

DIN CEN ISO/TR 19402



ICS 87.040

Ersatz für
DIN SPEC 91063:2011-07

**Beschichtungsstoffe –
Haftfestigkeit von Beschichtungen (ISO/TR 19402:2018);
Deutsche Fassung CEN ISO/TR 19402:2020**

Paints and varnishes –
Adhesion of coatings (ISO/TR 19402:2018);
German version CEN ISO/TR 19402:2020

Peintures et vernis –
Adhérence des revêtements (ISO/TR 19402:2018);
Version allemande CEN ISO/TR 19402:2020

Gesamtumfang 89 Seiten

DIN-Normenausschuss Beschichtungsstoffe und Beschichtungen (NAB)

Nationales Vorwort

Der Text von ISO/TR 19402:2018 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 35 „Paints and varnishes“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet und als CEN ISO/TR 19402:2020 durch das Technische Komitee CEN/TC 139 „Lacke und Anstrichstoffe“ übernommen, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitskreis NA 002-00-07-14 AK „Haftfestigkeit und Härte“ im DIN-Normenausschuss Beschichtungsstoffe und Beschichtungen (NAB).

Technische Reporte sind nicht Bestandteil des Deutschen Normenwerks.

Erfahrungen mit diesem Technischen Report sind erbeten:

- vorzugsweise als Datei per E-Mail an nab@din.de in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Beschichtungsstoffe und Beschichtungen (NAB), Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin.

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

Für die in diesem Dokument zitierten Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 1519	siehe	DIN EN ISO 1519
ISO 1520	siehe	DIN EN ISO 1520
ISO 2409	siehe	DIN EN ISO 2409
ISO 4532	siehe	DIN ISO 4532
ISO 4618	siehe	DIN EN ISO 4618
ISO 4624	siehe	DIN EN ISO 4624
ISO 4628-1	siehe	DIN EN ISO 4628-1
ISO 5725-1:1994	siehe	DIN ISO 5725-1:1997-11
ISO 6272-1	siehe	DIN EN ISO 6272-1
ISO 6272-2	siehe	DIN EN ISO 6272-2
ISO 6860	siehe	DIN EN ISO 6860
ISO 12137	siehe	DIN EN ISO 12137
ISO 16276-1	siehe	DIN EN ISO 16276-1
ISO 16276-2	siehe	DIN EN ISO 16276-2
ISO 16925	siehe	DIN EN ISO 16925
ISO 17132	siehe	DIN EN ISO 17132
ISO 20567-1	siehe	DIN EN ISO 20567-1
ISO 20567-2	siehe	DIN EN ISO 20567-2
ISO 20567-3	siehe	DIN EN ISO 20567-3
ISO 21227-1	siehe	DIN EN ISO 21227-1
ISO 21227-2	siehe	DIN EN ISO 21227-2

Änderungen

Gegenüber DIN SPEC 91063:2011-07 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) der Text wurde redaktionell überarbeitet und die normativen Verweisungen wurden aktualisiert;
- b) der Status wurde durch Übernahme des Europäischen Fachberichtes CEN ISO/TR 19402 geändert;
- c) technische Änderungen wurden nicht vorgenommen.

Frühere Ausgaben

DIN-Fachbericht 63: 1997-01

DIN SPEC 91063: 2011-07

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 1519, *Beschichtungsstoffe — Dornbiegeversuch (zylindrischer Dorn)*

DIN EN ISO 1520, *Beschichtungsstoffe — Tiefungsprüfung*

DIN EN ISO 2409, *Beschichtungsstoffe — Gitterschnittprüfung*

DIN EN ISO 4618, *Beschichtungsstoffe — Begriffe*

DIN EN ISO 4624, *Beschichtungsstoffe — Abreißversuch zur Bestimmung der Haftfestigkeit*

DIN EN ISO 4628-1, *Beschichtungsstoffe — Beurteilung von Beschichtungsschäden — Bewertung der Menge und der Größe von Schäden und der Intensität von gleichmäßigen Veränderungen im Aussehen — Teil 1: Allgemeine Einführung und Bewertungssystem*

DIN EN ISO 6272-1, *Beschichtungsstoffe — Prüfung der Widerstandsfähigkeit bei schlagartiger Verformung (Schlagprüfung) — Teil 1: Prüfung durch fallendes Gewichtsstück, große Prüffläche*

DIN EN ISO 6272-2, *Beschichtungsstoffe — Prüfung der Widerstandsfähigkeit bei schlagartiger Verformung (Schlagfestigkeit) — Teil 2: Prüfung durch fallendes Gewichtsstück, kleine Prüffläche*

DIN EN ISO 6860, *Beschichtungsstoffe — Dornbiegeversuch (mit konischem Dorn)*

DIN EN ISO 12137, *Beschichtungsstoffe — Bestimmung der Beständigkeit gegen Verkratzen*

DIN EN ISO 16276-1, *Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme — Beurteilung der Adhäsion/Kohäsion (Haftfestigkeit) einer Beschichtung und Kriterien für deren Annahme — Teil 1: Abreißversuch*

DIN EN ISO 16276-2, *Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme — Beurteilung der Adhäsion/Kohäsion (Haftfestigkeit) einer Beschichtung und Kriterien für deren Annahme — Teil 2: Gitterschnitt- und Kreuzschnittprüfung*

DIN EN ISO 16925, *Beschichtungsstoffe — Prüfung der Beständigkeit von Beschichtungen gegen Druckwasserstrahl*

DIN EN ISO 17132, *Beschichtungsstoffe — T-Biegeprüfung*

DIN EN ISO 20567-1, *Beschichtungsstoffe — Prüfung der Steinschlagfestigkeit von Beschichtungen — Teil 1: Multischlagprüfung*

DIN EN ISO 20567-2, *Beschichtungsstoffe — Prüfung der Steinschlagfestigkeit von Beschichtungen — Teil 2: Einzelschlagprüfung mit geführttem Schlagkörper*

DIN EN ISO 20567-3, *Beschichtungsstoffe — Prüfung der Steinschlagfestigkeit von Beschichtungen — Teil 3: Einzelschlagprüfung mit frei fliegendem Schlagkörper*

DIN EN ISO 21227-1, *Beschichtungsstoffe — Beurteilung von Beschichtungsschäden mittels digitaler Bildverarbeitung — Teil 1: Allgemeine Anleitung*

DIN EN ISO 21227-2, *Beschichtungsstoffe — Beurteilung von Beschichtungsschäden mittels digitaler Bildverarbeitung — Teil 2: Auswertung der Multisteinschlag-Prüfung*

