

Zeitschrift:	IABSE reports of the working commissions = Rapports des commissions de travail AIPC = IVBH Berichte der Arbeitskommissionen
Band:	27 (1978)
Artikel:	In Serien gefertigte Stahlkonstruktionen und ihre Typisierung; Neue einzigartige Bauwerke; Erweiterung der Anwendungsbereiche von Stahlkonstruktionen
Autor:	Dubas, Pierre
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-22164

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: 01.02.2026

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

Ic

**In Serien gefertigte Stahlkonstruktionen und ihre Typisierung. Neue einzigartige Bauwerke.
Erweiterung der Anwendungsbereiche von Stahlkonstruktionen**

Mass-produced Steel Structures and their Standardization. Exceptional Structures.
Extension of the Range of Applicability of Steel Structures.

Structures produites en série et normalisation. Structures exceptionnelles.
Extension du domaine d'application des structures en acier

PIERRE DUBAS

Professor für Baustatik und Stahlbau
Eidgenössische Technische Hochschule
Zürich, Schweiz

ZUSAMMENFASSUNG

In Serien gefertigte Stahlkonstruktionen und ihre Typisierung (Fertigungsgerechte Gestaltung der Konstruktionsdetails und deren Typisierung; standardisierte, in Serien hergestellte Tragelemente; normalisierte Bauwerke sowie Baukastensysteme; Gesamtkonzeption und Wahl der Tragstruktur).

Neue einzigartige Bauwerke (ausserordentliche Spannweiten; Tragsystem bzw. strukturelle Gestaltung; neuere Baustoffe und neuartige Kombination von Baustoffen; neuartige Montageverfahren; besondere Anwendungsbereiche).

Erweiterung der Anwendungsbereiche von Stahlkonstruktionen (Hochbau, Brückenbau).

SUMMARY

Mass-produced steel structures and their standardization (design of details for economical fabrication and typified details; standardized, in-line produced load-carrying members; normalized and modular structures; structural design).

Exceptional structures (exceptional spans; structural system and design; new materials and new combinations of materials; new erection procedures; special fields of application).

Extension of the range of applicability of steel structures (structural engineering, bridges).

RESUME

Structures produites en série et normalisation (détails constructifs conçus de façon à faciliter la fabrication et détails-types; éléments standardisés, fabriqués en série; constructions normalisées ou modulaires; conception d'ensemble et choix du système porteur).

Structures exceptionnelles (portées exceptionnelles; système porteur et conception structurale; matériaux nouveaux et combinaisons nouvelles; procédés de montage inédits; domaines d'application spéciaux).

Extension du domaine d'application des structures en acier (charpentes, ponts).



1. EINLEITUNG

Die anlässlich des Moskauer Symposiums der IVBH zu behandelnden Themen sind verhältnismässig weit gefasst, und ihre genaue Abgrenzung stösst auf gewisse Schwierigkeiten. Der vorliegende Einführungsbericht kann deshalb kaum eine allgemeingültige Darstellung des gegenwärtigen Standes der Technik in den angesprochenen Bereichen bieten; dies um so mehr als zum grossen Teil wirtschaftliche Aspekte miteinzubeziehen sind, die stark von der Materialpreislage und vom Lohnniveau sowie von der Konjunkturlage, ja sogar vom Wirtschaftssystem abhängen, somit von Land zu Land verschieden ausfallen und im Laufe der Zeit beträchtlichen Aenderungen unterworfen sind.

In den nachfolgenden Ausführungen wird daher eine gewisse Einseitigkeit kaum zu vermeiden sein, will man sich nicht auf unverbindliche Allgemeinheiten beschränken. Der Einführungsbericht darf also nicht restriktiv ausgelegt werden, sondern sollte hauptsächlich Anregungen zu einer breiteren Diskussion anlässlich des Symposiums liefern.

Gegenüber den in der Einladung enthaltenen Angaben wurde die Reihenfolge der Unterthemen umgestellt, um gewisse Querverbindungen klarer hervortreten zu lassen. Indem man die Serienfertigung und die dazugehörigen Rationalisierungsmöglichkeiten bei der Herstellung von Stahlkonstruktionen zuerst erörtert, erfährt zudem die Gewichtung der Unterthemen eine gewisse Verschiebung.

2. IN SERIEN GEFERTIGTE STAHLKONSTRUKTIONEN UND IHRE TYPISIERUNG

2.1 Allgemeine Ueberlegungen

Unter Serienfertigung von Stahlkonstruktionen wollen wir im folgenden nicht die eigentliche Fliessbandherstellung (vgl. Thema II des Symposiums), wie sie zum Beispiel in der Automobilindustrie die Regel darstellt, sondern hauptsächlich die Rationalisierungsmöglichkeiten bei der industriemässigen Erzeugung von Brücken- und Hallenkonstruktionen behandeln. Wenn wir die Verhältnisse in der Bekleidungsbranche zur Illustration heranziehen, werden wir somit nicht nur die Konfektionsware betrachten, deren zukünftige "Benutzer" sich dem vorhandenen Angebot anpassen haben, sondern auch die Masskonfektion, bei welcher die Zuschneidung an Hand der spezifischen Wünsche und Bedürfnisse des Kunden erfolgt, die Fertigung aber möglichst wirtschaftlich und somit industriemässig vorgenommen wird.

Im Stahlbau kann man die Rationalisierung bzw. Normalisation in folgende Stufen einteilen, in der Reihenfolge vom kleineren zum höchsten Industrialisierungsgrad angeordnet:

- fertigungsgerechte Gestaltung und Typisierung der konstruktiven Details
- standardisierte, in Serien hergestellte Tragelemente
- normalisierte Bau- oder Tragwerke, entweder direkt nach Katalog oder als Baukastensystem mit einer gewissen Anpassungsfähigkeit

Selbstverständlich können Rationalisierungsmassnahmen für die Werkstatt- und die Montagearbeit auch durch eine günstige Wahl der Gesamtanordnung und des Tragsystems erreicht werden. Die entsprechenden Wechselbeziehungen bilden einen wichtigen Teil des zu untersuchenden Problems.

2.2 Fertigungsgerechte Gestaltung der Konstruktionsdetails und deren Typisierung

Der Lieferpreis einer Stahlkonstruktion hängt weitgehend vom Lohnkostenanteil ab, so dass allgemein die Tendenz besteht, den Stundenaufwand pro Tonne Material möglichst zu senken. Dies ist um so mehr notwendig, als in der letzten Zeit die Stundenlöhne im Verhältnis zu den Materialpreisen stetig angestiegen sind: Bild 1 (nach [1]) zeigt schematisch diese Entwicklung für Westeuropa, wobei die Ordinate die Anzahl kg unverarbeiteten Materials angibt, die mit dem jeweiligen Stundenlohn gekauft werden könnte. Dabei bezieht sich die obere Begrenzung auf Länder mit hohem, die untere auf solche mit tieferem Lohnniveau.

