

DIN ISO 18352



ICS 83.120

**Kohlenstofffaserverstärkte Kunststoffe –
Ermittlung der Compression-After-Impact-Eigenschaften bei spezifischer
Aufprallenergie (ISO 18352:2009)**

Carbon-fibre-reinforced plastics –
Determination of compression-after-impact properties at a specified impact-energy level
(ISO 18352:2009)

Plastiques renforcés de fibres de carbone –
Détermination des propriétés de compression après impact à un niveau d'énergie spécifié
(ISO 18352:2009)

Gesamtumfang 28 Seiten

DIN-Normenausschuss Kunststoffe (FNK)



Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort.....	3
Nationaler Anhang NA (informativ) Literaturhinweise	3
Vorwort	4
1 Anwendungsbereich.....	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
4 Kurzbeschreibung	6
5 Konditionierung von Probekörpern und Prüfumgebung.....	8
5.1 Standardisiertes Konditionierverfahren für Probekörper.....	8
5.2 Umweltprüfkammer für Schlagversuche und Druckfestigkeitsprüfungen	8
6 Prüfvorrichtung	8
6.1 Allgemeines	8
6.2 Schlagvorrichtung	8
6.3 Halterung für den Probekörper während des Schlagversuchs	9
6.4 Zerstörungsfreies Prüfgerät.....	10
6.5 Maschine zur Druckfestigkeitsprüfung.....	11
6.5.1 Allgemeines	11
6.5.2 Prüfgeschwindigkeit und -anordnung.....	11
6.5.3 Angabe der Last.....	11
6.6 Druckversuchsvorrichtung.....	11
6.7 Messvorrichtung	12
6.7.1 Messschraube.....	12
6.7.2 Messschieber	13
6.8 Dehnungsmessstreifen	13
7 Probekörper	14
7.1 Maße.....	14
7.2 Herstellung des Probekörpers	14
7.3 Anzahl der Probekörper	15
8 Verfahren.....	15
8.1 Konditionierung des Probekörpers.....	15
8.2 Ermittlung der Maße des Probekörpers	15
8.3 Schlagversuch	16
8.4 Zerstörungsfreie Prüfung (en: non-destructive testing, NDT).....	16
8.5 Prüfung der Vertiefung in den Probekörpern	17
8.6 Prüfung der Druckfestigkeit.....	17
9 Validierung	19
10 Berechnung der Ergebnisse.....	21
10.1 CAI-Festigkeit.....	21
10.2 CAI-Modul	21
10.3 Höchstmögliche CAI-Dehnung	21
10.4 Rundung der Ergebnisse	21
10.5 Standardabweichung und Variationskoeffizient.....	22
11 Prüfbericht.....	22
Anhang A (normativ) Detaillierte Zeichnungen der Komponenten der Druckversuchsvorrichtung.....	24
Literaturhinweise.....	28

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (ISO 18352:2009) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 61 „Plastics“ erarbeitet.

Das zuständige deutsche Gremium ist der Arbeitsausschuss NA 054-02-02 AA „Verstärkte Kunststoffe und härtbare Harze“ im DIN-Normenausschuss Kunststoffe (FNK).

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

ISO 291	siehe	DIN EN ISO 291
ISO 80000-1:— ^{*)}	siehe	DIN EN ISO 80000-1:2013-08

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 291, *Kunststoffe — Normalklimate für Konditionierung und Prüfung*

DIN EN ISO 80000-1:2013-08, *Größen und Einheiten — Teil 1: Allgemeines (ISO 80000-1:2009 + Cor 1:2011); Deutsche Fassung EN ISO 80000-1:2013*

^{*)} Beim Erscheinen der Referenzfassung im August 2009 lag das Erscheinungsdatum noch nicht fest. Die ISO-Norm ist jedoch im November desselben Jahres erschienen.

Vorwort

Die ISO (Internationale Organisation für Normung) ist die weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (ISO-Mitgliedskörperschaften). Die Erarbeitung Internationaler Normen obliegt den Technischen Komitees der ISO. Jede Mitgliedskörperschaft, die sich für ein Thema interessiert, für das ein Technisches Komitee eingesetzt wurde, ist berechtigt, in diesem Komitee mitzuarbeiten. Internationale (staatliche und nichtstaatliche) Organisationen, die mit der ISO in Verbindung stehen, sind an den Arbeiten ebenfalls beteiligt. Die ISO arbeitet bei allen Angelegenheiten der elektrotechnischen Normung eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Internationale Normen werden nach den Regeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet.

Die Hauptaufgabe der Technischen Komitees ist es, Internationale Normen zu erarbeiten. Die von den Technischen Komitees verabschiedeten Internationalen Normen werden den Mitgliedskörperschaften zur Abstimmung vorgelegt. Die Veröffentlichung als Internationale Norm erfordert Zustimmung von mindestens 75 % der abstimmenden Mitgliedskörperschaften.

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.

ISO 18352 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 61, *Plastics*, Unterkomitee SC 13, *Composites and reinforcement fibres*, erstellt.

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm legt ein Verfahren zur Bestimmung der Restdruckfestigkeit von multidirektionalen Polymermatrix-Verbundlaminatplatten fest, die durch einen Schlag vor dem Aufbringen einer Drucklast in der Ebene beschädigt wurden.

Das Prüfverfahren eignet sich für endlosfaserverstärkte Polymermatrix-Verbundstoffe. Die Anwendung des Verfahrens ist auf faserverstärkte Kunststofflamine mit multidirektionalen Verstärkungen, die aus unidirektionalen Prepreg-Bändern/Stoffen oder Geweben hergestellt sind, beschränkt.

Das Prüfverfahren wird als „Compression-after-Impact“ (CAI)-Prüfung bezeichnet, wenn es zur Bestimmung der Restdruckfestigkeit einer Stoßplatte, die einem Schlag ausgesetzt wurde, verwendet wird. Es kann verwendet werden, um Daten hinsichtlich Werkstoffspezifikation, Werkstoffbeurteilung, Forschung und Entwicklung oder Aufbau einer Verbundstoff-Datenbank zu erhalten.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente 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).

ISO 291, *Plastics — Standard atmospheres for conditioning and testing*

ISO 1268-4:2005, *Fibre-reinforced plastics — Methods of producing test plates — Part 4: Moulding of prepregs*

ISO 5893, *Rubber and plastics test equipment — Tensile, flexural and compression types (constant rate of traverse) — Specification*

ISO 14127, *Carbon-fibre-reinforced composites — Determination of the resin, fibre and void contents*

ISO 80000-1:—¹⁾, *Quantities and units — Part 1: General*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Compression-after-Impact-Prüfung

CAI-Prüfung

Prüfung der Druckfestigkeit in der Ebene bei einem Verbundlaminat, das einer Last in der Ebene des Laminats ausgesetzt wird, nachdem eine konzentrierte Stoßbelastung aus der Ebene heraus unter festgelegten Bedingungen ausgeübt wurde

3.2

spezifische Schlagenergie

potentielle Energie des Fallgewichts, festgelegt durch die Masse und die Fallhöhe des Eindringkörpers, der die Probekörper ausgesetzt werden, ausgedrückt in Joule

¹⁾ Noch zu veröffentlichen. (Überarbeitung von ISO 31-0:1992)

3.3

kaum sichtbare Schädigung durch Schlag

BVID

(en: barely visible impact damage)

Schädigung durch Schlag, die einer Eindringtiefe von 0,3 mm entspricht

3.4

Energie zur Verursachung einer BVID

E_{BVID}

Schlagenergie, die zur Verursachung einer BVID erforderlich ist, ausgedrückt in Joule

3.5

Compression-after-Impact-Festigkeit

σ_{CAI}

höchstmögliche Drucklast, die der dem Schlag ausgesetzte Probekörper aufnimmt, dividiert durch den Ausgangsquerschnitt des Probekörpers, ausgedrückt in MN/m^2

3.6

Compression-after-Impact-Modul

E_{CAI}

Druckmodul des Probekörpers, berechnet mit einer Dehnung zwischen 0,05 % und 0,25 %, ausgedrückt in GN/m^2

3.7

höchstmögliche Stauchung

$\varepsilon_{\text{cmax}}$

höchstmöglicher Wert der vom Probekörper aufgenommenen Stauchung bei höchstmöglicher Drucklast

3.8

Eindringtiefe

verbleibende Tiefe der durch eine vom Eindringkörper nach dem Schlag verursachten Vertiefung, ausgedrückt als höchstmöglicher Abstand, in Millimetern, in einer Normalrichtung zur Fläche des Probekörpers vom niedrigsten Punkt der Vertiefung zur Ebene der unbeeinträchtigten Aufschlagfläche

3.9

Schädigungsparameter

Größen, die zur Charakterisierung des Ausmaßes der Schädigung durch Schlag, einschließlich des höchstmöglichen Durchmessers der Schichttrennung und der projizierten Fläche der Schichttrennung, verwendet werden

4 Kurzbeschreibung

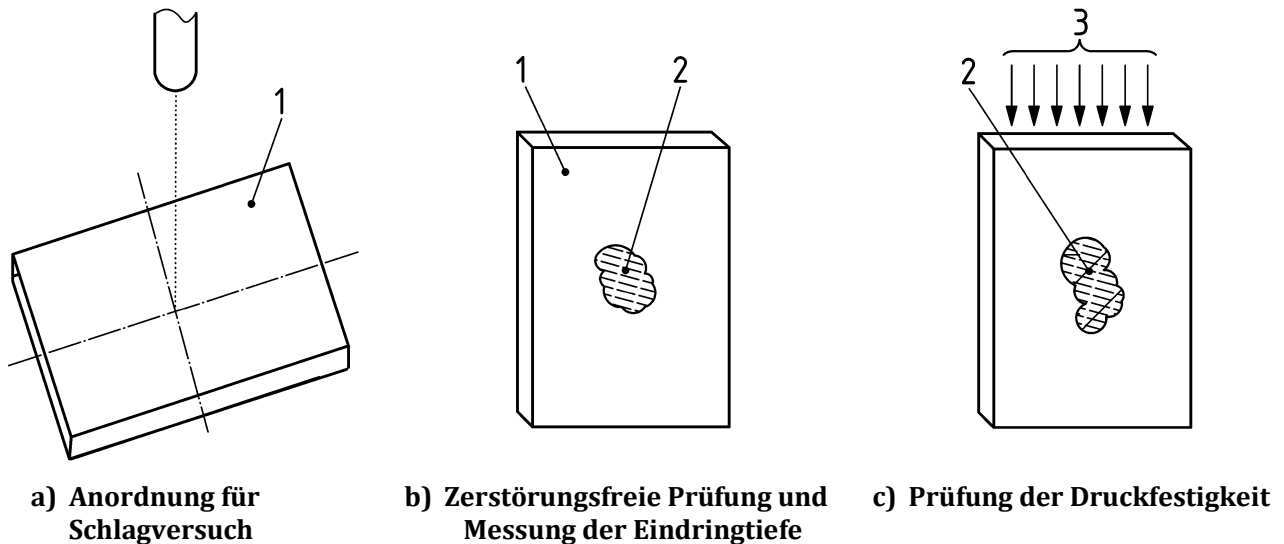
Die CAI-Prüfung, die in dieser Internationalen Norm ausführlich beschrieben wird, besteht aus drei Phasen, die in Bild 1 dargestellt werden.

In der ersten Phase wird die kaum sichtbare Schädigung durch Schlag (BVID) herbeigeführt, wobei ein Durchstoßen der Prüfplatte vermieden wird. Das bevorzugte Verfahren zur Herbeiführung der BVID basiert auf einer spezifischen Schlagenergie, die auf eine Fläche eines Probekörpers, der aus einem ausgewogenen und symmetrischen Verbundlaminat gefertigt ist, ausgeübt wird.

ANMERKUNG Ein alternatives Verfahren ermöglicht dem Prüfer, die Schlagenergie zu variieren, um die erforderliche Energie zur Herbeiführung der BVID zu bestimmen. Ein zusätzliches Verfahren nach ISO wird vorgeschlagen und entworfen, um dieses Verfahren zur Festlegung der Schlagenergie einzuschließen.

Die zweite Phase besteht in der Bewertung der Schädigung durch Schlag mittels zerstörungsfreier Prüfung (en: non-destructive testing, NDT) [auch als zerstörungsfreie Inspektion (en: non-destructive inspection, NDI) bezeichnet] und Messung der Eindringtiefe auf der dem Aufprall ausgesetzten Fläche. Die Fläche und Geometrie der durch den Schlag verursachten Schädigung muss mittels eines geeigneten zerstörungsfreien Prüfverfahrens und die Eindringtiefe mit einer geeigneten Vorrichtung gemessen werden.

In der dritten Phase erfolgt die Messung der verbleibenden Druckfestigkeitseigenschaften in der Ebene. Auf den dem Schlag ausgesetzten Probekörper wird die Drucklast ausgeübt, bis es zum Versagen kommt. CAI-Festigkeit, -Modul und -Dehnung werden, wie in Abschnitt 10 ausgeführt, anhand der erfassten Dehnungsdaten berechnet.



Legende

- 1 Probekörper
- 2 Schichttrennung
- 3 Drucklast, F

Bild 1 — Kurzbeschreibung der Compression-after-Impact-Prüfung

Eine flache, rechteckige Verbundstoffplatte wird in Querrichtung einem konzentrierten Schlag unter Verwendung einer Fallgewicht-Vorrichtung mit einem halbkugelförmigen Eindringkörper ausgesetzt. Die Energie des Schlags wird durch die Masse und die Fallhöhe des Eindringkörpers festgelegt. Ausrüstung und Verfahren zur Messung der Kontaktkraft und der Geschwindigkeit des Eindringkörpers während des Schlags sind vorgeschrieben. Die Widerstandsfähigkeit gegen Beschädigung wird anhand des Ausmaßes und der Art der vorliegenden Schädigung des Probekörpers nach dem Schlag quantifiziert.

Nach dem Schlag wird der Probekörper einer Drucklast in der Ebene ausgesetzt, bis es zum Versagen kommt, und Compression-after-Impact-Festigkeit, -Modul und -Dehnung werden anhand der aufgezeichneten Last-Stauchungs-Reaktion berechnet.

Die Eigenschaften, die bei diesem Prüfverfahren gemessen werden, sind stark von verschiedenen Faktoren abhängig, einschließlich der Geometrie des Probekörpers, der Aufbau des Laminats, die Geometrie des Eindringkörpers, die Masse des Eindringkörpers, die Schlagenergie, die Aufschlagkraft, die Größe und Lage der Beschädigung- und Auflagebedingungen. Daher sind die Ergebnisse im Allgemeinen nicht mit anderen CAI-Prüfanordnungen vergleichbar, sondern sind für die spezifische Kombination der verwendeten geometrischen und physikalischen Prüfungsparameter bestimmt. Die Prüfung stellt keine Daten zur Erfüllung der Anforderungen hinsichtlich struktureller Integrität und Sicherheit zur Verfügung. Es liegt in der Verantwortung des Anwenders, geeignete Grenzwerte hinsichtlich der strukturellen Integrität sowie Sicherheitsfaktoren in Erwägung zu ziehen und anzuwenden.

5 Konditionierung von Probekörpern und Prüfumgebung

5.1 Standardisiertes Konditionierverfahren für Probekörper

Probekörper müssen bei $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ und $(50 \pm 10) \%$ relativer Luftfeuchte konditioniert werden, sofern von den interessierten Parteien keine anderen Bedingungen vereinbart wurden.

5.2 Umweltprüfkammer für Schlagversuche und Druckfestigkeitsprüfungen

Für Prüfumgebungen mit Bedingungen, die von jenen bei Raumtemperatur abweichen, ist eine Umweltprüfkammer erforderlich. Die Kammer muss die Möglichkeit bieten, den Probekörper während der gesamten Prüfung gleichbleibend der erforderlichen Temperatur und Luftfeuchte auszusetzen. Die Prüfungen müssen in derselben Umgebung durchgeführt werden, in der auch die Konditionierung vorgenommen wurde. Nach Vereinbarung der interessierten Parteien ist es zulässig, nach Heiß-Nass-Konditionierungsverfahren Schlagversuche und Druckfestigkeitsprüfungen unter Umgebungsbedingungen durchzuführen.

ANMERKUNG Die Schlag- und Druckfestigkeitseigenschaften von faserverstärkten Kunststoffen werden von der Feuchtigkeitsaufnahme beeinflusst.

6 Prüfvorrichtung

6.1 Allgemeines

Die Prüfvorrichtung besteht aus einer Schlagvorrichtung, einer Probekörperhalterung, einer geeigneten zerstörungsfreien Prüfeinrichtung, einer Maschine zur Druckfestigkeitsprüfung, einer entsprechenden Halterung, Werkzeugen zur Messung der Probenmaße und einem System zur Dehnungsmessung. Einzelheiten zu diesen Elementen sind in den folgenden Unterabschnitten angegeben.

