

ICS 87.040

Härte und Verschleißfestigkeit von Beschichtungen

Hardness and wear resistance of coatings

Dureté et résistance à l'usure des revêtements

Zur Erstellung einer DIN SPEC können verschiedene Verfahrensweisen herangezogen werden:
Das vorliegende Dokument wurde nach den Verfahrensregeln eines Fachberichts erstellt.

Gesamtumfang 71 Seiten

DIN-Normenausschuss Beschichtungsstoffe und Beschichtungen (NAB)

Inhalt

Seite

Vorwort	3
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Begriffe	5
4 Härteprüfungen	6
4.1 Eindringprüfungen mit ruhendem Eindringkörper.....	6
4.1.1 Eindringprüfung mit Buchholz-Eindringkörper.....	6
4.1.2 Eindringprüfung mit Knoop-Eindringkörper.....	8
4.1.3 Eindringprüfung mit Pfund-Eindringkörper.....	10
4.1.4 Eindringprüfung mit Vickers-Eindringkörper.....	12
4.2 Eindringprüfungen mit oszillierendem Eindringkörper.....	13
4.2.1 Schwingungsdämpfungsprüfung mit König-Pendel.....	13
4.2.2 Schwingungsdämpfungsprüfung mit Persoz-Pendel.....	15
4.2.3 Schwingungsdämpfungsprüfung mit Schaukelrad	16
5 Verschleißfestigkeitsprüfungen	18
5.1 Einzelkratzprüfungen	18
5.1.1 Kratzprüfung mit Bleistiften	18
5.1.2 Kratzprüfung mit Kugelstichel 1	20
5.1.3 Kratzprüfung mit Kugelstichel 2	23
5.1.4 Kratzprüfung mit Kugelstichel 3	26
5.1.5 Kratzprüfung mit Kugelstichel 4	29
5.1.6 Kratzprüfung mit Kugelstichel 5	32
5.1.7 Kratzprüfung mit Kugelstichel 6	35
5.1.8 Kratzprüfung mit scheibenförmigen Stichel.....	37
5.1.9 Kratzprüfung mit U-förmigem Stichel.....	40
5.2 Multikratzprüfungen	42
5.2.1 Multikratzprüfung mit feststehendem Reibrad.....	42
5.2.2 Multikratzprüfung mit Reibzapfen.....	43
5.2.3 Multikratzprüfung mit rotierenden Reibrädern.....	45
5.2.4 Multikratzprüfung mit rotierender Bürste	47
5.3 Trockenabriebprüfungen	48
5.3.1 Abriebprüfung mit feststehendem Reibrad	48
5.3.2 Abriebprüfung mit rotierenden Reibrädern 1	50
5.3.3 Abriebprüfung mit rotierenden Reibrädern 2	51
5.3.4 Abriebprüfung mit rotierenden Reibrädern 3	53
5.3.5 Abriebprüfung mit rotierenden Reibrädern 4	54
5.4 Nassabriebprüfungen.....	56
5.4.1 Scheuerprüfung mit Bürste	56
5.4.2 Scheuerprüfung mit Schleifvlies 1	58
5.4.3 Scheuerprüfung mit Schleifvlies 2.....	60
5.5 Strahlprüfungen.....	63
5.5.1 Strahlprüfung mit Korund-Granulat.....	63
5.5.2 Strahlprüfung mit Quarzsand.....	65
Anhang A (informativ) Übersichtstabellen zu den Verfahren	67

Vorwort

Diese DIN SPEC (Fachbericht) wurde vom Arbeitsausschuss NA 002-00-07 AA „Allgemeine Prüfverfahren für Beschichtungsstoffe und Beschichtungen“ im DIN-Normenausschuss Beschichtungsstoffe und Beschichtungen (NAB) ausgearbeitet.

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

Zur vorliegenden DIN SPEC (Fachbericht) wurde kein Entwurf veröffentlicht.

1 Anwendungsbereich

Diese DIN SPEC (Fachbericht) bietet zum Beurteilen der Härte und Verschleißfestigkeit von Beschichtungen eine hilfreiche Übersicht bei der Auswahl des für den Einzelfall am besten geeigneten Prüfverfahrens. Die in diesem Fachbericht wiedergegebenen Durchführungen und Zahlenangaben geben einen groben Überblick; Details sind den jeweils gültigen Normen zu entnehmen.

Die Bestimmung der Härte und der Verschleißfestigkeit ist eine der wichtigsten Voraussetzungen für das Beurteilen der Widerstandsfähigkeit von Beschichtungen gegen mechanische Beanspruchung.

Ziel dieses Fachberichtes ist es, Prüfverfahren zum Beurteilen der Härte und der Verschleißfestigkeit von Beschichtungen bei unterschiedlicher Beanspruchung zusammenfassend aufzulisten.

Bei allen Verfahren zur Beurteilung der Härte und der Verschleißfestigkeit haben die viskoelastischen Eigenschaften einen großen Einfluss auf das Prüfergebnis. Daher muss die Zeit zwischen Prüfung und Beurteilung vereinbart und eingehalten werden.

Mechanische Eigenschaften von Beschichtungen hängen u. a. von Temperatur und Feuchtegehalt ab. Daher sollten die Prüfungen unmittelbar nach der Konditionierungsphase durchgeführt werden.

Vorzugsweise sind die Prüfungen im Klimaraum durchzuführen.

Jedes Verfahren hat seine spezifische Anwendung. Ein ungeeignetes Verfahren kann zu einer falschen Aussage führen. Alle Prüfverfahren erfordern eine gewisse Übung des Prüfers. Bei den meisten Prüfverfahren sind die Prüfergebnisse u. a. von der Schichtdicke der zu untersuchenden Beschichtung abhängig.

Verfahren zur Prüfung der Vernetzung (Verschleißprüfung in Verbindung mit Lösemitteln) und Abriebprüfungen mit Multischlagbeanspruchung sind nicht Gegenstand dieser DIN SPEC (Fachbericht).

