Zeitschrift: IABSE reports = Rapports AIPC = IVBH Berichte

Band: 48 (1985)

Artikel: Eurocode - ein Beitrag zur Verbesserung der Sicherheit, Wirtschaftlichkeit und des Wettbewerbs

Autor: Sedlacek, Gerhard

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-37446

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 12.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Eurocode – Ein Beitrag zur Verbesserung der Sicherheit, Wirtschaftlichkeit und des Wettbewerbs

Eurocode – a Tool for Safety, Economy and Competition

Eurocode – une contribution à la sécurité, l'économie et la compétitivité

Gerhard SEDLACEK
Professor Dr.-Ing.
RWTH Aachen
Aachen, BR Deutschland

Gerhard Sedlacek, geboren 1939, Studium TH Karlsruhe, Promotion TU Berlin, 8 Jahre Tätigkeit in der Stahlbauindustrie, zuletzt als Abteilungsleiter für Brückenbau, seit 1976 Professor für Stahlbau an der RWTH Aachen.

ZUSAMMENFASSUNG

In der Harmonisierung der technischen Regeln im Rahmen der Eurocode-Bearbeitung liegt die Chance, nicht nur eine Vereinheitlichung über die Ländergrenzen, sondern auch weitgehend über die Baustoffgrenzen zu erreichen, eine Entwicklung, die den Wettbewerb zwischen den Baustoffen und die Möglichkeiten des Stahlbaus und des Verbundbaus erweitern kann. Für die Wettbewerbsfähigkeit der Stahlkonstruktionen ist nicht allein entscheidend, Gewichte zu sparen, wichtig ist auch die Reduktion des Entwurfsaufwands durch einfache Regeln und die Herabsetzung der Herstellungs- und Montagekosten durch Entfeinerung der Konstruktion, die der Eurocode unterstützen will. Der Einfluss von Bemessungsnormen auf die Wirtschaftlichkeit von Bauweisen darf natürlich nicht überschätzt werden. Doch gehen die Anstrengungen bei der Überarbeitung des Eurocodes weiterhin dahin, zur Verbesserung der Sicherheit, Wirtschaftlichkeit und Wettbewerbsfähigkeit von Stahlkonstruktionen beizutragen.

SUMMARY

The drafting of a Eurocode provides the opportunity of harmonizing the technical rules not only across national barriers but also between different materials and ways of construction. This development may promote the competition between different materials and enlarge the market for steel and composite structures. For the competitiveness of steel structures the saving of steel weight is not the only answer; others are the reduction of the expenditure for design by simple comprehensible rules and of the manufacturing and assembling costs by moving away from too much refinement in the structural detailing, which will be supported by the Eurocode rules. Of course the influence of design codes to the economy of structures should not be overestimated; nevertheless the efforts for the redraft of the Eurocode aim at contributing to an improvement of this tool for safety, economy and competitiveness.

RÉSUMÉ

L'harmonisation des règles techniques dans le cadre de l'Eurocode offre non seulement la possibilité d'ouvrir les frontières, mais permet aussi de mettre en concurrence les différents matériaux et les différentes méthodes de construction. Ceci élargira le marché des structures métalliques et mixtes. Pour augmenter la compétitivité de l'acier, il ne faut pas seulement diminuer le tonnage des structures, mais aussi et surtout simplifier la conception, en utilisant des méthodes de dimensionnement simples, la fabrication et l'assemblage. Il ne faut cependant pas surestimer les avantages d'un règlement sur le coût de construction. Néanmoins, la nouvelle version de l'Eurocode aura plus que jamais pour but d'augmenter la sécurité, l'économie et la compétitivité des structures métalliques.

1. Allgemeines

Es ist erklärtes Ziel der Eurocodes /1/,

- "die Funktionsfähigkeit des gemeinsamen Marktes durch die Beseitigung von Hemmnissen als Folge unterschiedlicher Regelwerte zu verbessern,
- einheitliche technische Regeln für die wirksame Anwendung der Richtlinie des Rates Nr. 71/305 für die Koordination des Vergabeverfahrens bei öffentlichen Aufträgen bereitzustellen, die neben den nationalen Vorschriften angewandt werden können,
- die Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Bauindustrie und der mit ihr verbundenen Industrien und Berufsgruppen in Ländern außerhalb der Gemeinschaft zu stärken,
- eine abgestimmte Grundlage für die geplanten einheitlichen Regeln für Baubedarfsartikel zu schaffen."

