

**Kugelschlag-
prüfgerät
Modell 304**

**Verschiedene
normgerechte
Ausführungen**



testing equipment for quality management

ERICHSEN

**ISO 6272
EN 13523-5
ECCA T5
ECCA T6**

**ASTM D 2794
ASTM D 3029
NFT 30-017
SNV 37109**

Prinzip der Kugelschlagprüfung

Oberflächenbeschichtungen sind in der Praxis häufig Schlagbelastungen ausgesetzt, die zur Verformung des Schichtträgers führen und damit auch auf Haftung und Zusammenhalt der Beschichtung Einfluss nehmen. Mit der Kugelschlagprüfung steht ein Test zur Verfügung, mit dem diese Art der Probenbeanspruchung unter genormten Bedingungen simuliert werden kann. Dabei lässt man ein definiertes Gewicht, dessen probenseitiges Ende kugelig mit festgelegtem Durchmesser ausgebildet ist, aus verabreiteter oder variabler Höhe durch ein Führungsrohr frei auf die Probe fallen. Nach dem Schlag wird die Probenoberfläche im deformierten Bereich auf Rissbildung und Schichtablösung untersucht. Dem Wesen nach ist die Kugelschlagprüfung (Impact Test) einer dynamischen ERICHSEN-Tiefung vergleichbar und wird daher gelegentlich auch als Schlagtiefung bezeichnet.

Normen zur Kugelschlagprüfung

Die in den einzelnen Normen zum Impact Test beschriebenen Prüfgeräte sind dem mechanischen Aufbau nach durchweg vergleichbar.

Die wesentlichen Unterschiede betreffen nur:

- Durchmesser des Kugelstößels,
- Masse des Fallgewichts,
- Bemaßung der Fallhöhen- bzw. Energie-Skala,
- Probenbefestigung und Schlagtiefenbegrenzung.

Die nachfolgende Tabelle fasst diese Geräteparameter zusammen; zugleich wird auch die Zuordnung hergestellt zwischen den Normen für den Impact Test und den entsprechenden Varianten des **ERICHSEN-Kugelschlagprüfgeräts, Modell 304**:

Das Modell **304-AFNOR** hebt sich von den anderen Varianten durch eine konstruktive Besonderheit ab: Die Matrizenbohrung ist kleiner als der Stößeldurchmesser. Dadurch wird die durch den Kugelschlag erzeugte Tiefung auf einen maximalen Wert, der noch von der Probendicke abhängt, begrenzt. Ähnliche Verhältnisse liegen bei der **SNV-Version** vor: Hier sind Stößel- und Matrizen-durchmesser gleich groß. Ein 400-g-Gewicht, das eigentlich zur normgerechten Ausrüstung des AFNOR-Gerätes zählt, gehört nicht zur Grundausstattung von Modell **304-AFNOR**, da die meisten Anwender doch nur den 1000-g-Fallkörper benutzen.

Die Varianten nach **ISO**, **DIN** und **ASTM** sind im Standardlieferprogramm enthalten, wogegen die Modelle **304-ECCA**, **304-AFNOR** und **304-SNV** nur auf Bestellung gefertigt werden. Grundsätzlich sind auch weitere Versionen des Kugelschlagprüfgerätes mit anderen Fallgewichten und Kugel- bzw. Matrizengeometrien nach Absprache lieferbar.

Norm	Kugel-Ø	Matrizen-Ø	Fallgewicht	Skala/Teilung	ERICHSEN-Modell	Status
ISO 6272 (DIN 55 669)* ECCA T5-1995 EN 13523-5 ***	20 mm	27 mm	1 + 1 kg **	1000/5 mm	304-ISO 304-DIN	serienmäßig
ASTM D 2794	5/8“(15,9 mm)	0,64“(16.3 mm)	2 pounds (0,9 kg)	80/2 inch pounds	304-ASTM	lieferbar
ECCA T5-1985 ECCA T6-1985 ASTM D 3029 (Method Gc)	5/8“(15,9 mm)	0,64“(16.3 mm)	2 + 2 pounds ** (0.9 + 0.9 kg)	80/2 inch pounds und 160/4 inch pounds	304-ECCA	auf
NF T 30-017	23 mm	22 mm	1 kg	1000/5 mm	304-AFNOR	Anfrage
SNV 37109	1/2“(12,7 mm)	1/2“(12,7 mm)	2 pounds (0,9 kg)	1000/5 mm	304-SNV	

* entspricht ISO-Norm, jedoch **ohne** Probenandruckvorrichtung und Schlagtiefenbegrenzung

** Verdoppelung des Basisgewichts mit Kugelstößel durch Aufschraubgewicht

*** entspricht ECCA T5-1995

Modell 304 - Allgemeine Beschreibung

Das **Kugelschlagprüfgerät, Modell 304**, besteht bei allen Varianten aus einer stabilen Grundplatte mit aufmontiertem Halterarm, in den das längs geschlitzte Fallrohr eingelassen und mit einer Querschraube geklemmt ist. Bei den Versionen ISO und DIN wird diese Schraube mit einem Spannhebel angezogen, so dass das Prüfgerät schnell auf variierende Probendicken eingestellt werden kann. Der Hebel lässt sich auch gegen den Druck einer Feder ein wenig herausziehen; er ist dann entrastet und frei drehbar.

Unter dem Fallrohr befindet sich - eingesetzt in die Grundplatte - die der jeweiligen Norm entsprechende Matrize. Diese ist leicht austauschbar, gleichzeitig aber doch so genau eingepasst, dass die Achsen von Führungsrohr und Matrize exakt übereinstimmen.

Das Fallgewicht enthält am unteren Ende den austauschbaren, der verwendeten Matrize zugeordneten Kugelstößel und hat einen seitlichen Zapfen zur Führung im Längsschlitz des Fallrohres sowie zum Anheben auf die gewünschte Fallhöhe.

Bei den Varianten nach **ISO, DIN** und **ECCA** kann die Masse des Fallkörpers durch ein aufschraubbares Zusatzgewicht verdoppelt werden. Am Fallrohr ist entlang des Schlitzes eine in cm (ISO, DIN, AFNOR, SNV) oder inch pounds (ASTM) aufgeteilte Skala angebracht; bei der **ECCA-Version** sind es zwei unterschiedliche inch-pound-Skalen auf beiden Seiten der Schlitzung.

Entsprechend der Norm ist das **Modell 304-ISO** mit einer speziellen Probenandruckvorrichtung sowie einer Schlagtiefenbegrenzung ausgestattet. Ausserdem weisen die **Modelle 304-ISO** und **304-DIN** noch folgende Besonderheiten auf:

Ein über dem Fallrohr verschiebbarer Ring, der im Schlitz geführt ist und mit einer Rändelschraube festgeklemmt werden kann, dient als Anschlag für den seitlichen Zapfen des Fallgewichts. Damit ist eine definierte Vorgabe der Fallenergie gewährleistet, was bei Prüfungen mit festgelegter Fallhöhe eine erhebliche Arbeitserleichterung bedeutet.

Durchführung der Kugelschlagprüfung

Nachdem die Proben so vorbereitet wurden, wie dies in den einzelnen Normen vorgeschrieben ist (Oberflächenbehandlung des Schichtträgers, Applikation des Schichtstoffes, Aushärtung, Lagerung, Schichtdickenmessung, evtl. Gitterschnitt etc.), sind zwei grundsätzliche Entscheidungen zu treffen:

- Man kann den Kugelschlag in Richtung auf die Lackschicht ausführen und erhält eine Einbeulung ("intrusion") oder auch von der Gegenseite her, um eine Ausbeulung ("extrusion") zu erzeugen. Die in der Tabelle zitierten Normen überlassen es dem Anwender, die Art der Kugelbeanspruchung selbst festzulegen bzw. zu verabreden, mit einer Ausnahme:

Die ECCA-Vorschriften (T5 und T6) schreiben eindeutig die Ausbeulung vor ("reverse impact"). Die SNV-Norm erlaubt zwar beide Schlagvarianten, ordnet diesen aber unterschiedliche Aussagen des Testes zu, nämlich

Ausbeulung = Prüfung auf Schlagfestigkeit und Einbeulung = Prüfung auf Stoßfestigkeit.