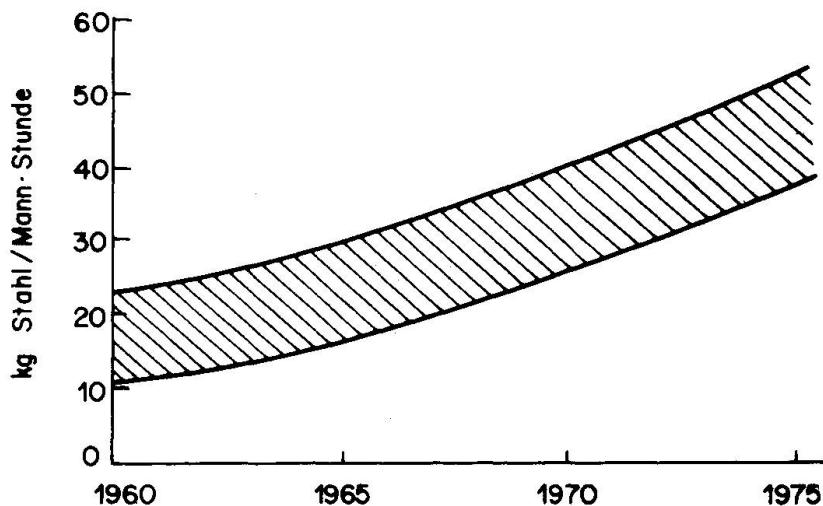


Bild 1 Verhältnis zwischen Material- und Lohnkosten
(inkl. sämtlicher Gemeinkosten)

Wirtschaftspolitisch hätte die Verschlechterung der Konjunkturlage und die dadurch bedingte Erhöhung der Arbeitslosenzahl eine gewisse Tendenzumkehr bewirken können, im Sinne einer besseren Ausschöpfung des Arbeitspotentials. Dies ist allerdings nur in sehr beschränktem Masse möglich, sind doch auch die Materialpreise von den Marktverhältnissen abhängig und somit leichte, aber arbeitsintensive Konstruktionen bei knappen Aufträgen kaum konkurrenzfähig.

Wie kann nun der Stundenaufwand für die Werkstattfertigung gesenkt werden? Diese Frage ist einfach zu beantworten, wenn man sich vergegenwärtigt, dass die Lohnkosten hauptsächlich durch die Herstellung der Verbindungen verursacht werden, sei es die Verbindungen zur Zusammensetzung eines Bauteiles (Blechträger, Fachwerkträger usw.) oder diejenigen zum Anschluss verschiedener Tragelemente unter sich. Der Arbeitsaufwand sowohl in der Werkstatt als auch auf der Baustelle hängt somit wesentlich von der gewählten konstruktiven Gestaltung ab, wie dies Bild 2 zeigt (nach [2] und [3]).

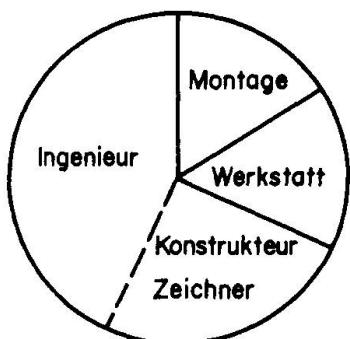


Bild 2 Anteile der einzelnen Ausführungsstellen an der Arbeitseinsparung



Selbstverständlich tragen auch die Organisationsform und die maschinelle Ausrüstung der Werkstatt sowie der Baustelle zu den Kosteneinsparungen bei. Günstige Bearbeitungs- und Herstellungsmöglichkeiten können aber nur dann ausgenutzt werden, wenn der entwerfende Ingenieur und Konstrukteur die entsprechenden Bedingungen berücksichtigt und somit fertigungsgerecht gestaltet.

Im Rahmen des Einführungsberichtes ist es natürlich nicht möglich, diesen Fragenkomplex in aller Ausführlichkeit darzustellen. Es soll somit nur auf einzelne Aspekte exemplarisch eingegangen werden.

Bei der Festlegung der konstruktiven Gestaltung sind primär die Kriterien der Tragsicherheit und der Gebrauchsfähigkeit einzuhalten. Wir beginnen somit mit dem Einfluss der Berechnungs- und Bemessungsmethoden auf den Bearbeitungsaufwand. Als charakteristisches Beispiel dieser gegenseitigen Befruchtung sind die rippenlosen Krafteinleitungen zu erwähnen: der Stundenaufwand hängt in hohem Masse von der Anzahl Steifen in den Konstruktionsdetails ab, und es ist deshalb verständlich, dass die für die Fabrikation verantwortlichen Stellen Impulse zur Forschung auf diesem Gebiet gegeben haben. Die Ergebnisse dieser vorwiegend experimentellen Untersuchungen sind sehr ermutigend und können folgendermassen zusammengefasst werden: bei im Verhältnis zur einwirkenden Einzellast genügend hohen Profilstärken dürfen die bis anhin üblichen Aussteifungen weggelassen werden, falls die entsprechenden Festigkeits- und Stabilitätskriterien (örtliches Beulen bzw. Stegkrüppeln) eingehalten werden (vgl. z.B. [4]).

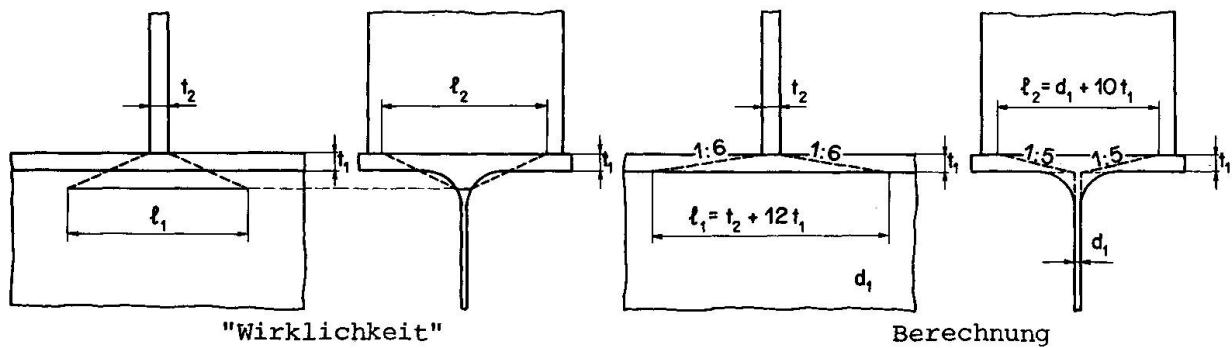


Bild 3 Kraftverteilungen in einem Walzprofil

Bild 3 zeigt zur Illustration die sich aus Versuchen ergebenden Lastausbreitungen für die Krafteinleitung zwischen einer Lasche (bzw. dem Flansch eines anzuschliessenden Trägers) und einem Walzprofil. Die Ausrundung zwischen Steg und Flansch wirkt sich günstig aus: für die Lastausbreitung von der Lasche Richtung Steg liegt der massgebende Querschnitt im Ausrundungsbereich, so dass die Verteilungshöhe grösser ist als die Flanschstärke; zudem ist die Materialdicke im Bruchquerschnitt höher als die Stegstärke. Um die Bezugsgrössen t_1 und t_2 beibehalten zu können, wie sie im Grundfall ohne Ausrundung die Hauptparameter darstellen, kann der Einfachheit halber mit einer flacheren Verteilung als im Grundfall gerechnet werden. Wird die Ausbreitung vom Steg Richtung Lasche untersucht, so wirkt sich die Ausrundung nur in der Vergrösserung der Verteilungshöhe aus, so dass eine etwas steilere Verteilung anzunehmen ist.

Eine ähnliche erwünschte Verminderung des Arbeitsaufwandes ergibt sich aus der sowohl durch zahlreiche Versuche (vgl. u.a. [5], mit einem ausführlichen Literaturverzeichnis) als auch durch theoretische Untersuchungen belegten Möglichkeit, Blechträger auch bei sehr dünnwandigem Steg steifenlos auszubilden, d.h. nur mit Auflagerrippen vorzusehen. Bild 4 zeigt mögliche Modelle für das Tragverhalten im überkritischen Beulbereich bei Biegung (4a, vgl. z.B. [6]) und bei Schub (4b, vgl. [7]). Das Ausfallen eines Teiles der Stegdruckzone bedingt eine Verstärkung

des Druckgurtes, so dass Gewichtseinsparungen kaum möglich sind. Dagegen fallen der Zuschnitt sowie das arbeitsintensive Anschweißen der Zwischensteifen fort, so dass eine solche Ausbildung gesamthaft wirtschaftliche Vorteile mit sich bringt.

