

DIN EN ISO 21765



ICS 59.080.30

Einsprüche bis 2020-03-10

Entwurf

**Textilien –
Automatische Bestimmung der Deformierbarkeit an Webstoffen und
Gelegen (ISO/DIS 21765:2020);
Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 21765:2020**

Textiles –

Determination of fabric deformability by forced mechanical distension (ISO/DIS 21765:2020);
German and English version prEN ISO 21765:2020

Textiles –

Détermination de la déformabilité sur tissus et multiaxiales étoffes au moyen d'une
distension forcée mécaniquement (ISO/DIS 21765:2020);
Version allemande et anglaise prEN ISO 21765:2020

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2020-01-10 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und
Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs
besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nmp@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP), 10772 Berlin, Saatwinkler Damm 42/43, 13627 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten
Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 50 Seiten

DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 21765:2020) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 38 „Textiles“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 248 „Textilien und textile Erzeugnisse“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird.

Für die deutsche Mitarbeit ist der Arbeitsausschuss NA 062-05-21 AA „Physikalisch-technologische Prüfverfahren für Textilien“ im DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP) verantwortlich.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

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

ISO 139 siehe DIN EN ISO 139

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 139, *Textilien — Normalklimate für die Probenvorbereitung und Prüfung*

Textilien — Automatische Bestimmung der Deformierbarkeit an Webstoffen und Gelegen (ISO/DIS 21765:2020)

Textiles — Détermination de la déformabilité sur tissus et multiaxiales étoffes au moyen d'une distension forcée mécaniquement (ISO/DIS 21765:2020)

Textiles — Determination of fabric deformability by forced mechanical distension (ISO/DIS 21765:2020)

ICS:

Deskriptoren:

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokumentstufe: parallele Umfrage
Dokumentsprache: D

STD Version 2.9p

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Kurzbeschreibung	8
5 Prüfvorrichtung	8
6 Messprobe	10
7 Durchführung	11
7.1 Einlegen der Messprobe	11
7.2 Vorgaben der Prüfung	11
7.2.1 Prüfparameter	11
7.2.2 Auswerteparameter	11
7.3 Durchführung der Prüfung	12
8 Berechnung und Angabe der Ergebnisse	13
8.1 Gelege	13
8.1.1 Tabelle mit Kennwertnamen, Symbolen und Einheiten	13
8.1.2 Verformungskraft	13
8.1.3 Gapbreite	13
8.1.4 Gapanteil	13
8.1.5 Gapform	13
8.1.6 Faserwinkeländerung	14
8.1.7 Ondulation	14
8.1.8 Schlaufenbildung	14
8.1.9 Welligkeit	14
8.1.10 Unrundheit	14
8.2 Webstoffe	15
8.2.1 Tabelle mit Kennwertnamen, Symbolen und Einheiten	15
8.2.2 Verformungskraft	15
8.2.3 Gapanteil	15
8.2.4 Gapgröße	15
8.2.5 Gapform	15
8.2.6 Faserwinkeländerung	16
8.2.7 Ondulation	16
8.2.8 Scherwinkel	16
8.2.9 Welligkeit	16
8.2.10 Unrundheit	16
8.2.11 Restverformung	16
8.3 Maschenware	17
8.3.1 Tabelle mit Kennwertnamen, Symbolen und Einheiten	17
8.3.2 Verformungskraft	17
8.3.3 Gapanteil	17
8.3.4 Gapgröße	17
8.3.5 Gapform	17

8.3.6	Welligkeit	18
8.3.7	Unrundheit.....	18
8.3.8	Restverformung	18
8.4	Vliesstoffe.....	18
8.4.1	Tabelle mit Kennwertnamen, Symbolen und Einheiten	18
8.4.2	Verformungskraft.....	18
8.4.3	Anisotropie	19
8.4.4	Ausdünnung.....	19
8.4.5	Welligkeit	19
8.4.6	Unrundheit.....	19
8.4.7	Restverformung	19
8.5	Auswertung.....	19
9	Prüfbericht.....	20
Anhang A (informativ) Beispielbilder		22
Anhang B (informativ) Statistische Daten.....		24
Literaturhinweise.....		25

