

# Prüfung metallischer Werkstoffe

## Federblech-Biegeversuch mit Feinmessung

**DIN**  
**50151**

Statt der Benennung „Kilopond“ und des Zeichens „kp“ kann bei Anwendung dieser Norm auch die Benennung „Kilogramm“ und das Zeichen „kg“ benutzt werden, sofern kein Zweifel über den Sinn der Benennung möglich ist (siehe auch DIN 1301).

### 1. Zweck des Versuchs

Der Versuch dient zur Prüfung von Bändern, Streifen und Blechen von etwa 0,2 bis 1,0 mm Dicke, aus denen Blattfedern hergestellt werden sollen. Festgestellt werden folgende Stoffeigenschaften:

1.1 Elastizitätsmodul  $E$  (E-Modul),

1.2 Federbiegegrenze  $\sigma_{bE}$ .

### 2. Begriffe

#### 2.1 Elastizitätsmodul

Der Elastizitätsmodul (E-Modul)  $E$  für Biegung ist praktisch gleich dem E-Modul für Zug und Druck und ist ein Maß für die Steifigkeit des Stoffes an sich, solange die Beanspruchung unterhalb der Elastizitätsgrenze bleibt.

Für die Durchbiegung  $f$  in der Mitte eines Federstreifens von rechteckigem Querschnitt (Dicke  $a \times$  Breite  $b$ ) gilt bei Lagerung auf zwei Schneiden (Stützweite  $L_S$ ) und Belastung  $P$  in der Mitte mit  $J = \frac{b a^3}{12}$

$$f = \frac{P}{48 E} \cdot \frac{L_S^3}{J} = \frac{P}{4 E b} \left( \frac{L_S}{a} \right)^3$$

und demgemäß

$$E = \frac{P}{4 b f} \left( \frac{L_S}{a} \right)^3$$

#### 2.2 Federbiegegrenze

Als Federbiegegrenze (Biege-Elastizitätsgrenze)  $\sigma_{bE}$  gilt die Rand-Biegespannung, die – nach Entlastung – zu einer vorgegebenen bleibenden Durchbiegung  $f_{bl}$  führt; nach dieser Norm hat  $f_{bl}$  die gleiche Größe wie die elastische Durchbiegung bei der Biegespannung

$$\sigma'_b = \frac{E}{26\,667} = \frac{3}{8} \frac{E}{10\,000}$$

Bei dem genormten Gerät gilt:

$$L_S = 100 \text{ mm} \sqrt{\frac{a}{1,25 \text{ mm}}} = 100 \text{ mm} \sqrt{0,8 \cdot a/\text{mm}} \quad (4)$$

(siehe Abschnitt 5.2).

$L_S$  ist so gewählt, daß bei 2,0 mm erzwungener Durchbiegung und  $E = 10\,000 \text{ kp/mm}^2$  die Biegespannung  $15 \text{ kp/mm}^2$  beträgt.

Unter dieser Voraussetzung wird

$$f_{bl} = \frac{1}{6} \frac{\sigma'_b}{E} \frac{L_S^2}{a} = \frac{L_S^2/a}{160\,000} = 0,05 \text{ mm} = 50 \mu. \quad (5)$$

### 3. Proben

Als Proben dienen planliegende Streifen von 10,0 mm Breite und 150 mm Länge. Bei 0,4 mm Dicke und weniger genügt 75 mm Länge. Die Proben müssen aus einem Probestück so entnommen werden, daß sich die Eigenschaften nicht ändern. Die Proben dürfen nicht mit der Schere besäumt werden, sondern sind mit einem scharfen Schnittwerkzeug möglichst gratfrei<sup>1)</sup> parallel zur Walzrichtung auszustanzen oder auszufräsen, sofern keine andere Orientierung vorgeschrieben ist, z. B. quer oder unter  $45^\circ$  zur Walzrichtung. Danach sind nötigenfalls die Längskanten mit feinstem Schmirgelpapier (z. B. Körnung 180) zu glätten, wobei die Probe zum Schutz gegen Verformen der Länge nach in einem 6 bis 8 mm tiefen Schlitz steckt. Jede Probe ist an einem Ende zu beschriften (Vorderseite).

#### 3.1 Dicke der Proben

- (1) Die Dicke  $a$  jeder einzelnen Probe ist als Mittelwert aus wenigstens 5 Einzelmessungen an der höchstbeanspruchten Stelle und ihrer unmittelbaren Nachbarschaft mit einer Meßschraube auf 0,001 mm zu messen. Der Meßbolzen darf höchstens einen Durchmesser von 8 mm haben. Vor dem Messen ist der Nullpunkt der Meßschraube zu kontrollieren und gegebenenfalls zu berichtigen.
- (2)

#### 3.2 Anzahl der Proben

Zur Bestimmung des E-Moduls sind 3 Proben gleicher Orientierung zur Walzrichtung erforderlich, zur Bestimmung der Federbiegegrenze 10 Proben gleicher Orientierung. Die Proben, an denen der E-Modul gemessen ist, sind auch zur Bestimmung der Federbiegegrenze brauchbar. Nach Vereinbarung können auch weniger Proben genommen werden.

#### (3) 3.3 Kennzeichnung der Proben

Die Proben sind so zu kennzeichnen, daß bei der Prüfung eindeutig erkennbar ist, welches jeweils die Vorder- und Rückseite des zu prüfenden Bleches oder Bandes ist.

<sup>1)</sup> Ein Grat erhöht das Trägheitsmoment und macht die Federn steifer, die Anwendung der Formeln führt dann zu Fehlern.

Fortsetzung Seite 2 und 3  
Erläuterungen Seite 4

Fachnormenausschuß Materialprüfung im Deutschen Normenausschuß (DNA)

Fachnormenausschuß Nichteisenmetalle im DNA

#### 4. Prüfgerät (siehe Bild 1) <sup>2)</sup>

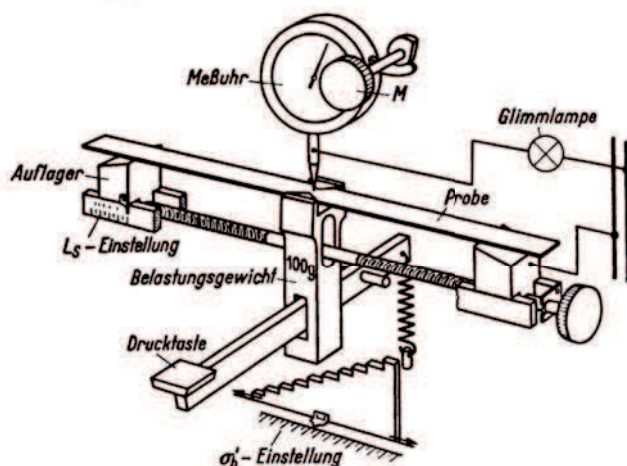


Bild 1. Prüfgerät (schematisch)

##### 4.1 Auflager

Die Auflager müssen Schneiden (Schneidenwinkel 60°) haben, deren eine geradlinig und waagrecht, deren andere nach oben gewölbt sein muß. Ihr Abstand muß symmetrisch zur Belastungsachse des Streifens stetig zu verändern und auf 0,1 mm einzustellen sein.

##### 4.2 Belastungsgewicht zur Bestimmung des E-Moduls

In der Mitte der Stützweite ist ein Belastungsgewicht von 100,0 g aufzubringen; es umfaßt die Probe beiderseits vom Rande her mit je einer scharfen Krallen (Schneidenwinkel etwa 120°) und läßt die Mitte der Probe frei.

##### 4.3 Meßvorrichtung für die Durchbiegung

Die Durchbiegung wird im Mittelpunkt der Probe, somit unabhängig von etwaigem Verkanten, durch eine Stahl-nadel als Kontaktspitze (z. B. Grammophon-nadel) als elektrischen Kontakt abgetastet, der bei Anschluß an Wechselstrom von 110 Volt und 50 Hz bei weniger als 0,1 p Kontaktkraft eine Glimmlampe aufleuchten läßt. Der Kontakt ist mit Hilfe der Einstellschraube M einzustellen; die Einstellung ist an einer Meßuhrskale auf 0,001 = 1 µ abzulesen. Die Meßuhr enthält außer der µ-Skale eine Reziprokskale für E, wobei

$$E = \frac{2,5 \cdot 10^6 \text{ kp/mm}^2}{f \text{ in } \mu} = \frac{2500 \text{ kp/mm}}{f} \quad (6)$$

beträgt.

Innerhalb eines Meßbereichs von 0,3 mm darf der Fehler  $\pm 2 \mu$  nicht überschreiten.

##### 4.4 Erzwungene Durchbiegung

Das Belastungsgewicht (siehe Abschnitt 4.2) mit seinen beiderseits der Probe angreifenden Krallen muß sich zwangsweise, also unabhängig vom jeweiligen Widerstand der Probe, in gleichmäßigen Stufen absenken und wieder heben lassen. Das Belastungsgewicht dient in diesem Fall lediglich als Verbindungsstück zwischen Probe und Taste. Das Gerät hat in der Grundausführung 10 Belastungsstufen, bezeichnet mit 15, 20, 25... 60. Die einzelnen Stufenhöhen betragen mit Rücksicht auf eine einfache Auswertung des Ergebnisses 0,667 mm; jedoch hat die erste Stufe 2,0 mm, die Gesamthöhe aller Belastungsstufen (= größte Durchbiegung) beträgt somit  $2,0 \text{ mm} + 9 \cdot 0,667 \text{ mm} = 8,0 \text{ mm}$ .

Geräte mit erweitertem Prüfbereich haben teils 12 Belastungsstufen, nämlich noch die Stufen 65 und 70, mit 9,333 mm Gesamthöhe, teils 13 Belastungsstufen (Stufe 75) mit 10,0 mm Gesamthöhe.

Die Bezeichnungen der Stufen lassen sich als Biegespannungen in  $\text{kp/mm}^2$  deuten für eine Probe mit dem E-Modul von 10 000  $\text{kp/mm}^2$ .

#### 5. Versuchsdurchführung

Bei der Prüfung sollen die Proben aus dem gleichen Probe-stück abwechselnd mit der Vorderseite und der Rückseite nach oben in das Prüfgerät gelegt werden.

Zuerst wird an 3 Proben der E-Modul in je 2 Lagen wenigstens je einmal gemessen (siehe Abschnitt 5.1 und 5.31). An den gleichen Proben wird dann die Federbiegegrenze ermittelt. Dabei werden 5 von den 10 Proben mit der Vorderseite nach oben, 5 mit der Rückseite nach oben gemäß Abschnitt 5.2 geprüft.

##### 5.1 Messen des E-Moduls

Entsprechend der gemessenen Dicke  $a$  der Probe wird der Schneidenabstand auf  $L_S = 100 a$  eingestellt. Mit  $P = 100,0 \text{ g}$  und  $b = 10,0 \text{ mm}$  wird dann nach Gleichung (2) und (6)

$$E = \frac{2500 \text{ kp/mm}}{f} \quad (7)$$

Unter diesen Versuchsbedingungen ist also die Durchbiegung  $f$  der Probe unabhängig von  $a$  und hängt nur von  $E$  ab, umgekehrt  $E$  nur von  $f$ .

Die Probe wird symmetrisch auf die Schneiden aufgelegt, wobei sie nur durch ihr Eigengewicht belastet ist. Nun tastet man ihren Mittelpunkt mit der Kontaktspitze bis zum ersten Aufleuchten der Glimmlampe ab und stellt die Meßuhr in dieser Stellung auf 0. Danach wird das Belastungsgewicht von 100,0 g vorsichtig aufgebracht, bis es frei an der Feder hängt, die sich dabei durchbiegt. Hierauf wird das Gerät durch einen eingebauten Wechselstrommagneten in leichte Schwingungen versetzt, damit die Reibung der Probe auf den Auflagern nicht zu Unsicherheiten in der Einstellung des Belastungsgewichtes führt. Die Durchbiegung  $f$  wird durch Nachstellen des Kontaktstiftes bis zum Wiederaufleuchten der Glimmlampe auf die Meßuhr übertragen und dort an der Reziprokskale als E-Modul abgelesen. Es ist unbedingt darauf zu achten, daß der Kontaktstift nach dem Wiederaufleuchten der Glimmlampe nicht weiter nachgestellt wird. Man lese auch auf der Tiefenskale die Durchbiegung ab und schreibe sie ebenfalls auf. Der E-Modul ist an einer Probe möglichst dreimal in jeder Lage (Vorder- oder Rückseite nach oben) zu messen. Der E-Modul in beiden Lagen kann deutlich verschieden sein. Für die Berechnung der Federbiegegrenze (Abschnitt 6) genügt der Mittelwert.

##### 5.2 Messen der Federbiegegrenze

Entsprechend der festgestellten Dicke  $a$  stellt man die nach Formel (4) errechnete <sup>3)</sup> Stützweite  $L_S$  ein, legt die Probe wiederum symmetrisch auf und stellt beim Berühren der Kontaktspitze die Meßuhr auf 0. Hiernach senkt man die Drucktaste auf Stufe 1, entlastet und beobachtet, ob die Glimmlampe wieder aufleuchtet. Wenn ja, wird die nächste Stufe eingestellt, die Taste gedrückt, entlastet und so fort, bis die Glimmlampe nach dem Entlasten zum erstenmal dunkel bleibt. Dann wird die Meßschraube M bis zum Wiederaufleuchten der Lampe nachgestellt und die Meßuhr abgelesen. Diese Ablesung stellt die bleibende Durchbiegung dar.

<sup>2)</sup> Das Federblechprüfgerät der Siemens & Halske AG. entspricht dieser Norm.

<sup>3)</sup> Eine dieser Formel entsprechende Skale an dem Gerät erspart diese Rechnungen.