

# Bemerkungen des Verfassers des Einführungsberichtes: Entwurfsprobleme

Autor(en): **Jungbluth, Otto**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH  
Kongressbericht**

Band (Jahr): **10 (1976)**

PDF erstellt am: **25.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-10547>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

**Bemerkungen des Verfassers des Einführungsberichtes**

Comments by the Author of the Introductory Report

Remarques de l'auteur du rapport introductif

**OTTO JUNGBLUTH**

Prof. Dr.-Ing.

Technische Hochschule Darmstadt  
Darmstadt, BR Deutschland

*Entwurfsprobleme*

Die Berücksichtigung hochfester Stähle beim Entwurf von Ingenieurbauwerken kann nur dann erfolgreich sein, wenn deren besondere Eigenschaften im Hinblick auf das Tragverhalten sowie auf die speziellen Herstellungs- und Montageprobleme beachten werden.

Aus diesen gegenseitigen Rückwirkungen ergibt sich, daß die Probleme der drei Unterthemen ineinandergreifen und ihre Grenzen fließend sind, wie auch die Beiträge der verschiedenen Autoren gezeigt haben.

Das unterschiedliche elastisch-plastische Verhalten der normalen und der hochfesten Baustähle wird von AKYAMA vorteilhaft für den erdbebensicheren Entwurf von Hochhäusern herausgestellt. Das über die Plastizierungsgrenze der normalen Stähle hinauswirkende elastische Verhalten der hochfesten Stähle verteilt die Erdbebeneinwirkungen über die Höhe des Gebäudes und vermeidet dadurch Beanspruchungskonzentrationen in den einzelnen Stockwerken. Deshalb schlägt der Verfasser Hybridkonstruktionen vor (Vorbericht Seite 445) mit vertikalen Korsettstäben aus hochfesten Stahlgliedern in der Mitte oder an den Außenseiten des Hochhauses, damit die Schwingungsenergie durch eine kombinierte plastische Deformation der normalen und elastische Verformung der hochfesten Stahlglieder abgebaut werden kann. Wie Vergleichsuntersuchungen ergeben haben, genügt bereits ein Anteil von 10 % bis 15 % hochfester Stahlstützsysteme im Verbund, um die Energiekonzentration um 50 % zu vermindern. Die Berechnung solcher hybrider Tragwerke für den Entwurf erdbebensicherer Bauten nach AKYAMA zeigt gute Übereinstimmung mit Modellversuchen.

Daß hochfeste Stähle nicht nur im Verbund mit normalen Baustählen, sondern als Stützen auch im Verbund mit Unterzügen und Decken aus Stahlbeton vorteilhaft verwendet werden können, zeigt der Beitrag von GRAVERT. Während für den erdbebensicheren Entwurf von Hochhäusern die hochfesten Stahlglieder lastverteilend wirken, ermöglichen sie hier durch Lastkonzentration auf wenige geschweißte Stahlstützen mit Blechdicken bis zu 100 mm einen erheblichen Nutzflächengewinn (Vorbericht S. 451) gegenüber Stahlbetonstützen, die fast die vierfache Fläche benötigt hätten. Die geschoßweise horizontale Stabilisierung der Stahlstützen durch die Stahlbetondeckenscheiben läßt eine Bemessung auf Knicken nicht maßgebend werden. Die wegen ihrer größeren Lastaufnahmefähigkeit relativ größeren Stauchungsmaße der hochfesten Stahlstützen gegenüber den dehnsteiferen Stahlbetonkernen werden durch Auflagerüberhöhung der Geschoßdecken im Rohbauzustand weitgehend ausgeglichen. Der Beitrag von GRAVERT zeigt, daß der Einsatz von hochfesten Baustählen beim Entwurf von Ingenieurtragwerken nicht nur vom Standpunkt der kostengünstigeren Konstruktion, sondern auch von der wirtschaftlicheren Nutzung her zu beurteilen ist.

Das bekannte Problem der Mitwirkung der Längsträger bei der Hauptträgerbeanspruchung von Fachwerkeisenbahnbrücken mit offener Fahrbahn ist, wie von STRELETZKIJ erläutert wird, beim Einsatz hochfester Stähle für die Hauptträgergurte infolge deren relativ größeren Dehnungsnachgiebigkeit in noch stärkerem Maße zu beachten. Eine genaue computerisierte Berechnung unter Berücksichtigung des räumlichen Zusammenwirkens aller Tragwerksteile (Vorbericht S. 469) und besondere konstruktive Maßnahmen bei den Verbindungen senken dank der Verwendung hochfester Stähle für die Gurte den Stahlverbrauch für diese hybriden Eisenbahnbrücken um 5 % und verbessern darüber hinaus nach STRELETZKIJ auch die Betriebssicherheit und die sonstigen Nutzungseigenschaften. Insbesondere wird ein Freivorbau ohne Montageverstärkungen ermöglicht.

