

DAfStb-Richtlinie

Belastungsversuche an Betonbauwerken

Ausgabe September 2000

Die Verpflichtungen aus der Richtlinie 83/189/EWG des Rates vom 28. März 1983 über ein Informationsverfahren auf dem Gebiet der Normen und technischen Vorschriften (Abl. EG Nr. L109 S. 8), zuletzt geändert durch die Richtlinie 94/10/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. März 1994 (Abl. EG Nr. L100 S. 30) sind beachtet worden.

Bezüglich der in dieser Richtlinie genannten Normen, anderen Unterlagen und technischen Anforderungen, die sich auf Produkte oder Prüfverfahren beziehen, gilt, daß auch Produkte bzw. Prüfverfahren angewandt werden dürfen, die Normen oder sonstigen Bestimmungen und/oder technischen Vorschriften anderer Vertragsstaaten des Abkommens über den Europäischen Wirtschaftsraum entsprechen, sofern das geforderte Schutzniveau in bezug auf Sicherheit, Gesundheit und Gebrauchstauglichkeit gleichermaßen dauerhaft erreicht wird.

Herausgeber:

Deutscher Ausschuß für Stahlbeton - DAfStb
im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.
D - 11030 Berlin
dafstb@t-online.de

Der Deutsche Ausschuß für Stahlbeton (DAfStb) beansprucht alle Rechte, auch das der Übersetzung in fremde Sprachen. Ohne ausdrückliche Genehmigung des DAfStb ist es nicht gestattet, diese Veröffentlichung oder Teile daraus auf fotomechanischem Wege oder auf andere Art zu vervielfältigen.

Vorbemerkung

Belastungsversuche dürfen den Standsicherheitsnachweis bestehender Bauwerke in begründeten Fällen dann ergänzen, wenn der Standsicherheitsnachweis trotz gründlicher Bauwerksuntersuchung durch Berechnung nicht erbracht werden kann. In jedem Fall ist eine rechnerische Beurteilung der vorhandenen Tragfähigkeit erforderlich. Die Anwendung beschränkt sich auf schadhafte oder umzunutzende Bauwerke, für die die Kenntnisse des Berechnungsmodells, des Zusammenwirkens von Bauteilen oder Bauteilabschnitten oder der Wirksamkeit zuvor durchgeführter Verstärkungsmaßnahmen nicht ausreichen.

Inhalt

1	Anwendungsbereich
2	Begriffe
3	Prüfstelle
4	Beurteilung des Bauwerkszustandes
4.1	Grundsätzliches
4.2	Tragsystem, Geometrie, Baustoffkennwerte
4.3	Beurteilung des Istzustandes
4.4	Rechnerische Beurteilung der vorhandenen Tragfähigkeit
4.5	Beurteilung durch Belastungsversuche
5	Versuchsprogramm
6	Durchführung
6.1	Belastung
6.1.1	Lastanordnung
6.1.2	Laststufen
6.1.3	Versuchsgrenzlast
6.2	Meßtechnik
6.3	Protokoll
7	Auswertung
7.1	Allgemeines
7.2	Belastung bis zur Versuchsziellast
7.3	Belastung zur Überprüfung von Berechnungsannahmen
7.4	Bewertung gleichartiger, nicht durch Belastungsversuche geprüfter Bauwerksteile
8	Prüfbericht

Anhang: Sicherheitskonzept bei Belastungsversuchen

1 Anwendungsbereich

(1) Die Richtlinie gilt für Belastungsversuche in situ an Bauwerken oder Bauwerksteilen (nachfolgend kurz Bauwerke genannt) des Hochbaus aus Beton und Stahlbeton. Bei anderen Massivbauwerken des Hochbaus darf diese Richtlinie sinngemäß angewendet werden.

(2) Belastungsversuche dürfen den Standsicherheitsnachweis bestehender Bauwerke aus besonderem Anlaß ergänzen, wenn dieser trotz gründlicher Bauwerksuntersuchung und Berechnung nicht erbracht werden kann. Sie dürfen nur durchgeführt werden, wenn gegen unangekündigtes Versagen Vorsorge getroffen wird.

(3) Belastungsversuche, bei denen Bauwerke planmäßig bis zum Versagen belastet werden, sind nicht Gegenstand dieser Richtlinie.

