

ICS 83.120; 59.080.30

**Textilien –
Verstärkungstextilien –
Automatische Prüfung der Drapierbarkeit an Gelegen und Geweben für
endlosfaserverstärkte Werkstoffe;
Text Deutsch und Englisch**

Textiles –
Reinforcement textiles –
Automatic measurement of drapability on non-crimped and woven fabrics for continuous
fiber reinforced materials;
Text in German and English

Textiles –
Textiles de renforcement –
Détermination automatique de drapabilité sur multiaxiales et tissus pour composites
renforcés aux fibres continues;
Texte en allemand et anglais

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

Gesamtumfang 32 Seiten

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
Einleitung	4
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Begriffe	5
4 Kurzbeschreibung	6
5 Prüfgeräte	7
5.1 mechanische Schneideeinrichtung, zur Herstellung des kreisrunden Probekörpers aus der Laborprobe.	7
5.2 Drapierbarkeitsprüfgerät „DRAPETEST“	7
6 Probekörper	8
7 Prüfverfahren	9
7.1 Einlegen des Probekörpers	9
7.2 Vorgaben der Prüfung	9
7.2.1 Prüfparameter	9
7.2.2 Auswerteparameter	9
7.3 Durchführung der Prüfung	10
8 Berechnung und Angabe der Ergebnisse	10
8.1 Gelege	10
8.1.1 Tabelle mit Kennwertnamen, Symbolen und Einheiten	10
8.1.2 Verformungskraft	11
8.1.3 Gapbreite	11
8.1.4 Gapanteil	11
8.1.5 Gapform	11
8.1.6 Faserwinkeländerung	11
8.1.7 Ondulation	11
8.1.8 Schlaufenbildung	11
8.1.9 Welligkeit	12
8.1.10 Unrundheit	12
8.2 Gewebe	12
8.2.1 Tabelle mit Kennwertnamen, Symbolen und Einheiten	12
8.2.2 Verformungskraft	12
8.2.3 Gapanteil	12
8.2.4 Gapgröße	12
8.2.5 Faserwinkeländerung	13
8.2.6 Ondulation	13
8.2.7 Scherwinkel	13
8.2.8 Welligkeit	13
8.2.9 Unrundheit	13
8.3 Auswertung	13
9 Prüfbericht	14
Literaturhinweise	16

Vorwort

Diese DIN SPEC wurde nach dem Verfahren PAS (en: Publicly Available Specification) erarbeitet. Die Erarbeitung von DIN SPEC nach dem PAS-Verfahren erfolgt in Workshops und nicht zwingend unter Einbeziehung aller interessierten Kreise.

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

Die Erarbeitung und Verabschiedung des Dokuments erfolgte durch die nachfolgend genannten Initiatoren und Verfasser:

- Textechno GmbH & Co. KG, Dr. Ulrich Mörschel;
- Textechno GmbH & Co. KG, Erich Ingelsberger;
- Textechno GmbH & Co. KG, Jörn Stein;
- Faserinstitut Bremen e.V. (FIBRE), Axel Drieling;
- Faserinstitut Bremen e.V. (FIBRE), Mirko Christ;
- Faserinstitut Bremen e.V. (FIBRE), Dr. Andrea Miene;
- SAERTEX GmbH & Co. KG, Lars Ischtschuk;
- Groz-Beckert KG, Dr. Thomas Bischoff;
- FTA Forschungsgesellschaft für Textiltechnik Albstadt mbH, Julia Mathea.

Für diese DIN SPEC wurde kein Entwurf veröffentlicht.

DIN SPEC sind nicht Bestandteil des Deutschen Normenwerks.

Für dieses Thema bestehen derzeit keine Normen.

Trotz großer Anstrengungen zur Sicherstellung der Korrektheit, Verlässlichkeit und Präzision technischer und nicht-technischer Beschreibungen kann der Workshop weder eine explizite noch eine implizite Gewährleistung für die Korrektheit des Dokuments übernehmen. Die Benutzung dieses Dokuments geschieht in dem Bewusstsein, dass der Workshop für Schäden oder Verluste jeglicher Art nicht haftbar gemacht werden kann. Die Anwendung der vorliegenden DIN SPEC entbindet den Nutzer nicht von der Verantwortung für eigenes Handeln und geschieht damit auf eigene Gefahr.