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. 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 55656:2015-01, *Beschichtungsstoffe — Kratzprüfung mit einem Härteprüfstab*

DIN EN ISO 2813, *Beschichtungsstoffe — Bestimmung des Glanzwertes unter 20°, 60° und 85°*

DIN EN ISO 4618:2015-01, *Beschichtungsstoffe — Begriffe (ISO 4618:2014); Dreisprachige Fassung EN ISO 4618:2014*

DIN EN ISO 11664 (alle Teile), *Farbmetrik*

DIN EN ISO 13076, *Beschichtungsstoffe — Beleuchtung und Durchführung für visuelle Abmusterungen von Beschichtungen*

DIN EN ISO 13803, *Beschichtungsstoffe — Bestimmung des Schleiers von Beschichtungen bei 20°*

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

Die relevanten Dokumente zu den entsprechenden Verfahren sind unter „Literatur“ bei jedem einzelnen Verfahren aufgeführt.¹⁾

1) Über Bezugsquellen der nicht normativen Dokumente erteilt Auskunft: Normenausschuss Beschichtungsstoffe und Beschichtungen (NAB) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V., 10772 Berlin oder über www.nab@din.de.

3 Begriffe

Für dieses Dokument gelten die Begriffe nach DIN EN ISO 4618 und die folgenden Begriffe.

3.1

Härte

Eigenschaft eines trockenen Films oder einer trockenen Beschichtung oder einer Schicht, dem Eindringen oder Durchdringen eines festen Körpers zu widerstehen

[QUELLE: DIN EN ISO 4618:2015-01, Begriff 2.136]

3.2

Verschleiß

irreversible Veränderung einer Beschichtung, die durch das mechanische Einwirken von bewegten Gegenständen hervorgerufen wird

3.3

Stichel

Kratzwerkzeug mit festgelegter Geometrie

[QUELLE: DIN 55656:2015-01, Begriff 3.1]

3.4

Kratzer

linienförmige Schädigung einer Beschichtung, die durch das Einwirken eines belasteten und über die Beschichtung bewegten Gegenstands hervorgerufen wird

3.5

Verkratzung

Schädigung der Oberfläche einer Beschichtung, die sich über eine begrenzte Fläche der Beschichtung erstreckt und die wegen der unterschiedlichen Lichtreflexion an der betroffenen Fläche im Vergleich zu den angrenzenden Flächen sichtbar ist

[QUELLE: DIN EN ISO 4618:2015-01, Begriff 1.152]

3.6

Abrieb

Verschleiß, der durch flächiges Abtragen von Beschichtungsmaterial hervorgerufen wird

3.7

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: DIN ISO 5725-1:1997-11, Begriff 3.14]

3.8

Wiederholgrenze

r

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

[QUELLE: DIN ISO 5725-1:1997-11, Begriff 3.16]

3.9

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: DIN ISO 5725-1:1997-11, Begriff 3.18]

3.10

Vergleichsgrenze

R

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

[QUELLE: DIN ISO 5725-1:1997-11, Begriff 3.20]

4 Härteprüfungen

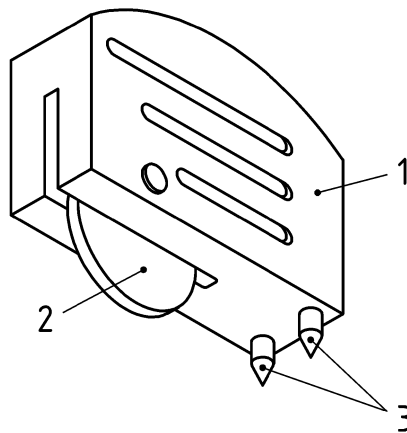
4.1 Eindringprüfungen mit ruhendem Eindringkörper

4.1.1 Eindringprüfung mit Buchholz-Eindringkörper

- **Beschreibung**

Ein nach Buchholz durch Form und Bemaßung festgelegter Eindringkörper aus gehärtetem Stahl wirkt unter Last (500 g, entsprechend 4,96 N) 30 s auf die Beschichtung ein und erzeugt einen Eindruck. Nach einer Erholzeit von 35 s wird die Eindrucklänge (mm) unter festgelegten Beleuchtungsbedingungen mit einem Messmikroskop (20-fach) bestimmt.

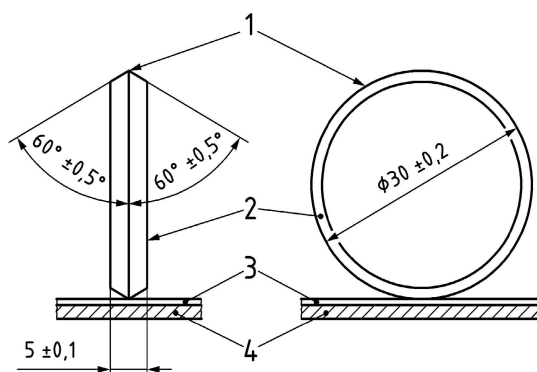
Bild 1 zeigt das Prüfgerät, und im Bild 2 ist der Buchholz-Eindringkörper dargestellt. Bild 3 veranschaulicht das mikroskopische Ausmessen des Eindrucks.