2 Begriffe

Für die Begriffsbestimmungen finden die geltenden technischen Regeln Anwendung. Zusätzlich werden folgende Begriffe definiert:

- Belastungsversuch in situ, im folgenden Belastungsversuch genannt, ist ein Vorgang, bei dem ein bestehendes Bauwerk belastet und dessen Auswirkungen unter dieser Belastung beobachtet wird.
- Versuchsgrenzlast (F_{lim}) ist die Belastung, bei der im Belastungsversuch gerade noch keine Schädigung auftritt, welche die Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit des Bauwerks im künftigen Nutzungszeitraum

beeinträchtigt. Sie gilt als erreicht, wenn eines der Kriterien nach Abschnitt 4.1.3 maßgebend wird.

Sie ist stets kleiner als die Belastung, bei welcher der Tragwerkswiderstand des Bauwerks vollständig ausgeschöpft ist.

- Versuchsziellast (F_{Ziel}) ist die beim Belastungsversuch vorgesehene maximale Belastung, die sich aus den Zielen des Belastungsversuches ergibt. Diese darf während des Belastungsversuches die Versuchsgrenzlast nicht überschreiten.
- Extern eingetragener Lastanteil (ext F_{Ziel} bzw. ext F_{lim}) ist der beim Belastungsversuch zusätzlich zu den vorhandenen ständigen Einwirkungen eingetragene Teil der Versuchsziellast bzw. der Versuchsgrenzlast.

3 Prüfstelle

Belastungsversuche an bestehenden Bauwerken dürfen nur solche Prüfstellen durchführen, die hierzu über ausreichende Kenntnisse und Erfahrungen sowie den Anforderungen entsprechende Belastungs- und Meßtechnik verfügen. Die Vorbereitung, Durchführung und Auswertung von Belastungsversuchen darf nur durch qualifiziertes Fachpersonal vorgenommen werden.¹

4 Beurteilung des Bauwerkszustandes

4.1 Grundsätzliches

Die Beurteilung des Zustandes bestehender Bauwerke setzt besondere Kenntnis und Erfahrung in den hierzu erforderlichen Methoden voraus.

4.2 Tragsystem, Geometrie, Baustoffkennwerte

Zur Bestimmung des Tragsystems, der geometrischen Werte und der Baustoffkennwerte des zu untersuchenden Bauwerks sind alle vorhandenen Bauunterlagen heranzuziehen und gegebenenfalls zu überprüfen. Fehlende

Angaben sind - soweit möglich und nötig - zu ergänzen, z. B. durch Aufmaß, durch Feststellung von Lage, Form und Durchmesser der Betonstahlbewehrung sowie durch zerstörungsfreie Materialprüfungen am Bauwerk bzw. durch Prüfung aus dem Bauwerk entnommener Probekörper (Bohrkerne, Stahlproben usw.).

4.3 Beurteilung des Istzustandes

Der Istzustand des Bauwerks ist durch Inaugenscheinnahme, zerstörungsfreie und/oder zerstörende Prüfverfahren soweit zu erfassen, wie dies zu einer zuverlässigen Beurteilung des Bauwerkszustandes unter Berücksichtigung der möglichen Auswirkungen eines Belastungsversuches erforderlich ist^{2 3}.

4.4 Rechnerische Beurteilung der vorhandenen Tragfähigkeit

(1) Auf der Grundlage der Unterlagen und Untersuchungsergebnisse gemäß den Abschnitten 4.2 und 4.3 ist die Tragfähigkeit des Bauwerks für die vorhandene oder für eine geänderte Nutzung unter Zugrundelegung eines Sicherheitskonzeptes mit Teilsicherheitsbeiwerten für Einwirkungen und Widerstände rechnerisch nachzuweisen. Sind dabei die ständigen Einwirkungen und charakteristischen Festigkeiten durch Untersuchungen bekannt, dürfen deren Teilsicherheitsbeiwerte abweichend von DIN 1045-1 niedriger angesetzt werden². Dann gelten für

ständige Einwirkungen	$\gamma_G = 1,15$,
für Beton	$\gamma_C = 1,40$,
und für Betonstahl	$\gamma_S = 1,10$.

(2) Weitergehende Abminderungen der Teilsicherheitsbeiwerte sind im Einzelfall zu begründen.

4.5 Beurteilung durch Belastungsversuche

(1) Ergänzend zu den Untersuchungen gemäß den Abschnitten 4.2 bis 4.4 dürfen Belastungsversuche in begründeten Fällen durchgeführt werden, wie z. B. bei unzureichender Kenntnis

² DAfStb - Richtlinie Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen

³ DAfStb - Heft 467 "Verstärken von Betonbauteilen - Sachstandsbericht - "

¹ Das DIBt führt eine Liste erfahrener Prüfstellen.