Wie kann dieses Ziel erreicht werden? Was sind die Erfordernisse, damit die Eurocodes für die Praxis attraktiv werden? Was sind die dringenden ersten Schritte auf dem Wege zur Harmonisierung?

Dazu sollen im folgenden einige Entwicklungen und Überlegungen im Hinblick auf den Stahlbau mitgeteilt werden.

2. Mehrdimensionale Harmonisierung

In der ersten Phase der Eurocode-Bearbeitung wurden die ersten Entwürfe für die Eurocodes 1, 2, 3, 4 und 8, die besonders den Stahlbau und den Betonbau betreffen, bearbeitet und in 1984 und 1985 veröffentlicht, Bild 1.

Die Entwürfe zeigen bereits die Tendenz, mit der sich die Harmonisierung der Regeln vollzieht. Diese erfolgt in zwei Dimensionen:

1. Die Harmonisierung der Regeln über die Ländergrenzen hinweg auf der Basis anerkannter, gleicher Sicherheitsprinzipien.

   Diese Harmonisierung ist weitgehend durch die Arbeit der internationalen technischen Verbände und Vereinigungen wie CEB, EKS, JCSS. etc., die sich in Model Codes und Empfehlungen niedergeschlagen hat, vorbereitet worden. Auf der Grundlage dieser Model Codes und Empfehlungen wurde versucht, in den jeweiligen Eurocodes praktische Bemessungsregeln zu schaffen, die die neuen Sicherheitsprinzipien /2/ erfüllen und die von den Mitgliedländern akzeptiert werden können. Die Bemessungsregeln betreffen z.Zt. hauptsächlich Fragen der Tragwerkswiderstände für vorgegebene Einwirkungen, Bild 2, die Einwirkungen selbst sind noch nicht definiert, so daß bei der Überprüfung und versuchsmäßigen Anwendung dieser Regeln in den Mitgliedsländern noch von den jeweils gültigen nationalen Lastvorschriften ausgegangen werden muß.

2. Die Harmonisierung der Regeln über die Baustoffe und Bauarten hinweg auf der Basis gleicher oder ähnlicher Berechnungs- und Bemessungsmodelle, Definitionen etc.

   Dieser Harmonisierungsschritt ist das Ergebnis der Einsicht, daß es sinnlos ist, gleiche oder ähnliche Sachverhalte im Betonbau, Stahlbau oder Verbundbau in verschiedener Weise zu regeln, daß es vielmehr für die Verbesserung der Anwendbarkeit der Regeln und der

Eurocode No 1:	Einheitliche Regeln für verschiedene Bauarten und Baustoffe
Eurocode No 2:	Betonbauwerke
Eurocode No 3:	Stahlbauwerke
Eurocode No 4:	Verbundkonstruktionen aus Stahl und Beton
Eurocode No 5:	Bauwerke aus Holz
Euroocde No 6:	Mauerwerksbauten
Eurocode No 7:	Gründungen
Eurocode No 8:	Bauwerke in Erdbebengebieten

Bild 1: Übersicht über die Eurocodes [ ] bereits veröffentlicht (1984) /1/

Baustoffübergreifende Regeln und Bezeichnungen:

1. Einleitung: Zweck, Geltungsbereich, Bezeichnungen
2. Grundlagen für Entwurf und Bemessung:
   - Grundsätzliche Anforderungen
   - Bemessung nach Grenzzuständen
   - Einwirkungen und Kombinationen
   - Materialeigenschaften
   - Dauerhaftigkeit
   - Berechnungsmodelle und Versuchsmodelle
   - Gütesicherung

Baustoffspezifische Regeln und Bezeichnungen:

3. Werkstoffe: Baustähle, Verbindungsmittel
4. Grenzzustand der Gebrauchsfähigkeit: Durchbiegungen, dyn. Wirkungen
5. Grenzzustand der Tragfähigkeit:
   - Querschnittseigenschaften und Berechnungsmodelle
   - Querschnittsnachweise: Zug, Druck, Biegung, Beulen
   - Bauteilnachweise: Imperfektionen, Druckstab, Biegeträger
   - Systemnachweise: Imperfektionen, verschiebliche und unverschiebliche Systeme
6. Verbindungen:
   - Schrauben, Nieten, Bolzen
   - geschweißte Verbindungen
   - gemischte Verbindungen
   - Stützenfüße
   - Verbindung dünnwandiger Bauteile
7. Herstellung und Montage
   - Materialbehandlung: Verformung, Oberflächenbehandlung, Schneiden
   - Geschraubte Verbindungen: Lagern, Anziehen, Passung, Kontrollen
   - Geschweißte Verbindungen: Verfahren, Qualitätssicherung
   - Abmessungstoleranzen
8. Belastungsversuche: bei Abnahme, Prototypen, Qualitätsprüfungen
9. Grenzzustand der Betriebsfestigkeit (Ermüdung)
   - Anwendungsbereich und Grundlagen
   - Spektrum der Spannungswechsel
   - Betriebsfestigkeit
   - Sicherheitsnachweis

Bild 2: Inhalt des Eurocode 3 (Stahlbau) /1/
[- - - -] für Harmonisierung zwischen verschiedenen Baustoffen vorgesehen

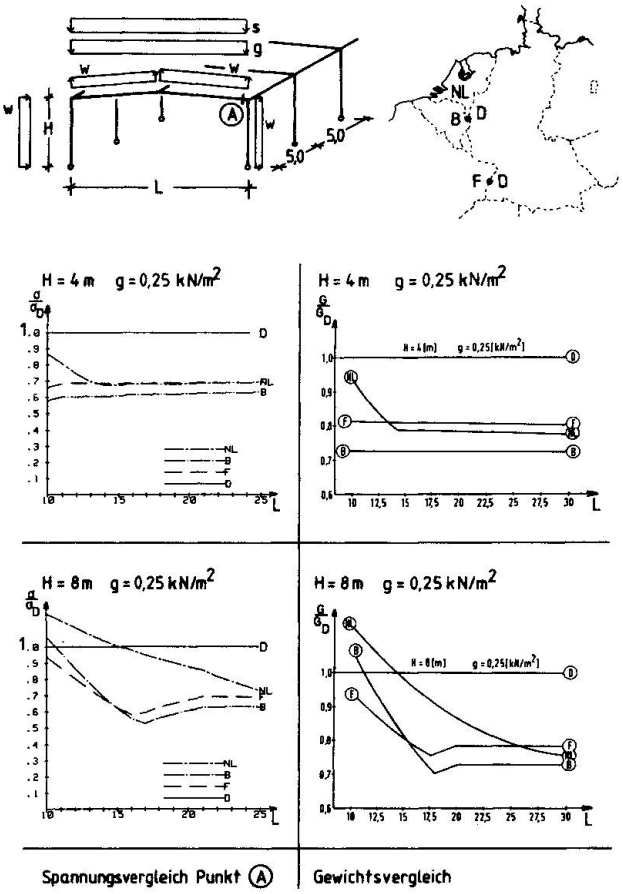


Bild 3: Auswirkung unterschiedlicher nationaler Lastnormen (B, D, F, NL) auf die Spannungen σ/σ_D und Gewichte G/G_D bezogen auf deutsche Vorschriften bei Hallenrahmen /3/.

besseren Öffnung des Wettbewerbs zwischen den Baustoffen darauf ankommt, ein Maximum an gleichartigen Regeln und ein Minimum an bauartspezifischen Regeln zu erzeugen. So wäre es für die Anwender einfacher, bei Projekten Alternativen mit verschiedenen Baustofflösungen zu bearbeiten und die wirtschaftlichsten Lösungen zu finden.

Die Harmonisierung der Regeln über die Baustoffe und Bauarten hinweg ist in den bisher veröffentlichen Eurocodes 2, 3, 4 und 8 zunächst nur in ersten Ansätzen gelungen, hauptsächlich im Inhaltsverzeichnis und bei den Prinzipien des Kapitels 2, Bild 2. Die Weiterarbeit auf diesem Gebiet wird die Schaffung harmonisierter praktischer Anwendungsregeln bedeuten und für die Verbesserung der Eurocodes besondere Bedeutung haben, vor allem im Interesse des Verbundbaus und der Mischbauweisen.

3. Notwendige Harmonisierungen zwischen den Baustoffen

3.1 Einwirkungen und Dauerhaftigkeit

Um die Eurocodes praktisch anwendbar zu machen, sind Lastdefinitionen erforderlich, da die Anwendung der neuen Regeln für die Tragwerkswiderstände eine angepaßte Definition der Einwirkungen verlangt.