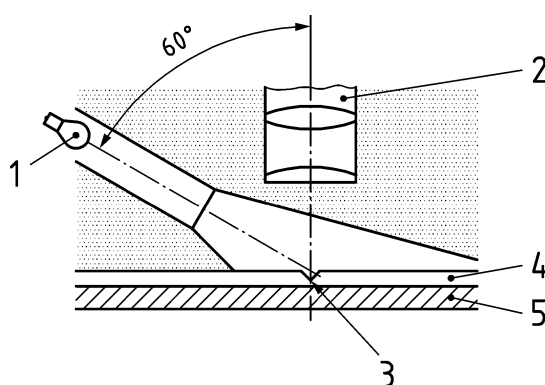
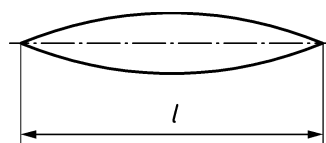
Legende

- 1 Stahlblock
- 2 Eindringkörper
- 3 Aufsetzspitze

Bild 1 — Eindringprüfgerät nach Buchholz

**Legende**

- 1 Eindringkante
- 2 Eindringkörper
- 3 Beschichtung
- 4 Substrat

Bild 2 — Buchholz-Eindringkörper**a) Anordnung der Lichtquelle und des Mikroskopes****b) Ansicht des Buchholz-Eindrucks****Legende**

- 1 Lichtquelle
- 2 Mikroskop
- 3 Eindruck
- 4 Beschichtung
- 5 Substrat
- l* Eindrucklänge

Bild 3 — Ausmessen des Buchholz-Eindrucks

- **Anwendung**

Die Eindringprüfung mit Buchholz-Eindringkörper ist allgemein anwendbar.

- **Kalibrierung**

Ein Kalibrierverfahren ist nicht festgelegt.

- **Durchführung**

- Probenplatte konditionieren (23 °C / 50 % relative Luftfeuchte / ≥ 16 h)
- Zuerst die Spitzen des Prüfgerätes auf die Beschichtung setzen, dann den Eindringkörper vorsichtig absenken.
- Den belasteten Eindringkörper 30 s auf der Beschichtung belassen und in umgekehrter Reihenfolge abnehmen.
- 35 s nach der Entlastung die Eindrucklänge (mm) mit dem Messmikroskop bestimmen (siehe Bild 3).

- **Auswertung**

Prüfergebnis ist die Eindrucklänge (mm), als Mittelwert von fünf Bestimmungen.

- **Präzision**

Die Wiederholgrenze r beträgt 0,23 mm.

Die Vergleichgrenze R beträgt 0,45 mm.

- **Literatur**

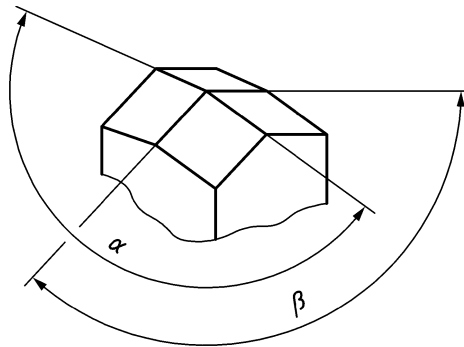
DIN EN ISO 2815, *Beschichtungsstoffe — Eindruckversuch nach Buchholz*

4.1.2 Eindringprüfung mit Knoop-Eindringkörper

- **Beschreibung**

Ein nach Knoop durch Form und Bemaßung festgelegter Eindringkörper aus Diamant wirkt unter einer Last (25 g, entsprechend 0,245 N) 18 s auf die Beschichtung ein und erzeugt einen Eindruck. Unmittelbar nach dem Entlasten wird die Länge (mm) der großen Diagonale des Eindrucks mit einem Messmikroskop bestimmt. Daraus wird die „Knoop Hardness Number“ KHN (kg/mm^2) berechnet.

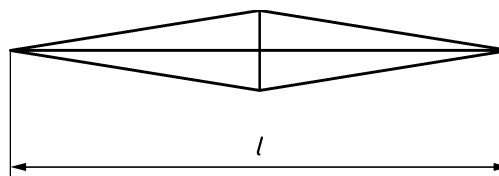
Bild 4 zeigt die Bemaßung des Knoop-Eindringkörpers. Im Bild 5 ist die Aufsicht des Knoop-Eindrucks dargestellt.



Legende

- α Längskantenwinkel ($172,5^\circ$)
 β Querkantenwinkel (130°)

Bild 4 — Bemaßung des Knoop-Eindringkörpers



Legende

- l Eindrucklänge

Bild 5 — Aufsicht des Knoop-Eindrucks

• Anwendung

Die Eindringprüfung mit Knoop -Eindringkörper ist allgemein anwendbar.

• Kalibrierung

Auf einer Härtevergleichsplatte wird der KHN-Wert bestimmt und mit dem Sollwert verglichen.

• Durchführung

- Probenplatte konditionieren (23°C / 50 % relative Feuchte / ≥ 24 h).
- Das Prüfgerät in einem glatten Bereich auf die Beschichtung setzen.
- Den Eindringkörper absenken und die festgelegte Prüflast aufbringen.
- Den belasteten Eindringkörper 18 s auf der Beschichtung belassen.
- Sofort nach dem Entlasten mit dem Messmikroskop die Eindrucklänge l (mm) bestimmen (siehe Bild 5).

- **Auswertung**

Mit der gemessenen Länge l den KHN-Wert berechnen: $KHN = 0,356 / l^2$. (Der Faktor 0,356 ergibt sich aus der Prüflast und dem Formfaktor des Eindringkörpers.)

Prüfergebnis ist der KHN-Wert (kg/mm^2), als Mittelwert aus n Bestimmungen. (Die Anzahl n ist zu vereinbaren.)

ANMERKUNG Nach ISO 4545-1 wird die Knoop-Härte in HK angegeben.

- **Präzision**

Die Wiederholbarkeit (nach ASTM D 1474) beträgt 9 %.

Die Vergleichbarkeit (nach ASTM D 1474) beträgt 24 %.

- **Literatur**

ASTM D 1474 — Method A, *Standard Test Methods for Indentation Hardness of Organic Coatings — Method A — Knoop Indentation Hardness*

Ein allgemeines Verfahren zum Bestimmen der Knoop-Härte HK ist festgelegt in:

ISO 4545-1, *Metallic materials — Knoop hardness test — Part 1: Test method*

Für die Prüfung von Automobilbeschichtungen wird das Verfahren auch beschrieben in:

FORD FLTM BI 112-02, *Tukon Hardness of Paint*

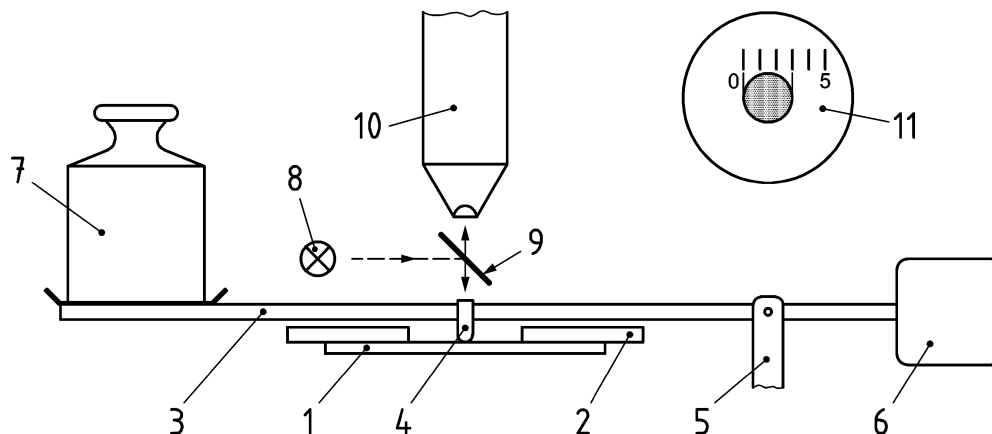
TOYOTA TSH1539G — Test Method 2.2, *Test Method for Hardness of Paint Film — 2.2 Tukon Hardness*

4.1.3 Eindringprüfung mit Pfund-Eindringkörper

- **Beschreibung**

Ein nach Pfund durch Form und Bemaßung festgelegter Eindringkörper (Halbkugel $\varnothing 0,318 \text{ mm}$) aus Quarz oder Saphir wirkt unter Last (1 kg, entsprechend 9,8 N) 60 s auf die Beschichtung ein und erzeugt einen Eindruck. Unmittelbar danach wird der Durchmesser (mm) des Eindrucks unter Last durch den transparenten Eindruckkörper mit einem Messmikroskop bestimmt. Daraus wird die „Pfund Hardness Number“ PHN (kg/mm^2) berechnet.

Bild 6 zeigt das Prinzip der Eindringprüfung mit Pfund-Eindringkörper.



Legende

- 1 Probenplatte
- 2 Probenanschlag
- 3 Lastarm
- 4 transparenter Eindringkörper
- 5 Drehlager
- 6 Trierergewicht
- 7 Lastgewicht
- 8 Lichtquelle
- 9 halbtransparenter Spiegel
- 10 Messmikroskop
- 11 Mikroskopbild (Pfund-Eindruck und Skale)

Bild 6 — Prinzip der Eindringprüfung

• Anwendung

Die Eindringprüfung mit Pfund-Eindringkörper ist allgemein anwendbar.

• Kalibrierung

Auf einer Härtevergleichsplatte wird der PHN-Wert bestimmt und mit dem Sollwert verglichen.

• Durchführung

- Probenplatte konditionieren (23 °C / 50 % relative Luftfeuchte / ≥ 24 h).
- Das Prüfgerät in einem glatten Bereich auf die Beschichtung setzen
- Den Eindringkörper absenken und die festgelegte Prüflast aufbringen.
- Den belasteten Eindringkörper 60 s auf der Beschichtung belassen.
- Danach und noch unter Last mit dem Messmikroskop durch den transparenten Prüfkörper hindurch den Durchmesser d (mm) des Eindrucks bestimmen.

• Auswertung

Mit dem gemessenen Durchmesser d den PHN-Wert berechnen: $PHN = 1,27 / d^2$. (Der Faktor 1,27 ergibt sich aus der Prüflast und dem Formfaktor des Eindringkörpers.)

Prüfergebnis ist der PHN-Wert (kg/mm²), als Mittelwert aus mindestens 5 Bestimmungen.

- **Präzision**

Die Wiederholbarkeit (nach ASTM D 1474) beträgt 18 %.

Die Vergleichbarkeit (nach ASTM D 1474) beträgt 36 %.

- **Literatur**

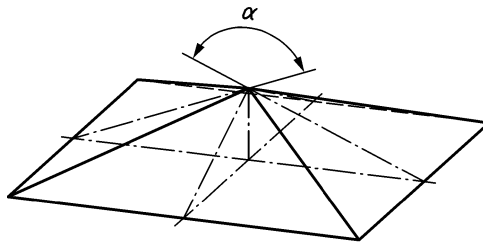
ASTM D 1474, *Standard Test Methods for Indentation Hardness of Organic Coatings*, Method B: Pfund Indentation Hardness

4.1.4 Eindringprüfung mit Vickers-Eindringkörper

- **Beschreibung**

Ein nach Vickers durch Form und Bemaßung festgelegter Eindringkörper aus Diamant wird mit zunehmender, geregelter Last in die Beschichtung eingedrückt. Aus der dabei gemessenen Eindringtiefe (μm) und der zugehörigen Prüfkraft (N) wird die Martenshärte HM (N/mm^2) in Abhängigkeit von der Eindringtiefe berechnet.

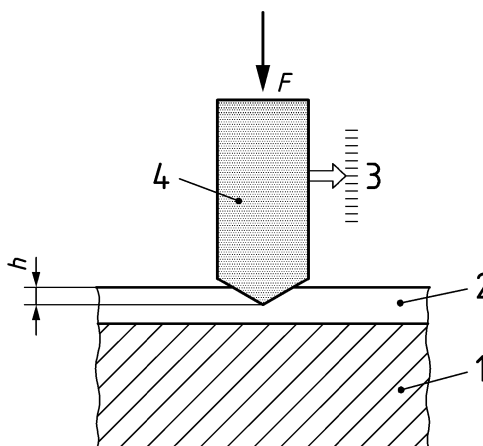
Bild 7 zeigt die Bemaßung des Eindringkörpers, und im Bild 8 ist das Prüfprinzip dargestellt.