- des Berechnungsmodells,
- des Zusammenwirkens von Bauteilen oder Bauteilabschnitten,
- des Einflusses von Schäden im Istzustand,
- der Wirksamkeit zuvor durchgeführter Verstärkungsmaßnahmen.

(2) Bei Belastungsversuchen sind folgende Vorgehensweisen zu unterscheiden:

- Belastung bis zur Versuchsziellast,
- Belastung zur Überprüfung von Berechnungsannahmen.

(3) Die Beanspruchungszustände bei einem Belastungsversuch sind vorher für alle maßgebenden Lastfälle (auch Zusatzbeanspruchungen wie Temperatur, Setzungen usw.) rechnerisch zu untersuchen. Eine Gefährdung durch unangekündigtes Versagen (z. B. Schubbrüche, Durchstanzen) ist auszuschließen.

(4) Die Untersuchungen betreffen:

- Meßwerte, die beim Belastungsversuch erwartet werden,
- Abschätzungen von Zustands- und Systemänderungen sowie von kritischen Verformungen (z. B. gerissener / ungerissener Zustand; Temperatureinflüsse),
- Spannungen und Dehnungen unter vorhandenen ständigen Einwirkungen im Beton und Betonstahl,
- Auswirkungen des Belastungsversuches für die lastableitenden Bauwerksteile und den Baugrund.

5 Versuchsprogramm

Im Versuchsprogramm für den Belastungsversuch sind mindestens folgende Angaben erforderlich:

- Auftraggeber
- Versuchsobjekt (Bauwerk, Bauwerksteil)
- Prüfstelle und verantwortlicher Leiter
- Versuchsaufbau mit Belastungsvorrichtung, Lasteinleitung, Lastverteilung und evtl. erforderliche Schutz- und Abfangvorrichtungen

- Meßtechnik und Meßstellenpläne
- Versuchsablauf
- Maßgebende Kriterien zur Bestimmung der Versuchsgrenzlast nach Abschnitt 6.1.3 und ihre meßtechnische Erfassung.

6 Durchführung

6.1 Belastung

6.1.1 Lastanordnung

(1) Bei Belastung bis zur Versuchsziellast ist die Lastanordnung so zu wählen, daß sie die Einwirkungen im weiteren Nutzungszeitraum in ihrer ungünstigsten Kombination wirklickeitsnah abbildet.

(2) Bei Belastung zur Überprüfung von Berechnungsannahmen muß die Lastanordnung der in der Berechnung gewählten Belastung entsprechen.

6.1.2 Laststufen

(1) Bei Belastung bis zur Versuchsziellast sind die Prüflasten in mindestens 3 Laststufen aufzubringen. Nach jeder Laststufe ist mindestens einmal zu entlasten. Bei jeder Laststufe und Entlastung ist eine angemessene Standzeit vorzusehen.

(2) Bei Belastung zur Überprüfung von Berechnungsannahmen darf sinngemäß verfahren werden.

6.1.3 Versuchsgrenzlast

(1) Für die Versuchsgrenzlast gelten die Verformungskriterien nach Tabelle.

(2) Die Versuchsgrenzlast gilt auch dann als erreicht, wenn

- Meßwerte (z. B. des Last-Verformungsverhaltens, der Schallemission) auf kritische Veränderungen schließen lassen, die bei weiterer Laststeigerung zu einer Schädigung des Bauwerks führen,
- eine Gefährdung der Standsicherheit zu erkennen ist,
- kritische Auflagerverschiebungen auftreten.

6.2 Meßtechnik

Bei Belastung bis zur Versuchsziellast ist eine Meßtechnik zu verwenden, welche die Verfor-

mungskriterien nach Tabelle, die Umgebungsbedingungen (z. B. Temperatur, Luftfeuchte, Wind) und deren Veränderungen während des Belastungsversuches ausreichend genau und zuverlässig erfaßt.

6.3 Protokoll

Über die Durchführung des Belastungsversuches ist ein Protokoll anzufertigen, das mindestens folgende Angaben enthalten muß:

- Prüfstelle,
- Verantwortlicher Leiter,
- Dokumentation des Ablaufs mit eventuell aufgetretenen Besonderheiten,
- Meßergebnisse.