Die sehr unterschiedlichen Auswirkung der derzeitig in einigen Mitgliedsländern gültigen nationalen Lastregelungen für Wind und Schnee auf die Spannungen und Gewichte von Stahlhallen geht aus Bild 3 hervor /3/.

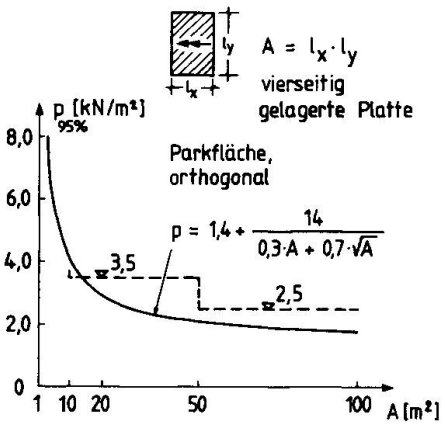


Bild 4: Vorschlag für die Lastmodellierung von Verkehrslasten auf Parkdecks /5/.

Bild 5: Vorschlag für eine Normzahlenreihe /6/

Normzahl $k_n = 10^{\frac{n-1}{40}}$	Rundungszahl Fehler ≤ 2,8 %
1	1
1,059 253	1,05
1,122 018	1,1
1,188 502	1,2
1,258 925	1,25
1,333 521	1,35
1,412 537	1,4
1,496 235	1,5
1,584 893	1,6
1,678 804	1,7

Eine Harmonisierung der Lasten beginnt bei der Modellierung der Lastenverteilung und -anordnung, erst danach kommt die Frage der Lastintensitäten. Ein gelungenes Vorbild für eine solche internationale Harmonisierung der Lastanordnung ist das UIC-Lastbild für Eisenbahnlasten /4/, ein Vorschlag für Parkhauslasten geht aus Bild 4 hervor /5/.

Für die Lösung der Harmonisierung der Lastintensitäten ist eine Methode erforderlich, die es gestattet, Vorschläge für ähnlich große Lastintensitäten als identisch zu erkennen und für unterschiedliche Lastintensitäten Grenzen für eine Einstufung festzulegen. Dazu wurde ein multiplikatives System in Form einer Normzahlreihe mit einer Regel für Auf- und Abrundung vorgeschlagen, /6/, zu der eine Übereinkunft über eine zweckmäßige Schrittweite getroffen werden muß, ein Beispiel ist in Bild 5 angegeben.

Mit einer solchen Normzahlreihe könnte ein Klassifizierungssystem geschaffen werden, das außer auf Lastintensitäten auch auf Widerstände und Sicherheitsfaktoren angewendet werden kann. Ein Beispiel für die vorteilhaf-

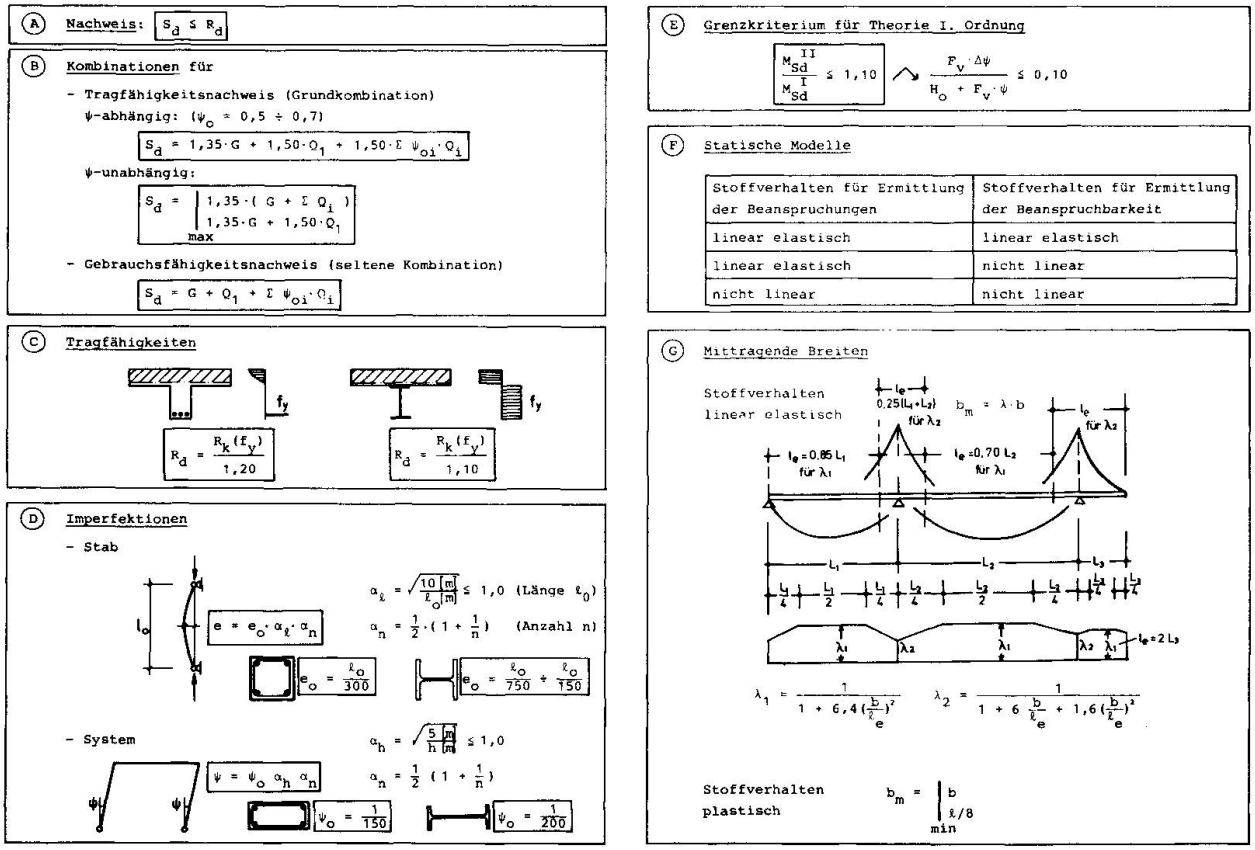
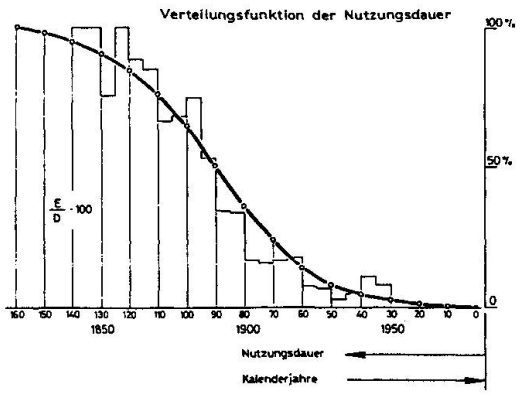


Bild 6: Vorschläge für die bauwesenübergreifende Harmonisierung von Bemessungsregeln (aus dem Arbeitspapier Jan. 1985 der CEB-EKS-Arbeitsgruppe)



te Anwendung im Eurocode 3 ist die Kerbfallklassifizierung für Ermüdungsnachweise in einem Normzahlraster.

Die Schrittweite des Klassifizierungssystems kann auch als ein Maßstab für Genauigkeitsanforderungen, z.B. den notwendigen Aufwand für Sicherheitsnachweise, interpretiert werden. Ein Beispiel hierfür ist die im Eurocode 3 angegebene Schranke für die Anwendung der Theorie 1. Ordnung, nämlich die Genauigkeitsschranke von 10%, die einen großen Anwendungsbereich für einfache lineare Nachweise zur Folge hat, Bild 6.

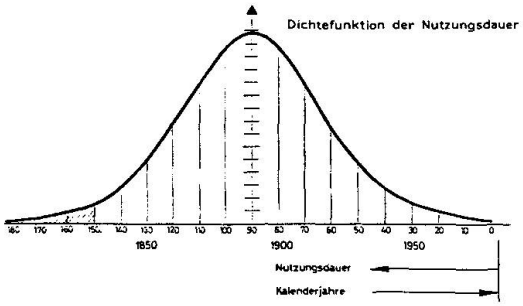


Bild 7: Dichte- und Verteilungsfunktion der Nutzungsdauer stählerner Eisenbahnbrücken in der BRD /7/

Bei der zukünftigen Festlegung der Lastintensitäten, vor allem für technische Lasten, sollte auch in längeren Zeiträumen gedacht, und allzu knappe Lastansätze sollten vermieden werden.

Dies hat seinen Grund in der bisherigen überschaubaren Erfahrung mit der Dauerhaftigkeit von Stahlbauten, die bezogen auf bisher gemessene Werte von Nutzungszeiten noch eine sehr junge Bauweise ist.

Am Beispiel der Einsatzzeiträume stählerner Eisenbahnbrücken in der Bundesrepublik, Bild 7, läßt sich nämlich zeigen, daß die Nutzungszeit der bisher ersetzten Konstruktionen weniger von Unterhaltungsmängeln oder mangelnder Betriebsfestigkeit, als vielmehr durch ungenügende Lastansätze bei der Bemessung bedingt war. Immerhin beträgt der bisher ermittelte Erwartungswert der Nutzungszeit der Eisenbahnbrücken über 90 Jahre /7/.

Die in den Eurocodes geforderte Dauerhaftigkeit der Konstruktionen wird also auch durch ausreichend vorausschauende Lastansätze für Tragfähigkeits- und Gebrauchsfähigkeitsnachweise und durch gleichwertige konstruktive Maßnahmen erzeugt, die den ständig sich ändernden Nutzungsbedingungen gerecht werden. Das sind Maßnahmen, die eine Veränderung der Nutzungsflächen, der Raumaufteilung, und Installation ermöglichen, sowie Maßnahmen zur Erhaltung und Verbesserung der Ansehnlichkeit, für die der Stahlbau hervorragende Voraussetzungen mitbringt.

Zu den ausreichend vorausschauenden Lastansätzen gehört auch eine vorausschauende Lastkombination, die Nutzungsänderungen zuläßt. Gerade im Wirtschaftsbau ist bei bestehenden Bauwerken mit einer laufenden Änderung und Verbesserung der Prozesse und damit der Lasten zu rechnen, was außer Lastvoraussagen auch Voraussagen für die Gleichzeitigkeit von Lastextremen, z.B. für Kranbahnen, die man für die Festlegung der Kombinationsfaktoren ψ benötigt, sehr erschwert.

Wo es also nicht einfach möglich ist, Veränderung von Lasten durch Bauteilverstärkungen aufzufangen, muß zum Zwecke der Dauerhaftigkeit von einfachen, konservativen ψ-unabhängigen Kombinationen ausgegangen werden, die in den Eurocodes, Bild 6, bereits vorgeschlagen sind.

3.2 Gebrauchsbedingungen

Daß die Konstruktionen für die gegebenen Nutzungsbedingungen tragsicher sind, wird im Wettbewerb zwischen verschiedenen Bauweisen als selbstverständlich vorausgesetzt, ein Mehr an Tragfähigkeit als gefordert wird in der Regel auch nicht honoriert. Anders sieht es mit den Gebrauchsbedingungen aus, sie sind in der Regel neben den Kosten Bewertungskriterium.

Erstaunlicherweise wird bis heute von den Möglichkeiten des zahlenmäßigen Nachweises der Gebrauchsfähigkeit, wie sie im Eurocode angegeben wird, kaum Gebrauch gemacht.

Ein Beispiel für die Durchführung eines Gebrauchsfähigkeitsnachweises ist in Bild 8 angegeben /8/.