Legende

α Pyramidenwinkel (136°)

Bild 7 — Schematische Darstellung des Vickers-Eindringkörpers



Legende

- 1 Substrat
- 2 Beschichtung
- 3 Wegmessvorrichtung für die Eindringtiefe
- 4 Eindringkörper mit Vickers-Geometrie
- h Eindringtiefe
- F Prüfkraft

Bild 8 — Prinzip der Eindringprüfung mit Vickers-Eindringkörper

- **Anwendung**

Die Eindringprüfung mit Vickers-Eindringkörper ist allgemein anwendbar.

- **Kalibrierung**

Auf einer zertifizierten Kalibrierplatte (z. B. Glas der Sorte BK 7) wird ein Eindruckversuch mit einer vorgegebenen Kraft durchgeführt. Aus der Kraft-Eindringkurve wird der HM-Wert bestimmt und mit dem zertifizierten Wert verglichen.

- **Durchführung**

- Die Prüfparameter vereinbaren:
 - die Anzahl und die Werte der Prüfkraftstufen (N) [die Prüfkraftstufen werden üblich proportional $(\text{Prüfkraft})^{1/2}$ gewählt].
- Die Probe in das Prüfgerät einspannen und die vereinbarten Prüfparameter einstellen.
- Den Prüfablauf starten und die Eindringtiefe h (μm) in Abhängigkeit von der Prüfkraft F (N) aufzeichnen.

- **Auswertung**

Aus den h -Werten und den zugehörigen F -Werten die Werte für die Martens-Härte $HM = F/26,43 h^2$ (N/mm^2) berechnen. (Der Faktor 26,43 ergibt sich aus dem Formfaktor des Eindringkörpers.)

Prüfergebnis ist die Martens-Härte HM (N/mm^2) für eine vereinbarte Eindringtiefe h (μm) und/oder das Härteprofil (HM in Abhängigkeit von h).

- **Präzision**

Zur Zeit liegen keine Präzisionsdaten vor.

- **Literatur**

Die Prüfung wird durchgeführt in Anlehnung an:

DIN EN ISO 14577-1, *Metallische Werkstoffe — Instrumentierte Eindringprüfung zur Bestimmung der Härte und anderer Werkstoffparameter — Teil 1: Prüfverfahren*

DIN EN ISO 14577-4, *Metallische Werkstoffe — Instrumentierte Eindringprüfung zur Bestimmung der Härte und anderer Werkstoffparameter — Teil 4: Prüfverfahren für metallische und nichtmetallische Schichten*

Für die Prüfung von Automobilbeschichtungen werden geringfügig abweichende Verfahren beschrieben in:

BMW AA-P 126, *Mikrohärteprüfung von Automobillackierungen mittels Fischerscope H100*

DAIMLER PB VWL 716, *Bestimmung der Universalhärte/Kennwerte von Lackschichten auf Untergründen nach DIN 55676*

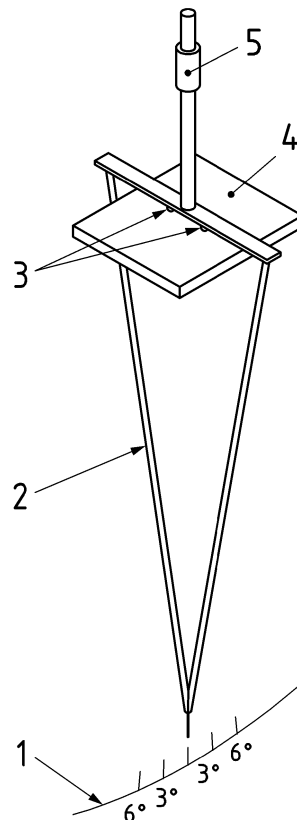
4.2 Eindringprüfungen mit oszillierendem Eindringkörper

4.2.1 Schwingungsdämpfungsprüfung mit König-Pendel

- **Beschreibung**

Ein nach König durch Form, Masse und Bemaßung festgelegtes Pendel wird mit seinen zwei integrierten Hartmetallkugeln ($\varnothing 5 \text{ mm}$) auf die Beschichtung gesetzt, um 6° ausgelenkt und freigegeben. Bestimmt wird die Dämpfungsdauer (s) der Pendelschwingungen bis zur festgelegten Endauslenkung (3°).

Im Bild 9 ist das Prinzip der Prüfung dargestellt.



Legende

- 1 Winkelskala
- 2 König-Pendel
- 3 Hartmetallkugel
- 4 Probenplatte
- 5 Justiergewicht

Bild 9 — Prinzip der Prüfung mit König-Pendel

• Anwendung

Die Schwingungsdämpfungsprüfung mit König-Pendel ist allgemein anwendbar.

Kalibrierung

Auf einer polierten, ebenen Glasplatte werden die Dauer einer Pendelschwingung und die Dämpfungsdauer bestimmt und mit den zugeordneten Sollwerten verglichen.

• Durchführung

- Probenplatte konditionieren (23 °C / 50 % relative Luftfeuchte / ≥ 16 h).
- Probenplatte in das Prüfgerät einspannen.
- Pendel mit den integrierten Hartmetallkugeln so auf die Beschichtung setzen, dass die Pendelspitze mit dem Nullpunkt der Skale fluchtet.
- Pendel um 6° auslenken und freigeben.
- Mit einer Stoppuhr die Dämpfungsdauer (s) bis zum Erreichen der Endauslenkung (3°) bestimmen.

- **Auswertung**

Prüfergebnis ist die Dämpfungsdauer (s), als Mittelwert von drei Bestimmungen.

- **Präzision**

Die Wiederholgrenze r beträgt 7 s, entsprechend 5 Schwingungen.

Die Vergleichgrenze R beträgt 14 s, entsprechend 10 Schwingungen.

- **Literatur**

DIN EN ISO 1522, *Beschichtungsstoffe — Pendeldämpfungsprüfung*

Für die Prüfung von Automobilbeschichtungen wird ein geringfügig abweichendes Verfahren beschrieben in:

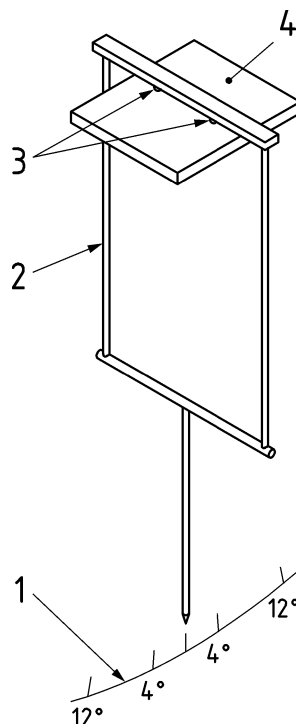
VW PV 3.4.2, *Farben und Lacke — Prüfung der Pendeldämpfung nach König*

4.2.2 Schwingungsdämpfungsprüfung mit Persoz-Pendel

- **Beschreibung**

Ein nach Persoz durch Form, Masse und Bemaßung festgelegtes Pendel wird mit seinen zwei integrierten Hartmetallkugeln ($\varnothing 8$ mm) auf die Beschichtung gesetzt, um 12° ausgelenkt und freigegeben. Bestimmt wird die Dämpfungsdauer (s) der Pendelschwingungen bis zur festgelegten Endauslenkung (4°).

Im Bild 10 ist das Prinzip dargestellt.



Legende

- 1 Winkelskala
- 2 Persoz-Pendel
- 3 Hartmetallkugel
- 4 Probenplatte

Bild 10 — Prinzip der Prüfung mit Persoz-Pendel

- **Anwendung**

Die Schwingungsdämpfungsprüfung mit Persoz-Pendel ist allgemein anwendbar.

- **Kalibrierung**

Auf einer polierten, ebenen Glasplatte werden die Dauer einer Pendelschwingung und die Dämpfungsdauer bestimmt und mit den zugeordneten Sollwerten verglichen.

- **Durchführung**

- Probenplatte konditionieren (23 °C / 50 % relative Luftfeuchte / ≥ 16 h).
- Probenplatte in das Prüfgerät einspannen.
- Pendel mit den integrierten Hartmetallkugeln so auf die Beschichtung setzen, dass die Pendelspitze mit dem Nullpunkt der Skale fluchtet.
- Pendel um 12° auslenken und freigeben.
- Mit einer Stoppuhr die Dämpfungsdauer (s) bis zum Erreichen der Endauslenkung (4°) bestimmen.

- **Auswertung**

Prüfergebnis ist die Dämpfungsdauer (s), als Mittelwert von drei Bestimmungen.

- **Präzision**

Die Wiederholgrenze r beträgt 3 %.

Die Vergleichgrenze R beträgt 8 %.

- **Literatur**

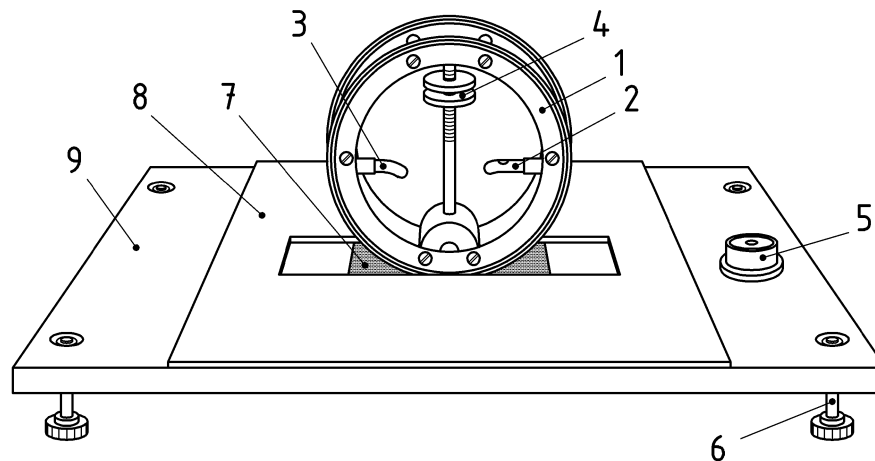
DIN EN ISO 1522, *Beschichtungsstoffe — Pendeldämpfungsprüfung*

4.2.3 Schwingungsdämpfungsprüfung mit Schaukelrad

- **Beschreibung**

Ein nach Sward durch Form, Masse und Bemaßung festgelegtes Schaukelrad wird mit seinen zwei Laufringen auf die Beschichtung gesetzt, um 22° ausgelenkt und freigegeben. Bestimmt wird die Anzahl Schwingungen bis zur festgelegten Endauslenkung (16°).

Im Bild 11 ist die Prüfanordnung dargestellt.



Legende

- 1 Laufring
- 2 Libelle für Endauslenkung
- 3 Libelle für Startauslenkung
- 4 Justiervorrichtung
- 5 Nivellier-Libelle
- 6 Justierfuß
- 7 Probenplatte
- 8 Klemm-Maske
- 9 Glasplatte

Bild 11 — Anordnung der Schwingungsdämpfungsprüfung mit Schaukelrad

• Anwendung

Die Schwingungsdämpfungsprüfung mit Schaukelrad ist allgemein anwendbar.

• Kalibrierung

Auf einer Glasplatte wird die Anzahl der Schwingungen innerhalb einer Zeitspanne von 60 s bestimmt und mit dem Sollwert verglichen.

• Durchführung

- Probenplatte konditionieren (23 °C / 50 % relative Luftfeuchte / ≥ 24 h).
- Probenplatte mit der Klemm-Maske auf der nivellierten Glasplatte fixieren (siehe Bild 11).
- Schaukelrad mit den Laufringen auf die Beschichtung setzen, um 22° auslenken und freigeben.
- Die Anzahl der Schwingungen bis zum Erreichen der Endauslenkung (16°) bestimmen.

• Auswertung

Prüfergebnis ist die mit zwei multiplizierte Anzahl Schwingungen im festgelegten Winkelbereich, als Mittelwert aus vier Bestimmungen.

• Präzision

Zur Zeit liegen keine Präzisionsdaten vor.

• Literatur

ASTM D 2134, *Test Method for Determining the Hardness of Organic Coatings with a Sward-Type Hardness Rocker*

5 Verschleißfestigkeitsprüfungen

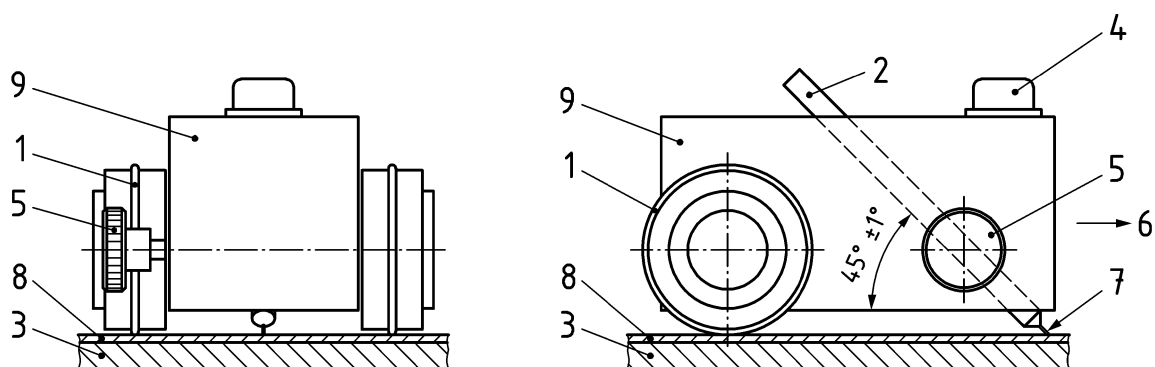
5.1 Einzelkratzprüfungen

5.1.1 Kratzprüfung mit Bleistiften

• Beschreibung

Eine Bleistiftmine mit festgelegter Geometrie wird unter einem Winkel von 45° und einer Prüflast von 7,5 N über die Beschichtung geschoben. Der Härtegrad wird im Bereich 9B bis 9H schrittweise erhöht, bis eine Schädigung der Beschichtung sichtbar ist. Bestimmt wird der größte Härtegrad, bei dem noch keine Schädigung festgestellt wird.

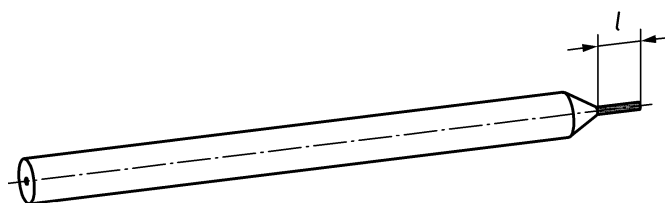
Bild 12 zeigt den Aufbau des Gerätes. Im Bild 13 ist die Form der Bleistiftmine nach Anwenden eines Spezialanspitzers dargestellt.



Legende

- 1 Gummi-O-Ring
- 2 Bleistift
- 3 Substrat
- 4 Nivelliergerät
- 5 Klemmschraube
- 6 Prüfrichtung ("Schieben")
- 7 Bleistiftmine
- 8 Beschichtung
- 9 Metallblock

Bild 12 — Gerät für die Kratzprüfung mit Bleistiften



Legende

- l Minenlänge (5 mm bis 6 mm)

Bild 13 — Bleistift nach dem Spitzen

- **Anwendung**

Die Kratzprüfung mit Bleistiften ist allgemein anwendbar.

- **Kalibrierung**

Ein Kalibrierverfahren ist nicht festgelegt.

- **Durchführung**

- Probenplatte konditionieren (23 °C / 50 % relative Luftfeuchte / ≥ 16 h).
- Die Bleistifte nach Bild 13 vorbereiten und die Enden der Minen plan schleifen.
- Einen Bleistift „mittleren“ Härtegrades im horizontal ausgerichteten Gerät nach Bild 12 fixieren und dieses auf die Beschichtung setzen.
- Die belastete Bleistiftmine mit konstanter Geschwindigkeit in Richtung von Pfeil 6 im Bild 12 über die Beschichtung schieben.
- Nach 30 s die Beschichtung visuell (falls vereinbart mit Lupe, Vergrößerung 6fach bis 10fach) auf eine Schädigung untersuchen und ggf. die Art der Schädigung ermitteln.
- Weitere Kratzversuche mit variierten Bleistift-Härtegraden durchführen, bis auf der Beschichtung eine mindestens 3 mm lange Schädigung festgestellt wird.
- Davon ausgehend Kratzversuche mit abnehmenden Bleistift-Härtegraden durchführen, bis die Beschichtung nicht mehr beschädigt wird.

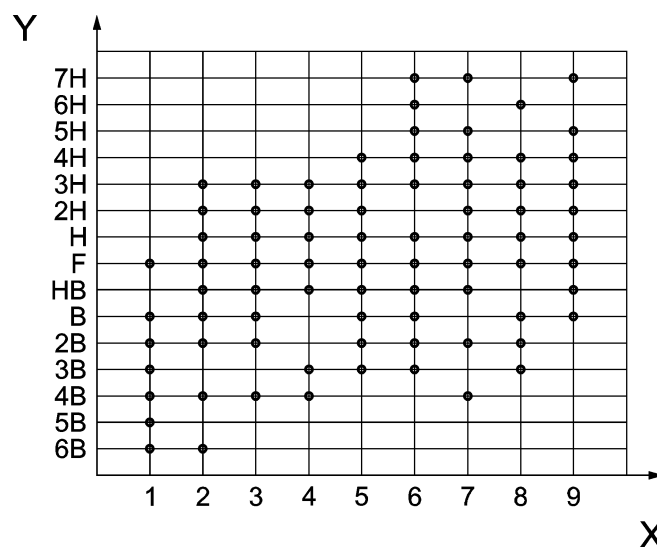
- **Auswertung**

Prüfergebnis ist der größte Bleistift-Härtegrad, bei dem noch keine Schädigung auf der Beschichtung beobachtet wird.