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 21765:2020) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 38 „Textiles“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 248 „Textilien und textile Erzeugnisse“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 21765:2020 wurde von CEN als prEN ISO 21765:2020 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Einleitung

Die Bestimmung der Verformungseigenschaften ist relevant für alle Fertigungsverfahren, in denen ebene textile Flächengebilde in eine dreidimensionale Form gebracht werden. Dies trifft z. B. auf Polstermöbel-Anwendungen oder die Mehrzahl der derzeitigen LCM-Prozesse (en: Liquid-Composite-Molding) zu. Die Kenntnis über die Entstehung von Verformungseffekten wie Faserwinkeländerungen, Ondulationen und Lücken im Textil ist entscheidend für die sichere Auslegung von Prozessen und Bauteilen.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm legt ein Verfahren zur automatischen Bestimmung der Verformbarkeit von textilen Flächengebilden, einschließlich Verstärkungstextilien für endlosfaserverstärkte Werkstoffe, fest.

Das Verfahren ist anzuwenden für Flächegebilde (z. B. Webstoffe oder Maschenware, Vliesstoffe, Gelege, Flächegebilde aus Glasrovings oder ungedrehten Kohlenstoffilamentgarnen, die für verstärkte Werkstoff-Verbunde vorgesehen sind). Bei Anwendung des Verfahrens auf multiaxiale Gelege ist zu beachten, dass die Auswertung der Faserorientierung und der Gaps nur die oberste Lage einschließt.

Die Flächegebilde könnten mit Pulverbinder behandelt worden sein.

Dieses Verfahren ist nicht anzuwenden für harzgetränkte textile Flächegebilde.

2 Normative Verweisungen

ISO 139, *Textiles — Standard atmospheres for conditioning and testing*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1 Verstärkungstextilie
Flächegebilde, dessen Fasern dazu dienen, die mechanischen Lasten innerhalb eines faserverstärkten Werkstoff-Verbundes aufzunehmen und zu übertragen

3.2 Verformbarkeit
Formanpassungsfähigkeit bei erzwungener dreidimensionaler Verformung

3.3 Messprobenebene
Ebene, die durch die eingelegte unverformte Messprobe definiert wird

3.4 Messprobenhalter
Vorrichtung, bestehend aus einem Rückhalter und einem ringförmigen Anlagekörper, die die Messprobe während der Verformung mit vorgebbarem, gleichverteiltem Druck zurückhält

3.5 Verformungskörper
rotationssymmetrischer Körper, der die Messprobe mittig aus der Messprobenebene senkrecht nach oben heraus verformt

3.6 Verformungsstufe
Stufe mit vorgegebener Höhe, die der Verformungskörper aus der Messprobenebene heraus annimmt

3.7 Verformungskraft
resultierende, senkrecht auf den Verformungskörper wirkende Kraft, die sich bei der Verformung ergibt

3.8

Faserorientierung

mittels Bildverarbeitung in der Textilebene ermittelte Orientierung der Fasern bzw. Filamente der Messprobe

3.8.1

Faserwinkeländerung

mittels Bildverarbeitung ermittelte Änderung der globalen Faserorientierung

3.8.2

Ondulation

mittels Bildverarbeitung ermittelte lokale Änderung der Faserorientierung

3.9

Gap

(Gelege-)Lücke

(Gewebe-/Maschenware-)Lücke

mittels Bildverarbeitung ermittelte offene Fläche zwischen benachbarten Garnen

3.10

Welligkeit

mittels Lasertriangulation ermittelte, von der Textilebene über einen bestimmten Bereich ($> 2 \text{ cm}^2$) abweichende stetige Verformung

3.11

Schlaufenbildung

mittels Lasertriangulation ermittelte, von der Textilebene abweichende Verformung einzelner Garne