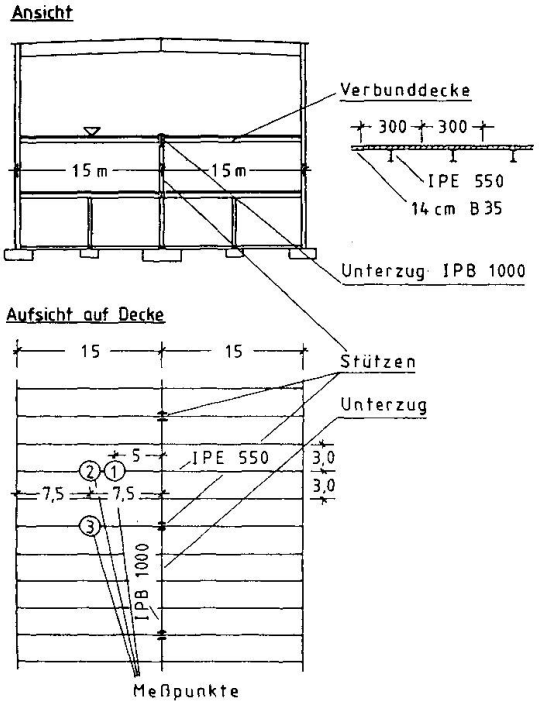


Bild 8: Abmessungen der Deckenkonstruktion einer Ausstellungshalle in Berlin /8/

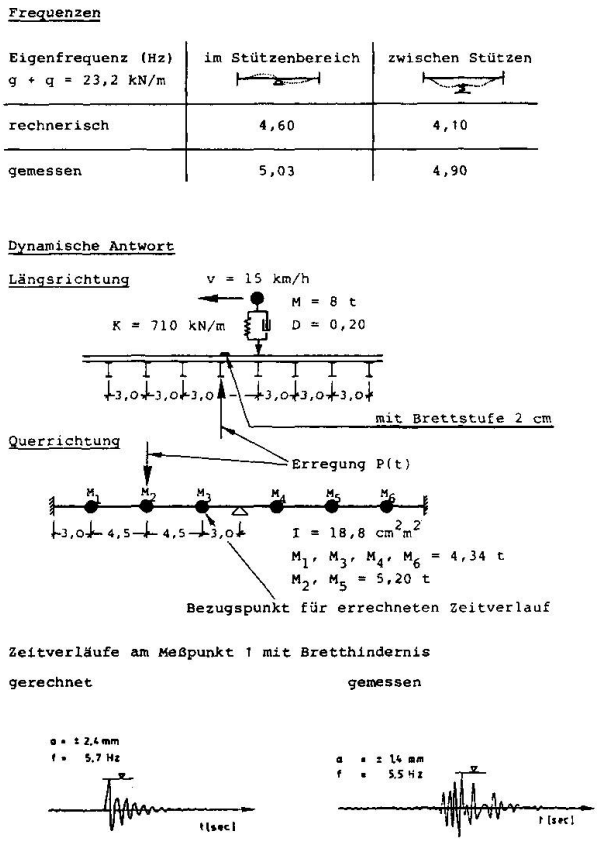


Bild 9: Eigenfrequenzen und Antworten der Deckenkonstruktion auf dyn. Einwirkungen /8/

Für eine Ausstellungshalle in Berlin war nachzuweisen, daß die Verbunddeckenkonstruktion schwingungsunempfindlicher als eine Konkurrenzkonstruktion ist. In Bild 9 sind die Bauwerksfrequenzen und Bauwerksantworten bei der Überfahrt von Gabelstaplern über Bretterhindernisse dargestellt, die die gewünschten Bedingungen sowohl rechnerisch vor der Ausführung und gemäß Messungen nach der Ausführung erfüllten. Im Eurocode 3 sind Belastungs- und Durchbiegungsbedingungen genannt, die es auch ohne solche komplizierte dynamische Simulation des Bauwerksverhaltens erlauben, die erforderlichen Gebrauchsbedingungen einzuhalten.

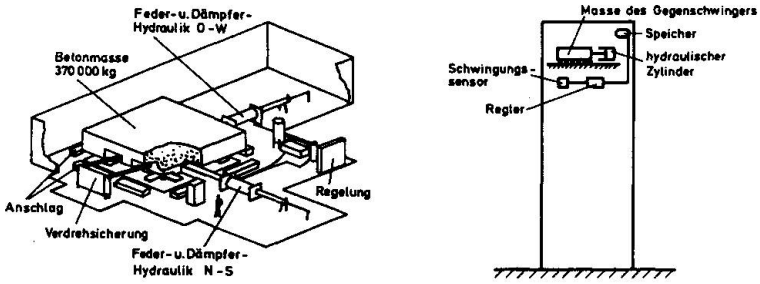


Bild 10: Ausrüstung eines Hochhauses mit passiven oder aktiven Schwingungsdämpfern /9/, /10/

Wenn die Gebrauchsbedingungen nicht von der für Tragsicherheit ausgelegten Konstruktion von Hause aus erfüllt werden, steht die Frage an, ob mit Konstruktionsänderung oder mit Regelung durch passive oder aktive Elemente wirtschaftlich verbessert werden kann. Bild 10 zeigt das Prinzip der Ausrüstung eines Hochhauses mit passiven oder aktiven Schwingungsdämpfern zur Verhinderung störender Schwingungen /9/, /10/.

3.3 Entfeinerung der rechnerischen Nachweise

Eine Entfeinerung der Stahlkonstruktionen ist durch Regeln für steifenlose Verbindungen, höhere Ausnutzung der Verbindungsmittel und Ausnutzung des überkritischen Beulverhaltens im Eurocode 3 eingeleitet. Damit werden wesentliche Herstellungs- und Montagekosten gespart.

