer ist ein kontinuierlicher Stromfluss erforderlich. Daher sind Gasblasen zu entfernen, falls sich diese an der künstlichen Fehlstelle festsetzen und den Stromfluss komplett verhindern. Eine regelmäßige Strommessung (einmal je Arbeitstag oder Aufzeichnung z. B. mittels Datenlogger) wird empfohlen, um Blasenbildung an der Fehlstelle zu erkennen. Ein deutlicher Stromabfall auf annähernd Null ist ein Hinweis auf Blasenbildung.

Tabelle C.1 — Geläufige Referenzelektroden

Referenzelektrode	Anwendung ^a	Prüfpotential 24 h-Test	Prüfpotential 28 d-Test
Ag/AgCl/gesättigt bei KCl	bis etwa 100 °C	-3,38 V	-1,38 V
Ag/AgCl/3 mol/l KCl	bis etwa 80 °C	-3,39 V	-1,39 V
Hg/Hg ₂ Cl ₂ /gesättigt bei KCl	bis etwa 50 °C	-3,43 V	-1,43 V
Cu/CuSO ₄ /gesättigt bei CuSO ₄	Raumtemperatur	-3,50 V	-1,50 V

^a Angaben lediglich zur Orientierung. Exakte Werte sind dem Produktdatenblatt des Herstellers zu entnehmen.

C.3.3 Auswertung

Nach Ablauf der vorgesehenen Prüfzeit wird die Messzelle entfernt, der Prüfkörper mit Wasser gespült und ohne zu erwärmen getrocknet (z. B. Abtupfen mit einem Tuch).

Rund um die Bohrung wird die Decklage der Umhüllung, welche mit dem Elektrolyten in Kontakt stand, entfernt (zum leichteren Entfernen der Decklage darf die Probe erwärmt werden (T_g des Epoxidharzprimers darf nicht überschritten werden). Alternativ kann die Decklage auch abgehobelt werden. Die PE-Decklage muss entfernt werden, da eine verbleibende Restdicke die Bestimmung der Unterwanderungstiefe beeinflussen kann). Anschließend wird der freigelegte Bereich um die Bohrung in 8 Segmente unterteilt bis auf den Grundwerkstoff eingeschnitten und mit einem geeigneten Werkzeug von innen nach außen (beginnend an der Fehlstelle) ggf. abgehoben.

Enthaftung liegt in solchen Bereichen vor, in denen keine Umhüllungsrückstände (einschließlich Primer) mehr vorhanden sind, unabhängig wodurch die Enthaftung verursacht wurde (kathodische Enthaftung, Enthaftung durch Wasserdampfdiffusion/-permeation, Blasenbildung durch Wasserstoffbildung, Blasen in der Umhüllung, unzureichende Ausgangshaftung).

Die maximale Ausdehnung der Enthaftung ist zu bewerten unabhängig davon, ob Zwischenbereiche noch stelloweise (punktuelle Haftinseln) anhaftend sind.

Für jedes Segment wird die maximale kathodische Unterwanderungstiefe mit einer Fehlergrenze von 0,5 mm vom Rand der Fehlstelle bis zur ursprünglichen Haftung bestimmt. Die Fläche der Bohrung darf dabei nicht berücksichtigt werden. Die kathodische Unterwanderung für eine Probe wird über den Mittelwert der 8 Segmente berechnet.

Für die Systemprüfung ist aus drei Proben der arithmetische Mittelwert zu berechnen und als kathodische Unterwanderung in Millimeter anzugeben.

C.4 Prüfbericht

Der Prüfbericht muss mindestens folgende Angaben enthalten:

- a) Probekörper oder Rohrnummer;
- b) eine Verweisung auf dieses Dokument, einschließlich Ausgabedatum;
- c) verwendetes Verfahren;
- d) Nominale Schichtdicke der Umhüllung;
- e) Prüfpotential;
- f) Prüfdauer;
- g) Prüftemperatur;
- h) Ergebnis(se) nach C.3.3;
- i) jegliche Abweichung vom beschriebenen Verfahren;
- j) jede festgestellte Besonderheit;
- k) Prüfdatum.

Anhang D (normativ)

Schälwiderstand

D.1 Allgemeines

Mit der Prüfung des Schälwiderstandes wird die korrekte Ausführung der Kombination aus Epoxidharzprimer, PE-Kleber und Polyethylendecklage kontrolliert. Bei dieser Prüfung muss die Kraft gemessen werden, die erforderlich ist, um die Umhüllung mit einer konstanten Zuggeschwindigkeit vom metallischen Trägermaterial (Stahl) abzuziehen.

Wesentliches Kriterium für die Dreischichtumhüllung bei Verwendung eines gepropften PE-Klebers ist der Adhäsionsbruch entweder zwischen Epoxidharzschicht und PE-Kleber oder zwischen PE-Kleber und Polyethylendecklage. In keinem Falle darf es zu einem Bruch zwischen Stahl und Epoxidharzschicht kommen.