BOLSCHAKOW und POTAPKIN berichten über die Anwendung hochfester Baustähle in weitgespannten Straßen- und Eisenbahnbrücken. Die Festigkeitsuntersuchungen erfolgten durch die Autoren unter Berücksichtigung einer maximalen plastischen Restdehnung auf der Basis der Plastizitätstheorie. Für den Dauerfestigkeitsnachweis wurden Abminderungsfaktoren sowohl für den hochfesten Grundwerkstoff als auch für die hochfesten Verbindungen ermittelt. Die Abminderungsfaktoren für den Knicknachweis geschweißter und gewalzter Breitflanschprofile wurden unter Berücksichtigung von Eigenspannungen berechnet. Auch für längsversteifte Platten in Druckgurten von Kastenträgern im überkritischen Bereich und für kombinierte Verformungen von Trägern im elastisch-plastischen Bereich werden Beziehungen angegeben.

Um die Effizienz hochfester Stähle mit 50 und 60 kp/mm<sup>2</sup> Streckgrenze zu untersuchen, wurden 3 Stahlbrückentypen entworfen. Bei einer Fachwerkeisenbahnbrücke wurden mögliche Gewichtseinsparungen von 2 bis 6 %, bei einer Kasten-trägerautobahnbrücke mit orthotroper Stahlfahrbahn von 5 bis 6 %, aber mit Stahlbetonfahrbahn von 20 % ermittelt. An ausgeführten Brücken (Vorbericht S. 463) wird berichtet über eine Autobahn-Bogenbrücke aus hochfestem Stahl mit 50 kp/mm<sup>2</sup> Streckgrenze, über eine vollgeschweißte Autobahnrahmenträgerbrücke aus hochfestem Baustahl mit einer Streckgrenze von 60 kp/mm<sup>2</sup> und eine Verbundbrücke mit zwei Hohlkästen, die ursprünglich aus Stahl mit Streckgrenze 40 kp/mm<sup>2</sup> ausgeführt werden sollte, für die das Stahlwerk aber hochfesten Stahl S 60 geliefert hat. Nach Auffassung von BOLSCHAKOW und POTAPKIN haben die hochfesten Stähle S 50 und S 60 bisher nicht die erwarteten Vorteile gebracht, insbesondere wegen der im Verhältnis zur Streckgrenzenerhöhung nicht mitwachsenden Dauerfestigkeit. Hervorgehoben wird ihre Widerstandsfähigkeit gegen niedrige Temperaturen.

Kriterien für die Dauerfestigkeitsnachweise der Honschu-Schikoku-Hängebrücken, die als kombinierte Autobahn-Eisenbahnbrücken mit hochfesten Baustählen der Festigkeitsklassen HT 60 bis HT 80 geplant sind, geben TAJIMA, OKUKAWA und TANAKA an. Versuche an Schweißverbindungen erlaubten die Festlegung von zulässigen Dauerfestigkeitsspannungen unter Berücksichtigung von 7 Kerbgruppen für Normal- und Schubspannungen (Vorbericht S. 479). Für jede dieser Kerbgruppen wurden Dauerfestigkeitsgrundwerte ermittelt. Zur Berücksichtigung des Mittelspannungseinflusses sind einfache Beziehungen in Abhängigkeit vom Spannungsverhältnis  $k$  angegeben, die unabhängig von der Kerbgruppe und für die Festigkeitsklassen 60 kp/mm<sup>2</sup> bis 80 kp/mm<sup>2</sup> gleich sind. Bei Schweißverbindungen aus hochfesten Stählen kann durch verschiedene Nachbehandlungsverfahren eine deutliche Erhöhung der Dauerfestigkeit bewirkt werden, wodurch eine Einstufung in die nächst höhere Kerbgruppe zulässig wird. Hervorzuheben ist, daß TAJIMA, OKUKAWA und TANAKA durch eine Schadensakkumulationsrechnung (cumulative damage) auf der Basis der Miner-Regel für die in 100 Jahren auftretenden Belastungswechsel Verbesserungsfaktoren für die Dauerfestigkeitswerte ermitteln. Die bei der Miner-Rechnung zu Grunde gelegte normierte Wöhlerlinie (S-N-Curve) verläuft etwas flacher als die in Deutschland verwendete, d.h. bei gleicher Dauerfestigkeit wird die Zeitfestigkeit für die hochfesten Stähle in Japan etwas niedriger eingeschätzt. In gewisser Übereinstimmung mit den japanischen Untersuchungen ergaben auch deutsche Versuche, daß bei Bauteilen mit geringen Kerbfaktoren, Beanspruchungen mit hohen Mittel-lasten, Belastungen mit geringer Lastspielzahl und Betriebslastkollektive- mit geringem Völligkeitsgrad, die hochfesten Stähle

auch bei schwingender Beanspruchung den niedriger festen Stählen überlegen sind.