3.12

Unrundheit

mittels Bildverarbeitung ermittelte Abweichung der Messprobenkontur von einer kreisrunden Form gleichen Flächeninhalts

3.13

Gesamtbild

mit Gesamtbildkamera aufgenommenes Bild zur Bestimmung der Messprobenkontur

3.14

Detailbild

mit Detailkamera aufgenommenes Bild mit einer Mindestgröße von $1\,000 \text{ mm}^2$ und einer Mindestauflösung von 64 Pixel je Millimeter

3.15

Gelege

Flächengebilde aus mehreren unidirektionalen Lagen gerader Multifilamentgarne, die mit einem Hilfsnähfaden oder chemischen Mitteln verbunden sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Ausdruck „Gelege“ wird üblicherweise im Bereich Verbundstoffe angewendet.

3.16

Restverformung

stetige Verformung der von der Auflagefläche abweichenden Messprobe, bestimmt durch Lasertriangulation, gemessen nach Beendigung der Verformung und Rückkehr des Verformungskörpers unter die Auflagefläche

3.17

Anisotropie

Maß für die Orientierung von Fasern in Maschenware, Werte liegen zwischen 1 (alle Fasern parallel zur Bezugsrichtung) und –1 (alle Fasern senkrecht zur Bezugsrichtung), wobei 0 vollständige isotrope (zufällige) Orientierung bedeutet

3.18

Ausdünnung

Neigung eines Vliesstoffes, durch mechanische Beanspruchung lokale dünne Stellen aufzubauen

4 Kurzbeschreibung

Diese Norm legt ein Verfahren fest, bei dem das zu untersuchende textile Flächengebilde durch einen rotationssymmetrischen Verformungskörper definiert durch Kraftaufbringung verformt wird. Kennzahlen und -größen, die das zu untersuchende Textil in Hinsicht auf dessen Verformbarkeit beschreiben, werden ermittelt. Hierzu wird der mechanische Widerstand gegen eine definierte dreidimensionale Verformung gemessen sowie die daraus resultierenden strukturellen Fehler in der Meso- und Makro-Struktur mittels eines digitalen Bildanalysesystems und Lasertriangulation untersucht.

Die Prüfung findet an einer kreisrunden Messprobe statt, die vom Prüfgerät mit einem pneumatischen Messprobenhalter mit einer definierten, über den Umfang des Rückhalterings gleichmäßigen Kraft in Position gehalten wird. Während der Prüfung wird die Messprobe durch den von unten einwirkenden Verformungskörper schrittweise verformt und nach jeder Verformungsstufe gemessen.

Die durch die Verformung verursachte senkrecht auf den Verformungskörper wirkende Kraft wird gemessen.

Mit einer Detailkamera werden zunächst mehrere Bilder der unverformten Messprobe und dann der verformten Messprobe auf einer zentrischen Kreisbahn erfasst und ausgewertet. Bei Gelegen werden die Faserorientierung sowie das Auftreten von Lücken zwischen den Garnen des Geleges bestimmt. Bei Webstoffen werden der Winkel zwischen Kett- und Schussfäden sowie die Größe und der Anteil der Gewebelücken bestimmt. Bei Maschenware werden die Größe und der Anteil der Lücken bestimmt. Bei Vliesstoffen werden die Anistropie und Ausdünnung bestimmt. Mit einer Gesamtbildkamera wird zusätzlich die Unrundheit der Messprobe ermittelt.

An der rotierenden Messprobe dürfen zusätzlich mittels eines Lasertriangulationssensors von der Textilebene abweichende Verformungen erfasst und als numerische Werte für die Welligkeit und die Schlaufenbildung ausgegeben werden.

5 Prüfvorrichtung

5.1 Mechanische Schneideeinrichtung, zur Herstellung der kreisrunden Messprobe aus der Laborprobe.

ANMERKUNG Beispiele für geeignete mechanische Schneideeinrichtungen sind Stanzen und Ultraschallcutter.

