

# Zum Entwicklungsstand der Gebrauchstauglichkeitskriterien für den Stahlbau

**T 2589**

T 2589

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Die Originalmanuskripte wurden reprototechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprototechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

Vervielfältigung, auch auszugsweise,  
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

**Fraunhofer IRB Verlag**

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69  
70504 Stuttgart

Nobelstraße 12  
70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00  
Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

E-Mail [irb@irb.fraunhofer.de](mailto:irb@irb.fraunhofer.de)

[www.baufachinformation.de](http://www.baufachinformation.de)

TECHNISCHE UNIVERSITÄT  
BRAUNSCHWEIG  
INSTITUT FÜR STAHLBAU

Zum Entwicklungsstand der Gebrauchstauglichkeitskriterien  
für den Stahlbau - Eine Studie

Auftraggeber

Institut für Bautechnik  
Az. IV 1-5-701/93

INHALT	Seite
1 Veranlassung	2
2 Grundsätzliches	2
3 Literaturstudie zu Gebrauchstauglichkeits- anforderungen an Stahlbauten	4
4 Forschungsbedarf	6
5 Literatur	8

## 1 VERANLASSUNG

Durch die neue Normengeneration im Stahlbau (DIN 18800, SIA 161, BS 5950, EC 3) werden national und international plastische und überkritische Tragreserven zunehmend ausgenutzt. Damit werden dem Ingenieur Möglichkeiten gegeben, wirtschaftlichere Tragwerke zu entwerfen. Dies ist begleitet von einer steigenden Verantwortung für deren Gebrauchstauglichkeit. Man versucht - wenn überhaupt - die Gebrauchstauglichkeit in den Regelwerken mit einer Reihe elementarer Kriterien (z.B. Durchbiegungs-, Schiefstellungs-, Frequenzbegrenzungen) zu sichern.

Eine Diskussion der heute international üblichen Gebrauchstauglichkeitskriterien sowie Vorschläge zu ihrer Überarbeitung enthält z.B. [1]. Herkunft und Anwendung derzeitiger Gebrauchstauglichkeitskriterien sind häufig zweifelhaft, und vorhandene Literatur zur Gebrauchstauglichkeit ist häufig überholt oder orientiert sich nicht an westeuropäischen Konstruktionslösungen.

Ziel dieser Studie ist es, neuere Forschungsergebnisse und Erfahrungen von Praktikern zusammenzufassen, diese - wenn möglich - systematisch nach Bauweisen, Konstruktionselementen und Nutzungsanforderungen zu ordnen und daraus Gebrauchstauglichkeitskriterien für Stahlbaukonstruktionen abzuleiten.

## 2 GRUNDSÄTZLICHES

Der Begriff der Gebrauchstauglichkeit wurde in [1] folgendermaßen definiert:

Ein Bauwerk ist gebrauchstauglich, wenn es sicher ist vor Störungen

- der Funktion und
- des Erscheinungsbildes.

Damit sind die Anforderungen an ein gebrauchstaugliches Bauwerk allgemein beschrieben. Für den (rechnerischen) Nachweis, daß diese Anforderungen erfüllt werden, müssen Annahmen für

die Einwirkungen und über das mechanische Modell getroffen werden. Im allgemeinen wird gegenüber Grenzwerten nachgewiesen, die so festgelegt sein sollten, daß bei deren Überschreitung Schaden eintreten kann. Der Grenzwert muß zu dem mechanischen Modell passen, d.h. er ist von dem mechanischen Modell abhängig. Dies ist genauso wie beim Nachweis der Trag-sicherheit.

Spricht man von Gebrauchstauglichkeitskriterien, so sind üblicher Weise Grenzwerte gemeint. Eine sinnvolle Bewertung (und Anwendung) von Kriterien ist nur möglich, wenn die dazugehörigen mechanischen Modelle und Größen der Einwirkungen bekannt sind. Außerdem muß bekannt sein, welche Anforderung damit erfüllt werden soll; d.h. was (welcher Schaden) soll damit verhindert werden?

In älteren Arbeiten, z.B. [2;3], wurden fast nur in Vorschriften vorhandene Kriterien zusammengestellt; dies ohne Bezug auf die jeweils angestrebte Verhinderung einer Gebrauchstauglichkeitseinschränkung.

Vorteilhaft ist folgende Einteilung der Kriterien:

- a Kriterien, die ein Bauteil selbst betreffen; mit ihnen soll sichergestellt werden, daß sein Verhalten im Gebrauchszustand die vorgesehene Nutzung ermöglicht. Diese Kriterien sind baustoff- und bauweisenabhängig.