- Es gibt einmal die Möglichkeit, die Fallenergie auf einen verabredeten, festen Wert einzustellen. Der Impact-Test liefert dann eine Ja/Nein-Aussage über den Widerstand der Beschichtung gegen Rissbildung bei schneller Umformung ("go/no go" oder "pass/fail"-Test). Diese Methode erbringt zwar nur qualitative Ergebnisse, garantiert aber einen schnellen Probendurchlauf bei Serienuntersuchungen.

Quantitative Resultate hingegen enthält man mit der wiederholten Kugelschlagprüfung zur Bestimmung der minimalen Schädigungsenergie. Hierbei wird die Fallhöhe und damit die Impact-Energie so lange variiert, bis man an der Beschichtung Rissbildung und/oder Ablösung feststellt. Der Energiewert, der zu einer derartigen Schädigung geführt hat, ist durch Wiederholungsprüfungen, auch an anderen Probenplatten, definitiv zu bestätigen. Bei abweichenden Ergebnissen wird eine Mittelwertbildung empfohlen. Grundsätzlich - das gilt auch für den go/no go-Test - sollten die Prüfstellen auf der Probe einen ausreichenden Abstand vom Rand (mind. 35 mm) so wie auch voneinander (mind. 70 mm, Mitte zu Mitte) aufweisen.

Auswertung und Interpretation

Die Untersuchung des durch den Kugelschlag deformierten Bereichs auf Risse und Abplatzungen erfolgt üblicherweise visuell, vielleicht unterstützt durch eine Lupe. Um selbst unscheinbare Risse noch sicher identifizieren zu können, bietet die ASTM D 2794 zusätzlich zwei feinere Untersuchungsmethoden an:

- Durch Befeuchten der Probe mit salzsaurer Kupfersulfatlösung werden auch kleinste Schäden in der Beschichtung deutlich und kontrastreich sichtbar. Dieses Verfahren funktioniert aber nur dann, wenn der Schichtträger aus Stahl besteht und wenn ein eventuell vorhandener Korrosionsschutzüberzug (z.B. Phosphatierung) beim Kugelschlag ebenfalls durchbrochen wurde.
- Bei elektrisch isolierenden Schichten auf metallischem Untergrund kann der deformierte Probenbereich auch mit einem Porositäts-Prüfgerät untersucht werden. Hierbei sind einfache Durchgangstester, die mit 9-V-Gleichspannung arbeiten und als Prüfsonde einen angefeuchteten Schwamm benutzen, völlig ausreichend.

Die Angabe der Fallenergie wird in den einzelnen Normen unterschiedlich gehandhabt. Nach ISO, DIN, NFT und SNV dient die Fallhöhe (in mm) mit Bezug auf das verwendete Fallgewicht als relative Energieskala. Die restlichen Kugelschlag-Normen schreiben die Benutzung absoluter Energieeinheiten vor: kg m (ISO 6272, ASTM D 2794), Joule (ASTM D 3029, ECCA T5), inch pound (ASTM D 2794) und lbf inch (ASTM D 3029).

Diese Energieeinheiten sind durch folgende Beziehungen miteinander verknüpft:

$$1 \text{ J (oule)} = 0,1 \text{ kg m} = 8.8 \text{ lbf inch} (= \text{inch pound})$$

Wegen der differierenden Kugel- und Matrizenabmessungen ist es aber nicht möglich, die mit den einzelnen Kugelschlag-Prüfmethoden erhaltenen Resultate rechnerisch exakt umzueichen. Eine Sonderstellung nimmt die Durchführung der Prüfung nach ECCA T6 ein:

Hier wird die durch einen Gitterschnitt vorgeschädigte Beschichtung zusätzlich einer Schlagtiefung (reverse impact) unterzogen und das Ausmaß der Schädigung in % Enthaftungsfläche ausgedrückt.

Bestellinformation	
Bestell-Nr.	Produkt-Bezeichnung
0086.01.31	Kugelschlagprüfgerät, Modell 304-ASTM , nach ASTM D 2794
0086.05.31	Kugelschlagprüfgerät, Modell 304-ECCA , nach ECCA
0086.02.31	Kugelschlagprüfgerät, Modell 304-DIN , nach DIN 55 669
0086.06.31	Kugelschlagprüfgerät, Modell 304-ISO , nach ISO 6272, mit Probenandruckvorrichtung und Schlagtieftiefenbegrenzung

Technische Änderungen vorbehalten.
Gruppe 13 - TBD 304 - VIII/2001