Einleitung

Die Prüfung der Drapiereigenschaften ist relevant für alle Fertigungsverfahren, in denen ebene textile Flächengebilde während des Preforming in eine dreidimensionale Form gebracht werden. Dies trifft auf die Mehrzahl der derzeitigen LCM-Prozesse (en: Liquid-Composite-Moulding) zu. Die Kenntnis über die Entstehung von Drapiereffekten wie Faserwinkeländerungen, Ondulationen und Lücken im Textil ist entscheidend für die sichere Auslegung von Prozessen und Bauteilen.

1 Anwendungsbereich

Diese DIN SPEC legt ein Verfahren zur automatischen Bestimmung der Drapierbarkeit von Verstärkungstextilien für endlosfaserverstärkte Werkstoffe fest.

Das Verfahren ist anwendbar auf Gelege und Gewebe. Bei mehrlagigen Gelegen ist zu beachten, dass die Auswertung der Faserorientierung und der Gelegelücken nur die oberste Lage einschließt. Das Verfahren ist für trockene Textilien z. B. aus Glasrovings und ungedrehten Kohlenstofffilamentgarnen anwendbar. Die Textilien können mit Pulverbinder behandelt worden sein.

ANMERKUNG Andere Textilien können in Anlehnung an diese DIN SPEC geprüft werden.

Diese DIN SPEC legt ein Verfahren fest, bei dem das zu untersuchende textile Flächengebilde durch einen rotationssymmetrischen Umformungskörper definiert umgeformt wird. In dem Verfahren werden Kennzahlen und -größen ermittelt, die das zu untersuchende Textil in Hinsicht auf dessen Drapierbarkeit beschreiben. Hierzu wird der mechanische Widerstand gegen eine definierte dreidimensionale Umformung gemessen sowie die daraus resultierenden strukturellen Fehler in der Meso- und Makro-Struktur mittels eines digitalen Bildanalyse-Systems und Lasertriangulation untersucht. Anhand der ermittelten Kennzahlen kann das Verarbeitungsverhalten bei der dreidimensionalen Umformung der geprüften Verstärkungstextilien bzw. können die hierbei zu erwartenden Strukturfehler vorhergesagt werden.

Die Untersuchung findet an einem kreisrunden Probekörper statt, welcher vom Prüfgerät mit einem pneumatischen Probenhalter mit einer definierten über den Umfang des Rückhalterings gleichmäßigen Kraft in Position gehalten wird. Während der Prüfung wird der Probekörper durch den von unten einwirkenden Umformungskörper schrittweise verformt und nach jedem Schritt vermessen.

Mit einer Detailkamera werden zunächst mehrere Bilder des unverformten Probekörpers und dann des verformten Probekörpers auf einer zentrischen Kreisbahn erfasst und ausgewertet. Hierbei wird bei Gelegen die Faserorientierung sowie das Auftreten von Lücken zwischen den Garnen des Geleges bestimmt, bei Geweben wird der Winkel zwischen Kett- und Schussfäden sowie die Größe und der Anteil der Gewebelücke bestimmt. Mit einer Gesamtbildkamera wird zusätzlich die Unrundheit des Probekörpers ermittelt.

An dem rotierenden Probekörper können zusätzlich mittels eines Laser- Triangulationssensors von der Textilebene abweichende Verformungen erfasst und als numerische Werte für die Welligkeit und die Schlaufenbildung ausgegeben werden.

2 Normative Verweisungen

Es wurden keine normativen Verweisungen in diesem Dokument identifiziert.

