

DIN EN 14488-3



ICS 91.100.30

Entwurf

Einsprüche bis 2021-06-09
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 14488-3:2006-09

**Prüfung von Spritzbeton –
Teil 3: Biegefestigkeiten (Erstriss-, Biegezug- und Restfestigkeit) von
faserverstärkten balkenförmigen Betonprüfkörpern;
Deutsche und Englische Fassung prEN 14488-3:2021**

Testing sprayed concrete –
Part 3: Flexural strengths (first peak, ultimate and residual) of fibre reinforced beam
specimens;
German and English version prEN 14488-3:2021

Essais pour béton projeté –
Partie 3: Résistances à la flexion (au premier pic, ultime et résiduelle) d'éprouvettes
parallélépipédiques en béton renforcé par des fibres;
Version allemande et anglaise prEN 14488-3:2021

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2021-04-09 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 nabau@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 Bauwesen (NABau), 10772 Berlin oder 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 45 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 14488-3:2021) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 104 „Beton und zugehörige Produkte“ erarbeitet, dessen Sekretariat von SN (Norwegen) gehalten wird

Das zuständige nationale Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 005-07-10 AA „Spritzbeton“ im DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau).

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

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 14488-3:2006-09 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) in Abschnitt 7 wurde die Dreipunktprüfung an gekerbten Probekörpern ergänzt;
- b) redaktionelle Überarbeitung der Norm.

<i>Titel de:</i>	Prüfung von Spritzbeton — Teil 3: Biegefestigkeiten (Erstriss-, Biegezug- und Restfestigkeit) von faserverstärkten balkenförmigen Betonprüfkörpern
<i>Titel en:</i>	Testing sprayed concrete — Part 3: Flexural strengths (first peak, ultimate and residual) of fibre reinforced beam specimens
<i>Titel fr:</i>	Essais pour béton projeté — Partie 3: Résistances à la flexion (au premier pic, ultime et résiduelle) d'éprouvettes parallélépipédiques en béton renforcé par des fibres

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	3
Einleitung	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
4 Symbole und Abkürzungen	6
4.1 Symbole	6
4.2 Abkürzungen	7
5 Kurzbeschreibung	7
6 Verfahren A: Vierpunkt-Biegeprüfung an balkenförmigen Probekörpern	7
6.1 Prüfeinrichtung	7
6.1.1 Prüfmaschine	7
6.1.2 Kraftaufbringung	8
6.1.3 Messung der Durchbiegung und Steuerung	9
6.2 Probekörper	10
6.2.1 Allgemeines	10
6.2.2 Anpassen von Probekörpern	10
6.3 Durchführung	11
6.3.1 Vorbereitung und Einbau der Probekörper	11
6.3.2 Lastaufbringung	11
6.4 Angabe der Ergebnisse	11
6.4.1 Erstriss- und Biegezugfestigkeit	11
6.4.2 Restbiegezugfestigkeiten	13
6.5 Prüfbericht	13
6.6 Präzision	14
7 Verfahren B: Klassifizierung nach der alternativen Dreipunkt-Biegeprüfung an einer quadratischen Platte mit Einkerbung	14
7.1 Prüfeinrichtung	14
7.1.1 Prüfmaschine	14
7.2 Probekörper	15
7.2.1 Form und Größe der Probekörper	15
7.2.2 Herstellung und Lagerung der Probekörper	15
7.2.3 Einkerven von Probekörpern	15
7.3 Durchführung	16
7.3.1 Vorbereitung und Einbau der Probekörper	16
7.3.2 Biegeprüfung	18
7.4 Angabe der Ergebnisse	19
7.4.1 Äquivalenz zwischen CMOD und Durchbiegung	19
7.4.2 Proportionalitätsgrenze	19
7.4.3 Residuelle Biegezugfestigkeit	20
7.5 Prüfbericht	21
7.6 Präzision	22

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 14488-3:2021) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 104 „Beton und zugehörige Produkte“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom SN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 14488-3:2006 ersetzen.

Dieses Dokument ist Teil einer Reihe von Normen, die sich mit der Prüfung von Spritzbeton befassen.

Die Normenreihe EN 14488, *Prüfung von Spritzbeton*, umfasst die folgenden Teile:

- Teil 1: *Probenahme von Frisch- und Festbeton*
- Teil 2: *Druckfestigkeit von jungem Spritzbeton*
- Teil 3: *Biegefestigkeiten (Erstriss-, Biegezug- und Restfestigkeit) von faserverstärkten balkenförmigen Betonprüfkörpern*
- Teil 4: *Haftfestigkeit an Bohrkernen bei zentrischem Zug*
- Teil 5: *Bestimmung der Energieabsorption bei faserverstärkten plattenförmigen Prüfkörpern*
- Teil 6: *Schichtdicke von Beton auf einem Untergrund*
- Teil 7: *Fasergehalt von faserverstärktem Beton*

Einleitung

Die Klassifizierung der Restfestigkeit von faserverstärktem Spritzbeton erfolgt durch Festlegen eines Festigkeitsniveaus bei einem bestimmten Verformungsbereich.

Hierfür könnte die in Verfahren A dieses Dokuments beschriebene Vierpunkt-Biegeprüfung oder die in Verfahren B beschriebene Dreipunkt-Biegeprüfung an einer quadratischen Platte mit Einkerbung angewendet werden.

Verfahren A und B können auf metallische Fasern, synthetische oder andere Fasern oder eine Kombination mehrerer Fasertypen angewendet werden.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt ein Verfahren zur Bestimmung der Biegefestigkeiten (Erstrissfestigkeit, Biegezugfestigkeit und residuelle Biegezugfestigkeit bzw. kurz: Erstriss-, Biegezug- und Restfestigkeit) von Probekörpern aus erhärtetem Spritzbeton fest.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. 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).

EN 12390-1:2012, *Prüfung von Festbeton — Teil 1: Form, Maße und andere Anforderungen für Probekörper und Formen*

EN 12390-2, *Prüfung von Festbeton — Teil 2: Herstellung und Lagerung von Probekörpern für Festigkeitsprüfungen*

EN 12390-4, *Prüfung von Festbeton — Teil 4: Bestimmung der Druckfestigkeit — Anforderungen an Prüfmaschinen*

EN 14487-1, *Spritzbeton — Teil 1: Begriffe, Festlegungen und Konformität*

EN 14488-1, *Prüfung von Spritzbeton — Teil 1: Probenahme von Frisch- und Festbeton*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

— IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>

— ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>

3.1

an der Oberfläche der Probe gemessene Rissöffnungsbreite

lineare Verformung, die mit Hilfe eines Dehnungsmessstreifens gemessen wird, der an einem Probekörper, der mittig mit der Last F beansprucht wird, angebracht wurde

3.2

Durchbiegung

lineare Verformung, die mit Hilfe eines Dehnungsmessstreifens gemessen wird, der an einem Probekörper, der mittig mit der Last F beansprucht wird, angebracht wurde

3.3

Proportionalitätsgrenze

Spannung an der Spitze der Einkerbung, die als mit linearer Spannungsverteilung im ungerissenen Querschnitt in Feldmitte eines Probekörpers unter mittigem Lastangriff F_L wirkend angenommen wird

3.4
residuelle Biegezugfestigkeit
fiktive Spannung an der Spitze der Einkerbung, die als mit linearer Spannungsverteilung im ungerissenen Querschnitt in Feldmitte einer Platte unter mittigem Lastangriff F_j wirkend angenommen wird, entsprechend $CMOD_j$, wobei $CMOD_j > CMOD_{F_L}$ oder δ_j , wobei $\delta_j > \delta_{F_L}$ ($j = 1, 2, 3, 4$)

4 Symbole und Abkürzungen

4.1 Symbole

$CMOD_{F_L}$	CMOD bei der Proportionalitätsgrenze (LOP)
$CMOD_j$	Wert von CMOD, $j = 1, 2, 3$ oder 4
F	Last
F_j	Lastwert, $j = 1, 2, 3$ oder 4
F_L	Last bei der Proportionalitätsgrenze
L	Länge des Probekörpers
M	Biegemoment
M_j	Wert des Biegemoments, $j = 1, 2, 3$ oder 4
M_L	Biegemoment, das der Last bei der Proportionalitätsgrenze entspricht
b	Breite des Probekörpers
f_{rj}	an geschnittenen balkenförmigen Probekörpern bestimmte residuelle Biegezugfestigkeiten, dabei ist $j = 1, 2$ oder 4
f_{Rsj}	an Platten bestimmte residuelle Biegezugfestigkeiten, dabei ist $j = 1, 2, 3$ oder 4
$f_{ct,L}^f$	Proportionalitätsgrenze
h_{sp}	Abstand zwischen der Spitze der Einkerbung und der Oberseite des Probekörpers in Feldmitte
l	Spannweite
x	Breite der Einkerbung
y	Abstand zwischen der Unterseite des Probekörpers und der Achse des Wegaufnehmers
δ	Durchbiegung
δ_{F_L}	Durchbiegung bei der Proportionalitätsgrenze
δ_j	Durchbiegungswert, $j = 1, 2, 3$ oder 4

4.2 Abkürzungen

CMOD	an der Oberfläche der Probe gemessene Rissöffnungsbreite (en: crack mouth opening displacement)
CO	an der Spitze der Einkerbung gemessene Rissöffnungsbreite (en: crack opening at the tip of the notch)
LOP	Proportionalitätsgrenze (en: limit of proportionality)

5 Kurzbeschreibung

Die Probekörper werden durch Aufbringen einer Last über oben und unten angeordnete Schneiden mit einem Biegemoment beansprucht. Die Erstriss-, Biegebruch- und Restlasten werden aufgezeichnet und daraus die entsprechenden Biegefestigkeiten berechnet.

Ein faserbewehrter, nach EN 14488-1 aus einer Prüfplatte herausgeschnittener Probekörper wird durch Aufbringen einer Last über oben und unten angeordnete Schneiden bei Regelung der Durchbiegung mit einem Biegemoment beansprucht, um dessen Last-Durchbiegungsverhalten zu ermitteln (letzteres ohne Anteile einer nicht durch Biegung verursachten Verformung). Die Erstrissfestigkeit, die Biegezugfestigkeit und die residuelle Biegezugfestigkeit werden aus der Last-Durchbiegungskurve bestimmt.

6 Verfahren A: Vierpunkt-Biegeprüfung an balkenförmigen Probekörpern

6.1 Prüfeinrichtung

6.1.1 Prüfmaschine

Die Prüfung muss bei allen für Biegeprüfungen maßgeblichen Gegenständen mit Hilfe einer Prüfmaschine nach EN 12390-4 durchgeführt werden.

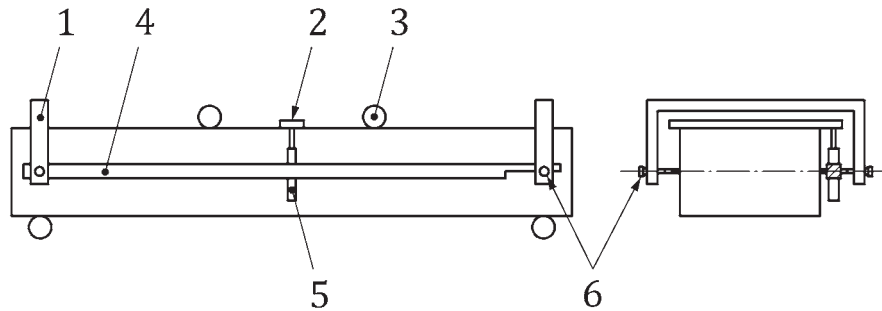
Die Steifigkeit und das Steuerungssystem der Prüfmaschine müssen so beschaffen sein, dass die Prüfung unter geregelter Durchbiegung erfolgen kann.

Die Steifigkeit des Lastsystems (einschließlich Rahmen, Kraftmessdose, Belastungsblock und Auflagerahmen) muss mindestens 200 kN/mm betragen.

Ein Messbügel aus Stahl oder Aluminium (Bild 1).

Ein kalibrierter elektronischer Wegaufnehmer mit einer Auflösung von 0,02 mm.

Ein elektronisches Datenaufzeichnungsgerät oder XY-Plotter.



Legende

- 1 Klammer
- 2 Bezugsriegel (festgeklemmt oder angeklebt)
- 3 Lastschneide
- 4 Messbügel
- 5 Wegaufnehmer
- 6 Feststellschraube

Anstelle des in der Querschnittsansicht des Balkens dargestellten einseitig angebrachten Messbügels/Wegaufnehmers darf ein solcher auf beiden Seiten angeordnet werden.

Bild 1 — Anordnung des Messbügels bei der Durchbiegungsmessung

6.1.2 Kraftaufbringung

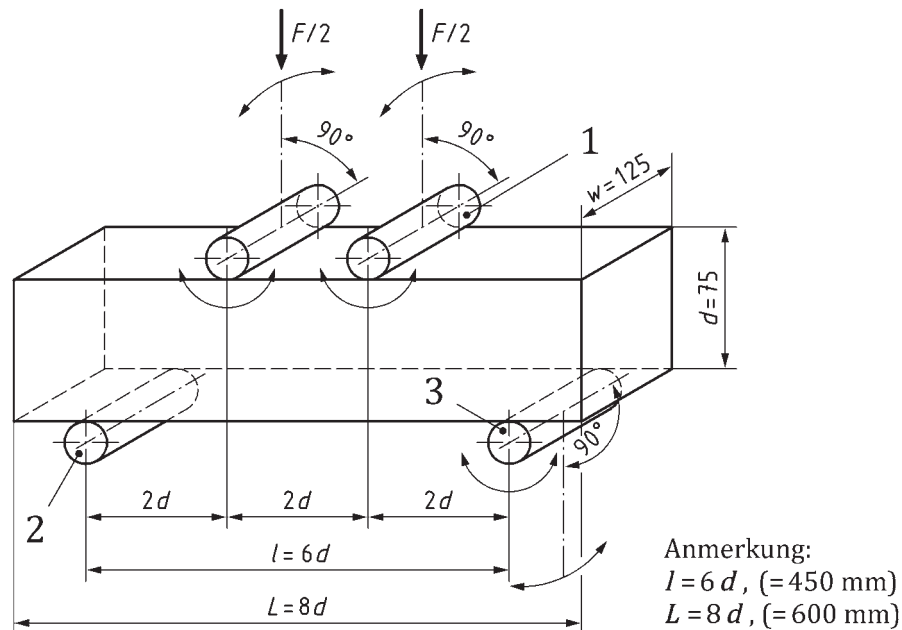
Die Einrichtung zum Aufbringen von Lasten (siehe Bild 2) muss aus folgenden Teilen bestehen:

- zwei Auflagerschneiden;
- zwei obere Schneiden, die von einem gelenkig angebrachten Querträger getragen werden, der die von der Maschine aufgebrachte Last gleichmäßig auf die beiden Schneiden verteilt.

Alle Schneiden müssen aus Stahl gefertigt sein und einen kreisförmigen Querschnitt mit einem Durchmesser von 20 mm bis 40 mm haben. Sie müssen mindestens 10 mm länger als die Breite des Probekörpers sein.

Drei Schneiden, einschließlich der beiden oberen, müssen in der Lage sein, sich frei um ihre Achse zu drehen und sich in einer Ebene senkrecht zur Längsachse des Probekörpers schräg zu stellen.

Der Abstand l zwischen den äußeren Schneiden (d. h. die Spannweite) muss gleich $3d$ sein, wobei d 75 mm beträgt. Der Abstand zwischen den inneren Schneiden muss gleich d sein. Die inneren Schneiden müssen mit gleichen Abständen zwischen den äußeren Schneiden angeordnet werden, wie in Bild 2 dargestellt. Alle Schneiden müssen an den in Bild 2 gezeigten Stellen auf $\pm 2,0$ mm ausgerichtet sein.



Legende

- | | |
|-----|---|
| 1 | Lastschneide (dreh- und neigungsfähig) |
| 2 | Auflagerschneide |
| 3 | Auflagerschneide (dreh- und neigungsfähig) |
| F | Last (P_{fp} oder P_{ult}), wie oben festgelegt, in N |
| l | Spannweite |
| w | mittlere Balkenbreite |
| d | Balkenhöhe |
| L | Balkenlänge |

Bild 2 — Belastungsanordnung des Probekörpers

6.1.3 Messung der Durchbiegung und Steuerung

Die Durchbiegung, ausgenommen Auflagerverformungen und Verdrehungen, muss mit einem elektronischen Wegaufnehmer gemessen werden, der in Balkenmitte an einem Bügel befestigt ist, der wiederum in halber Höhe des Balkens (der neutralen Achse) direkt über den Auflagern fixiert wird. Eine geeignete Anordnung des Bügels ist in Bild 1 dargestellt. Vorzugsweise werden zwei Wegaufnehmer verwendet, von denen an jeder Seite des Balkens jeweils einer befestigt wird.

Die Prüfmaschine muss über den Wegaufnehmer so gesteuert werden, dass der balkenförmige Probekörper in Feldmitte mit einer konstanten Durchbiegungsgeschwindigkeit beansprucht wird. Die Last-Durchbiegungskurve muss stetig aufgezeichnet oder registriert werden.

Werden zwei Wegaufnehmer verwendet, so muss der Mittelwert der Durchbiegung in Feldmitte bestimmt werden.

6.2 Probekörper

6.2.1 Allgemeines

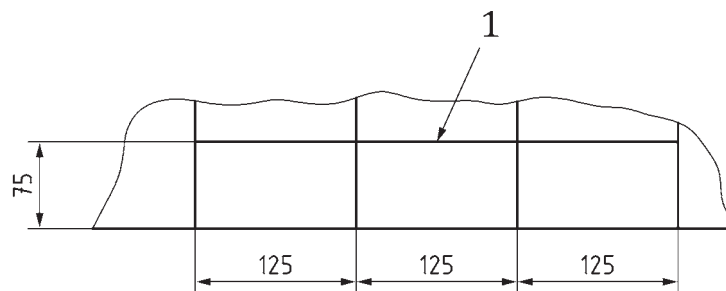
Jeder Probekörper wird als Prisma mit Maßen von 75 mm Höhe $\times$ 125 mm Breite und mindestens 500 mm Länge aus einer Spritzbetonplatte wie in Bild 3 dargestellt herausgeschnitten und so vorbereitet, dass die Anforderungen von EN 12390-1 erfüllt werden. Am Probekörper muss die geschalte und unbearbeitete Unterseite gekennzeichnet werden (so dass die Spritzrichtung angezeigt wird).

Sofern nichts anderes festgelegt ist, müssen die Balken so geprüft werden, dass die Biegezugspannungen an der unbearbeiteten Schalfläche auftreten. Wenn die Oberseite des Balkens unter Zugspannung gesetzt werden muss, darf diese nicht gesägt werden (um ein Abschneiden der Endverankerungen der Stahlfasern zu vermeiden).

Die Prismen sollten nach dem Sägevorgang für mindestens 3 Tage unter Wasser bei $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ gelagert, aber mindestens 3 h vor der Prüfung aus dem Wasser entnommen werden (damit verbleibt ausreichend Zeit für die Vorbereitung einschließlich des Anbringens der Positionierungshilfen für den Bügel und des (der) Wegaufnehmer(s)).

In der Regel muss die Prüfung im Alter von 28 Tagen vorgenommen werden.

Die Probekörper sind zu untersuchen, und sämtliche Auffälligkeiten sind aufzuzeichnen.



Legende

1 Balkenoberseite

Bild 3 — Schneidplan für balkenförmige Probekörper

6.2.2 Anpassen von Probekörpern

Wenn die Grenzabmaße der Probekörper nicht den Anforderungen von EN 12390-1:2012, 4.4, entsprechen, müssen sie verworfen oder wie folgt angepasst werden:

- unebene Oberflächen müssen durch Schleifen abgeglichen werden;
- Abweichungen von der Rechtwinkligkeit müssen durch Schneiden und/oder Schleifen korrigiert werden.

Die in EN 12390-3 festgelegten zulässigen Abweichungen sind für Probekörper, die aus Spritzbetonplatten gesägt werden, oftmals zu streng begrenzt und sollten in der Regel durch vorherige Vereinbarung zwischen den Beteiligten angepasst werden.

6.3 Durchführung

6.3.1 Vorbereitung und Einbau der Probekörper

Bei unter Wasser gelagerten Probekörpern wird die überschüssige Feuchtigkeit vor dem Einbau in die Prüfmaschine von der Oberfläche des Probekörpers abgewischt.

Alle Flächen der Prüfmaschine, auf denen der Probekörper aufliegt, werden gesäubert; lose Bestandteile und sonstige Fremdstoffe werden von den Oberflächen des Probekörpers, die mit den Auflager- und Lastschneiden in Berührung kommen, entfernt.

Bügel und Wegaufnehmer werden am Probekörper befestigt, wobei sicherzustellen ist, dass der Bügel direkt über den Auflagerschneiden und in halber Höhe des Probekörpers gehalten wird und dass sich der (die) Wegaufnehmer in Feldmitte befindet (befinden) und an einer am Balken befestigten an diesen angeklemmten Bezugsplatte anliegen.

Der Probekörper wird in die Maschine eingebaut (die Schallfläche liegt in der Regel unten im Zugbereich) und genau zentriert; dabei wird die Längsachse des Probekörpers im rechten Winkel zur Längsachse der unteren Auflager- und oberen Lastschneiden ausgerichtet.

ANMERKUNG Das Prüfergebnis kann durch die Belastungsrichtung im Verhältnis zur Spritzrichtung beeinflusst werden.

6.3.2 Lastaufbringung

Es darf keine Last aufgebracht werden, bevor nicht alle Auflager- und Lastschneiden gleichmäßig am Probekörper anliegen.

Die Prüfmaschine muss über den Wegaufnehmer so gesteuert werden, dass der Probekörper in Feldmitte bis zum Erreichen einer Durchbiegung von 0,5 mm mit einer konstanten Durchbiegungsgeschwindigkeit von $(0,25 \pm 0,05)$ mm je Minute belastet wird. Danach darf die Durchbiegungsgeschwindigkeit auf 1,0 mm/min erhöht werden.

Die Prüfung ist zu beenden, wenn die Durchbiegung in Feldmitte 4 mm erreicht hat oder der Probekörper bricht.

Die Last und Durchbiegung werden mit dem Datenaufzeichnungsgerät oder XY-Plotter kontinuierlich aufgezeichnet; ebenfalls sind die Höchstlast und zugehörige Durchbiegung aufzuzeichnen.

Der Abstand von der Mitte des Risses auf der zugbeanspruchten Seite bis zur nächsten Auflagerschneide wird gemessen, und ein Bruch außerhalb der Lastschneiden ist im Prüfbericht anzugeben (siehe Bild 2).

6.4 Angabe der Ergebnisse

6.4.1 Erstriss- und Biegezugfestigkeit

Die Erstrissfestigkeit muss wie folgt aus der Last-Durchbiegungskurve (Bild 4) berechnet werden. Der anfänglich lineare Teil der Kurve ist aus dem Verlauf bis zu einer Last von etwa 50 % der Höchstlast zu ermitteln, und anschließend ist eine parallel verlaufende Linie, versetzt bis zu einer Balkendurchbiegung in Feldmitte von 0,1 mm zu ziehen. Die Erstrissfestigkeit (f_{fp}) muss aus der Erstrisslast (P_{fp}) errechnet werden, die sich aus dem Verlauf bis einschließlich des Punktes ergibt, an dem die um 0,1 mm versetzte Parallellinie die Last-Durchbiegungskurve schneidet (siehe Bild 4).