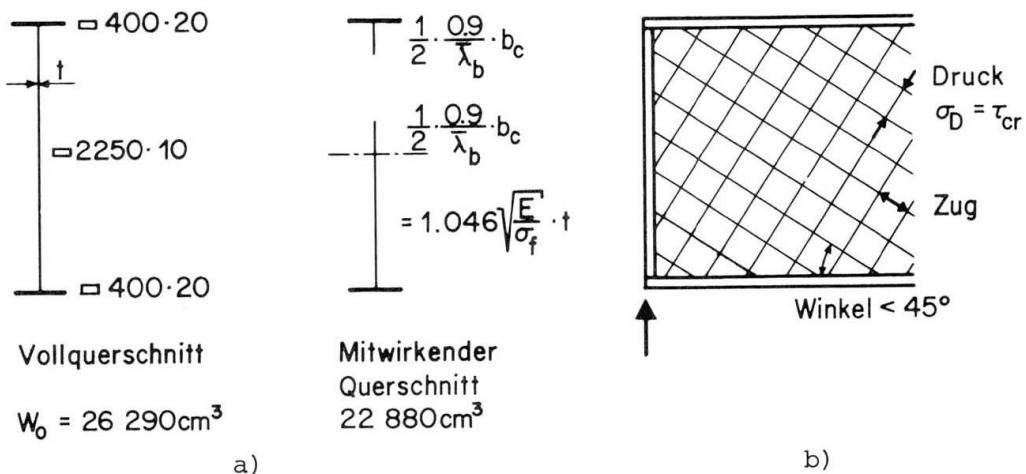


Bild 4 Tragmodelle für Biegung und Schub im überkritischen Beulbereich

Die Ausnützung des überkritischen Beulverhaltens erlaubt zudem die wirtschaftliche Ausbildung von dünnwandigen Blechelementen, die gleichzeitig tragende und raumabschliessende Funktionen auszuüben haben. Bei Dacheindeckungen aus durch Rollformen (ev. durch Abkanten) profilierten Blechen können dadurch die erreichbaren Spannweiten so gesteigert werden, dass Pfetten überflüssig werden (vgl. Bild 5 nach [8]). Auch wenn Dachpfetten kaum arbeitsintensive Bauteile darstellen, bringt das Weglassen dieser Sekundärelemente doch eine spürbare Verminderung des Arbeitsaufwandes, falls der Binderabstand nicht allzu klein gewählt werden muss (vgl. 2.5).

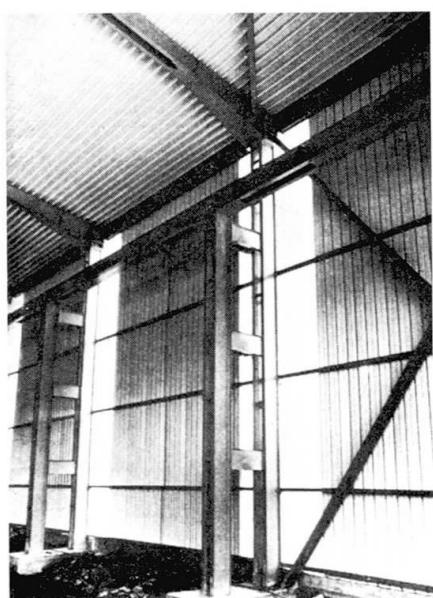
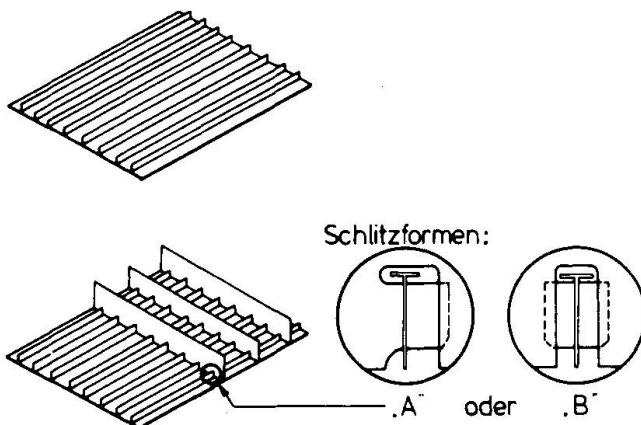


Bild 5 Halle mit von Binder zu Binder tragender Dacheindeckung

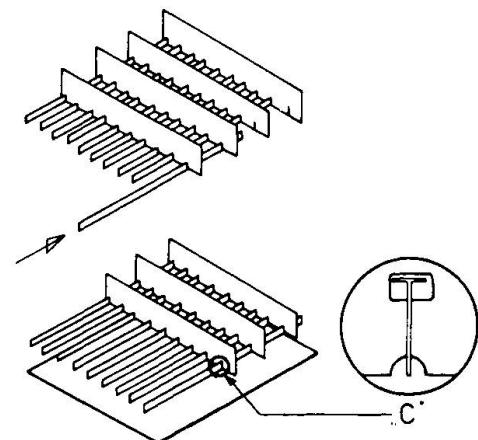
Assembely System" eine festigkeitsgünstige und zugleich fertigungsgerechte Konstruktion gestattet.

Als zweiter Einfluss soll derjenige der zur Verfügung stehenden Werkstatteinrichtungen auf die konstruktive Gestaltung skizziert werden. Dabei wollen wir zwei extreme Beispiele bezüglich des Bearbeitungsaufwandes betrachten, nämlich vollgeschweißte Konstruktionen höchster Komplexität einerseits, wie sie in der Leichtfahrbahn anzutreffen sind, und einfache Tragglieder des Hochbaus anderseits.

Die Herstellung der längs- und querversteiften Elemente einer Leichtfahrbahn stellt ähnliche Probleme wie die Fertigung versteifter Plattenfelder im Schiffbau. In diesem Industriezweig hat man schon seit längerer Zeit Erfahrungen mit der Rationalisierung der Fertigungsprozesse und liegt auf diesem Gebiet an der Spitze. Bild 6 (nach [9]) zeigt als Beispiel zwei verschiedene Verfahren für die Reihenfolge des Zusammenbaus, wobei das in Japan entwickelte "Egg-Box-



a) Europäisches System



b) Japanisches System

Bild 6 Vergleich verschiedener Fertigungsverfahren für Plattenfelder im Schiffbau

Im Brückenbau sind ähnliche Methoden anzutreffen. Dabei übt der Querträgerabstand den Haupteinfluss auf die Fertigungskosten aus: grösstmögliche Abstände verringern die Anzahl aufwendiger Kreuzungen zwischen Querträgern und Längsrippen, so dass die optimale Anordnung nicht dem kleinsten Quadratmetergewicht entspricht. Die günstigen Abstände hängen zudem von der Querschnittsform der Längsrippen ab, indem Flachstähle oder Wulstprofile eine einfache Durchführung durch die Querträgerstege erlauben und somit kleinere Abstände ermöglichen (vgl. z.B. die ausführlichen diesbezüglichen Betrachtungen in [10]).