DIN ISO 4532, *Emails und Emaillierungen — Bestimmung des Widerstandes emaillierter Gegenstände gegen Schlag — Schlagbolzen-Schlagversuch*

DIN ISO 5725-1:1997-11, *Genauigkeit (Richtigkeit und Präzision) von Messverfahren und Messergebnissen — Teil 1: Allgemeine Grundlagen und Begriffe (ISO 5725-1:1994)*

Deutsche Fassung

Beschichtungsstoffe —
Haftfestigkeit von Beschichtungen
(ISO/TR 19402:2018)

Paints and varnishes —
Adhesion of coatings
(ISO/TR 19402:2018)

Peintures et vernis —
Adhérence des revêtements
(ISO/TR 19402:2018)

Dieser Technische Bericht wurde vom CEN am 4. Oktober 2020 angenommen. Er wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 139 erstellt.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, der Republik Nordmazedonien, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Vorwort	5
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
4 Haftfestigkeitsprüfungen ohne Ritz/Schnitt	9
4.1 Prüfungen mit mechanischer Schichtbeanspruchung	9
4.1.1 Abreißprüfung (Pull-off-Test)	9
4.1.2 Abscherprüfung (Twist-off-Test)	11
4.1.3 Abschälprüfung 1 (Peel-off-Test 1)	12
4.1.4 Abschälprüfung 2 (Peel-off-Test 2)	14
4.2 Prüfungen mit kontinuierlicher Probendeformation	16
4.2.1 Dornbiegeprüfung mit keilförmig-konischem Dorn	16
4.2.2 Dornbiegeprüfung mit konischem Dorn	17
4.2.3 Dornbiegeprüfung mit zylindrischem Dorn 1	19
4.2.4 Dornbiegeprüfung mit zylindrischem Dorn 2	20
4.2.5 Dreipunktbiegeverfahren	22
4.2.6 T-Biegeprüfung 1	23
4.2.7 T-Biegeprüfung 2	25
4.2.8 Tiefungsprüfung 1	26
4.3 Prüfungen mit Schlagbeanspruchung	28
4.3.1 Einzelschlagprüfung 1	28
4.3.2 Einzelschlagprüfung 2	30
4.3.3 Einzelschlagprüfung 3	31
4.3.4 Einzelschlagprüfung 4	33
4.3.5 Kugelschlagprüfung 1	35
4.3.6 Kugelschlagprüfung 2	38
4.3.7 Kugelschlagprüfung 3	40
4.3.8 Multischlagprüfung 1	41
4.3.9 Multischlagprüfung 2	44
4.3.10 Multischlagprüfung 3	47
4.3.11 Multischlagprüfung 4	49
4.3.12 Schlagfaltprüfung	50
5 Haftfestigkeitsprüfungen mit Ritz/Schnitt	52
5.1 Prüfungen mit Einzelritz	52
5.1.1 Kratzprüfung 1	52
5.1.2 Kratzprüfung 2	53
5.1.3 Kratzprüfung 3 (Scrape-Adhesion Test)	53
5.2 Prüfungen mit Mehrfachritz (ohne Probendeformation)	55
5.2.1 Druckwasserstrahlprüfung („Dampfstrahltest“)	55
5.2.2 Gitterschnittprüfung 1	59
5.2.3 Gitterschnittprüfung 2	62
5.2.4 Gitterschnittprüfung 3	63
5.2.5 Kreuzschnittprüfung 1	64

5.2.6 Kreuzschnittprüfung 2 65

5.2.7 Kreuzschnittprüfung 3 66

5.2.8 Kreuzschnittprüfung 4 66

5.2.9 Scribe Test mit Quadrat-Diagonal-Raster 67

5.2.10 Scribe Test mit Rauten-Raster 68

5.3 Prüfungen mit Mehrfachritz (mit Probendeformation) 69

5.3.1 Tiefungsprüfung 2 69

6 Auswerteverfahren zur Haftfestigkeit..... 70

6.1 Hilfsverfahren..... 70

6.1.1 Kontrastierung 1 70

6.1.2 Kontrastierung 2 71

6.2 Visuelle Verfahren 72

6.2.1 Bruchbildanalyse..... 72

6.2.2 Flächenvergleich..... 73

6.2.3 Allgemeine Bewertung 74

6.3 Instrumentelle Verfahren 75

6.3.1 Digitale Bildauswertung 1..... 75

6.3.2 Digitale Bildauswertung 2..... 76

Anhang A Übersichtstabellen zu den Verfahren 77

Literaturhinweise..... 83

Europäisches Vorwort

Der Text von ISO/TR 19402:2018 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 35 „Paints and varnishes“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet und als CEN ISO/TR 19402:2020 durch das Technische Komitee CEN/TC 139 „Lacke und Anstrichstoffe“ übernommen, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

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

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/TR 19402:2018 wurde von CEN als CEN ISO/TR 19402:2020 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees von ISO durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Normungsthemen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Direktiven, Teil 1 beschrieben. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der erhaltenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung.

Eine Erläuterung zum freiwilligen Charakter von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT) berücksichtigt, enthält der folgende Link: www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 35, *Paints and varnishes*, Unterkomitee SC 9, *General test methods for paints and varnishes*, erarbeitet.

Einleitung

Die Bestimmung der Haftfestigkeit ist eine der wichtigsten Voraussetzungen für das Beurteilen der Schutzfunktion von Beschichtungen.

Dieses Dokument bietet zum Beurteilen der Haftfestigkeit von Beschichtungen eine hilfreiche Übersicht bei der Auswahl des für den Einzelfall am besten geeigneten Prüfverfahrens.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument fasst die gebräuchlichen Verfahren zum Beurteilen der Haftfestigkeit von Beschichtungen auf einem Untergrund, wobei dieser eine darunterliegende Beschichtung oder das Substrat sein kann, zusammen. Die Prüf- und Auswerteverfahren werden im Abschnitt 4, Abschnitt 5 und Abschnitt 6 beschrieben. Im Fall von genormten Prüfverfahren wird für die Durchführung und Auswertung auf die entsprechenden Normen verwiesen. Im Anhang A werden die Verfahren in Übersichtstabelle A.1, Übersichtstabelle A.2 und Übersichtstabelle A.3 vergleichend gegenübergestellt.

Die Haftfestigkeit lässt sich meistens nicht ausreichend mit nur einem Verfahren beurteilen.

Die rein physikalischen Verfahren zum Messen der Haftfestigkeit sind solche, bei denen direkt mechanische Größen (z. B. Kraft oder Drehmoment) gemessen werden.