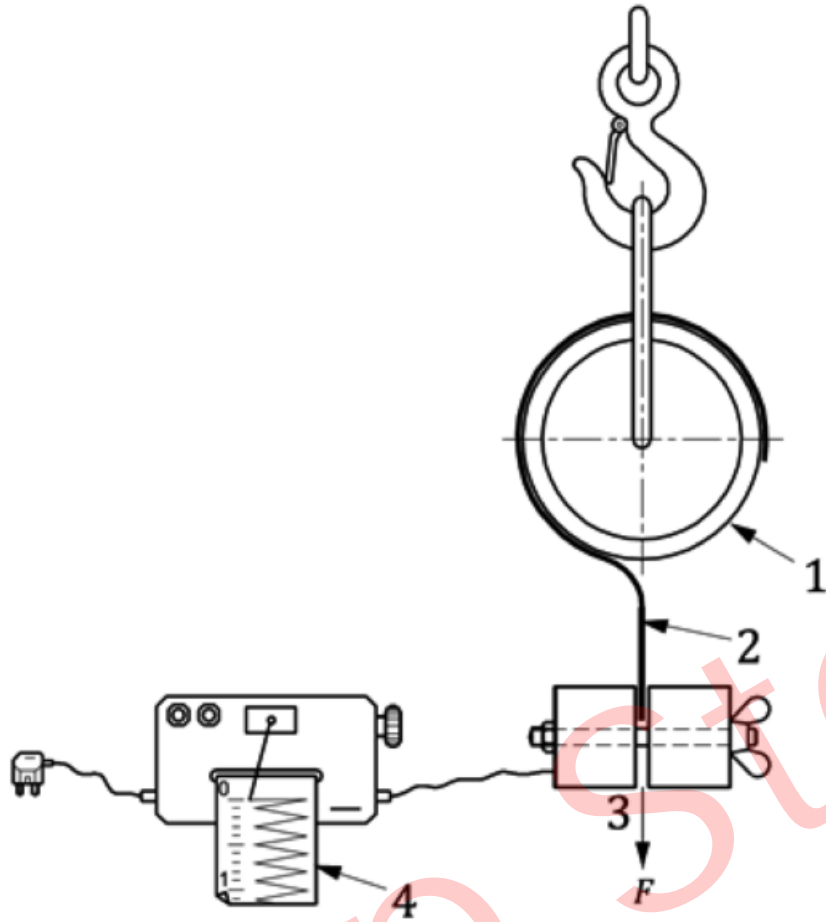
Bei der Verwendung eines nicht gepropften PE-Klebers ist das wesentliche Kriterium der Kohäsionsbruch innerhalb der PE-Kleberschicht, d. h. der Verbund aus Epoxidharzprimer und PE-Kleber, bzw. der Verbund aus PE-Kleber und Polyethylen sind größer als die Materialfestigkeit des PE-Klebermaterials.

D.2 Prüfvorrichtung

Die Prüfvorrichtung besteht aus folgenden Komponenten:

- eine Prüfanordnung mit Kraftmessgerät (registrierend, mindestens 5 % Fehlergrenze);
- eine Möglichkeit zur Vorwärmung des zu prüfenden Probenmaterials;
- ein Temperaturmessgerät.

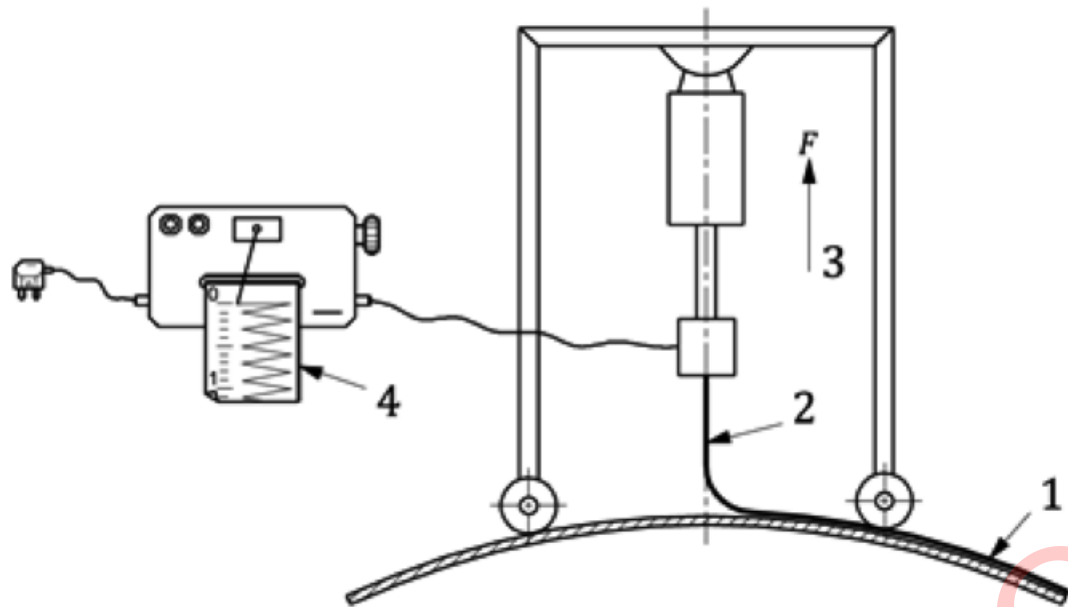
Der Schälwiderstand der Polyethylen-Umhüllung wird mit den Anordnungen nach Bild D.1, Bild D.2 und Bild D.3 oder gleichwertigen Anordnungen bestimmt. Darüber hinaus ist eine Doppelsäge oder eine entsprechende Schneidvorrichtung zur Vorbereitung der Proben erforderlich.