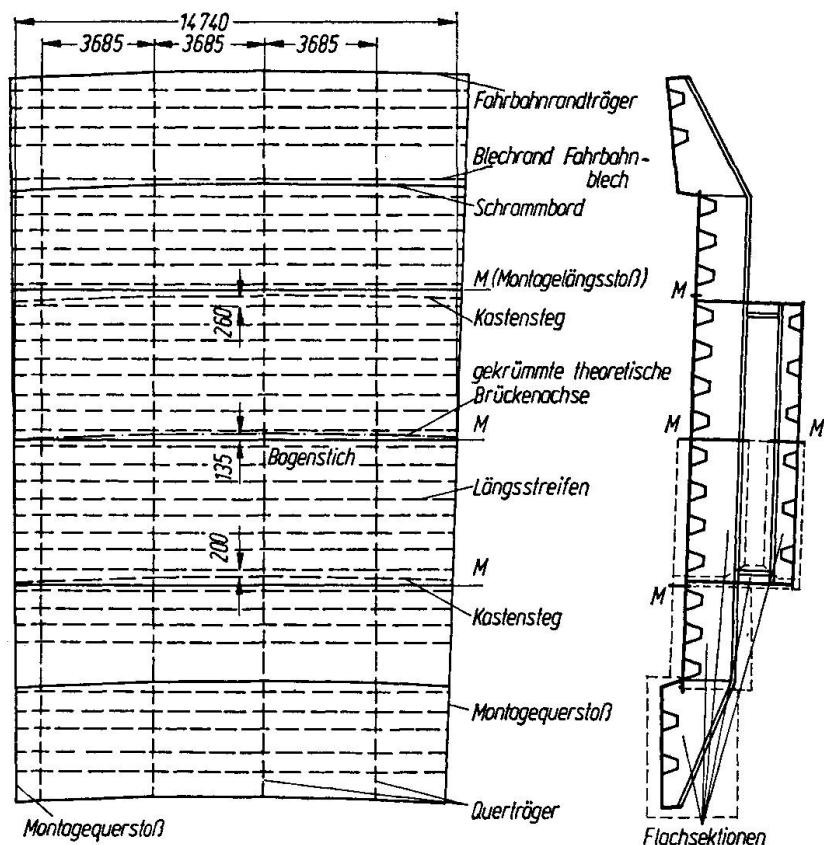


Bild 7 Draufsicht auf einen Brückenschwung und Flachsektionen der Straßenbrücken über die Bundesbahnstrecke Stuttgart-Ludwigsburg

Ein interessantes Beispiel für die bewusste Ausnützung der Typisierung bei einem anspruchsvollen Tragwerk zeigen die Straßenbrücken im Zuge der Ortsumfahrung Stuttgart-Zuffenhausen (vgl. [11]). Obwohl die Ueberbauten im Grundriss gekrümmmt sind und veränderliche Spannweiten aufweisen, hat man eine gewisse Vereinheitlichung durch die Wahl eines konstanten Querträgerabstandes bei der Leichtfahrbahn sowie von gleich langen und gleichartig ausgebildeten Brückenschüssen erreicht. Zudem verlaufen die trapezförmigen Längsrippen über den relativ grossen Querträgerabstand trotz der Krümmung geradlinig (Bild 7), so dass die Längsnähte automatisch verschweisst werden können.

Während bei den vorher besprochenen komplizierten Tragelementen praktisch nur das Schweißen für die Herstellung sowohl der Werkstatt- als auch der Montageverbindungen in Frage kommt, versucht man im allgemeinen Hochbau, mit Walzprofilen auszukommen; zudem werden die Baustellenanschlüsse meistens verschraubt. Seit einiger Zeit stehen in vielen Stahlbauwerkstätten numerisch gesteuerte Bearbeitungsmaschinen zur Verfügung (vgl. u.a. [12]): Sägemaschinen, Bohranlagen und Brennschneideeinrichtungen. Die letzteren sind allerdings schon seit längerer Zeit bekannt, wobei anfänglich andere Steuerungsverfahren üblich waren, und wurden zuerst im Schiffbau und im Kesselbau eingesetzt, d.h. für durch Schweißung zusammengesetzte Elemente. Dies bleibt auch das übliche Anwendungsgebiet solcher Einrichtungen im Stahlbau. Da der Blechzuschnitt und die Kantenvorbereitung nur einen kleineren Anteil an den Kosten einer Schweißverbindung ausmachen, führt allerdings das automatische Brennschneiden kaum zu einer merklichen Beeinflussung der konstruktiven Gestaltung.

Anders liegen die Verhältnisse bei den öfters in einer Transferstrasse gekoppelten Säge- und Bohranlagen. Besonders bei den Bohranlagen übernimmt die Maschine die Werkstattarbeit für die Vorbereitung einer geschraubten Montageverbindung auf Grund von auf Lochstreifen gespeicherten Befehlen praktisch automatisch; zudem fallen die Unkosten für den betriebsinternen Transport grösstenteils aus. Meistens besitzt die Bohranlage mehrere Köpfe mit waagrechter und lotrechter Achse (Bild 8), so dass an der vorgesehenen, selbsttätig eingemessenen Stelle gleichzeitig mehrere Löcher ausgeführt werden.

Im Vergleich zu den bei einer herkömmlichen Bohrmaschine nötigen Arbeitsgängen ergibt sich eine beträchtliche Verminderung des Arbeitsaufwandes (kein Anreisen und Ankörnen der Lochmitten, keine Drehung der Werkstücke usw.) Dadurch wer-

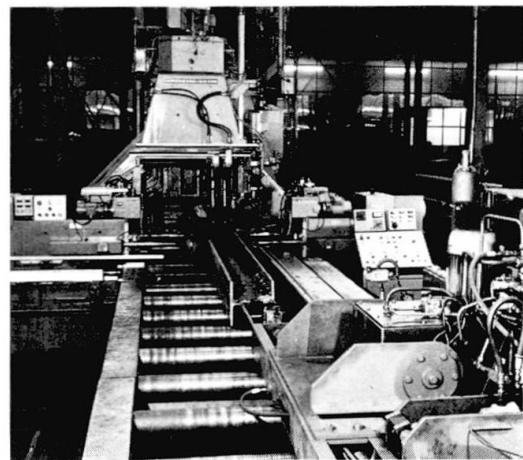
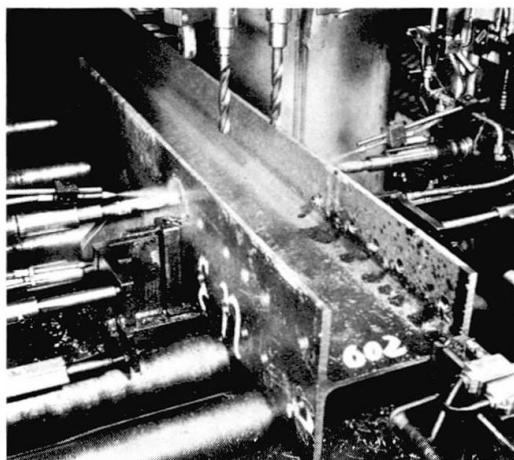


Bild 8 Numerisch gesteuerte Bohranlage

den rein verschraubten Verbindungen, die grundsätzlich den fast verschwundenen Nietverbindungen gleichen, sehr wirtschaftlich. Bild 9 zeigt, am Beispiel des "gelenkigen" Anschlusses eines Trägers an eine Stütze, die Gegenüberstellung der gemischten Lösung mit am Trägersteg angeschweißter Stirnplatte (Bild 9a, nach [13]) und der Ausbildung mit Doppelwinkel und Verschraubung in beiden Schenken (Bild 9b), wie sie seit den Anfängen der Stahlbauweise beim genieteten Anschluss üblich war und die einen gewissen Ausgleich der Ausführungstoleranzen erlaubt.