Alle übrigen Verfahren beruhen auf der Beurteilung des Verhaltens bei mechanischer Beanspruchung in Anlehnung an praktische Bedingungen. Bei diesen Verfahren haben die viskoelastischen Eigenschaften einen großen Einfluss auf die Beurteilung der Haftfestigkeit, so dass nur vergleichend innerhalb eines Verfahrens geprüft werden kann.

Jedes Verfahren hat seine spezifische Anwendung. Ein ungeeignetes Verfahren kann zu einer falschen Aussage führen. Alle Prüfverfahren zum Beurteilen der Haftfestigkeit erfordern eine gewisse Übung des Prüfers, insbesondere beim Erkennen der Trennebene. Bei den meisten Prüfverfahren sind die Prüfergebnisse u. a. von der Schichtdicke der zu untersuchenden Beschichtung abhängig. Außerdem können bei einigen Verfahren auf Grund der unterschiedlichen Rauheit des Untergrundes Unterschiede zwischen Prüfungen auf einem Probenblech und der Praxis auftreten.

Enthaftungseffekte, die durch Bewitterungs- und Korrosionseinflüsse hervorgerufen werden, sind nicht Gegenstand dieses Dokumentes.

Wenn bei einer Haftfestigkeitsprüfung vorwiegend Kohäsionsbrüche auftreten, ist dies kein Maß für die Haftfestigkeit, es kann jedoch eine Aussage über die Schutzwirkung der Beschichtung gegen Korrosion getroffen werden.

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).

ISO 4618, *Paints and varnishes — Terms and definitions*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 4618 und die folgenden Begriffe.

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

- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <https://www.electropedia.org/>

3.1

Adhäsion

Phänomen des Haftens zwischen Grenzflächen, hervorgerufen durch Kräfte zwischen Molekülen

Anmerkung 1 zum Begriff: Adhäsion sollte nicht mit *Kohäsion* verwechselt werden.

[QUELLE: ISO 4618:2014, 2.7]

3.2

Kohäsion

Gesamtheit der Kräfte, die einen *Film* oder eine *Schicht* in sich zusammenhalten

Anmerkung 1 zum Begriff: Kohäsion sollte nicht mit *Adhäsion* verwechselt werden.

[QUELLE: ISO 4618:2014, 2.55]

3.3

Adhäsionsbruch

durch äußere Kräfte bewirkte Abtrennung einer Beschichtung vom Untergrund

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Untergrund kann eine darunterliegende Beschichtung oder das Substrat sein.

3.4

Kohäsionsbruch

durch äußere Kräfte bewirkter Verlust des Zusammenhalts innerhalb einer Beschichtung

3.5

Haftfestigkeit

Kraft, die benötigt wird, um eine *Beschichtung* von einem *Substrat* oder einer anderen *Beschichtung* zu trennen

[QUELLE: ISO 4618:2014, 2.8]

3.6

Nasshaftfestigkeit

Haftfestigkeit (3.5) unmittelbar nach vorangegangener Feuchtigkeitsbeanspruchung

3.7

Trennebene

Grenzfläche, in der *Adhäsionsbruch* (3.3) vorliegt

3.8

Bruchbild

Gesamtheit der sichtbaren Beschichtungsschäden, die durch eine *Haftfestigkeitsprüfung* (3.5) hervorgerufen werden

3.9

Bruchbildbewertung

Klassifizierung eines *Bruchbildes* (3.8) anhand von Kriterien oder Vergleichsbildern

3.10

Bruchbildanalyse

quantitative Auswertung eines *Bruchbildes* (3.8) mit Angabe der relativen Flächenanteile für *Adhäsions-* (3.3) und *Kohäsionsbruch* (3.4) sowie der Trennebene(n)

3.11

Haupttrennebene

Trennebene mit dem größten Flächenanteil

3.12

Wiederholbedingungen

Bedingungen bei der Gewinnung von voneinander unabhängigen Ermittlungsergebnissen, bestehend in der Anwendung desselben Verfahrens am identischen Untersuchungsobjekt im selben Labor durch denselben Bearbeiter mit derselben Geräteausrüstung in kurzen Zeitabständen

[QUELLE: ISO 5725-1:1994, 3.14]

3.13

Wiederholgrenze

r

Wert, unter dem oder gleich dem der Betrag der Differenz zwischen zwei unter *Wiederholbedingungen* (3.12) gewonnenen Ermittlungsergebnissen mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % erwartet werden kann

[QUELLE: ISO 5725-1:1994, 3.16]

3.14

Vergleichbedingungen

Bedingungen bei der Gewinnung von voneinander unabhängigen Ermittlungsergebnissen, bestehend in der Anwendung desselben Verfahrens an identischen Untersuchungsobjekten in verschiedenen Labors durch verschiedene Bearbeiter mit verschiedenen Geräten

[QUELLE: ISO 5725-1:1994, 3.18]

3.15

Vergleichgrenze

R

Wert, unter dem oder gleich dem der Betrag der Differenz zwischen zwei unter *Vergleichbedingungen* (3.14) gewonnenen Ermittlungsergebnissen mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % erwartet werden kann

[QUELLE: ISO 5725-1:1994, 3.20]

4 Haftfestigkeitsprüfungen ohne Ritz/Schnitt

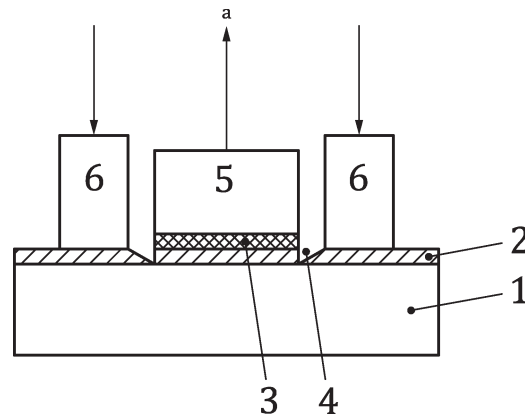
4.1 Prüfungen mit mechanischer Schichtbeanspruchung

4.1.1 Abreißprüfung (Pull-off-Test)

— Beschreibung

Ein auf die Beschichtung aufgeklebter Prüfstempel (Metallzylinder mit Durchmesser 20 mm) wird mit konstant ansteigender Zugkraft belastet, bis er abreißt. Bestimmt wird die aus der Zugkraft bei Prüfstempelabriss und der Prüfstempelfläche berechnete Abreißfestigkeit.

Im Bild 1 ist das Prinzip der Abreißprüfung schematisch dargestellt.



Legende

- 1 Substrat
- 2 Beschichtung
- 3 Klebstoffschicht
- 4 Freischnitt
- 5 Prüfstempel
- 6 äußerer Ring zum Abstützen der Probenplatte
- a Die Abzugrichtung.