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Verstärkungstextilien

Flächengebilde, deren Fasern dazu dienen, die mechanischen Lasten innerhalb eines faserverstärkten Werkstoff-Verbundes aufzunehmen und zu übertragen

3.2

Drapierbarkeit

Formanpassungsfähigkeit bei erzwungener dreidimensionaler Umformung

3.3

Probekörperebene

Ebene, die durch den eingelegten unverformten Probekörper definiert wird

3.4

Probekörperhalter

Vorrichtung, bestehend aus einem Rückhaltering und einem ringförmigen Anlagekörper, die den Probekörper während der Verformung mit vorgebbarem, gleichverteiltem Druck zurückhält

3.5

Umformungskörper

rotationssymmetrischer Körper, der den Probekörper mittig aus der Probekörperebene senkrecht nach oben heraus umformt

3.6

Drapierstufe

Stufe mit vorgegebener Höhe, die der Umformungskörper aus der Probekörperebene heraus annimmt

3.7

Verformungskraft

resultierende senkrecht auf den Umformungskörper wirkende Kraft, die sich bei der Umformung ergibt

3.8

Faserorientierung

mittels Bildverarbeitung in der Textilebene ermittelte Orientierung der Fasern bzw. Filamente des Probekörpers

3.8.1

Faserwinkeländerung

Änderung der globalen Faserorientierung

3.8.2

Ondulation

lokale Änderung der Faserorientierung

3.9

Gap

Gelegelücke

Gewebelücke

mittels Bildverarbeitung ermittelte offene Fläche zwischen benachbarten Garnen

3.10

Welligkeit

mittels Lasertriangulation ermittelte von der Textilebene abweichende stetige Verformung über mehrere Garne

3.11

Schlaufenbildung

mittels Lasertriangulation ermittelte von der Textilebene abweichende Verformung einzelner Garne

3.12

Unrundheit

Abweichung der Probekörperkontur von einer kreisrunden Form gleichen Flächeninhalts

3.13

Gesamtbild

mit Gesamtbildkamera aufgenommenes Bild zur Bestimmung der Probekörperkontur

3.14

Detailbild

mit Detailkamera aufgenommenes Bild mit einer Mindestgröße von 1000 mm² und einer Mindestauflösung von 64 Pixel je Millimeter

4 Kurzbeschreibung

Diese DIN SPEC legt ein Verfahren fest, bei dem das zu untersuchende textile Flächengebilde durch einen rotationssymmetrischen Umformungskörper definiert umgeformt wird. In dem Verfahren werden Kennzahlen und -größen ermittelt, die das zu untersuchende Textil in Hinsicht auf dessen Drapierbarkeit beschreiben. Hierzu wird der mechanische Widerstand gegen eine definierte dreidimensionale Umformung gemessen sowie die daraus resultierenden strukturellen Fehler in der Meso- und Makro-Struktur mittels eines digitalen Bildanalyse-Systems und Lasertriangulation untersucht. Anhand der ermittelten Kennzahlen kann das Verarbeitungsverhalten bei der dreidimensionalen Umformung der geprüften Verstärkungstextilien bzw. können die hierbei zu erwartenden Strukturfehler vorhergesagt werden.

Die Untersuchung findet an einem kreisrunden Probekörper statt, welcher vom Prüfgerät mit einem pneumatischen Probenhalter mit einer definierten über den Umfang des Rückhalterings gleichmäßigen Kraft in Position gehalten wird. Während der Prüfung wird der Probekörper durch den von unten einwirkenden Umformungskörper schrittweise verformt und nach jedem Schritt vermessen.

Mit einer Detailkamera werden zunächst mehrere Bilder des unverformten Probekörpers und dann des verformten Probekörpers auf einer zentrischen Kreisbahn erfasst und ausgewertet. Hierbei wird bei Gelegen die Faserorientierung sowie das Auftreten von Lücken zwischen den Garnen des Geleges bestimmt, bei Geweben wird der Winkel zwischen Kett- und Schussfäden sowie die Größe und der Anteil der Gewebelücke bestimmt. Mit einer Gesamtbildkamera wird zusätzlich die Unrundheit des Probekörpers ermittelt.

An dem rotierenden Probekörper können zusätzlich mittels eines Laser- Triangulationssensors von der Textilebene abweichende Verformungen erfasst und als numerische Werte für die Welligkeit und die Schlaufenbildung ausgegeben werden.

5 Prüfgeräte

5.1 mechanische Schneideeinrichtung, zur Herstellung des kreisrunden Probekörpers aus der Laborprobe.