Legende

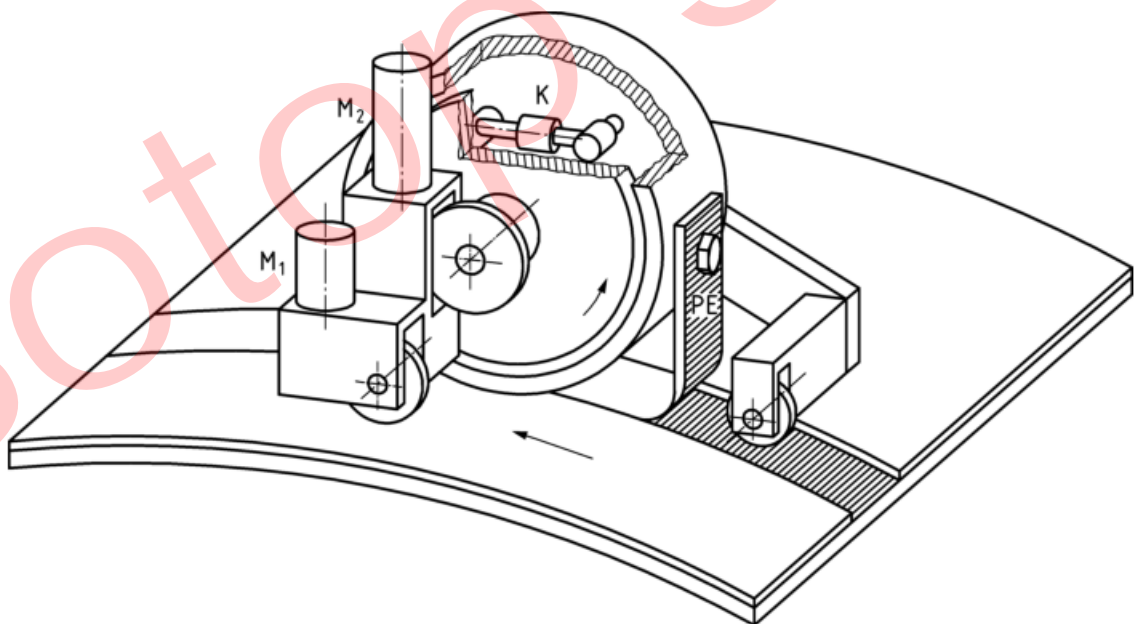
- 1 Rohrsegment
- 2 Umhüllungstreifen
- 3 Zugkraft
- 4 Messeinheit

Bild D.1 — Anordnung I zur Bestimmung des Schälwiderstandes

**Legende**

- 1 Umhüllungsoberfläche
- 2 Umhüllungsstreifen
- 3 Zugkraft
- 4 Messeinheit

Bild D.2 — Anordnung II zur Bestimmung des Schälwiderstandes

**Legende**

- M₁ Antriebseinheit
- M₂ Antriebseinheit
- K Zugkraftmesseinheit
- PE Umhüllungsstreifen

Bild D.3 — Anordnung III zur Bestimmung des Schälwiderstandes

D.3 Verfahrensbeschreibung

D.3.1 Vorbereitung der Proben

Zur Prüfung wird die Polyethylen-Umhüllung der Rohrproben bzw. entsprechender Segmente z. B. mit einer Doppelsäge bis auf die Stahlrohrwand in einem Streifen von mindestens 20 mm und max. 50 mm Breite (in Ausnahmen mindestens 10 mm) in Umfangsrichtung eingeschnitten. Die Polyethylen-Umhüllung wird dabei kalt eingeschnitten. Durch einen Schnitt rechtwinklig zur Einsägung wird der so erhaltene Streifen getrennt und auf einer Länge von etwa 20 mm vom Rohr abgehoben. In Abhängigkeit vom verwendeten Kraftmessgerät kann eine abweichende Länge gewählt werden. Bei sehr hohen Schichtdicken kann eine Abweichung von der Prüfung vereinbart werden (z. B. durch Reduzierung der Schichtdicke).