7 Auswertung

7.1 Allgemeines

(1) Die Meßergebnisse sind den rechnerischen Ergebnissen nach Abschnitt 4.4 gegenüberzustellen und zu bewerten. Bei der Auswertung ist der Einfluß der Umgebungsbedingungen auf die Meßergebnisse des Belastungsversuches zu berücksichtigen. Führen die beim Belastungsversuch ermittelten Ergebnisse zu einem günstigeren Tragverhalten, als rechnerisch erwartet, ist zu begründen, ob dieses noch bis zum Grenzzustand der Tragfähigkeit vorhanden ist.

(2) Für die weitere Nutzung des Bauwerks sind ggf. Überwachungs- und/oder Instandsetzungsmaßnahmen festzulegen.

7.2 Belastung bis zur Versuchsziellast

(1) Die beim Belastungsversuch vorhandenen ständigen Einwirkungen gehen in ihrer wirklichen Größe ein und werden bei der Ermittlung des extern eingetragenen Lastanteiles der Versuchsziellast $\text{ext } F_{\text{Ziel}}$ nicht berücksichtigt.

(2) Der Zusammenhang zwischen $\text{ext } F_{\text{Ziel}}$, $\text{ext } F_{\text{lim}}$ und den charakteristischen Werten der Einwirkungen ist durch folgende Gleichung gegeben:

$$\text{ext } F_{\text{Ziel}} = \sum_{j>1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i>\ell} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

wobei

$$0,35 G_{k,1} \leq \text{ext } F_{\text{Ziel}} \leq \text{ext } F_{\text{lim}}$$

mit

$G_{k,1}$	charakteristischer Wert der beim Belastungsversuch vorhandenen ständigen Einwirkungen
$G_{k,j}$	charakteristischer Wert der nach dem Belastungsversuch zusätzlichen ständigen Einwirkungen j
$Q_{k,1}, Q_{k,i}$	charakteristischer Wert der veränderlichen Leiteinwirkung bzw. der veränderlichen Einwirkungen i
$\gamma_{G,j}$	Teilsicherheitsbeiwerte für ständige Einwirkungen G
$\gamma_{Q,1}, \gamma_{Q,j}$	Teilsicherheitsbeiwerte für veränderliche Einwirkungen Q
$\psi_{0,i}$	Kombinationsbeiwerte für veränderliche Einwirkungen Q

(3) Für die Festlegung der Teilsicherheitsbeiwerte $\gamma_{G,j}$, $\gamma_{Q,1}$, $\gamma_{Q,i}$ und des Kombinationsbeiwertes $\psi_{0,i}$ gelten die Werte nach DIN 1055-100. Mögliche Veränderungen der Material- und Systemeigenschaften im weiteren Nutzungszeitraum müssen bei der Festlegung von $\text{ext } F_{\text{Ziel}}$ berücksichtigt werden. Die für den weiteren Nutzungszeitraum maßgebenden charakteristischen Werte $Q_{k,1}$ und $Q_{k,i}$ werden unter Berücksichtigung von $G_{k,j}$ nach der Gleichung ermittelt. Sie gelten nicht mehr, wenn im weiteren Nutzungszeitraum bauliche Veränderungen an den untersuchten Bauwerken vorgenommen werden.

7.3 Belastung zur Überprüfung von Berechnungsannahmen

Mit den beim Belastungsversuch ermittelten Kennwerten sind die Berechnungsannahmen zu überprüfen und gegebenenfalls ist der Standsicherheitsnachweis des Bauwerks erneut zu führen.

7.4 Bewertung gleichartiger, nicht durch Belastungsversuche geprüfter Bauwerksteile

Weitere, im Belastungsversuch nicht geprüfte Bauwerksteile dürfen nach einer Untersu-

chung gemäß Abschnitt 4 unter Zugrundelegung der Ergebnisse des Belastungsversuches ebenfalls beurteilt werden, wenn ihre Gleichartigkeit in allen wesentlichen Einzelheiten nachgewiesen werden kann.

- das Versuchsprogramm nach Abschnitt 5,
- das Protokoll nach Abschnitt 6.3 und
- die Auswertung nach Abschnitt 7 zusammenzufassen.

(2) Der Prüfbericht ist Bestandteil der bautechnischen Unterlagen.