ANMERKUNG Geeignete mechanische Schneideeinrichtungen sind z. B. Stanzen und Ultraschallcutter.

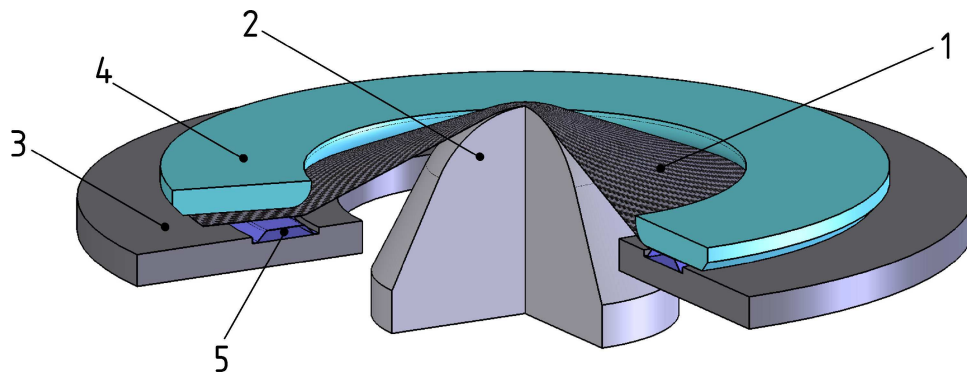
5.2 Drapierbarkeitsprüfgerät „DRAPETEST“¹⁾

Prüfgerät, in das der Probekörper eingelegt und mittels Probekörperhalter über den gesamten Umfang gleichmäßig zurückgehalten wird, wobei der Rückhaltedruck vorgegeben werden kann. Das Prüfgerät verfügt über eine Rotationsvorrichtung zum motorischen Drehen des Probekörpers, einen motorisch senkrecht bewegten Umformungskörper, einen Kraftsensor zur Erfassung der senkrecht auf den Umformungskörper wirkenden Kraft, eine Gesamtbildkamera zur Erfassung der Draufsicht auf den gesamten Probekörper, eine Detailkamera zur Erfassung von Detailbildern des Probekörpers zur Erkennung feiner Strukturfehler, sowie einen Lasertriangulationssensor zur Erfassung der von der Textilebene abweichenden Verformungen.

Der Umformungskörper ist eine Halbkugel mit Durchmesser 100 mm.

ANMERKUNG Dieser Umformungskörper kann schwarz oder weiß sein. Der schwarze Umformungskörper wird zur Prüfung heller Materialien, der weiße Umformungskörper zur Prüfung dunkler Materialien verwendet. Der weiße Umformungskörper kann zur Begutachtung gewebter Probekörper oder einlagiger Gelege hinterleuchtet werden.

Die Vorrichtung zur Rückhaltung des Probekörpers und zur definierten Umformung ist in Bild 1 dargestellt.

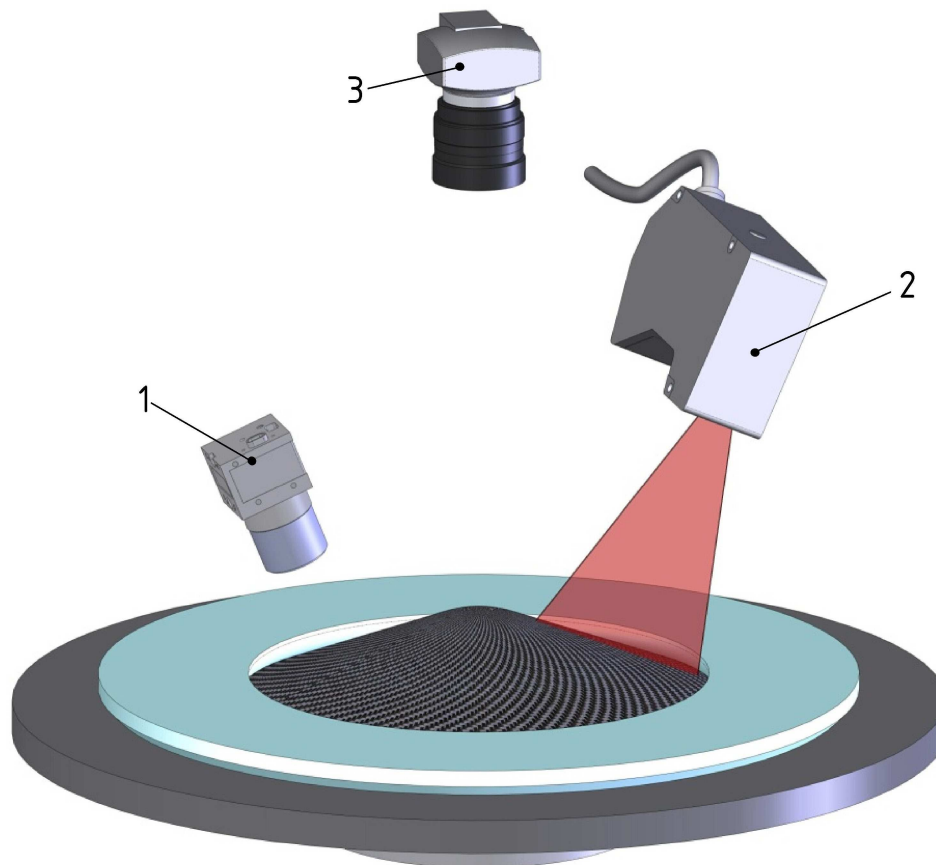


Legende

- 1 Probekörper
- 2 Umformungskörper
- 3 Auflagefläche
- 4 Rückhaltering
- 5 Anlagekörper

Bild 1 — Probekörperaufnahme und Umformungskörper DRAPETEST

¹⁾ DRAPETEST ist der Handelsname eines Produkts von Textechno Herbert Stein GmbH & Co. KG, Dohrweg 65, 41066 Mönchengladbach. Diese Angabe dient nur zur Unterrichtung der Anwender dieses Dokuments und bedeutet keine Anerkennung dieses genannten Produktes durch DIN. Gleichwertige Produkte dürfen verwendet werden, wenn sie nachweisbar zu den gleichen Ergebnissen führen.



Legende

- 1 Detailkamera
- 2 Laser-Triangulationssensor
- 3 Gesamtbildkamera

Bild 2 — Prinzipskizze der optischen DRAPETEST-Sensoren

Bild 2 illustriert die Anordnung der optischen Sensoren – einer Detailkamera mit Beleuchtung, einer Gesamtbildkamera zur Aufnahme des gesamten Probekörpers sowie eines Laser-Triangulationssensors zur Erfassung der Probekörper-Topografie.

6 Probekörper

Es ist ein kreisrunder Probekörper mit einem Durchmesser von (327 ± 3) mm zu verwenden, welcher aus einer Laborprobe (Gelege oder Gewebe) mechanisch herausgeschnitten wird. Hierbei ist besonders zu beachten, dass keine Probekörper aus dem Randbereich oder aus beschädigten Bereichen der Laborprobe entnommen werden. Es dürfen keine thermischen Schneidverfahren angewandt werden, um Verklebungen und Beeinflussungen an den Rändern des Probekörpers zu verhindern.

Bei der Herstellung des Probekörpers muss besonders darauf geachtet werden, dass alle Garne vollständig durchtrennt werden und es nicht zu Verschiebungen der Struktur des Probekörpers kommt.

Die Produktionsrichtung und Oberlage/Unterlage des Probekörpers muss erkennbar sein oder gekennzeichnet werden.

7 Prüfverfahren

7.1 Einlegen des Probekörpers

Der Probekörper wird auf die Auflagefläche des Probekörperhalters aufgelegt und so ausgerichtet, dass die Produktionsrichtung parallel zu den Seitenwänden des DRAPETEST verläuft und dass der Probekörper mittig auf der runden Auslagefläche liegt. Dabei ist darauf zu achten, dass innerhalb einer Prüfserie alle Probekörper mit der gewünschten Seite (Oberlage/Unterlage) nach oben zeigend eingelegt werden. Anschließend wird mit der Gesamtbildkamera ein Bild des unverformten Probekörpers aufgenommen und daraus die Unrundheit bestimmt. Der Rückhaltering wird aufgelegt und mit den Haltevorrichtungen fixiert, ohne den Probekörper zusätzlich zu komprimieren. Um dies zu ermöglichen, ist der Rückhaltering mit mehreren Fixierungspositionen für unterschiedliche Probekörperdicken ausgestattet. Es ist die erste Position zu wählen, bei der sich die Haltevorrichtungen noch schließen lassen, ohne den Probekörper zusätzlich zu komprimieren. Anschließend wird allseitig gleichmäßig ein pneumatischer Rückhaltedruck aufgebracht. Es wird überprüft, dass bei allen Haltevorrichtungen der Klemmring gegen die Halterung gedrückt ist.

7.2 Vorgaben der Prüfung

7.2.1 Prüfparameter

- a) Rückhaltedruck, mit dem der Probekörper während der Prüfung zurückgehalten wird.
Der Standardwert ist 1 bar.
- b) Drapierstufen, an denen die Textiloberfläche vermessen wird. Der Standardwert ist 10 mm Abstand zwischen den Stufen beginnend bei 0 mm. Der Standardwert für die höchste Drapierstufe ist 80 mm.
- c) Anzahl der Aufnahmen der Detailkamera pro Umdrehung. Die Anzahl der Aufnahmen pro 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 gleich 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 und Auflösung der Triangulation. Standardwerte sind 360° und 10 Messungen je Winkelgrad.

7.2.2 Auswerteparameter

- a) Zu ignorierende Bildrandbreite. Standardwert 0 Pixel.
- b) Maximaler Abstand zum Verschmelzen von Gaps entlang der Faserorientierung. Der Wert wird abhängig vom Anwendungsfall gewählt. 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. Standardwert ist 4,5 mm.

- f) Parametrisierung der Laser-Triangulation. Maximaler Abstand zwischen zwei gültigen Messwerten in Messpunkten, zwischen denen Messaussetzer interpoliert werden. Standardwert ist/sind 0 Messpunkte, d. h. keine Interpolation.

7.3 Durchführung der Prüfung

Die Prüfungen sollten unter Anwendung eines geeigneten Normklimas nach DIN EN ISO 139 bzw. DIN EN ISO 291 stattfinden. Die Probekörper sollten vor Beginn der Prüfung dem Normklima angeglichen sein. Das Prüfklima muss im Prüfbericht genannt werden.

Nach Starten der Prüfung wird in einem ersten Schritt die Oberfläche des unverformten Probekörpers von der Detailkamera erfasst, um die Orientierung des Probekörpers vor Beginn der Prüfung zu überprüfen. Anschließend fährt der Umformungskörper auf die erste Drapierstufe. Jeweils nach Erreichen einer individuellen Stufe erfolgen die Kraftmessung und die Bildaufnahme der Oberfläche des Probekörpers entlang einer zentrischen kreisförmigen Bahn, wobei der Abstand zwischen der Detailkamera und der Oberfläche des Probekörpers automatisch konstant gehalten wird. Anschließend erfolgt die Erfassung der Oberflächenstruktur mittels des Laser-Triangulationssensors.

Nach Abschluss der Prüfung muss zunächst der Rückhaltering entfernt werden, wobei der Probekörper nicht berührt bzw. verschoben werden darf. Danach fährt der Umformungskörper zurück in die Ausgangsposition unterhalb der Probekörperebene. Im Anschluss wird erneut mit der Gesamtbildkamera ein Bild des nun verformten Probekörpers aufgenommen und daraus dessen Unrundheit bestimmt.

Alle Bilder werden abgespeichert, um eine Nachvollziehbarkeit zu erreichen und 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	$\bar{G}_w$	mm
Gapanteil	G_p	%
Gapform	G_s	-
Faserwinkeländerung	Δ_α	°
Ondulation	Δ_{loc}	°
Schlaufenbildung	Ω	mm ²
Welligkeit	Λ	mm
Unrundheit	θ	%