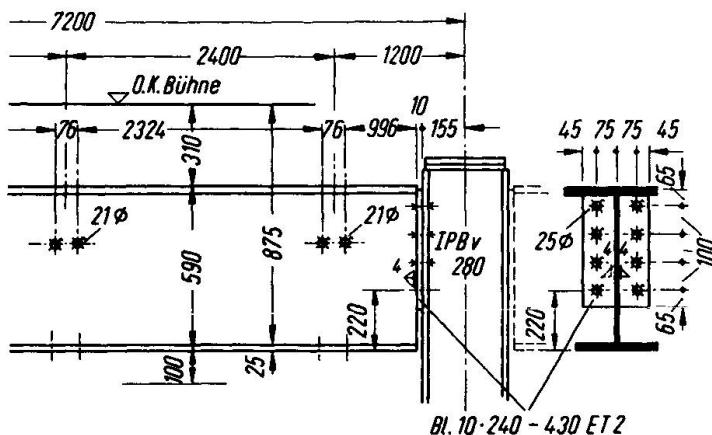


Bild 9a Verschraubter Stirnplattenanschluss

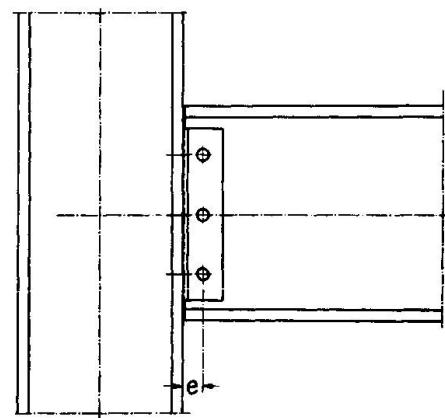


Bild 9b Anschluss mit
Doppelwinkel

Beim Anschluss eines Sekundärträgers an einen Unterzug (oder einen Binder) sind die Flansche oft oberkantbündig anzutragen. Bild 10 (nach [14]) zeigt drei Ausbildungsmöglichkeiten, wobei die zwei ersten Schweissarbeiten in der Werkstatt bedingen, die wegen der kleinen benötigten Nahtlängen eine im Verhältnis zur Schweisszeit hohe Vorbereitungszeit erfordern und kaum automatisiert werden können; zudem sind interne Transporte nicht zu vermeiden. Die dritte Lösung verlangt dagegen nur den Einsatz der Bohranlage und liegt somit bezüglich des Arbeitsaufwandes in der Werkstatt meistens günstiger; auch ist auf der Baustelle kein seitliches Einfahren nötig. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass bei solchen "gelenkigen" Anschlüssen die Stegverschraubung das Moment aus der relativ grossen Exzentrizität der in der Achse des Hauptelementes wirkenden Auflagerkraft aufzunehmen hat und somit stärker auszubilden ist.

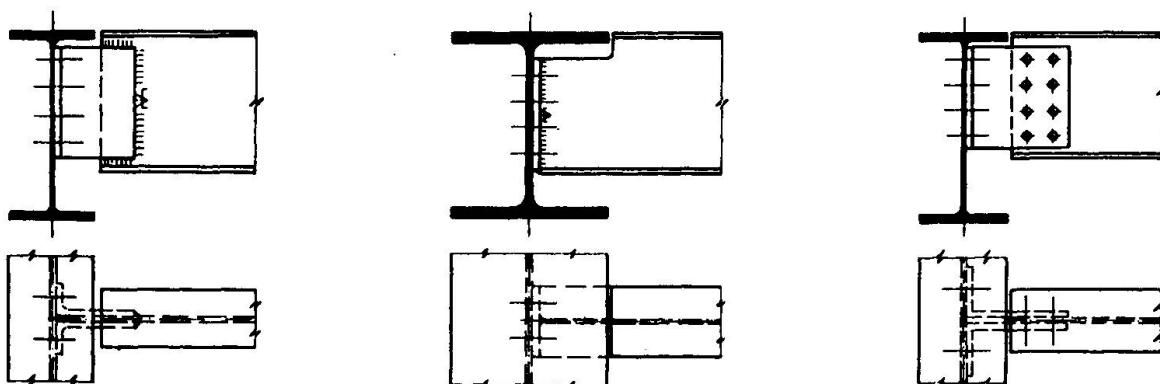


Bild 10 Typisierte "gelenkige" Anschlüsse von Sekundärträgern

Ob man so weit gehen will, dass man auch das Anschweißen der Fussplatte einer Stütze (Bild 11a) durch eine Verschraubung (Bild 11b) ersetzt, ist eine Ermessensfrage. Immerhin ist zu beachten, dass die Naht kaum tragende Funktionen hat

und somit so dünn gehalten werden darf, dass trotz der raschen Wärmeableitung eine einwandfreie Aufschmelzung des Grundmaterials gewährleistet ist.



Bild 11a Angeschweißte Fussplatte

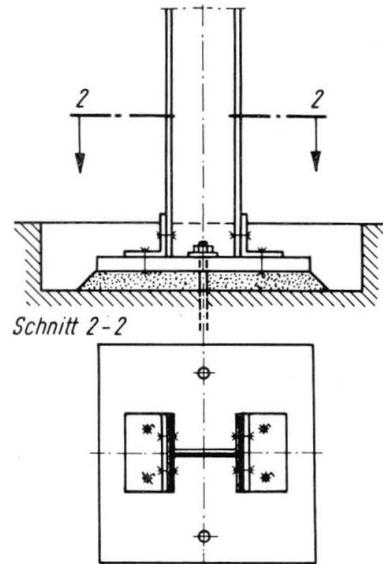


Bild 11b Angeschraubte Fussplatte

Die obenerwähnten Bearbeitungsverfahren setzen neue Methoden der Arbeitsvorbereitung voraus. Für die numerisch gesteuerten Maschinen sind Lochstreifen oder andere Formen der Befehlspeicherung notwendig, welche das Vorgehen im Konstruktionsbüro beeinflussen; allerdings hat man früher bereits sog. Additionslisten der Werkstatt zur Verfügung gestellt, um die Anreissarbeit zu vereinfachen.

Der Aufbau der Fabrikationsunterlagen ist ebenfalls den angewendeten Fertigungsmethoden anzupassen, z.B. indem öfters wiederkehrende Elemente, die eine Serienherstellung ermöglichen, entsprechend dargestellt werden. Kleinere Änderungen in der Vermassung werden dabei tabellarisch festgehalten, so dass die Zeichnung selber schematisch bleiben darf oder überflüssig wird. Dass dieses Verfahren auch im Grossbrückenbau, d.h. bei einer vorwiegend durch Schweißen hergestellten Konstruktion Rationalisierungsmassnahmen durch Vereinfachung der konstruktiven Gestaltung mit sich bringt, zeigt sich an der Fertigung der Eisenbahnbrücke über die Süderelbe [15].

Diese wenigen Beispiele sind als Anregung zu verstehen, anlässlich des Symposiums auf weitere praktische Fälle der Interaktion zwischen der konstruktiven Ausbildung und der Werkstattfertigung sowie dem Montagevorgang einzugehen.

2.3 Standardisierte, in Serien hergestellte Tragelemente bzw. Fertigteile

Die nächsthöhere Stufe der Normalisation betrifft die Tragelemente. In diesem Zusammenhang ist daran zu erinnern, dass die im Stahlbau am meisten verwendeten standardisierten Elemente ganz einfach die Walzprofile sind. Durch die Einführung der PE-Reihe vor etwa zwanzig Jahren sowie der daraus abgeleiteten PEv- und PEO-Reihen hat die Stahlindustrie einen nicht zu unterschätzenden Beitrag zur Förderung des Stahlbaus geleistet.

Unter standardisierten Elementen versteht man allerdings in der Regel etwas anderes, nämlich die in den Stahlbauwerkstätten selber hergestellten Bauglieder wie Wabenträger, leichte Gitterträger und dgl. Diese Bauglieder bedingen an sich einen relativ hohen Stundenaufwand, der jedoch durch Rationalisierungs-



massnahmen, und eine mindestens teilweise Automatisierung, in Grenzen gehalten werden muss. Auf alle Fälle sind die Gewichtseinsparungen so gross, dass bei nicht allzu kleinen Spannweiten der Gesamtpreis tiefer zu liegen kommt als bei Walzprofilen gleicher Tragfähigkeit. Zudem erreicht man eine höhere Steifigkeit, was bei zahlreichen Anwendungen ausschlaggebend ist. Auch hier kann die Entwicklung neuer Bemessungsmethoden die Konkurrenzfähigkeit verbessern, wie dies mit den plastischen Berechnungsverfahren für die Wabenträger der Fall war (vgl. u.a. [16]). Wichtiger bleibt allerdings die Wahl einer preisgünstigen Fertigung, unter Berücksichtigung der einzuhaltenden Toleranzen.

Bei Gitterträgern aus Winkelprofilen werden seit einiger Zeit die Strebenanschlüsse mittels Schliessringbolzen ausgeführt, mit einem zwar höheren Preis für die Beschaffung der Verbindungsmittel, aber mit einem gegenüber geschweißten Anschlüssen, wie sie sowohl bei Trägern mit Winkelstreben (Bild 12a) als auch bei den sog. R-Trägern (Bild 12b) vorkommen, stark verminderten Bearbeitungsaufwand. Auch hier hat somit die Entwicklung der Werkstatteinrichtungen und die Änderung der wirtschaftlichen Verhältnisse gewissermassen zu einer Rückkehr zur Nietkonstruktion geführt!

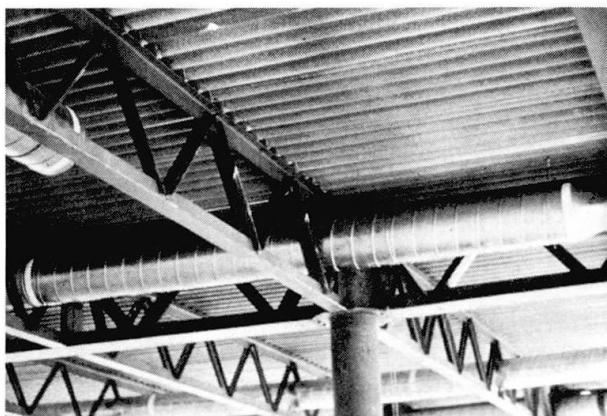


Bild 12a Geschweißter Gitterträger

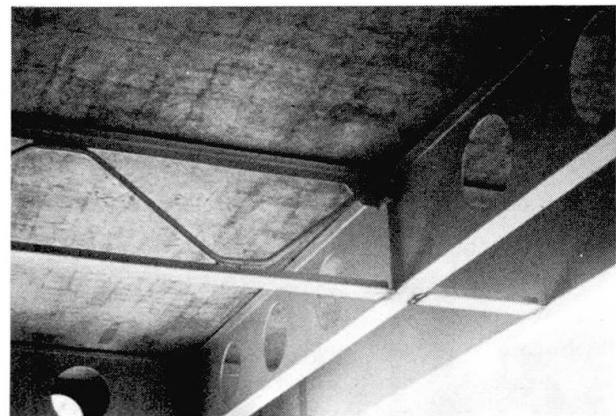


Bild 12b R-Träger



Bild 13 Träger mit gewelltem Steg

In gewissen Ländern werden auch Blechträger mit katalogisierten Eigenschaften in Serien hergestellt, die öfters in Konkurrenz zu den grösseren Walzprofilen stehen. In Schweden werden zu diesem Zweck nicht nur dünnwandige steifenlose Träger (vgl. 2.2, Bild 4), sondern auch solche mit gewelltem Steg (Bild 13) eingesetzt. Diese Form erlaubt, den Steg äusserst dünn zu halten, wirken doch die stehenden Wellen als Quersteifen. Ueberkritische Beulreserven sind allerdings praktisch keine vorhanden, verlangt doch die Ausbildung eines Zugfeldes eine Streckung des Steges und somit eine Art von Durchschlägen mit sehr grossen Verformungen (vgl. [17] für Stege mit relativ flachen Wellen). Fertigungstechnisch erlaubt der wellenförmige Verlauf des Steges die Anordnung einer einseitigen Kehlnaht als Halsnaht, ohne die

bekannten Nachteile dieser Ausbildung bei ebenen Stegen. Es wäre interessant, Näheres über das Betriebsverhalten und die Lebenserwartung solcher Träger zu erfahren.

Zum Gebiet der standardisierten Tragelemente gehören auch die Kaltprofile, welche die Grundlage der Leichtbauweise bilden. Leichtprofile werden meistens von spezialisierten Unternehmungen hergestellt und nach Katalog geliefert, so dass von diesem Gesichtspunkt aus keine grundsätzlichen Unterschiede zu den warmgewalzten Profilen bestehen. Die Probleme für den entwerfenden Ingenieur liegen hier weniger in der Beherrschung der technologischen Besonderheiten, die sich im Bereich der Herstellerfirmen stellen, als in einer Gestaltung des Tragsystems, welche eine sinnvolle Verwendung solcher Kaltprofile erlaubt.

Neuere Verbindungsmitte wie das Kleben und das Punktschweißen, welche in der Flugzeug- bzw. Automobilindustrie im grossen Massstab eingesetzt werden, spielen bis heute nur eine untergeordnete Rolle bei der Serienherstellung. Es bleibt abzuwarten, ob hier neuere Entwicklungen für die Stahlbauweise zu erwarten sind.

Als Uebergang zum nächsten Abschnitt sollen die standardisierten Elemente erwähnt werden, wie sie als Bestandteile zur Herstellung von Baukastensystemen und dgl. Verwendung finden.

2.4 Normalisierte Bauwerke sowie Baukastensysteme

Verschiedene Stahlbaufirmen bieten standardisierte Konstruktionen auf dem Gebiete des Brückenbaus und des Hochbaus an. Schon im 19. Jahrhundert standen sog. Kolonialbrücken nach Katalog zur Verfügung, neben den eigentlichen Kriegsbrückensystemen (vgl. u.a. [18]). Heute werden zahlreiche Typen von Brückentragwerken, zum Beispiel Fussgängerstege, Ueberführungen, Hochstrassen (vgl. z.B. [19]), Notbrücken und dgl. offeriert. Beiträge betreffend solche Ausführungen sind sehr erwünscht, wobei insbesondere auf die gegenseitige Abhängigkeit zwischen Entwurf und Fertigungs- sowie Montagebedingungen hinzuweisen wäre.

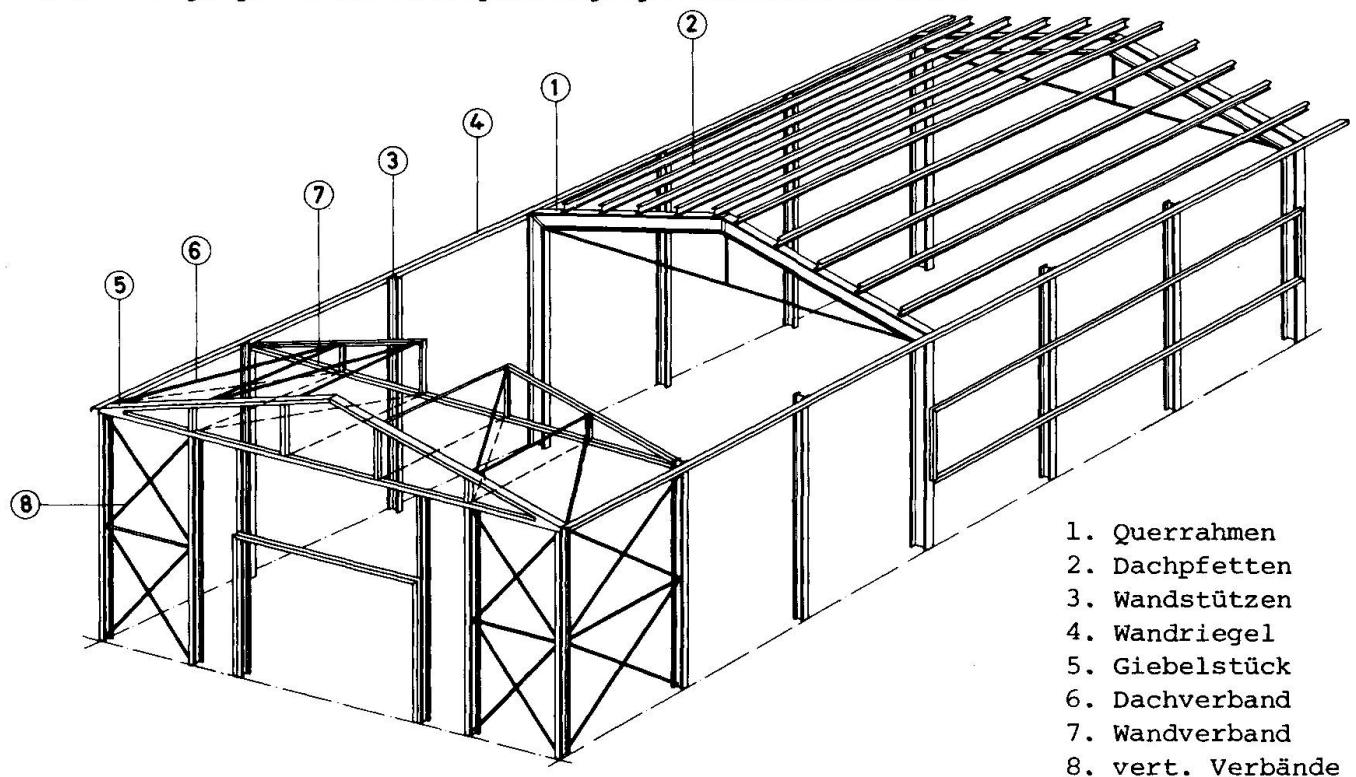


Bild 14 Ansicht der Normhalle SSV



Normhallen bieten den Vorteil einer kurzen Lieferfrist, werden doch öfters die Tragelemente vorfabriziert und an Lager gelegt. Auf alle Fälle liegen sowohl die statische Berechnung als auch die konstruktive Gestaltung sowie die für die Fertigung benötigten Unterlagen bei der Bestellung bereits vor, mindestens in Form eines Standardprogrammes (vgl. u.a. [20]), in das gewisse Variationsmöglichkeiten eingebaut sind. Meistens handelt es sich um Lagerhallen oder Fabrikationshallen der Leichtindustrie, da die Einbeziehung schwerer Krananlagen kaum sinnvoll wäre. Gewächshäuser werden praktisch immer als Normprodukte geliefert.

Bild 14 (s. vorhergehende Seite) zeigt die Ausbildung einer in der Schweiz entwickelten Normhalle (vgl. [21]), wie sie mit verschiedenen Dacheindeckungen und Wandverkleidungen, die mitgeliefert werden, zur Verfügung steht. Die Vor- und Nachteile solcher standardisierten Ausführungen sind wohl bekannt: Verminderung der Baukosten durch die Normalisierung (Reduktion der Entwurfsarbeit) und die Serienherstellung sowie schlüsselfertige Lieferung mit der entsprechenden Vereinfachung des Bauablaufes einerseits, schlechtere Anpassungsfähigkeit an wandelbare Betriebsbedingungen usw. anderseits.

Die in Abschnitt 2.2 erwähnten neuen Fertigungsverfahren erlauben eine breite Variationsmöglichkeit auch für standardisierte Bauten, indem zahlreiche Bearbeitungsbefehle im voraus geplant und gespeichert werden können, solange die konstruktive Gestaltung grundsätzlich gleich bleibt. Dadurch wird die Berücksichtigung verschiedener Lastannahmen oder sogar verschiedener Berechnungsvorschriften ohne allzu grossen Aufwand möglich, wobei für die Werkstatt die Rationalisierung durch Serienfertigung auch bei geänderten Massen grösstenteils erhalten bleibt. Es ist zu hoffen, dass die dabei zu lösenden Probleme nicht als Geheimnisse der auf diesem Gebiete spezialisierten Firmen angesehen, sondern am Symposium besprochen werden.

Die meisten der vorherigen Ausführungen gelten ebenfalls für die bekannten Systeme von Raumtragwerken, wobei vorwiegend zweilagige, zwei- oder mehrläufige Stabsysteme eingesetzt werden (vgl. z.B. [22] und [23]). Die Hauptschwierigkeit liegt hier in der Wahl einer sowohl vom Gesichtspunkt der Tragsicherheit als auch vom denjenigen der Fertigung und der Montage aus optimalen Ausbildung der Knoten, an denen zahlreiche Stäbe räumlich anzuschliessen sind.

Auch für Geschossbauten stehen standardisierte Lösungen zur Verfügung, wobei wir hier nicht an die Decken- und Wandsysteme denken, die in grosser Mannigfaltigkeit angeboten werden, sondern an die Haupttragkonstruktion. Typisierte Anschlüsse sowie seriengefertigte Tragelemente dienen dazu, die Rohbaukosten tief zu halten. Bild 9a (Abschnitt 2.2) zeigt eine Anwendung aus dem Gebiet des Hochschulbaus, bei dem nur eine beschränkte Normalisierung möglich ist; es handelt sich somit um einen Grenzfall zwischen dem Bereich der standardisierten Tragelemente und demjenigen der normalisierten Gesamtkonstruktionen. Für eigentliche Schulhäuser stehen dagegen zahlreiche Baukastensysteme zur Verfügung; dies gilt im beschränkten Masse auch für Wohnhäuser, insbesondere Einfamilienhäuser. Bei solchen Ausbildungen überwiegen allerdings die in Zusammenhang mit dem Raumabschluss und dem Ausbau stehenden Probleme, so dass eine Behandlung im Rahmen des IVBH-Symposiums kaum angezeigt erscheint.

2.5 Einfluss der Fertigungskosten und der Rationalisierungsmöglichkeiten auf die Gesamtkonzeption und auf die Wahl der Tragstruktur

Beim Entwurf einer Stahlkonstruktion und insbesondere bei der Festlegung der Tragstruktur sind die jeweiligen Gegebenheiten zu berücksichtigen, was die Wahl einengt. Meistens bleiben aber mehrere Lösungsmöglichkeiten offen, von denen

schliesslich eine auf Grund von Vergleichsuntersuchungen zur Ausführung bestimmt wird. Lassen wir die Kriterien der Trag- und Gebrauchsfähigkeit, die immer einzuhalten sind, sowie der Aesthetik (de gustibus et coloribus non disputandum) beiseite, so spielen neben der Flexibilität der Nutzung und der Dauerhaftigkeit die Erstellungskosten die Hauptrolle; der Entwurf muss somit auf die Fertigungs- und Montagebedingungen abgestimmt sein, um eine rationelle und preisgünstige Herstellung zu erreichen.