- **Präzision**

Zur Zeit liegen keine Präzisionsdaten vor.

Im Bild 14 sind die Ergebnisse von Kratzprüfungen mit Bleistiften, die von verschiedenen Personen auf unterschiedlichen Beschichtungen und mit unterschiedlichen Bleistiftsorten durchgeführt wurden, graphisch dargestellt:



Legende

- X Beschichtungsbezeichnungen
Y Bleistifthärtegrade

Bild 14 — Ergebnisse von Kratzprüfungen mit Bleistiften

Die Ergebnisse der Messungen nach Bild 14 legen die Aussage nahe, dass die Kratzprüfung mit Bleistiften für den Vergleich verschiedener Beschichtungen nicht sinnvoll ist. Es ist sinnvoller, relative Bewertungen innerhalb einer Reihe von Proben durchzuführen, die erhebliche Unterschiede bei der Kratzprüfung mit Bleistiften aufweisen.

- **Literatur**

DIN EN ISO 15184, *Beschichtungsstoffe — Bestimmung der Bleistifthärte*

Für die Prüfung von Bandbeschichtungen wird ein geringfügig abweichendes Verfahren beschrieben in:

DIN EN 13523-4, *Bandbeschichtete Metalle — Prüfverfahren — Teil 4: Bleistifthärte*

Weitere Verfahren mit größerer Prüflast werden beschrieben in:

NISSAN NES M0141, *Test 6.2.1 — Methods of Test for Coating of Synthetic Resin — 6.2.1 Pencil Scratch Test*

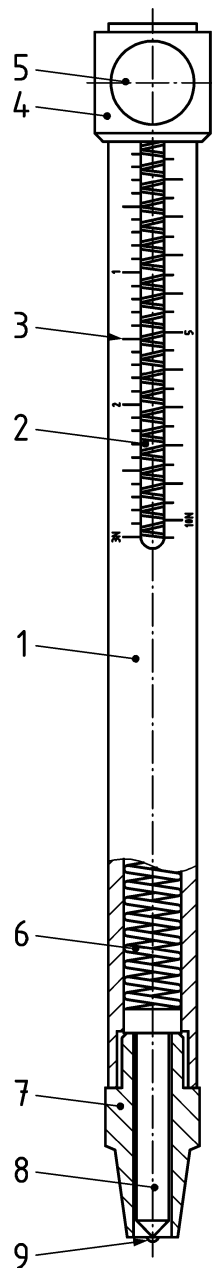
TOYOTA TSH1539G, *Test Method 2.1 — Test Method for Hardness of Paint Film — 2.1 Pencil Scratch Hardness*

5.1.2 Kratzprüfung mit Kugelstichel 1

- **Beschreibung**

Ein mit einer Prüfkraft im Bereich 0,5 N bis 20 N belasteter Hartmetall-Kugelstichel (Durchmesser 0,50 mm, 0,75 mm oder 1,00 mm) wird von Hand über die Beschichtungsfläche bewegt. Eine dabei entstandene Schädigung wird visuell untersucht und bewertet. Bestimmt wird die kleinste Prüflast für Verkratzen (Einstufungsprüfung), oder ob die Beschichtung bei der vereinbarten Prüflast verkratzt wird („ja/nein“-Prüfung).

Bild 15 zeigt den Aufbau und die Funktion des Gerätes.



Legende

- 1 Metallhülse
- 2 Schlitz
- 3 Skale (Prüfkraft)
- 4 Schieber
- 5 Arretierschraube
- 6 Druckfeder
- 7 Kopfteil
- 8 Kugelstichel mit (9)
- 9 kugeliger Hartmetallansatz

Bild 15 — Prüfstab für die Kratzprüfung mit Kugelstichel 1

- **Anwendung**

Die Kratzprüfung mit Kugelstichel 1 ist allgemein anwendbar.

- **Kalibrierung**

Ein Kalibrierverfahren ist nicht festgelegt.

- **Durchführung**

- Prüfvariante vereinbaren:
 - Einstufungstest (variierte Prüflast);
 - „ja/nein“-Prüfung (feste, vereinbarte Prüflast).
- Prüfwerkzeug vereinbaren:
 - Kugelstichel A1 (Spitzendurchmesser 0,50 mm);
 - Kugelstichel A2 (Spitzendurchmesser 0,75 mm);
 - Kugelstichel A3 (Spitzendurchmesser 1,00 mm).
- Die Probe konditionieren (23 °C / 50 % relative Luftfeuchte / ≥ 16 h), falls nicht anders vereinbart.
- Den vereinbarten Kugelstichel in den Prüfstift einsetzen und die vorgesehene oder die vereinbarte Prüfkraft einstellen.
- Die Probenplatte auf einer Unterlage fixieren, den Prüfstab senkrecht auf die Beschichtung drücken und gleichmäßig über die Beschichtung bewegen (Geschwindigkeit etwa 10 mm/s / Prüfstrecke ≥ 10 mm).
- Die Prüfstecke visuell untersuchen und feststellen, ob die Beschichtung verkratzt wurde.
- Bei Durchführung als Einstufungsprüfung mit weiteren Kratzversuchen die Mindestprüfkraft (N) für Verkratzen ermitteln.
- Alle Kratzversuche auf der gleichen Probe zweifach wiederholen.

- **Auswertung**

Prüfergebnis ist

- bei Durchführung als Einstufungsprüfung: die Mindestprüfkraft (N) für Verkratzen
- bei Durchführung als „ja/nein“-Prüfung: die Aussage, ob die Beschichtung unter den vereinbarten Prüfbedingungen verkratzt wurde („nein“) oder nicht („ja“).

Zusätzlich ist die Art der Schädigung anzugeben.

- **Präzision**

Zur Zeit liegen keine Präzisionsdaten vor.