Beispiel: Verhindern unplanmäßiger Bauwerksformen infolge von Schalungs- und Rüstungselementen mit zu kleinen Steifigkeiten.

- b Kriterien, die angrenzende Bauteile, z.B. nichttragende Bauteile betreffen; mit ihnen soll sichergestellt werden, daß das angrenzende Bauteil seine Funktion erfüllen kann. Diese Kriterien sind unabhängig von dem Baustoff des Bauteiles, an das das betroffene Bauteil angrenzt.

Beispiel: Verhindern des Klemmens von Fenstern und Türen.

- c Kriterien, die ästhetische und psychologische Anforderungen betreffen; mit ihnen soll sichergestellt werden, daß ästhetische Mängel oder Verunsicherungen von Personen, die

mit dem Bauwerk in Kontakt kommen, vermieden werden. Diese Kriterien können baustoffabhängig oder baustoffunabhängig sein.

Beispiel: Schützen von Passanten vor Verunsicherung durch "Atmen" eines Steges einer Stahlbrücke.

Von dieser Einteilung ausgehend wurde ergänzend zu [1] weitere Literatur ausgewertet. Neueste Erkenntnisse wurden auf dem internationalen Colloquium "Structural Serviceability of Buildings" vorgestellt, das Anfang Juni 1993 in Göteborg stattfand [4].

### 3 LITERATURSTUDIE ZU GEBRAUCHSTAUGLICHKEITSANFORDERUNGEN AN STAHLBAUTEN

In nationalen und internationalen Datenbanken findet man inzwischen häufig Literaturangaben - besonders aus den letzten Jahren - unter dem Stichwort Gebrauchstauglichkeit. Diese an sich erfreuliche Entwicklung der letzten Jahre ist aber zum großen Teil darauf zurückzuführen, daß man sich bei der Forschung nicht mehr allein auf den Tragzustand von Bauteilen konzentriert, sondern den Gebrauchszustand der untersuchten Objekte einbezieht. Inzwischen werden nicht nur Traglasten als Ergebnisse präsentiert, sondern immer häufiger auch Last-Verformungs-Beziehungen. Es werden Rechenverfahren vorgestellt, mit denen nicht nur die Traglasten ermittelt werden können, sondern auch die gesamten Last-Verformungs-Beziehungen vom Beginn der Belastung bis zur Traglast; d.h. der Bereich des Gebrauchszustandes der untersuchten Objekte wird mit erfaßt. Dies führt aber oft dazu, daß dann auch von Gebrauchstauglichkeit gesprochen wird, wenn nur das Verhalten im Gebrauchszustand gemeint ist: man bestimmt z.B. Verformungen, Eigenfrequenzen oder ähnliches, fragt aber nicht, ob sie Grenzwerte für Gebrauchstauglichkeit über- oder unterschreiten. Grenzwerte werden nicht angegeben, also Gebrauchstauglichkeitskriterien nicht festgelegt oder definiert. Ein Beispiel für dieses Mißverständnis in der Benutzung des Begriffes Gebrauchstauglichkeit aus dem Fachgebiet Stahlverbundbau ist [5].

Im Fachgebiet Stahlbeton- und Spannbetonbau liegt eine große Anzahl ähnlicher Veröffentlichungen vor, in denen das Tragverhalten der Bauteile im Gebrauchszustand unter Berücksichtigung von Schwinden, Kriechen und Rißbildung beschrieben wird. Grenzwerte für die Bemessung werden aber nur in sehr seltenen Fällen angegeben. Es bleibt zu diskutieren, ob die Bildung von Rissen unter Gebrauchslasten mit Gebrauchstauglichkeit zu tun hat oder ob es nicht vielmehr um die Sicherung der Tragsicherheit über die Zeit, also ein Problem der Dauerhaftigkeit, geht, jedenfalls soweit mehr als ästhetische Anforderungen erfüllt werden sollen.

Bei Stahlbauwerken und -bauteilen geht man davon aus, daß sie sich im Gebrauchszustand elastisch verhalten. Die Schwierigkeiten im Stahlbau bestehen darin, das auch im Bereich elastischen Verhaltens der Tragwerksglieder, also auch im Gebrauchszustand, im allgemeinen nichtlineare Last-Verformungsverhalten der Verbindungen (Anschlüsse und Stöße) zu beschreiben. Obwohl hierzu viele Untersuchungen vorliegen, sind Grenzwerte für die Bemessung auf Gebrauchstauglichkeit hieraus kaum zu erwarten. Eher könnte hier die Entwicklung auf Konstruktionsregeln hinauslaufen.

Bei der Literaturrecherche wurden keine neueren stahlbauspezifischen Kriterien gefunden, jedenfalls keine, die in Deutschland ohne weiteres anwendbar wären. In [6] werden zwar neue Kriterien für Wohnhäuser in Stahlskelettbauweise vorgestellt, aber nicht im einzelnen begründet. Diese Bauweise ist in Deutschland im übrigen nicht üblich.

In [7] werden noch einmal die neuesten Gebrauchstauglichkeitskriterien in internationalen Normen (EC 3, BS 5950, AS 4100, BRANZ) zusammengestellt. Mit dem Hinweis auf die Problematik der zugehörigen mechanischen Modelle, der zugehörigen Lastannahmen sowie der jeweiligen nationalen Tradition, aus der heraus die Kriterien entwickelt worden sind, wird aber davor gewarnt, die Kriterien einfach in Tabellen zusammenzustellen und miteinander zu vergleichen.

In ISO 4356-1977 werden einige baustoffunabhängige Kriterien vorgeschlagen. Immerhin wird hier angegeben, welche Schäden damit verhindert werden sollen.

In [9] werden für Portalrahmen mit geknicktem Riegel bei Hallen Gebrauchstauglichkeitskriterien angegeben. Dabei werden alle damit in Zusammenhang stehenden Fragen ausführlich erläutert. Auf Deutschland sind diese Werte aber wegen der unterschiedlichen Lastannahmen und der mechanischen Modelle nicht ohne weiteres anwendbar.

Im Überblick läßt sich zusammenfassen, daß man in der internationalen Literatur höchstens einige Festlegungen von Gebrauchstauglichkeitskriterien in bezug auf das Wohlbefinden von Menschen in Gebäuden, die Schwingungen ausgesetzt sind, findet, daß es aber kaum brauchbare und praktisch anwendbare Festlegungen von Gebrauchstauglichkeitskriterien unter vorwiegend ruhenden Lasten gibt.

Wenn Kriterien angegeben werden, werden sie selten begründet, sind die zugeordneten mechanischen Modelle und die zugeordneten Bemessungswerte der anzusetzenden Einwirkungen in den meisten Fällen nicht bekannt oder nicht festgelegt.

Diese Ergebnisse werden in [8] im wesentlichen bestätigt.

#### 4 FORSCHUNGSBEDARF

Es ist wichtig, das Verhalten aller Bauteile und ihr Zusammenwirken im Gebrauchszustand zu kennen. Nur dann ist es möglich, zutreffende Kriterien zu entwickeln. Es besteht großer Bedarf an derartigen Festlegungen, zumal die Schadensquote, die durch unzureichende Gebrauchstauglichkeit an Bauwerken entsteht, besonders groß ist. Wenn Kriterien entwickelt und angegeben werden, müssen ihre Hintergründe mitgeteilt werden.

Die baustoffunabhängigen Kriterien betreffen alle Bauweisen gleichermaßen. Gemeint sind hier z.B. Fragen des Baugrundverhaltens und des Verhaltens von nichttragenden Bauteilen. Es ist ratsam, gemeinsam mit den anderen Fächern zu versuchen, Informationen über die signifikanten Ursachen für Schäden und die Grenzwerte der entsprechenden Größen zu ermitteln und daraus Kriterien abzuleiten.

Dabei ist es wichtig, Angaben über die Festlegung der Bemess-

sungswerte für die jeweils anzusetzenden Einwirkungen zu haben, also Element 715 in DIN 18800 Teil 1 auszufüllen. Ob die einfache Regelung in DIN 18800 Teil 1, Element 722, wonach die Bemessungswerte zur Berechnung von Beanspruchbarkeiten beim Gebrauchstauglichkeitsnachweis mit dem Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M1} = 1,0$  berechnet werden, allgemein beibehalten werden kann, muß dabei geprüft werden.

Im EC 3 (Abschnitt 4) sind im Bereich statischer Nachweise Gebrauchstauglichkeitsnachweise allein auf die Einhaltung von Grenzverschiebungen von oberen Stützenenden und von Grenzdurchbiegungen horizontal angeordneter Bauglieder beschränkt. Wenn damit auch global steifere Bauwerke als ohne diese Forderungen bewirkt werden, müssen derartige Forderungen durch differenziertere ersetzt werden, da durch sie auch wirtschaftlicher dimensionierte Bauwerke verhindert werden können.