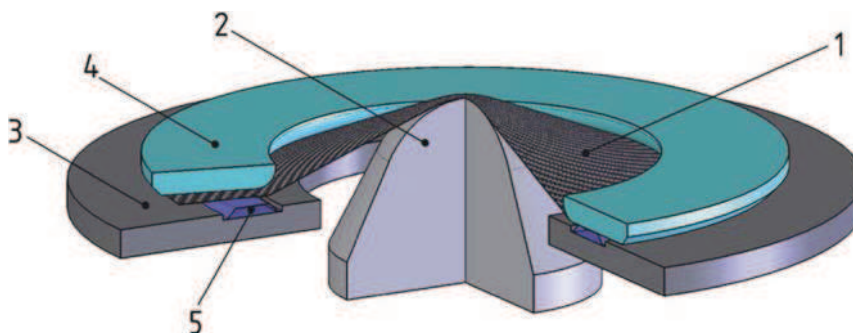
5.2 Verformbarkeits-Prüfvorrichtung

Prüfgerät, in das die Messprobe eingelegt und mittels Messprobenhalter über den gesamten Umfang gleichmäßig zurückgehalten wird, wobei der Rückhaldedruck im Bereich 0 MPa bis 0,1 MPa (d. h. 1 bar) festgelegt werden kann. Das Prüfgerät verfügt über eine Rotationsvorrichtung zum motorischen Drehen der Messprobe mit variabler Umdrehungszahl (höchste Umdrehungszahl $(10 \pm 0,1) \text{ min}^{-1}$), einen motorisch senkrecht bewegten Verformungskörper (Höhe 0,00 mm bis $(100,00 \pm 0,01) \text{ mm}$), einen Kraftsensor (0 N bis 500 N mit einer Fehlergrenze von $\pm 0,5 \%$) zur Erfassung der senkrecht auf den Verformungskörper wirkenden Kraft, eine Gesamtbildkamera zur Erfassung der Draufsicht auf der gesamten Messprobe, eine Detailkamera zur Erfassung von Detailbildern der Messprobe zur Erkennung feiner Strukturfehler, sowie

einen Lasertriangulationssensor (Abtastzeit kürzer als 20 ms von der Datenerfassung bis zur Datenspeicherung) zur Erfassung der von der Textilebene abweichenden Verformungen.

Der Verformungskörper hat eine halbkugelförmige Kontaktfläche mit einem Durchmesser von $(100 \pm 0,1)$ mm. Dieser Verformungskörper kann schwarz oder weiß sein. Der schwarze Verformungskörper wird zur Prüfung heller Materialien, der weiße Verformungskörper zur Prüfung dunkler Materialien verwendet. Der weiße Verformungskörper kann hinterleuchtet sein.