Bild 1 — Prinzip der Abreißprüfung

— Anwendung

Die Abreißprüfung ist allgemein anwendbar.

— Durchführung

- Den Prüfstempel mit einem durch Vorversuche erprobten Klebstoff auf die Beschichtung aufkleben.
- Die Beschichtung um den Prüfstempel herum mit einem geeigneten Werkzeug bis zum Substrat freischneiden (siehe Bild 1).
- Die Probe so an das Prüfgerät ankoppeln, dass sie abgestützt und der Prüfstempel unverkantet-zentriert mit der Zugvorrichtung verbunden ist.
- Den Abzugvorgang mit konstant ansteigender Zugkraft einleiten und diese bei Prüfstempelabriss ablesen.

— Auswertung

Das Prüfergebnis ist die Abreißfestigkeit (MPa) = Zugkraft bei Prüfstempelabriss dividiert durch die Prüfstempelfläche.

Ergebnis der Bruchbildanalyse (siehe das in 6.2.1 festgelegte Verfahren) angeben.

— Präzision

Zurzeit liegen keine Präzisionsdaten vor.

— Literatur

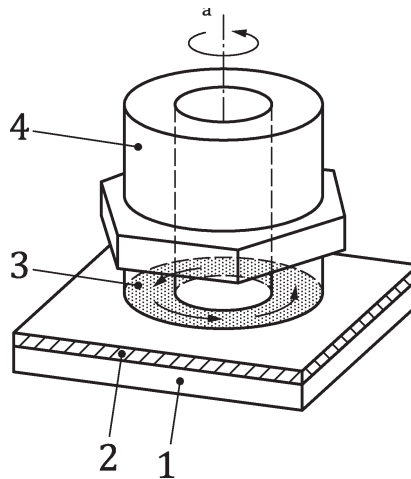
Die Abreißprüfung ist in ISO 4624 und in ISO 16276-1 festgelegt.

4.1.2 Abscherprüfung (Twist-off-Test)

— Beschreibung

In einen auf die Beschichtung aufgeklebten Prüfstempel (Metallzylinder mit 12 mm oder 15 mm Durchmesser und 6-mm-Bohrung) wird mit einem motorisch angetriebenen Prüfgerät ein konstant ansteigendes Drehmoment eingeleitet, bis er durch Scherung abreißt. Die Haftfestigkeit („Abscherfestigkeit“) kann direkt am Prüfgerät als Scherspannung ($\text{N/mm}^2 = \text{MPa}$) abgelesen werden.

Im Bild 2 ist das Prinzip der Abscherprüfung schematisch dargestellt. Bild 3 zeigt den Mindestabstand der Prüfstempel bei Mehrfachprüfungen.



Legende

- 1 Substrat
- 2 Beschichtung
- 3 Klebstoff
- 4 Prüfstempel
- a Die Drehachse.

Bild 2 — Prinzip der Abscherprüfung

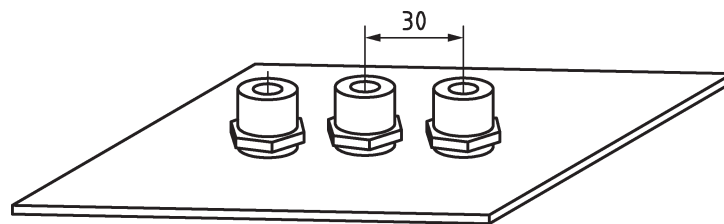


Bild 3 — Mindestabstand der Prüfstempel

— Anwendung

Die Abscherprüfung ist allgemein anwendbar.

— Durchführung

- Ein ausreichend dickes (mindestens 0,7 mm) oder mit rückseitig aufgeklebter Verstärkung ausgestattetes Substrat verwenden, um ein Verformen während der Prüfung zu verhindern.
- Die Prüfstempel mit einem durch Vorversuche erprobten Klebstoff auf die Beschichtung aufkleben. Bei Mehrfachprüfungen einen Mindestabstand der Prüfstempel zueinander einhalten (siehe Bild 3).
- Das Prüfgerät am Sechskant des Prüfstempels (siehe Bild 2) ankoppeln und die Probenplatte gegen Verdrehen sichern.
- Die Drehmomentbelastung starten und bei Prüfstempelabriss am Gerät die Scherspannung ablesen.

— Auswertung

Prüfergebnis ist die am Gerät abgelesene und als Abscherfestigkeit interpretierte Scherspannung ($\text{N/mm}^2 = \text{MPa}$).

Ergebnis der Bruchbildanalyse (siehe das in 6.2.1 festgelegte Verfahren) angeben.

— Präzision

Zurzeit liegen keine Präzisionsdaten vor.

— Literatur

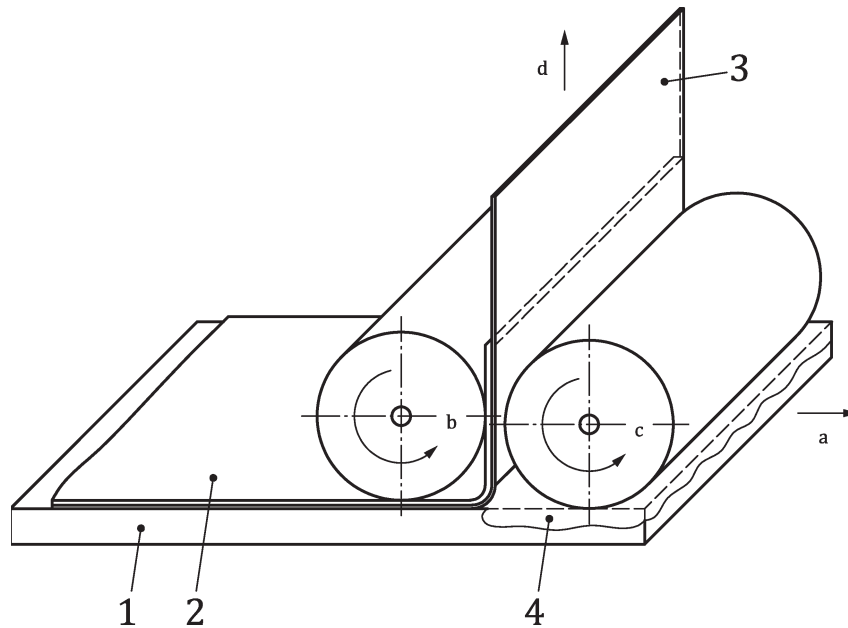
Die Abscherprüfung ist in Literaturhinweis [50] festgelegt.