Braunschweig, im September 1993



Prof. Dr.-Ing.  
J. Scheer



Prof. Dr.-Ing.  
H. Pasternak



Dipl.-Ing.  
M. Hofmeister

## 5 LITERATUR

- [1] Scheer, J.; Pasternak, H.; Hofmeister, M.: Bewertung von Gebrauchstauglichkeitsanforderungen. Bericht 6701 aus dem Institut für Stahlbau der Technischen Universität Braunschweig, 1991.
- [2] Galambos, T.V. u.a.: Structural Deflections. A literature and state-of-the-art survey. U.S. Department of Commerce, National Bureau of Standards, Building Science Series 47, 1973
- [3] Vervormingseisen voor bouwconstructies. Steelbuilding Association (SG), Rotterdam; Concrete Association (CUR), Zoetemeer; SG-CUR Report Nr.2, Delft 1975
- [4] CIB/IABSE Colloquium: Structural Serviceability of Buildings, Göteborg 1993. IVBH Bericht Vol. 69.
- [5] Cunze Oliveira Lanna, A. J.: Zur Gebrauchsfähigkeit von Verbundträgern mit nachgiebiger Verdübelung. Mitteilung Nr. 92-1 des Institutes für konstruktiven Ingenieurbau der Ruhr-Universität Bochum, 1992
- [6] Pham, L.; Stark, G.: Australian Performance Standard for Domestic Metal Framing. In [4], S. 99-104
- [7] Saidani, M.; Nethercot, D.A.: Structural Serviceability of Buildings. In [4], S. 111-118
- [8] Serviceability deflections and displacements in steel framed structures. Final technical report, European Coal and Steel Community, ECSC, 1992
- [9] Advisory Desk: AD 090 Deflection limits for pitched roof portal frames. Steel Construction Today, July 1991, 203-206

2519

ON THE STAGE OF THE DEVELOPMENT OF SERVICEABILITY CRITERIA FOR  
STEEL CONSTRUCTION - A STUDY

S U M M A R Y

It is the aim of this study, to collate for steel structures the newest scientific results and experiences in the field of serviceability. There is more and more national and international literature on serviceability. But mostly, this literature is dealing with structural analysis, i.e. the behaviour of structural elements in the state of service is described and criteria are not specified. New criteria specified on steel construction were not found. If there are criteria specified at all, it is lacking on their backgrounds, the related mechanical models and design values of the actions are not known or not specified. It should be the aim of research work, to describe the properties of all structural elements and their cooperation in the state of service. For the development of applicable and correct criteria, this is compelling.

Gebrauchstauglichkeit = aptitude au service

T 2589

BILAN DES RECHERCHES SUR LA CONCEPTION DES CRITERES  
D'APTITUDE A L'EMPLOI DANS LE DOMAINE DU BATIMENT ET  
DES TRAVAUX PUBLICS UTILISANT DES ELEMENTES DE CON-  
STRUCTION EN ACIER - UNE ETUDE

R E S U M E

Cette étude se propose de présenter un résumé des résultats de récentes recherches et des expériences recueillies dans la pratique en ce qui concerne les critères d'aptitude à l'emploi pour le bâtiment et les travaux publics utilisant des éléments de construction en acier. Lors de recherches bibliographiques dans des banques de données nationales et internationales, on trouve de plus en plus de titres sous la rubrique "Critères d'aptitude". Mais en réalité il s'agit dans la plupart des cas de travaux sur l'analyse de la structure dans lesquels est décrite la façon dont se comportent certains éléments de construction à l'emploi. Le plus souvent, les critères employés pour mesurer l'aptitude à l'emploi ne sont même pas indiqués. On n'a pas trouvé de récents critères spécifiques pour le bâtiment et les travaux publics utilisant des éléments de construction en acier. Lorsqu'il arrive que des critères soient indiqués, ils font rarement l'objet d'une exposition des raisons de leur emploi et aussi bien les modèles mécaniques respectifs que les valeurs respectives indiquées pour la mesure des influences dont il faut tenir compte ne sont dans la plupart des cas ni connus ni précisés. L'objectif doit être de pouvoir décrire la façon dont se comportent tous les éléments et leur interaction à l'emploi. Ce n'est que dans ce cas qu'il est possible de concevoir des critères pertinents.