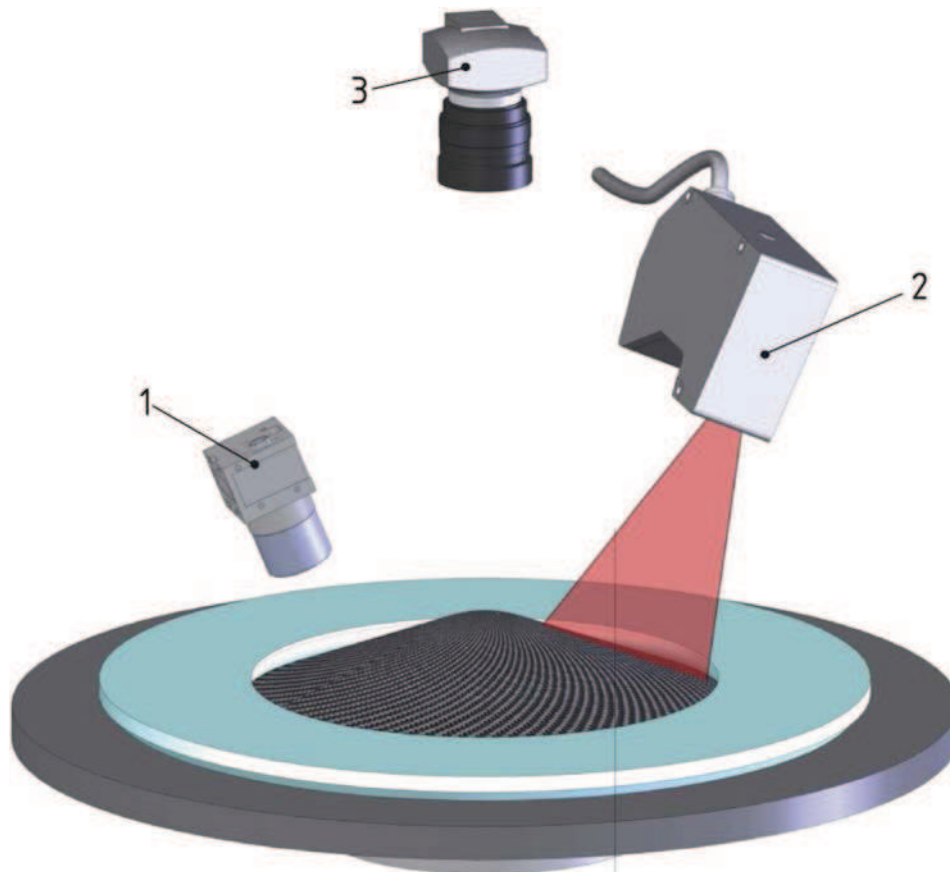
Die Vorrichtung zur Rückhaltung der Messprobe und zur definierten Verformung ist in Bild 1 dargestellt.



Legende

- 1 Messprobe
- 2 Verformungskörper
- 3 Auflagefläche
- 4 Rückhaltering
- 5 Anlagekörper

Bild 1 — Messprobenhalter und Verformungskörper



Legende

- 1 Detailkamera
- 2 Lasertriangulationssensor
- 3 Gesamtbildkamera

Bild 2 — Prinzipskizze der optischen Sensoren

In Bild 2 ist die Anordnung der optischen Sensoren — einer Detailkamera mit Beleuchtung, einer Gesamtbildkamera zur Aufnahme der gesamten Messprobe sowie eines Lasertriangulationssensors zur Erfassung der Messproben-Topografie dargestellt¹.

6 Messprobe

Es ist eine kreisrunde Messprobe mit einem Durchmesser von (327 ± 3) mm zu verwenden, die mechanisch aus einer Laborprobe herausgeschnitten wird. Hierbei ist besonders zu beachten, dass keine Messproben aus dem Bereich der Webkante oder aus beschädigten Bereichen der Laborprobe entnommen werden. Es dürfen keine thermischen Schneidverfahren angewendet werden, um Verklebungen und Beeinflussungen an den Rändern der Messprobe zu verhindern.

Bei der Herstellung der Messprobe muss insbesondere sichergestellt sein, dass alle Garne vollständig durchtrennt werden und es nicht zu Verschiebungen der Struktur der Messprobe kommt.

¹ Der „DRAPETEST“ ist ein Prüfgerät, das eingesetzt werden kann und das von Textechno Herbert Stein GmbH & Co. KG, Dohrweg 65, 41066 Mönchengladbach, Deutschland, angeboten wird. Diese Angabe dient nur zur Unterrichtung der Anwender dieses Dokuments und bedeutet keine Anerkennung dieses genannten Produktes durch ISO. Gleichwertige Produkte dürfen verwendet werden, wenn sie nachweisbar zu identischen Ergebnissen führen.

Die Produktionsrichtung und Oberseite/Unterseite der Messprobe müssen erkennbar sein oder gekennzeichnet werden.