HAJDIN berichtet, daß hochfeste Stahldrähte als Paralleldrahtbündel auch unter der schwingenden Beanspruchung einer Schrägseil-Eisenbahnbrücke vorteilhaft eingesetzt werden können, insbesondere, wenn bei günstigem Lastkollektiv das Spannungsverhältnis  $\alpha$  (Vorbericht S. 475) angehoben werden kann. Eine Vergleichsuntersuchung ergab eine Gewichtersparnis von 25 % zugunsten des Paralleldrahtbündels gegenüber dem verschlossenen Seil. HAJDIN befürwortet auf Grund von Schwingfestigkeitsversuchen eine Erhöhung der zulässigen Schwingbreiten um 25 % für das Paralleldrahtbündel, dessen Korrosionsbeständigkeit ein umhüllendes Polyäthylenrohr, in das Injektionsmörtel eingepreßt wird, gewährleistet.

In Ergänzung zu meinem Einführungsbericht kann ich noch mitteilen, daß in einer kürzlich am Institut für Statik und Stahlbau der Technischen Hochschule Darmstadt abgeschlossenen Forschungsarbeit [1] die Anwendbarkeit des vereinfachten Traglastverfahrens mit Fließgelenkhypothese für hochfeste Baustähle am Beispiel des Rahmenträgers überprüft wurde. Experimentelle Untersuchungen haben gezeigt, daß der Bereich Verfestigungsdehnung  $\epsilon_{St}$  minus Fließdehnung  $\epsilon_F$  und der Verfestigungsmodul  $E_{St}$  auch für hochfeste Stähle hinreichend groß sind, um in allen Fällen zu einer ausgeprägten Fließgelenkwirkung zu führen.



Bild 1

Im Versuch (Bild 1) geprüft wurden wirklichkeitsnahe Rahmenträger mit 8,40 m Spannweite aus abgekanteten Blechprofilen der 4 genormten Festigkeitsklassen mit Regelstreckgrenzen  $\sigma_F = 24, 36, 47$  und  $70 \text{ kp/mm}^2$  (Bild 2).

①	②	③	④	⑤
Stahl	Streckgrenze [kp/mm <sup>2</sup> ]	$P_u / P_{gr,F}^{pl,N}$	$P_u / P_{gr,R}^{pl}$	$P_u / P_{gr,F}^{el}$
St 37	$\sigma_F = 24$	1,16	1,12	1,53
St 52	$\sigma_F = 36$	1,11	1,06	1,53
StE 47	$\sigma_F = 47$	1,05	1,01	1,40
StE 70	$\sigma_F = 70$	1,09	1,04	1,59

Vergleich der elastischen und plastischen Grenzlasten bei Rahmenträgern aus 4 Festigkeitsklassen.

Bild 2

Die Gegenüberstellung der im Versuch erreichten höchsten experimentellen Traglast  $P_u$  mit den theoretischen Grenzlasten, bei denen aber die konstruktiv bedingten Anschlußsteifigkeiten an den Knotenpunkten berücksichtigt wurden, ergibt folgendes: Für alle 4 Baustahlfestigkeitsklassen liegt die plastische Grenzlast  $P_{gr,F}^{pl,N}$  mit Berücksichtigung des Normalkrafteinflusses und der tatsächlichen Streckgrenze  $\sigma_F$  mit 5 bis 16 % auf der sicheren Seite (Spalte 3). In unseren Untersuchungen hat sich ferner gezeigt, daß die gute Übereinstimmung mit den Versuchswerten immer noch auf der sicheren Seite lag, wenn man (Spalte 4) den rechentechnisch aufwendigen aber grenzlastmindernden Normalkrafteinfluß mit der gegenüber den tatsächlichen Lieferwerten statistisch niedriger liegenden normenmäßigen Regelstreckgrenze kompensiert. Eine Berechnung nach der elastischen Grenzlast bei unbeschränkter Gültigkeit des Hook'schen Gesetzes (nach Spalte 5) würde aber die Tragfähigkeit des Rahmenträgers um ca. 40 bis 60 % unterschätzen. Diese Versuche bestätigen, daß die plastische Grenzlastbemessung auch für hochfeste Baustähle anwendbar ist.

Meine Damen und Herren,  
zusammenfassend läßt sich feststellen, daß beim Entwurf von Hoch- und Brückenbauten hochfeste Baustähle in vielen Fällen vorteilhaft berücksichtigt werden können, insbesondere bei Hybrid- und Verbundkonstruktionen. Wenn auch ihre Dauerfestigkeit wegen der gleichen Naturkerbigkeit nicht höher liegt als die der niedriger festen Stähle, so ist im Zeitfestigkeitsbereich und bei günstigen Lastkollektiven ihre höhere Festigkeit auch bei dynamisch beanspruchten Tragwerken ausnutzbar.

Insbesondere auf den Gebieten der Stabilität und der schwingenden Beanspruchung sind aber noch weitere Forschungsergebnisse erforderlich, um alle notwendigen Entwurfparameter verfügbar zu haben.

[1] O. Jungbluth und H. Bahernejad:

" Zur Traglastbemessung bei Verwendung der hochfesten Baustähle StE 47 und StE 70 ",

Deutscher Ausschluß für Stahlbau, Forschung und Entwicklung im Stahlbau, 1977.