8 Prüfbericht

(1) In einem Prüfbericht sind

- die Bewertung des Bauwerkszustandes nach Abschnitt 4,

Normen, Richtlinien und weiteres Schrifttum

E DIN	1045-1	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton - Teil 1: Bemessung und Konstruktion
E DIN	1055-100	Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 100: Grundlagen der Tragwerksplanung - Sicherheitskonzept und Bemessungsregeln
DAfStb-Richtlinie		Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen
DAfStb-Heft 467		Verstärken von Betonbauteilen - Sachstandsbericht -

Tabelle: Verformungskriterien und ihre meßtechnische Erfassung

	Verformungsart	Verformungskriterium	meßtechnische Erfassung
1	Betondehnung	$\varepsilon_c < \varepsilon_{c,lim} - \varepsilon_{c0}$ ε_c gemessene Betondehnung während des Belastungsversuches $\varepsilon_{c,lim}$ Grenzwert der Betondehnung 0,6 ‰; er darf für \geq B 25 bis maximal 0,8 ‰ vergrößert werden ε_{c0} rechnerisch ermittelte Kurzzeitdehnung des Betons nach Abschnitt 4.4 infolge der vor dem Belastungsversuch vorhandenen ständigen Einwirkungen	Messung der Dehnung des Betons, Schallemissionsmessung ¹⁾
2	Dehnung des Betonstahls	$\varepsilon_{s2} < 0,7 f_{ym}/E_s - \varepsilon_{s02}$ wenn genauere σ - ε -Linie vorliegt: $\varepsilon_{s2} < 0,9 f_{0,01m}/E_s - \varepsilon_{s02}$ f_{ym} Mittelwert der Festigkeit des Betonstahls an der Streckgrenze $f_{0,01m}$ Mittelwert der Festigkeit des Betonstahls an der 0,01% Dehngrenze (Elastizitätsgrenze) E_s Elastizitätsmodul für Betonstahl ε_{s2} gemessener oder aus den Meßwerten umgerechneter Wert der Betonstahldehnung im Riß während des Belastungsversuches ε_{s02} rechnerisch im Zustand II ermittelte Betonstahldehnung im Riß nach Abschnitt 4.4 infolge der vor dem Belastungsversuch vorhandenen ständigen Einwirkungen	Messung der Dehnung des Betonstahls oder mittlere Dehnung der Zugzone
3	lastabhängige Rißbreite bzw. Rißbreitenänderung	vorhandene Risse $\Delta w \leq 0,3 \text{ mm}$ Rißbreitenzunahme nach Entlastung $\leq 0,2 \Delta w$ neu entstandene Risse $w \leq 0,5 \text{ mm}$ Rißbreite nach Entlastung $\leq 0,3 w$ Unter Gebrauchslast sind die zulässigen Rißbreiten einzuhalten.	Messung der Rißbreite bzw. Rißbreitenänderung
4	Durchbiegung	im gerissenen Zustand: deutliches Anwachsen des nichtlinearen Verformungsanteiles; mehr als 10 % bleibende Verformungen nach Entlastung	Online-Beobachtung des Last-Durchbiegungsdiagramms
5	Verformung im Schubereich schubbewehrter Balken	60 % der Kriterien nach Zeile 1	Messung der Verformung in den Betondruckstreben
		50 % der Kriterien nach Zeile 2	Messung der Dehnung der Schubbewehrung

¹⁾ Als begleitende Messung empfohlen.

Anhang: Sicherheitskonzept bei Belastungsversuchen

Beim Belastungsversuch wird ein vorhandenes Bauwerk mit einem (unbekannten) effektiven Tragwerkswiderstand $\text{eff } R_u$ nach vorausgehender Beurteilung des Istzustandes mit zusätzlich aufgebrachten Lasten beansprucht und deren Auswirkungen auf das Bauwerk (z. B. Verformungen) gemessen. Bei Versuchsbeginn sind bereits die ständigen Einwirkungen G_1 in ihrer wirklichen Größe vorhanden. Während des Belastungsversuches werden zusätzlich externe Lasten

$\text{ext } F_{\text{Ziel}}$ eingetragen, die sich nach der Gleichung in Abschnitt 7.2 ergeben. Die Summe aus G_1 (ständige Einwirkung während des Versuches), G_{dj} (Bemessungswert zusätzlicher ständiger Einwirkungen nach dem Versuch) und Q_d (Bemessungsbeiwert der veränderlichen Einwirkungen), welche die Versuchsziellast F_{Ziel} darstellt, darf nicht größer als die Versuchsgrenzlast F_{lim} sein, für welche die Kriterien nach Abschnitt 6.1.3 der Richtlinie maßgebend werden.