7 Durchführung

7.1 Einlegen der Messprobe

Die Messprobe wird auf die Auflagefläche des Messprobenhalters aufgelegt und so ausgerichtet, dass die Produktionsrichtung parallel zu den Seitenwänden des Prüfgerätes verläuft und dass die Messprobe mittig auf der runden Auslagefläche liegt. Dabei ist sicherzustellen, dass innerhalb einer Prüfserie alle Messproben mit der gewünschten Seite (Oberseite/Unterseite) nach oben zeigend eingelegt werden. Anschließend wird mit der Gesamtbildkamera ein Bild der unverformten Messprobe aufgenommen und daraus die Unrundheit bestimmt. Der Rückhaltering wird aufgelegt und mit den Haltevorrichtungen fixiert, ohne die Messprobe zusätzlich zu komprimieren. Um dies zu ermöglichen, ist der Rückhaltering mit mehreren Fixierpositionen für unterschiedliche Messprobandicken ausgestattet. Es ist die erste Position zu wählen, bei der sich die Haltevorrichtungen noch schließen lassen, ohne die Messprobe zusätzlich zu komprimieren. Anschließend wird allseitig gleichmäßig ein pneumatischer Rückhaltedruck aufgebracht. Dann wird eine Überprüfung durchgeführt um sicherzustellen, dass bei allen Haltevorrichtungen der Rückhaltering gegen den Halter gedrückt ist.

7.2 Vorgaben der Prüfung

7.2.1 Prüfparameter

- a) Rückhaltedruck, mit dem die Messprobe während der Prüfung zurückgehalten wird. Der Standardwert ist 0,1 MPa (d. h. 1 bar).
- b) Verformungsstufen, an denen die Textiloberfläche gemessen wird. Der Standardwert ist 10 mm zwischen den Stufen, beginnend bei 0 mm. Der Standardwert für die höchste Verformungsstufe ist 80 mm.
- c) Anzahl der Aufnahmen der Detailkamera je Umdrehung. Die Anzahl der Aufnahmen je Umdrehung ist abhängig von der Textilarchitektur. Es sollten Bilder zu jeder Faserrichtung und zu den Zwischenrichtungen gewählt werden. Die Mindestanzahl der zu betrachtenden Richtungen beträgt 4. Der Winkelabstand zwischen den Bildern ist der gleiche und sollte nicht kleiner als 30° sein. Die Aufnahmeanzahl beträgt jeweils das Doppelte der Anzahl der Richtungen.
 - i) Bei 0°/90°-Architekturen sind 45°-Winkelstufen vorzusehen (0°, 45°, 90°, 135°): 4 Richtungen/8 Bilder
 - ii) Bei 0°/+60°/−60°-Architekturen sind 30°-Winkelstufen vorzusehen: 6 Richtungen/12 Bilder
 - iii) Bei 0°/90°/+45°/-45°-Architekturen sind 45°-Winkelstufen ausreichend: 4 Richtungen/8 Bilder
- d) Bereich, Auflösung und Rotationsgeschwindigkeit der Triangulation. Standardwerte sind 360°, 10 Messungen je Winkelgrad und 1 min^{−1}.

7.2.2 Auswerteparameter

- a) Zu ignorierende Bildrandbreite. Der Standardwert ist 0 Pixel.
- b) Maximaler Abstand zum Verschmelzen von Gaps entlang der Faserorientierung. Der Wert wird abhängig vom Anwendungsfall gewählt. Der Standardwert ist 0 mm.

- c) Filterkriterien für Gaps angegeben als minimale Länge in mm, minimale Breite in mm und minimale Fläche in mm². Die Mindestwerte werden abhängig vom Anwendungsfall gewählt.
- d) Klassierungsgrenzen für Gaps und für Faserorientierung können abhängig vom Anwendungsfall festgelegt werden.
- e) Erkennungsschwelle für Gebiete mit Schlaufenbildung. Der Standardwert ist 4,5 mm.
- f) Parametrisierung der Lasertriangulation. Maximale Anzahl von Messaussetzern zwischen zwei gültigen Messwerten, die bei der Lasertriangulation zu interpolieren sind. Standardwert ist/sind 0 Messpunkte, d. h. keine Interpolation.