6.2 Schlagvorrichtung

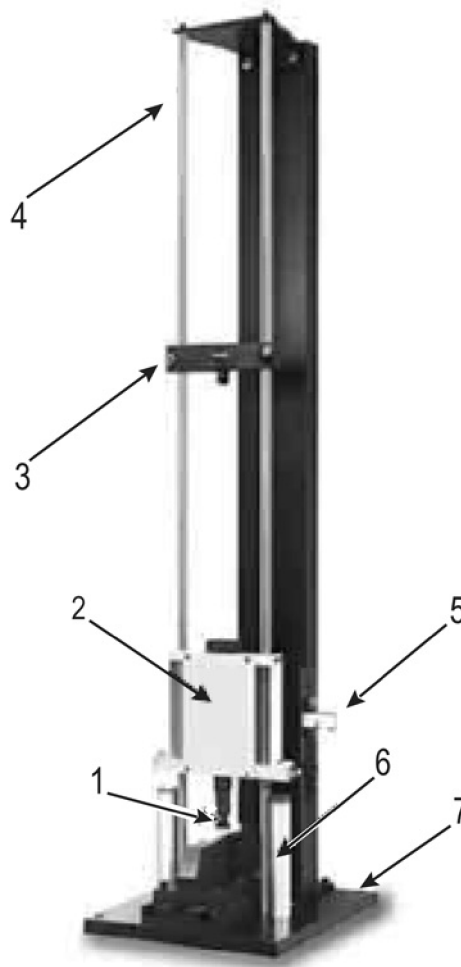
Die Schlagvorrichtung muss mit einem Eindringkörper in Form eines Stahl-Fallgewichts ausgestattet sein, dessen halbkugelförmiger Kopf einen Durchmesser von $(16 \pm 0,1) \text{ mm}$ aufweist. Die Schlagvorrichtung muss an einer starren Basis montiert werden und, wie in Bild 2 dargestellt, über einen geeigneten Führungsmechanismus für den Fallgewicht-Eindringkörper verfügen. Der Eindringkörper muss durch Fallen unter Einfluss der Schwerkraft mit möglichst geringer Reibung an den Führungsschienen auf die Mitte der Oberseite des Probekörpers prallen. Ein Mechanismus zur Verhinderung eines wiederholten Aufschlagens muss eingesetzt werden, um sicherzustellen, dass der Eindringkörper nur einmal auf den Probekörper prallt, d. h., um ein Abprallen und erneutes Aufprallen des Eindringkörpers und damit ein mehrfaches Aufschlagen zu verhindern. Die empfohlene Masse des Eindringkörpers beträgt 5 kg bis 6 kg und die Härte des Eindringkörperkopfes muss zwischen 60 HRC und 62 HRC (Rockwell, Diamantkegel, 150 kg) liegen. Die Mindestfallhöhe wird, wie in 8.3 angegeben, durch die Masse des Eindringkörpers, die Dicke des Probekörpers und die spezifische Schlagenergie bestimmt.

ANMERKUNG Die Verwendung einer mit Messgeräten versehenen Schlagvorrichtung, mit der die Geschwindigkeit des Eindringkörpers und der Eindrückkräfte gemessen werden kann und die über ein Datenerfassungssystem verfügt, wird bevorzugt. ISO 6603-1 und ISO 6603-2 werden als Referenzen vorgeschlagen.

6.3 Halterung für den Probekörper während des Schlagversuchs

Die Probekörperhalterung muss dafür sorgen, dass der Probekörper beim Aufprall flach an der Halterung aufliegt, indem sie ihn mit ausreichender, aber nicht zu großer Kraft an allen vier Ecken mit Hilfe von mit Gummispitzen versehenen Knebelklemmen herunterdrückt. Die Halterung muss aus einer 18 mm dicken, aus Stahl gefertigten Basis bestehen, die eine Ebenheit innerhalb von 0,1 mm in der Kontaktregion mit dem Probekörper aufweist. Diese Grundplatte muss über ein Fenster mit einer Länge von (125 ± 1) mm und einer Breite von (75 ± 1) mm verfügen. Ein Beispiel einer geeigneten Halterung ist in Bild 3 dargestellt.

Die Halterung muss sich ihrerseits auf eine stabile Basis wie z. B. die Schlagvorrichtung oder den Boden des Raums stützen.



Legende

- | | |
|----------------------------|--------------------------|
| 1 Eindringkörper | 5 Geschwindigkeitssensor |
| 2 Querhaupt | 6 Anschlagblock |
| 3 Verriegelungsmechanismus | 7 Grundplatte |
| 4 Führungsschiene | |

Bild 2 — Mit Messgeräten versehene Fallgewicht-Schlagvorrichtung mit doppelten Führungsschienen