4.1.3 Abschälprüfung 1 (Peel-off-Test 1)

— Beschreibung

In den frisch applizierten Beschichtungsstoff wird ein durch Material, Fadenstärke und Maschenweite spezifiziertes Gewebe partiell eingebettet. Nach Aushärten der Beschichtung greift eine Zugprüfmaschine am überstehenden Gewebe an, und die Beschichtung wird durch kontinuierlichen Zug unter 90° vom Substrat abgeschält. Bestimmt wird die Abschälfestigkeit als die für das Abschälen erforderliche und auf die Probenbreite bezogene Kraft.

Bild 4 zeigt schematisch den Abschälvorgang und die Funktion einer 90°-Abschälvorrichtung.



Legende

- 1 Substrat
- 2 Beschichtung
- 3 Gewebe
- 4 Klebeband (unbeschichtetes Ende der Probenplatte)
- a Die Bewegungsrichtung der Probenplatte.
- b Die Drehrichtung der Andruckwalze auf der Beschichtung.
- c Die Drehrichtung der Andruckwalze auf der unbeschichteten Probenplatte.
- d Die Abzugrichtung (Zugprüfmaschine).

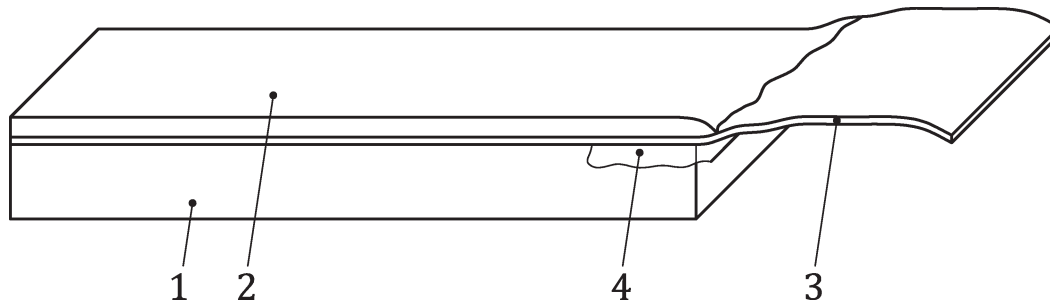
Bild 4 — Prinzip der Abschälprüfung 1

— Anwendung

Die Abschälprüfung 1 wird bevorzugt an Automobilbeschichtungen durchgeführt.

— Durchführung

- Die Probenplatte (Format 15 mm × 100 mm) bis auf einen 10 mm breiten Streifen am Rand der Schmalseite beschichten. Danach das Gewebe so einbetten, dass es am unbeschichteten Ende der Probenplatte um etwa 50 mm unbeschichtet übersteht (siehe Bild 5).



Legende

- 1 Substrat
- 2 Beschichtung
- 3 Gewebe
- 4 Klebeband (unbeschichtetes Ende der Probenplatte)

Bild 5 — Probenplatte mit Beschichtung und Gewebe

- Nach dem Trocknen/Härten der Beschichtung die Probenplatte in die mit einer 90°-Abschälvorrichtung (siehe Bild 4) ausgestatteten Zugprüfmaschine einsetzen und das freie Ende des Gewebes einspannen.
- Den Abschälvorgang starten und die für das Abschälen erforderliche Zugkraft (Abschälkraft) aufzeichnen.
- Auswertung

Für fünf Proben die mittlere Abschälkraft über einem Abschälweg von mindestens 50 mm bestimmen, wobei der Beginn und das Ende der Prüfung unberücksichtigt bleiben.

Prüfergebnis ist der Mittelwert (mit Standardabweichung) aus den fünf Einzelbestimmungen, der als Abschälfestigkeit (N/15 mm Probenbreite) bezeichnet wird.

Ergebnis der Bruchbildanalyse (siehe das in 6.2.1 festgelegte Verfahren) angeben.
- Präzision

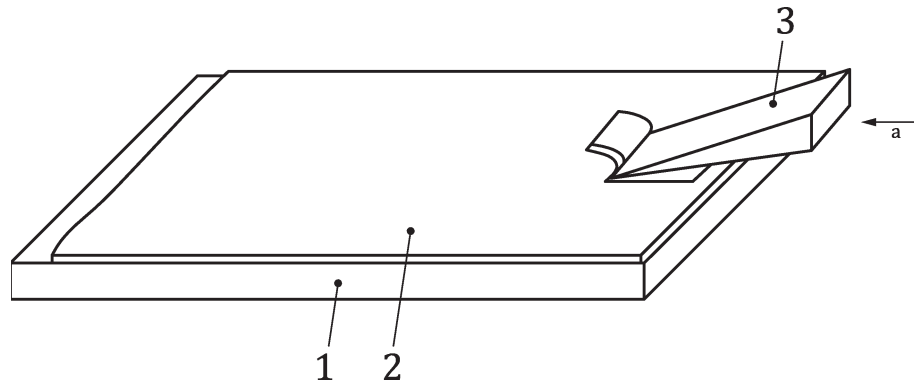
Zurzeit liegen keine Präzisionsdaten vor.
- Literatur

Die Abschälprüfung 1 ist in Literaturhinweis [47] festgelegt.

4.1.4 Abschälprüfung 2 (Peel-off-Test 2)

- Beschreibung

Die Beschichtung wird mit einem elektromotorisch angetriebenen Prüfgerät unter festgelegten Bedingungen vom Substrat abgeschält. Bestimmt wird die für das Abschälen erforderliche und auf die Abschälbreite bezogene Kraft. Im Bild 6 ist der Abschälvorgang schematisch dargestellt.



Legende

- 1 Substrat
- 2 Beschichtung
- 3 Abschälwerkzeug
- a Die Abschälkraft.

Bild 6 — Prinzip der Abschälprüfung 2

— Anwendung

Die Abschälprüfung 2 ist allgemein anwendbar.

— Durchführung

- Abschälwerkzeug (Schneidenwinkel/-breite), Anstellwinkel, Abschälgeschwindigkeit und Abschälweg festlegen.
- Die Probenplatte in das Abschälgerät einspannen und den Abschälvorgang starten.
- Während der Prüfung die zum Abschälen erforderliche Kraft (Abschälkraft) aufzeichnen.

— Auswertung

Die mittlere Abschälkraft über dem Abschälweg bestimmen, wobei der Beginn und das Ende des Abschälvorgangs unberücksichtigt bleiben.

Prüfergebnis ist die mittlere Abschälkraft dividiert durch die Breite des Abschälwerkzeugs (N/mm).

— Präzision

Zurzeit liegen keine Präzisionsdaten vor.

— Literatur

Die Abschälprüfung 2 ist in Literaturhinweis [35] festgelegt.