Die Biegezugfestigkeit (f_{ult}) muss aus der aufgezeichneten Höchstlast (P_{ult}) berechnet werden.

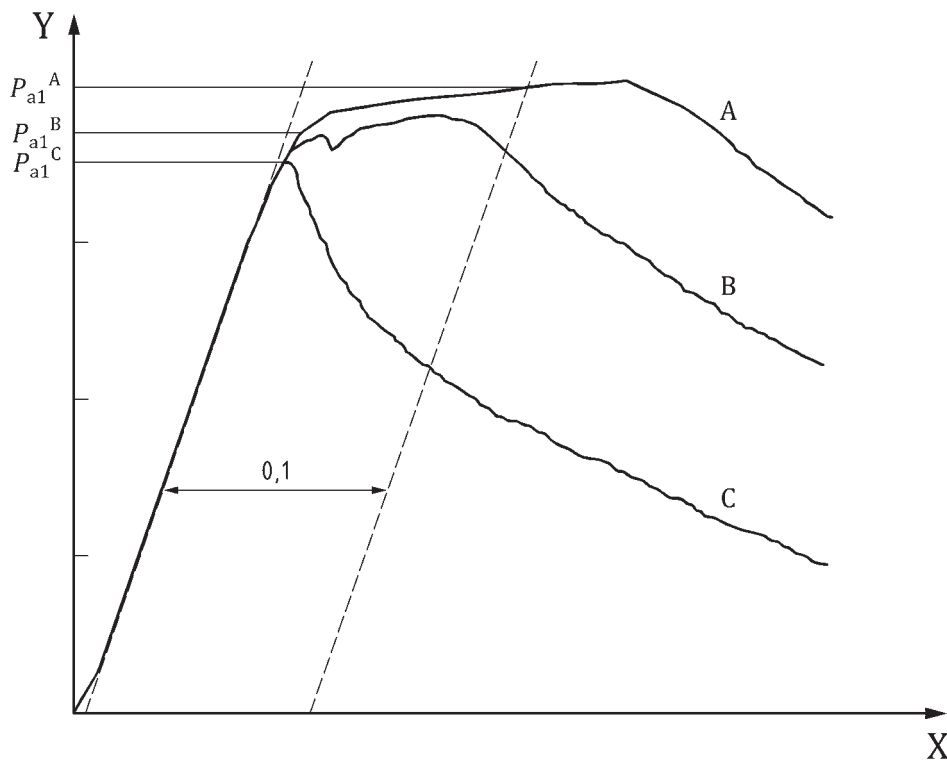
Im Bereich des Bruches sind zwei Messungen der Balkenbreite und der Balkenhöhe auf 0,1 mm vorzunehmen, und daraus ist der Mittelwert auf 1 mm zu berechnen. Es ist zu notieren, ob der Bruchbereich außerhalb der Lastschneiden eingetreten ist und die Ergebnisse verworfen werden mussten.

Jede Biegefestigkeit muss als äquivalente elastische Zugfestigkeit berechnet werden:

$$\text{Biegefestigkeit in MPa} = P \times l / (w \times d^2) \quad (1)$$

Dabei ist

- P die Last (P_{fp} oder P_{ult}), wie oben festgelegt, in N;
- l die Spannweite (450 mm);
- w die mittlere Balkenbreite im Bruchbereich (Nennbreite 125 mm);
- d die mittlere Balkenhöhe im Bruchbereich (Nennhöhe 75 mm).



Legende

- X Durchbiegung in Feldmitte, in mm
- Y Last, in kN
- P_{a1}^A Erstrisslast (P_{fp}) für Kurve A
- P_{a1}^B Erstrisslast (P_{fp}) für Kurve B
- P_{a1}^C Erstrisslast (P_{fp}) für Kurve C

ANMERKUNG Die Kurven A, B und C stellen drei verschiedene Beispiele dar.

Bild 4 — Bestimmung der Erstrisslast P_{fp} anhand einer Last/Verformungskurve