D.3.2 Durchführung der Messung

Der Schälwiderstand der Polyethylen-Umhüllung wird durch das Abziehen einer Streifenlänge von 140 mm in Umfangsrichtung des Rohres bestimmt. Das Abziehen erfolgt senkrecht zur Rohroberfläche, die Abziehggeschwindigkeit beträgt 10 mm/min. Die zum Abziehen des Probestreifens aufgewendete Kraft wird erfasst bzw. registriert und dokumentiert.

Für Systemprüfungen sollte ein Zeit-Kraft-Diagramm aus einer fortlaufenden Registrierung zur Bewertung herangezogen werden.

Die Temperatur wird auf der Rohroberfläche direkt hinter dem abgehobenen Streifen gemessen. Falls die Systemprüfung isotherm (z. B. Einhausung, geeignetes Wärmemittel) durchgeführt wird, dann kann die Temperaturmessung an beliebiger Stelle, auch im Wärmemittel, erfolgen.

D.3.3 Auswertung

Aus der Registrierung wird der Mittelwert ermittelt und in N/cm angegeben, wobei die ersten 20 mm und letzten 20 mm bei der Auswertung nicht berücksichtigt werden. Reißt die Polyethylen-Umhüllung während der Prüfung, gilt die bis zum Zeitpunkt des Abrisses registrierte maximale Zugkraft.

D.4 Prüfbericht

Der Prüfbericht muss mindestens folgende Angaben enthalten:

- a) Probekörper oder Rohrnummer;
- b) eine Verweisung auf dieses Dokument, einschließlich Ausgabedatum;
- c) verwendetes Verfahren;
- d) Prüftemperatur;
- e) Ergebnis(se) nach D.3.3;
- f) jegliche Abweichung vom beschriebenen Verfahren;
- g) jede festgestellte Besonderheit;
- h) Prüfdatum.

Anhang E (normativ)

Porenfreiheit

E.1 Allgemeines

Das Ziel der Prüfung besteht darin, Fehlstellen in der Umhüllung/Beschichtung mit Hilfe einer Hochspannungsprüfung zu detektieren. Fehlstellen, z. B. Poren, Risse und/oder andere Schwachstellen werden durch einen übersschlagenden Funken, der zwischen dem Stahl und der Prüfsonde entsteht, optisch und/oder akustisch angezeigt.

E.2 Prüfeinrichtung

Die Prüfung ist mit Hochspannungsprüfgeräten (Impulsspannung oder Gleichspannung) vorzunehmen. Bei stationärem Einbau der Prüfeinrichtung in die Beschichtungsanlage wird das beschichtete Rohr üblicherweise durch die Prüfeinrichtung hindurchbewegt. Die Prüfausrüstung besteht aus:

- einem Hochspannungsprüfgerät mit akustischem und/oder optischem Signal zur Anzeige von Fehlstellen, dessen Prüfspannung innerhalb einer Toleranz von $\pm 10\%$ kalibriert ist. Die Einhaltung der Prüfspannung muss in regelmäßigen Abständen mit einem geeigneten Messgerät überprüft werden;
- einer geeigneten Prüfelektrode aus leitfähigem Material, mit der es möglich sein muss, die zu prüfende Fläche vollständig ohne Luftspalt zu berühren bzw. muss diese vollständig anliegen (z. B. einer Abtastelektrode in Form einer Metallbürste, Spiralfeder oder elektrisch leitenden Gummi und passender Geometrie);
- leitende Verbindung zwischen Prüfgegenstand und Erdelektrode zum Schließen des Stromkreises. Bei Prüfungen mit Gleichspannung muss eine rein ohmsche Verbindung sichergestellt sein. Bei Prüfungen mit Impulsspannung kann alternativ eine kapazitive Verbindung verwendet werden.

E.3 Vorgehensweise

Die folgenden Verfahrensschritte sind zu beachten:

- Prüfspannung beträgt 5 kV Grundprüfspannung + 5 kV für jeden Millimeter Umhüllungsschichtdicke. Höchstens jedoch 25 kV. Die angelegte Prüfspannung muss regelmäßig überprüft und ggf. nachgestellt werden.
- Die Prüfung darf nur an einer Beschichtung durchgeführt werden, deren Oberfläche trocken ist.
- Das Rohr ist zu erden und mit dem Massepol des Prüfgerätes leitend zu verbinden (galvanisch bzw. kapazitiv).
- Im Falle eines Funkenüberschlages, ist der fehlerhafte Bereich der Umhüllung zu kennzeichnen.

- Alle umhüllten Flächen müssen geprüft werden und das Rohr durch die Prüfvorrichtung gefahren werden bzw. die Abtastelektrode mit einer stetigen Bewegung über die zu prüfende Umhüllung gefahren werden. Für die Geschwindigkeit der eigentlichen Bewegung bestehen keine Einschränkungen, es muss jedoch nachgewiesen werden, dass eine Fehlstelle von 1 mm Durchmesser erkannt werden kann (z. B. Testrohr oder definierte Probebohrung von 1 mm).

Im Falle von Beschichtungen mit Sonderschichtdicken kann nach Vereinbarung mit dem Kunden eine zusätzliche visuelle Nachprüfung erfolgen.

E.4 Prüfbericht

Im Falle von Durchschlägen ist ein Prüfbericht anzufertigen. Im Prüfbericht sind die Prüfspannung, die nominale Schichtdicke des Ausgangsmaterials in mm und die Anzahl der Durchschläge ggf. je Fläche zu dokumentieren. Der Prüfbericht muss mindestens folgende Angaben enthalten:

- a) Rohrnummer;
- b) eine Verweisung auf dieses Dokument, einschließlich Ausgabedatum;
- c) verwendetes Verfahren;
- d) Ergebnis(se) der Prüfung;
- e) jegliche Abweichung vom beschriebenen Verfahren;
- f) jede festgestellte Besonderheit;
- g) Prüfdatum.

Anhang F (normativ)

Bruchdehnung

F.1 Allgemeines

Die Prüfung der Bruchdehnung erfolgt nach DIN EN ISO 527-1 bis DIN EN ISO 527-3.

F.2 Prüfeinrichtung

Die Prüfung erfolgt mit einer Zugvorrichtung, die eine Aufzeichnung von Kraft und Weg zulässt.

F.3 Verfahrensbeschreibung

F.3.1 Probenvorbereitung

Die Prüfung wird an Proben der Umhüllung vorgenommen, die frei von PE-Kleberresten sind. Die Polyethylen-Umhüllung kann dazu ohne PE-Kleberschicht aufgebracht sein, um die Probenahme zu erleichtern. Eine Reduzierung der Schichtdicke ist nicht erforderlich. Die Proben dürfen nach der Probenahme mechanisch auf der Unterseite (vorherige Kontaktfläche zur Stahloberfläche) geglättet werden.

F.3.2 Durchführung der Messung

Die Prüfung der Bruchdehnung wird bei einer Temperatur von $(23 \pm 3) \text{ °C}$ an Probekörper des Typs 1B, 5A oder 5B (siehe DIN EN ISO 527-2:2012-06, Bild 1 und Bild A.2) durchgeführt. Die Dehnung wird zwischen zwei Messmarken im Prüfbereich der Proben ermittelt.

Folgende Prüfgeschwindigkeiten nach Tabelle F.1 sind zu berücksichtigen:

Tabelle F.1 — Prüfgeschwindigkeiten

Probekörpertyp nach DIN EN ISO 527-2	Prüfgeschwindigkeit nach DIN EN ISO 527-1 mm/min
1B	50
5A	20
5B	10

F.3.3 Auswertung

Die Bruchdehnung ε_b in % wird nach folgender Gleichung bestimmt:

$$\varepsilon_b = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \cdot 100$$

Dabei ist

ε_b die Bruchdehnung in %;

L_0 die Ausgangslänge zwischen den Messmarken;

L_1 der Abstand zwischen den Messmarken zum Zeitpunkt des Reißens der Probe.

Aus fünf Proben wird der arithmetische Mittelwert gebildet.

F.4 Prüfbericht

Der Prüfbericht muss mindestens folgende Angaben enthalten:

- a) Probekörper;
- b) Prüfgeschwindigkeit;
- c) eine Verweisung auf dieses Dokument, einschließlich Ausgabedatum;
- d) verwendetes Verfahren;
- e) Ergebnis(se) nach F.3.3;
- f) jegliche Abweichung vom beschriebenen Verfahren;
- g) jede festgestellte Besonderheit;
- h) Prüfdatum.

Anhang G (normativ)

Tieftemperatur- bzw. Schlagbeständigkeit

G.1 Allgemeines

Die Schlagbeständigkeit wird mit Hilfe eines Fallgewichtes bei definierter Schlagkraft ermittelt. Die Prüfung kann am Rohr bei Prüftemperatur von ≥ 20 °C oder am Rohrsegment bei den angegebenen Tieftemperaturen erfolgen. Andere Prüftemperaturen dürfen zwischen Besteller und Beschichter vereinbart werden.

G.2 Prüfeinrichtung

Zur Prüfung der Schlagbeständigkeit wird eine Vorrichtung verwendet, bei der das Fallgewicht senkrecht auf die Rohroberfläche trifft. Das Fallgewicht muss reibungsarm geführt sein. Es darf keine Beeinflussung durch die Bildung eines Luftstaus erfolgen. Die Stirnfläche des bei der Prüfung benutzten Fallgewichtes ist Teil einer Kugeloberfläche mit einem Durchmesser von 25 mm. Die Fallhöhe des Gewichtes beträgt etwa 1 m. Die Schlagarbeit sollte je nach Ausführung (N oder S) $E = (5 \cdot \varphi) J$ oder $E = (7 \cdot \varphi) J$ je mm Mindestschichtdicke betragen. Durch den Faktor φ wird der Einfluss der Rohrkrümmung berücksichtigt. Die Schlagarbeit darf je nach Dimension um den Faktor φ durch die Änderung des Fallgewichtes oder der Fallhöhe vermindert werden (siehe Tabelle G.1).

Tabelle G.1 — Abminderungsfaktor φ in Abhängigkeit vom Rohrdurchmesser

DN	φ
ab DN 200	1,0
DN 65 bis unter DN 200	0,85
unter DN 65	0,70

G.3 Verfahrensbeschreibung

G.3.1 Probenvorbereitung

Die Prüfung erfolgt am Rohr oder an einem Rohrsegment. Die Auflage der Proben ist so zu unterstützen, dass die Federwirkung der Probe bei Auftreffen des Fallgewichtes aufgehoben wird.

G.3.2 Durchführung und Auswertung

Es werden zehn Schläge auf der Polyethylen-Umhüllung ausgeführt. Dabei ist zu beachten, dass Schweißnahtüberhöhungen nicht getroffen werden. Der Abstand zwischen zwei Auftreffpunkten sollte mindestens 30 mm betragen.

Bei Prüftemperaturen abweichend von ≥ 20 °C muss die Probe vor Ausführung eines Schlages für mindestens 1 h bei der Prüftemperatur temperiert werden. Falls die Probe zur Durchführung des Schlages aus der Temperiervorrichtung entfernt wird, muss dieser zeitnah erfolgen.

Die Polyethylen-Umhüllung wird nach Anhang E mit einer Hochspannungsprüfeinrichtung auf Fehlstellen kontrolliert. Es dürfen sich keine Durchschläge zeigen.

G.4 Prüfbericht

Der Prüfbericht muss mindestens folgende Angaben enthalten:

- a) Probekörper oder Rohrnummer;
- b) eine Verweisung auf dieses Dokument, einschließlich Ausgabedatum;
- c) verwendetes Verfahren;
- d) verwendetes Gewicht;
- e) Ergebnis(se) nach G.3.2;
- f) jegliche Abweichung vom beschriebenen Verfahren;
- g) jede festgestellte Besonderheit;
- h) Prüfdatum.

Anhang H (normativ)

Eindringtiefe

H.1 Allgemeines

Bei dieser Prüfung wird die Eindringtiefe eines Stempels in die Umhüllung unter festgelegten Bedingungen für Temperatur und Belastung bestimmt.

H.2 Prüfeinrichtung

Das Prüfgerät besteht aus einem etwa 250 g schweren Metallstab mit Zusatzgewicht. Am unteren Ende des Stabes ist zentrisch ein Metallstift mit einer ebenen Stirnfläche von $1,80 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$ Durchmesser entsprechend einer Stempelfläche von $2,5 \text{ mm}^2$ angeordnet. Die Gesamtmasse beträgt $(2,5 \pm 0,05) \text{ kg}$. Der Druck beträgt damit 10 N/mm^2 . Zusätzlich ist ein Penetrometer mit einer Messuhr, deren Fehlergrenze $0,01 \text{ mm}$ beträgt, erforderlich. Die Probe wird je nach geforderter Prüftemperatur temperiert.

H.3 Verfahrensbeschreibung

H.3.1 Probenvorbereitung

Die Prüfung erfolgt an einem aus dem Rohr geschnittenen Coupon oder an der abgezogenen, vom PE-Kleber befreiten Umhüllung. Die Unterseite wird ggf. auf die gewünschte Dicke abgeschliffen.

H.3.2 Durchführung und Auswertung

Zur Prüfung wird der Stempel ohne Zusatzgewicht nach einem Temperatúrausgleich von etwa 1 h langsam und vorsichtig aufgesetzt. Innerhalb von 5 s wird der Nullwert ermittelt. Danach wird das Zusatzgewicht aufgelegt und nach Ablauf der Belastungsdauer von 24 h an der Penetrometerskala die Eindringtiefe abgelesen.

H.4 Prüfbericht

Der Prüfbericht muss mindestens folgende Angaben enthalten:

- a) Probekörper;
- b) eine Verweisung auf dieses Dokument, einschließlich Ausgabedatum;
- c) verwendetes Verfahren;
- d) Ergebnis(se) nach H.3.2;
- e) jegliche Abweichung vom beschriebenen Verfahren;
- f) jede festgestellte Besonderheit;
- g) Prüfdatum.

Anhang I (normativ)

Spezifischer elektrischer Umhüllungswiderstand

I.1 Allgemeines

Bei dieser Prüfung wird die Abnahme des spezifischen elektrischen Umhüllungswiderstandes nach Lagerung der Umhüllung in einem Elektrolyten geprüft.

I.2 Prüfeinrichtung

Die Prüfung erfolgt entweder durch das Aufsetzen und entsprechende Abdichten eines Kunststoffrohrsegmentes oder aber durch die horizontale Lagerung eines Rohrabschnittes in einem Kunststoffbehälter mit entsprechend großen seitlichen Öffnungen. Der Spalt zwischen Gefäßwand und Rohr ist mit Hilfe eines geeigneten Dichtmaterials zu verschließen.

Als Prüfmedium dient eine 0,1 molare Natriumchloridlösung. Diese Lösung sollte die Rohroberfläche etwa 100 mm überdecken. Die Oberfläche der Gegenelektrode beträgt min. 10 cm² (eingetauchte Fläche). Darüber hinaus ist eine Gleichspannungsquelle zwischen 100 V und 500 V und ein Strom- und Spannungsmessgerät oder ein Teraohmmeter erforderlich. Die Prüffläche sollte mindestens 0,03 m² betragen.

I.3 Verfahrensbeschreibung

I.3.1 Probenvorbereitung

Als Prüfkörper werden Rohrsegmente oder Rohrabschnitte vorbereitet. Die Gesamtschichtdicke der Prüfkörper ist zu bestimmen und wird im Prüfbericht angegeben. Die Prüfkörper sind vor der Prüfung einer Hochspannungsprüfung zu unterziehen.

I.3.2 Durchführung und Auswertung

Der Prüfkörper wird 100 Tage bei 23 °C dem Prüfmedium ausgesetzt.

Der Widerstand der Umhüllung ist bevorzugt mit einem Teraohmmeter zu bestimmen. Da die fließenden Ströme sehr gering sind, sollten die Kabel möglichst abgeschirmt sein.

Der Prüfaufbau bzw. das verwendete Teraohmmeter ist vor der Messung zu überprüfen. Dies erfolgt durch die Messung eines Hochohm-Kalibrierwiderstandes, welcher im Zielmessbereich, z. B. zwischen 10⁸ Ω und 10¹² Ω, liegen sollte.

Bevor eine Messung durchgeführt wird, muss die Probe entladen werden, indem die Gegenelektrode in das Prüfmedium eingetaucht und mit dem Stahlgrundmaterial elektrisch leitend verbunden wird.

Zur Messung wird der Pluspol der Gleichspannungsquelle an das Stahlgrundmaterial und der Minuspol an die Gegenelektrode gelegt. Die Gegenelektrode muss zur Messung in das Prüfmedium eintauchen.

Spannung ist nur während der Messung anzulegen. Wird der Wert nicht nach einer Minute abgelesen, so ist die Ablesezeit anzugeben. Der Zeitpunkt der Messwertaufnahme kann nach einer Minute erfolgen, sofern dieser 2 Zehnerpotenzen oberhalb der Zielgröße liegt. Andernfalls erfolgt die Messung so lange, bis zwei aufeinanderfolgende Messungen zu gleichen Ergebnissen führen oder die maximale Prüfdauer von 10 min erreicht wird. Danach wird abgebrochen und der letzte Wert als Ergebnis der Prüfung herangezogen. Mittelwertbildung von aufeinanderfolgenden Messwerten ist zulässig, um Rauschen zu kompensieren (Kurvenglättung).

Der spezifische Umhüllungswiderstand r_u errechnet sich dann aus:

$$r_u = \frac{U \cdot S}{I}$$

Dabei ist

- r_u der spezifische elektrische Umhüllungswiderstand in Ωm^2 ;
- U die Spannung zwischen Gegenelektrode und Stahlrohr in V;
- S die Prüffläche in m^2 (zu bestimmen mit einer Fehlergrenze von mindestens 10 %);
- I der durch die Umhüllung fließender Strom in A.

Die elektrische Spannung wird nur während der Messung angelegt.

I.4 Prüfbericht

Der Prüfbericht muss mindestens folgende Angaben enthalten:

- a) Probekörper;
- b) eine Verweisung auf dieses Dokument, einschließlich Ausgabedatum;
- c) verwendetes Verfahren;
- d) Ergebnis(se) nach I.3.2;
- e) jegliche Abweichung vom beschriebenen Verfahren;
- f) jede festgestellte Besonderheit;
- g) Prüfdatum.

Anhang J (normativ)

UV-Beständigkeit

J.1 Allgemeines

Zur Prüfung der Lichtalterung werden Polyethylenprobekörper unter festgelegten Bedingungen für Temperatur und Luftfeuchte der kontinuierlichen Strahlung einer Xenonlampe ausgesetzt. Die alterungsbedingten Veränderungen werden durch die Änderungen des MFR beurteilt.

J.2 Prüfgerät

Das Prüfgerät ermöglicht eine Bewitterung der Proben entsprechen den angegebenen Prüfbedingungen und besteht aus einer Strahlungskammer mit Xenonbogenlampe (siehe DIN EN ISO 4892-2:2021-11, Verfahren A)

J.3 Verfahrensbeschreibung

J.3.1 Probenvorbereitung

Die Prüfung wird an Proben der Umhüllung, die frei von PE-Kleberresten sind oder an Probeplatten, welche nach DIN EN ISO 17855-2 hergestellt wurden, vorgenommen. Die Polyethylen-Umhüllung kann dazu ohne PE-Kleberschicht aufgebracht sein, um die Probennahme zu erleichtern. Die Dicke der Proben muss 1,8 mm bis 2,5 mm betragen.