7.3 Durchführung der Prüfung

Die Prüfungen sollten unter Anwendung eines geeigneten Normklimas nach ISO 139 stattfinden. Die Messproben sollten vor Beginn der Prüfung dem Normklima angeglichen sein. Das Prüfklima muss im Prüfbericht genannt werden.

ANMERKUNG Das in ISO 291 (Temperatur 23 °C, relative Luftfeuchte 50 %) beschriebene Normklima ist in ISO 139 enthalten.

Bei jeder individuellen Stufe erfolgen die Kraftmessung und die Bildaufnahme der Oberfläche der Messprobe entlang einer zentrischen kreisförmigen Bahn, wobei die Detailkamera automatisch der Oberfläche der Messprobe im gleichen Abstand folgt. Anschließend erfolgt die Erfassung der Oberflächenstruktur mittels des Lasertriangulationssensors.

Nach allen Messungen auf der letzten Verformungsstufe kehrt der Verformungskörper unter die Auflageflächenebene zurück.

Um die Restverformung und Rundheit zu messen, müssen die folgenden Schritte durchgeführt werden, ohne die Messprobe zu berühren oder zu bewegen. Zuerst muss der Rückhaltering entfernt und für eine Relaxationszeit von (30 ± 3) s entfernt gehalten werden; anschließend wird mit der Gesamtbildkamera ein Bild der Messprobe aufgenommen, um seine Unrundheit zu bestimmen. Danach muss der Ring wieder innerhalb von 3 s angebracht werden. Als nächstes wird die Restverformung mittels Lasertriangulation gemessen.

Alle Bilder werden abgespeichert, damit eine Nachvollziehbarkeit erreicht werden kann und um Änderungen der Kennwerte durch veränderte Auswerteparameter berechnen zu können.

8 Berechnung und Angabe der Ergebnisse

8.1 Gelege

8.1.1 Tabelle mit Kennwertnamen, Symbolen und Einheiten

Tabelle 1— Anwendungsfall Gelege

Kennwertname	Symbol	Einheit
Verformungskraft	F	N
Maximale Gapbreite	$G_{w, \max}$	mm
Mit der Länge gewichtete mittlere Gapbreite	$\overline{G}_w$	mm
Gapanteil	G_p	%
Gapform	G_s	–
Faserwinkeländerung	Δ_α	°
Ondulation	Δ_{loc}	°
Schlaufenbildung	Ω	mm ²
Welligkeit	Λ	mm
Unrundheit	θ	%

8.1.2 Verformungskraft

Die Verformungskraft F wird bei allen gewählten Verformungsstufen gemessen. Die an der ersten Winkelposition gemessene Kraft wird gewertet. Die Verformungskraft wird in Abhängigkeit von der Verformungsstufe bestimmt.

8.1.3 Gapbreite

Aus jedem Detailbild werden die maximale Gapbreite $G_{w, \max}$ und die mit der Länge gewichtete mittlere Gapbreite $\overline{G}_w$ aller gültigen Gaps bestimmt. Die Gapbreiten $G_{w, \max}$ und $\overline{G}_w$ werden in Abhängigkeit von der Verformungsstufe und der Winkelposition bestimmt.

8.1.4 Gapanteil

Aus jedem Detailbild wird die Fläche aller gültigen Gaps bestimmt und ins Verhältnis zur Gesamtfläche des Bildes gesetzt. Der Gapanteil G_p wird in Abhängigkeit von der Verformungsstufe und der Winkelposition bestimmt.

8.1.5 Gapform

Die Gapform G_s ist ein dimensionsloses Schlankheitsmaß der gültigen Gaps. Sie wird aus dem Verhältnis zwischen Gaplänge und -breite gebildet. Das Maß ist 0 für einen Kreis und geht gegen 1 für schlanke Gaps. Es wird über jedes Detailbild gemittelt. Die Gapform wird in Abhängigkeit von der Verformungsstufe und der Winkelposition bestimmt. Sie wird bei einer Approximation des Gaps durch eine Ellipse nach folgender Gleichung (1) berechnet: