

**Faserverstärkte Kunststoffe –
Schubversuch mittels Schubrahmen zur Ermittlung der
Schubspannungs-/Schubverformungskurve und des Schubmoduls in
der Lagenebene;
Text Deutsch und Englisch**

Fibre-reinforced plastic composites –

Shear test method using a shear frame for the determination of the in-plane shear stress/shear strain response and shear modulus;

Text in German and English

Composites plastiques renforcés de fibres –

Procédé d'essai de cisaillement en utilisant une trame de cisaillement pour déterminer la réponse contrainte-déformation et le module de cisaillement en cisaillement plan;

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 28 Seiten

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
Einleitung.....	4
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Begriffe	4
4 Kurzbeschreibung	6
5 Prüfgeräte	6
6 Probekörper.....	8
7 Prüfverfahren	10
8 Berechnung und Angabe der Ergebnisse	12
9 Prüfbericht.....	13
Literaturhinweise	14

Vorwort

Diese DIN SPEC wurde nach dem Verfahren PAS 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. Das DIN [und/oder die DKE] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

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

- BASF SE, Dr.-Ing. Henrik Schmidt;
- BMW AG, Dr.-Ing. Joachim Starke, Jan Paulus;
- Carbon Composites e. V., Franz Fendt;
- Grasse Zur Ingenieurgesellschaft mbH, Dr.-Ing. Fabian Grasse, Malte Zur.

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

Diese DIN SPEC erfasst alle endlosfaserverstärkten Kunststoffe, die in der erforderlichen Art und Weise versagen. In Anlehnung an diese DIN SPEC können auch kurz- und langfaserverstärkte Kunststoffe geprüft werden.

Der Versuch mittels Schubrahmen ist zur Ermittlung des Schubmoduls und der Schubfestigkeit auch für Schubverformungen von 5 % oder größer anwendbar.

1 Anwendungsbereich

Diese DIN SPEC legt ein Verfahren zur Bestimmung der Schubspannungs-Schubverformungs-Kurve, des Schubmoduls und der Schubfestigkeit von endlosfaserverstärkten Kunststoffen mit einer Faserorientierung in 0° bzw. 0°/90° mittels einer Schubprüfvorrichtung in der Lagenebene fest.

Das Verfahren ist anwendbar auf Lamine, die aus einer thermoplastischen oder duroplastischen Grundmasse und aus unidirektionalen Lagen/Gelegen und/oder Geweben einschließlich unidirektionaler Gewebe mit einer Faserorientierung in 0° bzw. 0°/90° zur Probekörperachse bestehen. Der Laminataufbau muss symmetrisch und ausgeglichen um die Mittelebene des Probekörpers gestaltet werden.

Das Verfahren ist für die Bestimmung der Schubeigenschaften sowohl im linearen als auch im nicht-linearen Last-Verformungs-Bereich bei Schubdehnungen auch über 5 % geeignet. Insbesondere ist die Bestimmung der maximalen Schubfestigkeit auch im Bereich von Schubdehnungen > 5 % möglich.

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

DIN EN ISO 2818, *Kunststoffe — Herstellung von Probekörpern durch mechanische Bearbeitung*

ISO 1268 (all parts), *Fibre-reinforced plastics — Methods of producing test plates*

ISO 2602, *Statistical interpretation of test results — Estimation of the mean — Confidence interval*

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

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Lagenebene

Ebene, die durch die Koordinatenachsen 1 und 2 aufgespannt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 1.

3.2**Schubspannung in der Lagenebene** τ_{12}

Spannung, die durch Dividieren des Augenblickwertes der an dem Schubrahmen wirkenden Zugkraft durch die Querschnittsfläche des Probekörpers bestimmt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Querschnittsfläche siehe 8.1.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Schubspannung in der Lagenebene wird in MPa angegeben.

3.3**Schubfestigkeit in der Lagenebene** τ_{12M}

Maximalwert der Schubspannung

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe auch 8.2.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Schubfestigkeit in der Lagenebene wird in MPa angegeben.

3.4**Schubverformung** γ'_{12}

Summe der Beträge der gesamten Schubverformungen des Probekörpers

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe auch 8.3.

3.5**Schubmodul in der Lagenebene**

Sekantenmodul in der Lagenebene

 G_{12}

Quotient aus der Differenz der Schubspannungen τ'_{12} und τ'_{12} und der Differenz der zugehörigen Schubverformungen $\gamma'_{12} = 0,005$ und $\gamma'_{12} = 0,001$

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe auch 8.4 und Bild 3.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Schubmodul in der Lagenebene wird in MPa angegeben.

3.6**Koordinatenachse Richtung 1**

< Probekörper > Richtung parallel zur Längsachse der Prüfmaschine

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Fasern mit einer Orientierung in 0° liegen in Richtung 1.

Anmerkung 2 zum Begriff: Siehe Bild 1 und Bild 2.

3.7**Koordinatenachse Richtung 2**

< Probekörper > Richtung rechtwinklig zur Längsachse der Prüfmaschine

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Fasern mit einer Orientierung in 90° liegen in Richtung 2.

Anmerkung 2 zum Begriff: Siehe Bild 1 und Bild 2.

4 Kurzbeschreibung

Ein quadratischer Probekörper mit Eckenaussparungen und Fasern mit einer Orientierung in 0° bzw. $0^\circ/90^\circ$ zur Probekörperachse wird in einem Schubrahmen einer reinen Schubbelastung ausgesetzt. Zur Ermittlung des Schubmoduls und der Schubfestigkeit werden die an dem Schubrahmen wirkende Zugkraft und die zugehörige Schubdehnung gemessen.

Das Verfahren prägt dem Probekörper einen reinen Schubspannungszustand in der Lagenebene auf und ermöglicht dadurch eine Prüfung ohne eine Überlagerung von Schubbeanspruchungen und anderen Beanspruchungen und stellt damit eine reproduzierbare Bestimmung der Materialkennwerte sicher.

Das Verfahren verwendet eine allseitige, homogen verteilte und reproduzierbare Einspannung des Probekörpers mit einer Nachführung, die die Klemmspannung konstant hält. Es existieren keine freien Probekörperränder, somit treten keine Lastumlagerungseffekte auf, die das Prüfergebnis beeinflussen könnten. Ein ungültiges Versuchsergebnis durch Materialversagen am Probenrand, im Bereich der Einspannung des Probekörpers, wird durch das Auftreten des Schubspannungsmaximums im Zentrum des Probekörpers verhindert.

5 Prüfgeräte

5.1 Zugprüfmaschine

5.1.1 Allgemeines

Die Zugprüfmaschine muss in Übereinstimmung mit ISO 5893 und nach den in 5.1.2 und 5.1.3 angegebenen Anforderungen ausgeführt sein.

5.1.2 Prüfungsgeschwindigkeit

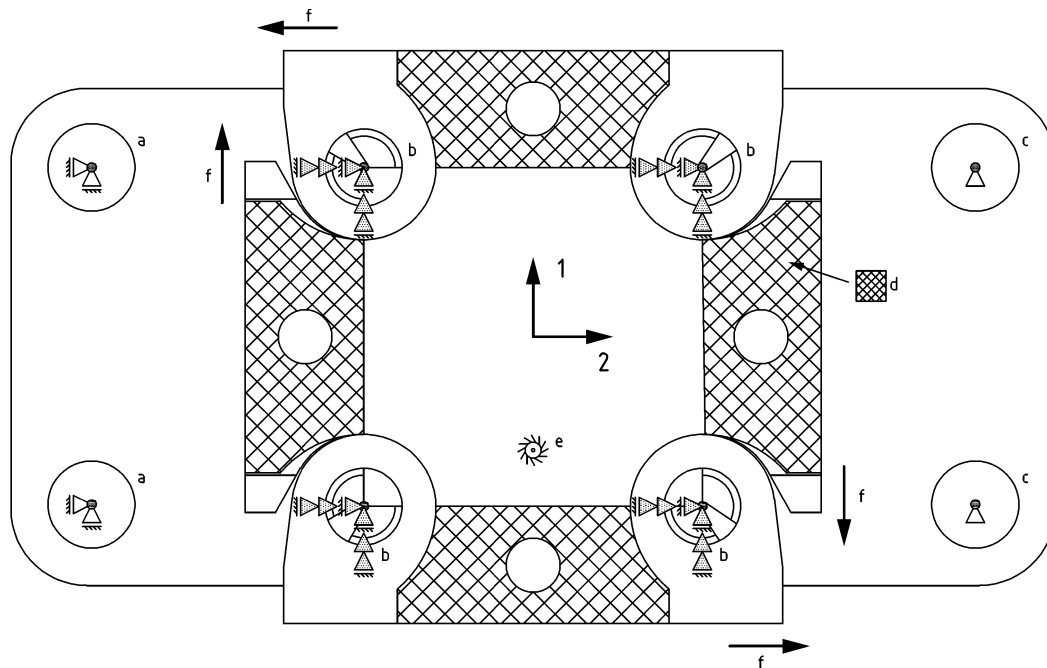
Die Prüfungsgeschwindigkeit v muss in Übereinstimmung mit ISO 5893 konstant gehalten werden.

5.1.3 Anzeigen für die Kraft

Die Zugprüfmaschine muss Anzeigen für die Kraft besitzen, wobei der Fehler in der Anzeige der Kraft kleiner als $\pm 1\%$ des Messbereichendwertes (siehe ISO 5893) sein muss.

5.2 Schubrahmen

Der Probekörper wird in zwei identisch aufgebauten Schubrahmenhälften mittels einer die Klemmspannung nachführenden Klemmvorrichtung fixiert, so dass der Probekörper in der Lagenebene komplett umschlossen und die Einspannkraft während des Versuchs gleichmäßig und reproduzierbar auf den Probekörper übertragen wird. Das kinematische Prinzip des Schubrahmens – Verformung des quadratischen zum rautenförmigen Probekörpers – ist in Bild 1 dargestellt. Die Einspannfläche und das freie Schubfeld sind in Bild 2 dargestellt.



Legende

- 1 Koordinatenachse Richtung 1
- 2 Koordinatenachse Richtung 2
- a Lagerung
- b Kinematik
- c Lasteinleitung
- d Spanndruck
- e Verschiebungsbehinderung durch Symmetrie
- f Kraft
- Gelenkknoten
- △ Vorgegebene Translation
- △☀ Verhinderte Translation
- △☀ Gekoppelte Translation
- △☀ Gekoppelte Translation
- ☒ Druck

Bild 1 — Kinematisches Prinzip des Schubrahmens

5.3 Dehnungsmessung

Das Verfahren erfordert die Messung der Dehnungen in 45°-Orientierung zur Koordinatenachse (siehe Bild 2).

Bei Verwendung von Dehnungsmessstreifen sind diese auf der Vorder- und Rückseite des Probekörpers erforderlich. Die Auswahl der Größe und der Eigenschaften erfolgt in Abhängigkeit des verwendeten Prüfkörpers. Dehnungsmessstreifen, die nach Bild 2 deckungsgleich aufgeklebt werden, müssen eine Fehlergrenze von $\pm 1\%$ des Messbereichswertes haben. Dehnungsmessgeräte, Oberflächenbehandlung und Klebstoffsystem müssen entsprechend den vorhandenen Materialien ausgewählt werden und zur Aufzeichnung der Dehnung ist eine geeignete Einrichtung anzuwenden.

Bei Verwendung eines optischen 3D-Messsystems ist die Messung der Dehnung auf einer Seite des Probekörpers ausreichend. Die Messung der Dehnung erfolgt entsprechend der Anordnung der Dehnungsmessstreifen (siehe Bild 2).

5.4 Messschraube

Für die Messung der Dicke h des Probekörpers muss eine Messschraube oder ein gleichwertiges Messgerät mit einer Fehlergrenze von $\leq 0,01$ mm verwendet werden.

Die Messflächen der Messschraube müssen für die zu messende Oberfläche geeignet sein (d. h. flache Messflächen für flache, polierte Oberflächen und halbkugelige Messflächen für ungleichförmige Oberflächen).

6 Probekörper

6.1 Form und Maße

Die Maße des Probekörpers sind in Bild 2 veranschaulicht. Der Probekörper muss eine Breite von $(165 \pm 0,5)$ mm und eine Länge von $(165 \pm 0,5)$ mm haben. Die für den Schubversuch ausschlaggebende Größe des Schubfeldes muss eine Breite von $(105 \pm 0,5)$ mm und eine Länge von $(105 \pm 0,5)$ mm haben. Die Ebenheit des Probekörpers muss ≤ 1 mm betragen. Sofern nicht anders festgelegt, muss die Dicke $(4 \pm 0,2)$ mm betragen. Die Dicke des Probekörpers muss derart gewählt werden, dass eine Auslenkung des Probekörpers aus der Lagenebene ausgeschlossen wird. Die Auslenkung ist zulässig, wenn die Differenz zwischen den an beiden Seiten des Probekörpers während des Schubversuchs bis zum Bruch aufgezeichneten Schubdehnungen der Gleichung (1) genügt:

$$\left| \frac{\varepsilon_v - \varepsilon_h}{\varepsilon_v + \varepsilon_h} \right| \leq 0,1 \quad (1)$$

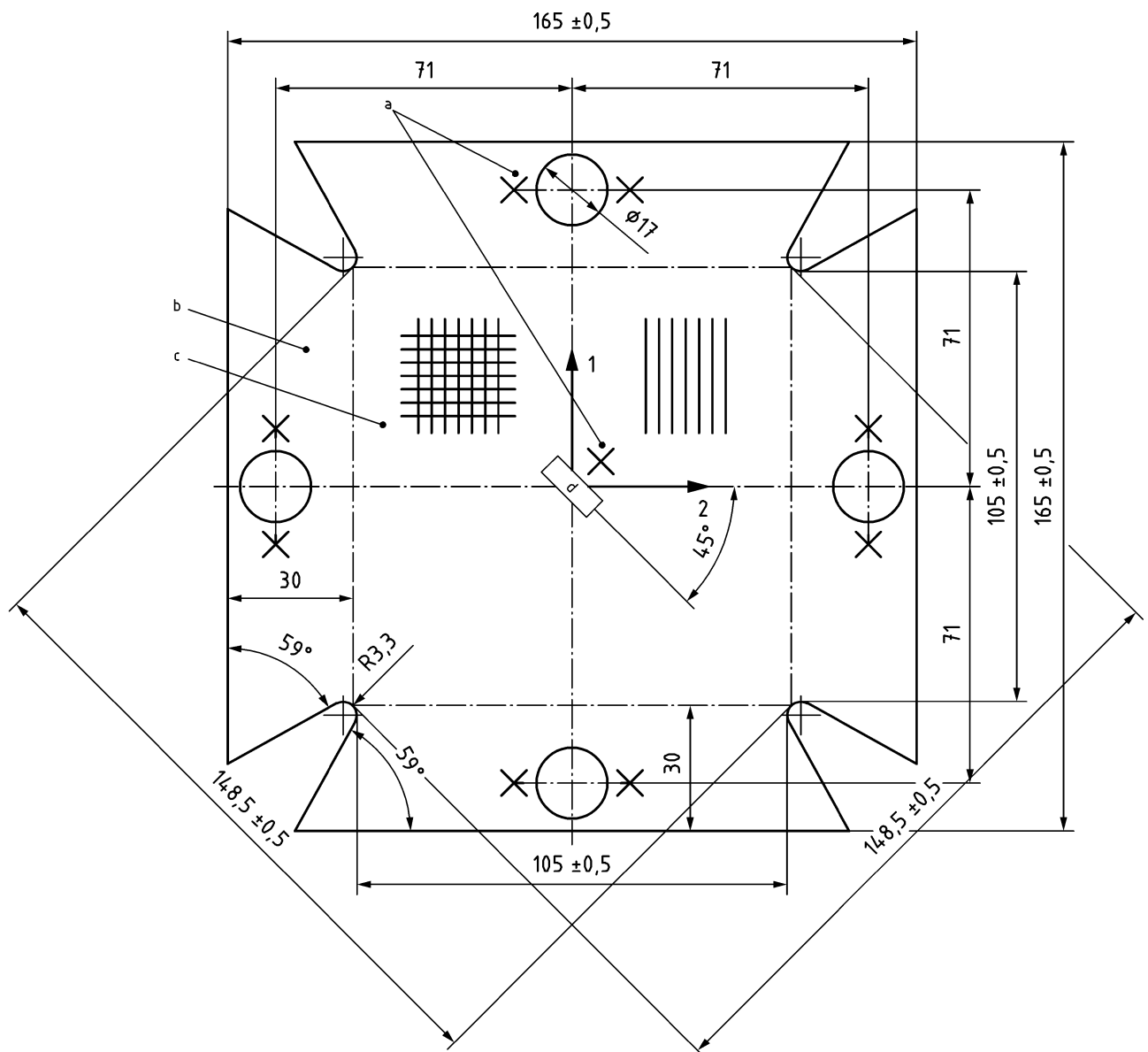
Dabei ist

ε_v die Dehnung auf der Vorderseite des Probekörpers;

ε_h die Dehnung auf der Rückseite des Probekörpers.

Die Größe des Schubfeldes muss, wie in Bild 2 dargestellt, anhand der diagonalen Prüfmaße $(148,5 \pm 0,5)$ mm kontrolliert werden.

Maße in Millimeter



Legende

- 1 Koordinatenachse Richtung 1
- 2 Koordinatenachse Richtung 2
- a Position für Dickenmessung
- b Klemmfläche
- c Schubfeld
- d Dehnungsmessung

Bild 2 — Probekörpergeometrie mit Kennzeichnung der Faserorientierung