J.3.2 Durchführung der Messung

Die Durchführung der Messung erfolgt nach DIN EN ISO 4892-2:2021-11, Verfahren A, Beanspruchungszyklus-Nr. 1 an 3 Proben. Die Vorgaben nach DIN EN ISO 21809-1:2020-09, G.1.4.1, sind zu berücksichtigen.

Vor Beginn der Exposition (Ausgangswert MFR_0) und nach der Bestrahlung für 2 210 h (entspricht 7 GJ/m^2) werden Proben für die Bestimmung der MFR (MFR_1) nach DIN EN ISO 1133-1 entnommen.

Die MFR wird an nicht- und ausgelagerten Proben ermittelt (MFR_0 und MFR_1). Die MFR_0 und MFR_1 werden aus den Mittelwerten jeweils dreier Einzelmessungen bestimmt.

J.3.3 Auswertung

Die Bewertung erfolgt nach einer Exposition für 2 210 h (entspricht einer Bestrahlung mit 7 GJ/m^2).

Die Änderung der MFR (ΔMFR) in Abhängigkeit von der Dauer der Bewitterung ist in Prozent zu dokumentieren.

$$\Delta MFR = \frac{MFR_1 - MFR_0}{MFR_0} \times 100$$

J.4 Prüfbericht

Der Prüfbericht muss mindestens folgende Angaben enthalten:

- a) Probekörper;
- b) eine Verweisung auf dieses Dokument, einschließlich Ausgabedatum;
- c) verwendetes Verfahren;
- d) Ergebnis(se) nach J.3.3;
- e) jegliche Abweichung vom beschriebenen Verfahren;
- f) jede festgestellte Besonderheit;
- g) Prüfdatum.

Botop Steel

Anhang K (normativ)

Wärmebeständigkeit

K.1 Allgemeines

Bei der Prüfung der Wärmebeständigkeit bzw. -alterung werden PE-Probekörper der Wirkung trockener Hitze in einem Umluftofen ausgesetzt. Die alterungsbedingten Veränderungen werden durch die Änderung der MFR beurteilt.

Die Prüfung dient zur Abschätzung der Langzeitstabilisierung des PE-Materials.

K.2 Prüfeinrichtung

Der Umluftofen muss derart beschaffen sein, dass die Prüfbedingungen entsprechend dieser Norm eingehalten werden können.

K.3 Verfahrensbeschreibung

K.3.1 Probenvorbereitung

Die Prüfung wird an Proben der Umhüllung, die frei von PE-Kleberresten sind oder an Probeplatten, welche nach DIN EN ISO 17855-2 hergestellt werden, vorgenommen. Die PE-Umhüllung kann dazu ohne PE-Kleberschicht aufgebracht werden, um die Probennahme zu erleichtern. Die Dicke der Proben muss 1,8 mm bis 2,5 mm betragen.

K.3.2 Durchführung der Messungen

3 Proben werden bei einer Temperatur von 100 °C über 100 Tage (2 400 h) bei der Ausführung N bzw. bei der Sonderausführung S über 200 Tage (4 800 h) ausgelagert. Der Umluftofen muss den Anforderungen nach DIN EN ISO 21809-1 entsprechend thermostatisch kontrolliert eine Fehlergrenze von ±3 °C erreichen.

Die MFR nach DIN EN ISO 1133-1 wird an nicht- und ausgelagerten Proben ermittelt (MFR_0 und MFR_1). Die MFR_0 und MFR_1 werden aus den Mittelwerten jeweils dreier Einzelmessungen bestimmt.

K.3.3 Auswertung

Die Änderung der MFR (ΔMFR) in Abhängigkeit von der Dauer der Wärmelagerung ist in Prozent zu dokumentieren.

$$\Delta MFR = \frac{MFR_1 - MFR_0}{MFR_0} \times 100$$

K.4 Prüfbericht

Der Prüfbericht muss mindestens folgende Angaben enthalten:

- a) Probekörper;
- b) eine Verweisung auf dieses Dokument, einschließlich Ausgabedatum;
- c) verwendetes Verfahren;
- d) Ergebnis(se) nach K.3.3;
- e) jegliche Abweichung vom beschriebenen Verfahren;
- f) jede festgestellte Besonderheit;
- g) Prüfdatum.

Botop Steel

Literaturhinweise

DIN 30340-1, *Ummantelung zum mechanischen Schutz von Stahlrohren und -formstücken mit Korrosionsschutzumhüllung — Teil 1: Gütesicherung Werksummantelung*

DIN EN 10288, *Stahlrohre und -formstücke für erd- und wasserlegte Rohrleitungen — Im Zweischichtverfahren extrudierte Polyethylenbeschichtungen*

DIN EN ISO 21809-5, *Erdöl- und Erdgasindustrie — Umhüllungen für erd- und wasserlegte Rohrleitungen in Transportsystemen — Teil 5: Betonummantelungen*

Botop Steel