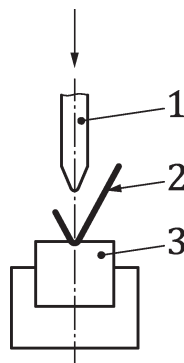
4.2 Prüfungen mit kontinuierlicher Probendeformation

4.2.1 Dornbiegeprüfung mit keilförmig-konischem Dorn

— Beschreibung

Die Probenplatte wird von der Substratseite her durch Eindrücken eines keilförmig-konischen Dorns mit festgelegter Geometrie umgeformt. Bestimmt wird der kleinste Dornradius, für den im Umformbereich kein Enthaftungsschaden feststellbar ist.

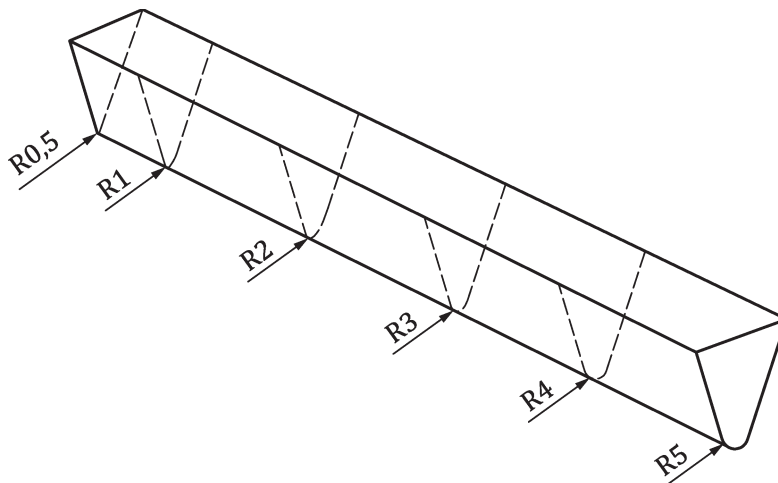
Bild 7 zeigt schematisch das Prinzip der Prüfung. Im Bild 8 ist die Bemaßung des keilförmig-konischen Dorns dargestellt.



Legende

- 1 keilförmig-konischer Dorn
- 2 Probenplatte (nach Umformen)
- 3 elastische Unterlage

Bild 7 — Prinzip der Dornbiegeprüfung mit keilförmig-konischem Dorn



Legende

- R Radius – die Zahl gibt den Biegeradius in mm an

Bild 8 — Bemaßung des keilförmig-konischen Dorns

— Anwendung

Die Dornbiegeprüfung mit keilförmig-konischem Dorn wird bevorzugt an Bandbeschichtungen durchgeführt.

— Durchführung

— Die Probenplatte mit der beschichteten Seite auf eine Elastomerplatte legen.

— Von der Substratseite her den keilförmig-konischen Dorn von Hand (mit Hebel-Übersetzung) oder mit einer pneumatischen Vorrichtung eindrücken, bis die Probenplatte V-förmig umgeformt ist. Dabei muss die Längsachse des Dorns parallel zur Walzrichtung des Substrates orientiert sein.

— Auswertung

Beschichtung im Umformbereich mit einer Lupe auf Enthaftung untersuchen und den kleinsten Biegeradius bestimmen, bei dem noch kein Schaden feststellbar ist.

Prüfergebnis ist dieser Biegeradius (mm) dividiert durch die Substratdicke (mm).

— Präzision

Zurzeit liegen keine Präzisionsdaten vor.

— Literatur

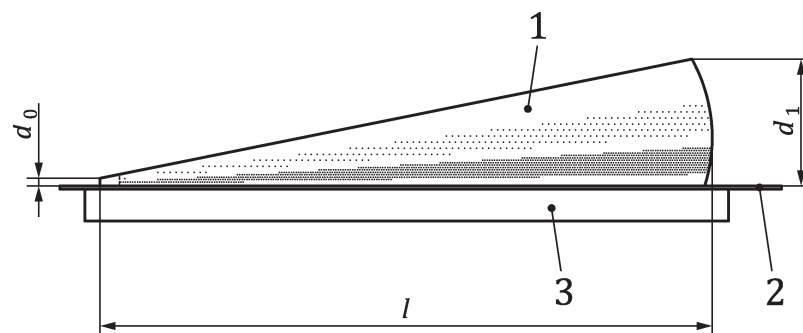
Die Dornbiegeprüfung mit keilförmig-konischem Dorn ist in EN 13523-7 festgelegt.

4.2.2 Dornbiegeprüfung mit konischem Dorn

— Beschreibung

Die Probenplatte wird um einen konischen Dorn mit festgelegten Abmessungen gebogen und dabei entsprechend umgeformt. Bestimmt wird die Länge (mm) der erzeugten Schädigung.

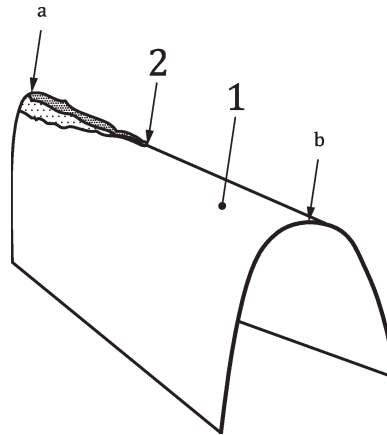
Bild 9 zeigt das Prinzip der Biegeprüfung mit konischem Dorn. Bild 10 zeigt die gebogene Probenplatte.



Legende

- 1 konischer Dorn
- 2 Probenplatte
- 3 Klemmvorrichtung
- l Länge des Dorns (203 mm)
- d_0 kleinster Durchmesser des Dorns (3,1 mm)
- d_1 größter Durchmesser des Dorns (38 mm)

Bild 9 — Prüfanordnung der Dornbiegeprüfung mit konischem Dorn



Legende

- 1 Probenplatte
- 2 Ende des Risses in der Beschichtung
- a Der kleine Radius der gebogenen Probenplatte.
- b Der große Radius der gebogenen Probenplatte.

Bild 10 — Gebogene Probenplatte mit Enthftung

— Anwendung

Die Dornbiegeprüfung mit konischem Dorn ist allgemein anwendbar für Beschichtungen auf verformbaren Substraten.

— Durchführung

- Die Probenplatte mit der Beschichtung nach außen in das Prüfgerät einspannen und gleichmäßig um den Dorn biegen.

— Auswertung

Enthfteten Bereich der Beschichtung visuell (10-fach-Lupe) inspizieren.

Prüfergebnis ist die Länge (mm) der Enthftung (auf ganze Zahlen gerundeter Mittelwert von drei Einzelbestimmungen).

— Präzision

Die Wiederholgrenze r beträgt 23 mm.

Die Vergleichgrenze R beträgt 46 mm.

— Literaturhinweis

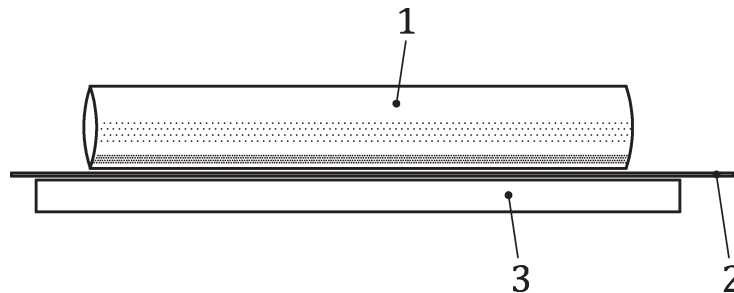
Die konische Dornbiegeprüfung ist in ISO 6860 festgelegt.

4.2.3 Dornbiegeprüfung mit zylindrischem Dorn 1

— Beschreibung

Die Probenplatte wird um einen zylindrischen Dorn gebogen und dabei entsprechend umgeformt. Die im Biegegerät austauschbaren Dorne haben die Durchmesser 2 mm, 3 mm, 4 mm, 5 mm, 6 mm, 8 mm, 10 mm, 12 mm, 16 mm, 20 mm, 25 mm und 32 mm. Bestimmt wird der größte Dorndurchmesser (mm), bei dem nach Umformen um diesen Dorn ein Beschichtungsschaden sichtbar ist. Das Verfahren kann auch als „ja/nein“-Prüfung durchgeführt werden.

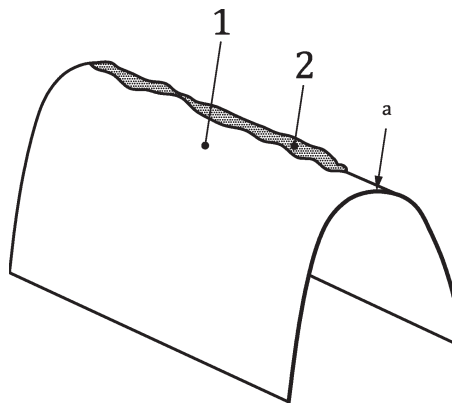
Bild 11 zeigt das Prinzip des Biegens um einen zylindrischen Dorn. Bild 12 zeigt die gebogene Probenplatte.



Legende

- 1 zylindrischer Dorn
- 2 Probenplatte
- 3 Klemmvorrichtung

Bild 11 — Prüfanordnung der Dornbiegeprüfung mit zylindrischem Dorn 1



Legende

- 1 Probenplatte
- 2 Riss in der Beschichtung
- a Der Radius der gebogenen Probenplatte.

Bild 12 — Gebogene Probenplatte mit Enthftung

— Anwendung

Die Dornbiegeprüfung mit zylindrischem Dorn 1 ist allgemein anwendbar für Beschichtungen auf verformbaren Substraten.

— Durchführung

- Einen Dorn mit mittlerem Durchmesser in das Biegegerät einsetzen.
- Die Probenplatte mit der Beschichtung nach außen in das Prüfgerät einspannen und gleichmäßig um den Dorn biegen.
- Die Beschichtung auf der umgeformten Probenplatte visuell auf Beschädigungen untersuchen und den Dorndurchmesser für den nächsten Biegeversuch festlegen:
 - a) wenn die Beschichtung beschädigt wurde, den nächstgrößeren Dorn auswählen;
 - b) wenn die Beschichtung nicht beschädigt wurde, den nächstkleineren Dorn auswählen.
- Die Biegeversuche fortsetzen, bis das Endergebnis feststeht.
- Bei Durchführung als „ja/nein“-Prüfung die Probe um den Dorn mit dem vereinbarten Durchmesser biegen und die Beschichtung visuell auf Beschädigungen untersuchen.

— Auswertung

Prüfergebnis ist der größte Dorndurchmesser (mm), bei dem nach Umformen um diesen Dorn ein Beschichtungsschaden sichtbar ist oder die Angabe, dass bei allen Dornen nach dem Biegen keine Beschädigung festgestellt werden kann.

Bei Durchführung als „ja/nein“-Prüfung angeben, ob die Beschichtung bei dem vereinbarten Dorndurchmesser geschädigt wurde („nein“) oder nicht („ja“).

— Präzision

Das Verfahren sollte lediglich als Näherungsprüfung betrachtet werden und nicht als eines, das präzise Ergebnisse liefert. Die Vergleichsgrenze R , bestimmt in einem Ringversuch mit sechs Teilnehmern und zwei Beschichtungssystemen, wurde bei 50 % angesetzt, und ist hier nur angegeben, um einen ungefähren Eindruck der Präzision zu vermitteln.

— Literatur

Die zylindrische Dornbiegeprüfung 1 ist in ISO 1519 festgelegt.

4.2.4 Dornbiegeprüfung mit zylindrischem Dorn 2

— Beschreibung

Die Probenplatte wird um einen zylindrischen Dorn gebogen und dabei entsprechend umgeformt. Die im Biegegerät austauschbaren Dorne haben Durchmesser im Bereich 0,5 mm bis 5,0 mm, in Stufen von 0,5 mm. Bestimmt wird der kleinste Dorndurchmesser, bei dem nach Umformen um diesen Dorn kein Beschichtungsschaden sichtbar ist.

Bild 13 zeigt ein typisches Dornbiegegerät für austauschbare zylindrische Dorne.

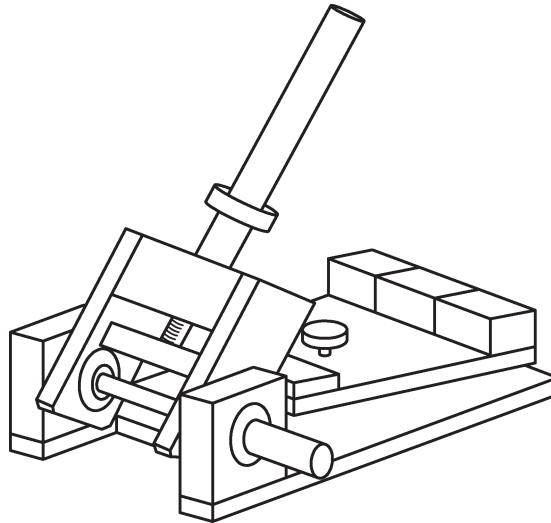


Bild 13 — Dornbiegegerät für austauschbare Zylinderdorne

— Anwendung

Die Dornbiegeprüfung mit zylindrischem Dorn 2 wird bevorzugt an Bandbeschichtungen durchgeführt.