Ein ebenso wichtiges Thema ist die Entfeinerung der rechnerischen Nachweise und die weitestmögliche Vereinheitlichung der Bemessungsregeln mit denen des Stahlbetonbaus, so daß auch bei solchen Ingenieuren, die im wesentlichen mit Betonkonstruktionen arbeiten, die Schwellenangst vor Alternativen in Stahl abgebaut wird. Die Vereinheitlichung ist Gegenstand der Arbeit einer Koordinierungsgruppe für die Eurocodes und einer Arbeitsgruppe CEB-EKS, und betrifft zunächst die Regeln, Definitionen und Bezeichungen für folgende Punkte:

- die Einwirkungen
- Die Kombinationsregeln und Sicherheitsbeiwerte, für die Einwirkungen,
- die statischen Tragwerksmodelle, die Imperfektions modelle für Theorie 1. und 2. Ordnung, und die Kriterien für deren Anwendung
- Festigkeitsmodelle für Tragfähigkeit, Gebrauchsfähigkeit und Betriebsfestigkeit,
- gemeinsame Regeln für die Auswertung von Versuchen.

Einige Vorschläge aus dieser Arbeit sind in Bild 6 dargestellt.

4. Zusammenfassung

In der Harmonisierung der technischen Regeln im Rahmen der Eurocode-Bearbeitung liegt die Chance, nicht nur eine Vereinheitlichung über die Ländergrenzen, sondern auch weitgehend über die Baustoffgrenzen zu erreichen, eine Entwicklung, die den Wettbewerb zwischen den Baustoffen und die Möglichkeiten des Stahlbaus und des Verbundbaus erweitern kann.

Für die Wettbewerbsfähigkeit der Stahlkonstruktionen ist nicht allein entscheidend, Gewichte zu sparen, wichtig ist auch die Reduktion des Entwurfsauf-

wands durch einfache Regeln und die Herabsetzung der Herstellungs- und Montagekosten durch Entfeinerung der Konstruktion, die der Eurocode unterstützen will.

Die Nachweismöglichkeit der Gebrauchstüchtigekeit liefert ein zusätzliches Sicherheitselement und Gütemerkmal und sollte zusätzlich zum Tragsicherheitsnachweis beachtet werden.

Der Einfluß von Bemessungsnormen auf die Wirtschaftlichkeit von Bauweisen darf natürlich nicht überschätzt werden. Doch gehen die Anstrengungen bei der Überarbeitung des Eurocodes weiterhin dahin, zur Verbesserung der Sicherheit, Wirtschaftlichkeit und Wettbewerbsfähigkeit von Stahlkonstruktionen beizutragen.

5. Literatur

/1/: Eurocode 3, Entwurf Nov. 1983, Kommission der Europäischen Gemeinschaften.

/2/: Eurocode 1, Entwurf 1984, Kommission der Europäischen Gemeinschaften.

/3/: Hemmert-Halswick, A.: Untersuchungen von Lastfallkombinationen für die Bemessungen von Stahlbauten im Hinblick auf Vereinfachung, Forschungsbericht IfBt.

/4/: Prommersberger, G. und Siebke, H.: Das Belastungsbild UIC-71, die neue Bemessungsgrundlage für den Eisenbahnbrückenbau. Eisenbahntechnische Rundschau 25 (1976) Heft 1/2 S. 33-40

/5/: König, G., Hosser, D., Maurer, R.: Superimposed loads in car parkings. Note January 1985, CIB Commission W 81 - Actions on Structures.

/6/: Siebke, H.: Runden und Ordnen mit definierter Genauigkeit. Veröffentlichung in Vorbereitung.

/7/: Siebke, H.: Monetäre Bewertung langlebiger Investionsgüter, abgeleitet für Eisenbahnbrücken. Veröffentlichung in Vorbereitung.

/8/: Sedlacek, G.: Aspekte der Gebrauchstüchtigkeit von Stahlbauten. Stahlbau 10/1984 S. 305-310

/9/: Ruscheweyh, H.: Dynamische Windwirkung an Bauwerken. Bauverlag GmbH, 1982

/10/: Petersen, N.R.: Design of large scale tuned mass dampers. Reprint 3578 ASCE 1976 (ASCE Convention & Exposition, Boston, April 2-6, 1979)