— Durchführung

- Einen Dorn mit mittlerem Durchmesser in das Biegegerät einsetzen.
- Die Probenplatte so in das Prüfgerät einspannen, dass die unbeschichtete Seite dem Dorn zugewandt ist.
- Die Probenplatte gleichmäßig um den Dorn biegen.
- Die Beschichtung auf der umgeformten Probenplatte auf Beschädigung untersuchen und den Dorn-durchmesser für den nächsten Biegeversuch festlegen:
 - a) wenn die Beschichtung beschädigt wurde, den nächstgrößeren Dorn auswählen;
 - b) wenn die Beschichtung nicht beschädigt wurde, den nächstkleineren Dorn auswählen.
- Die Biegeversuche fortsetzen, bis das Endergebnis feststeht.

— Auswertung

Die Beschichtung im Umformbereich mit einer Lupe auf Enthaftung untersuchen und den kleinsten Biegeradius bestimmen, bei dem noch keine Enthaftung feststellbar ist.

Prüfergebnis ist dieser Biegeradius (mm) dividiert durch die Substratdicke (mm).

— Präzision

Zurzeit liegen keine Präzisionsdaten vor.

— Literatur

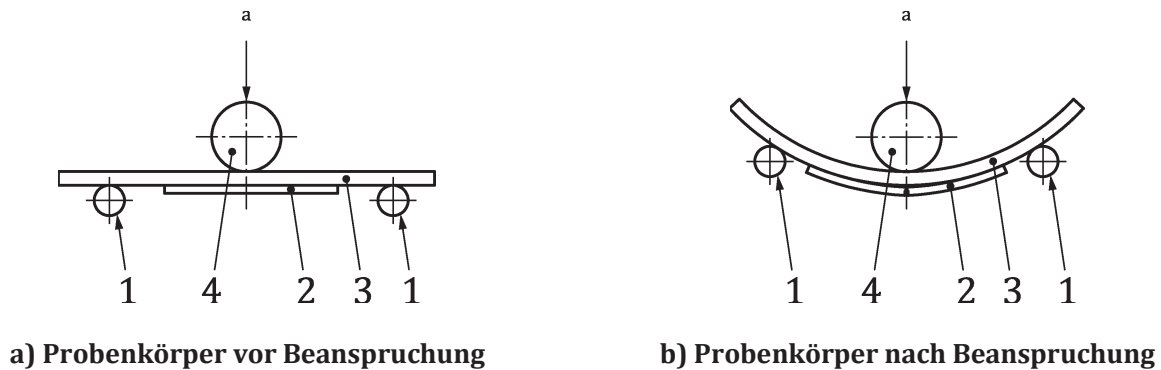
Die zylindrische Dornbiegeprüfung 2 ist in EN 13523-7 festgelegt.

4.2.5 Dreipunktbiegeverfahren

— Beschreibung

Die Beschichtung wird auf ein Substrat mit festgelegtem Format in vorgegebener Weise appliziert. Mit einer Biegemaschine wird die Probe mit einer Geschwindigkeit von 0,5 mm/s kontinuierlich verbogen. Aus dem dabei aufgenommenen Kraft-Weg-Diagramm werden Aussagen über die Schichthaftung abgelesen.

Bild 14 illustriert das Prüfprinzip.



Legende

- 1 Stützstäbe (Ø 6 mm, Länge > 15 mm, Mittenabstand 33 mm)
- 2 Beschichtung (25 mm × 5 mm)
- 3 Substrat (30 mm × 10 mm)
- 4 Druckstab (Ø 12 mm, Länge > 15 mm)
- ^a Die Belastungsrichtung.

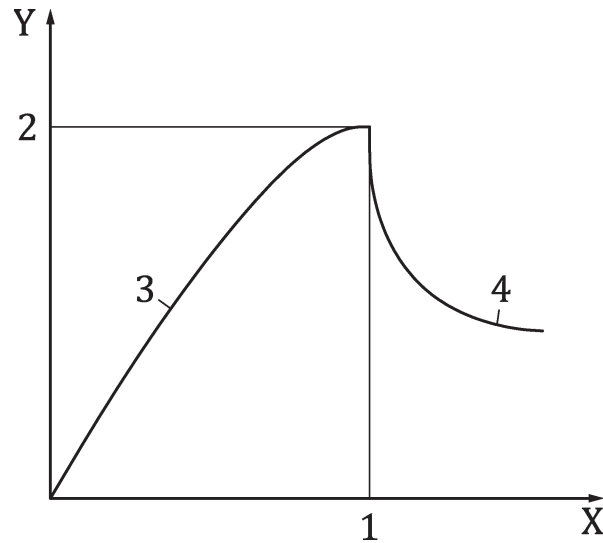
Bild 14 — Prinzip der Dreipunktbiegeprüfung

— Anwendung

Das Dreipunktbiegeverfahren ist anwendbar für Beschichtungen auf biegsamen Substraten.

— Durchführung

- Die Substratplatten mit Hilfe einer Schablone beschichten.
- Die Beschichtung trocknen/härten und die Trockenschichtdicke bestimmen.
- Die Probe nach Bild 14 in das Prüfgerät einsetzen und den Biegeprozess starten.
- Während des Biegevorgangs das Kraft-Weg-Diagramm (siehe Bild 15) aufnehmen.



Legende

- X Biegeweg
- Y Biegekraft
- 1 max. Biegeweg
- 2 max. Biegekraft
- 3 linearer Bereich
- 4 Bruchausbreitung

Bild 15 — Kraft-Weg-Diagramm

— Auswertung

Aus dem Kraft-Weg-Diagramm (siehe Bild 15) ablesen:

- die Steigung der Kurve (N/mm) im linearen Bereich,
- die max. Biegekraft (N) und den max. Biegeweg (mm),
- eine qualitative Beschreibung der Bruchausdehnung.

— Präzision

Zurzeit liegen keine Präzisionsdaten vor.

— Literatur

Die Dreipunktbiegeprüfung ist in NF T 30-010 festgelegt.

Ein ähnliches Verfahren ist in EN 1966 festgelegt.

4.2.6 T-Biegeprüfung 1

— Beschreibung

Die Probenplatte wird sukzessive um sich selbst gefaltet. Dabei muss die Beschichtung außen sein. Bestimmt wird der kleinste Radius, um den die Probenplatte ohne Haftfestigkeitsverlust gebogen werden kann.