Mindestens für die Haupttragkonstruktion treten aber oft zwei entgegengesetzte Einflüsse auf: die Verminderung der Anzahl Haupttragelemente führt zu einer entsprechenden Reduktion der Serienwirkung; anderseits liegt aber der Stundenaufwand pro Tonne bei einer schweren Konstruktion meistens tiefer als bei einer leichteren, so dass von diesem Standpunkt eine Gesamtanordnung mit wenigen hochbeanspruchten Haupttragelementen günstiger ist. Im Brückenbau führt diese Überlegung zur Ausbildung mit nur zwei Hauptträgern auch bei breiter Fahrbahn (für ein Beispiel aus dem Verbundbrückenbau vgl. Bild 21). Bei breiten Hallen werden entsprechend die Anzahl Hauptbinder klein gehalten und grössere Spannweiten der längslaufenden Elemente in Kauf genommen. Bild 15 zeigt die Tragstruktur einer nach diesem Grundsatz entworfenen Halle während der Montage.



Bild 15

PTT-Lagerhalle in Arlesheim (CH)
Binderabstand 32,40 m
Binderspannweite 71,60 m

Der für die Fertigung und die Montage eines Windverbandes benötigte Arbeitsaufwand kann ebenfalls die Wahl der Gesamtanordnung und der konstruktiven Gestaltung beeinflussen. Wird der Windverband, wie dies bis anhin immer der Fall war, stabweise hergestellt und erst auf der Baustelle durch Verschraubung zusammengesetzt (Fig. 16a), so liegt der Stundenaufwand meist höher, weil der Hauptanteil auf die Montage und somit auf ungünstigere Arbeitsbedingungen anfällt. Ein

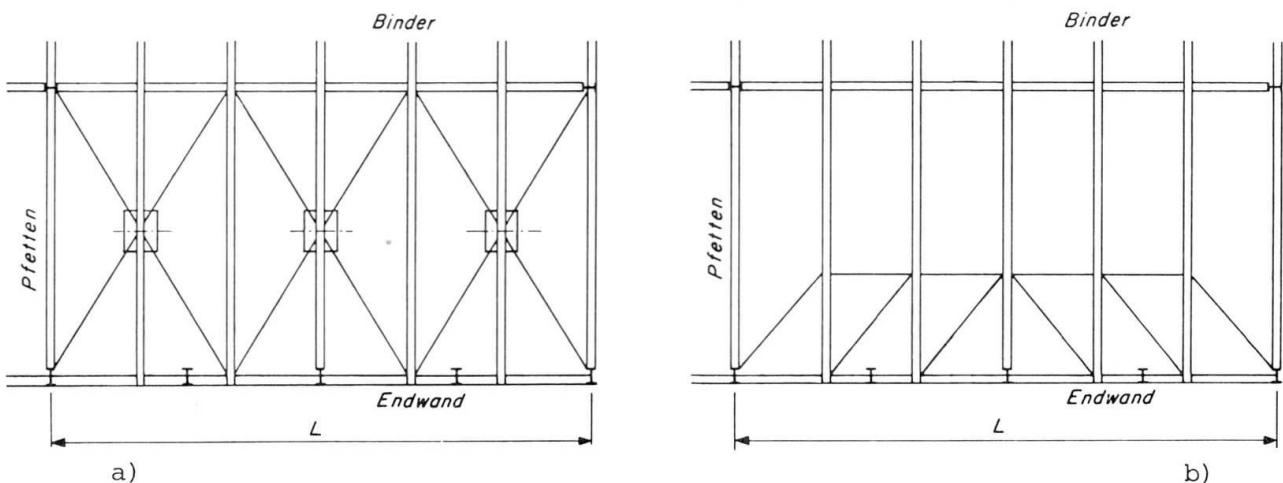


Bild 16 Mögliche Anlieferungsformen eines Windverbandes



in der Werkstatt fertiggestellter und als Montageeinheit angelieferter Verband kann somit bei mässiger Hallenbreite günstiger liegen, auch wenn ein besonderer Innengurt erforderlich ist (Bild 16b). Bei grösserer Hallenbreite würde allerdings die Steifigkeit des Verbandes nicht mehr ausreichen, um die Binderobergurte sicher zu stabilisieren (vgl. u.a. [24]).

Es ist zu hoffen, dass sich zahlreiche Diskussionsbeiträge mit dieser wichtigen Interaktion zwischen Entwurf und Fertigungstechnologie befassen werden.

2.6 Schlussbetrachtungen

Der vorliegende Bericht konnte nur Teilauspekte unseres Themas ausleuchten, wobei die Verhältnisse vorwiegend aus der Sicht des projektierenden Ingenieurs betrachtet wurden. Am Symposium wären Ergänzungen von der Betriebsseite her sehr erwünscht: nur eine enge Zusammenarbeit zwischen Entwurf und Fertigung ermöglicht die Herstellung von Konstruktionen, die sowohl technisch als auch wirtschaftlich voll befriedigen. Dabei ist ein Gleichgewicht zu finden zwischen unbegründeten bzw. übertriebenen Anforderungen an die konstruktive Gestaltung und an die Fertigungsgüte einerseits und den durch den heutigen harten Konkurrenzkampf genährten Tendenzen zu in jedem Sinn des Wortes billigen Lösungen anderseits.

3. NEUE EINZIGARTIGE BAUWERKE

3.1 Gewählte Einteilungskriterien

Zur Straffung der Darstellung wollen wir die aussergewöhnlichen Bauwerke in verschiedene Kategorien einteilen, wobei der Grund der "Einzigartigkeit" als Kriterium gewählt wird. Obwohl dieser Gesichtspunkt ziemlich allgemein erscheint, können auf diese Art nur einige Aspekte gestreift werden. Schliesslich besitzt ja jede Konstruktion für die daran beteiligten Personen ihre Besonderheiten!

3.2 Ausserordentliche Spannweiten bzw. Höhen- oder Grundrissabmessungen

Im Brückenbau stellt die maximale Spannweite das gebräuchlichste Kriterium für die Beurteilung der erzielten technischen Leistung dar, wobei die erreichbaren Werte von der Art des Kräftespieles und somit vom statischen System abhängen. Für Rekordspannweiten, von sagen wir mehr als 1 km, spielt nach wie vor die verankerte Hängebrücke unbestritten die Star-Rolle, und die bis jetzt realisierte grösste Öffnung von 1410 m bei der im Bau begriffenen Humber-Brücke (Bild 17) liegt nach [25] noch unterhalb der wirtschaftlichen Grenzspannweite. Gerade dieses Tragwerk zeigt zudem, dass die Spannweite allein kaum das massgebende Kriterium für die Einzigartigkeit ist: die besonderen Merkmale dieser Hängebrücke, nämlich die geneigten, mit den Kabeln und der Fahrbahnkonstruktion ein sehr steifes Fachwerk bildenden Hänger sowie der nach aerodynamischen Gesichtspunkten geformte kastenförmige Versteifungsträger, finden sich schon bei der "kleineren" Schwester, der Severn-Brücke, verwirklicht.

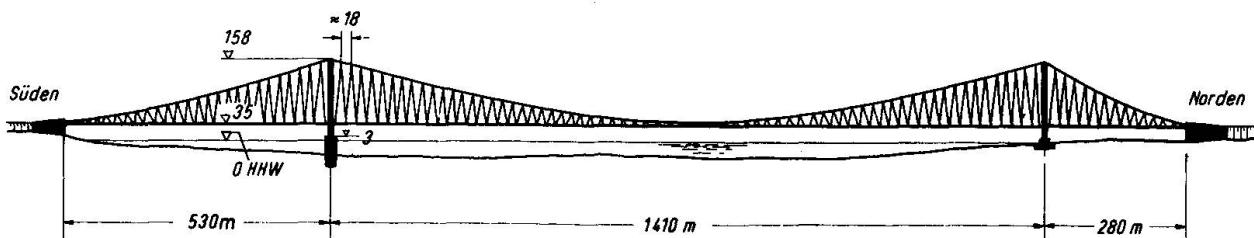
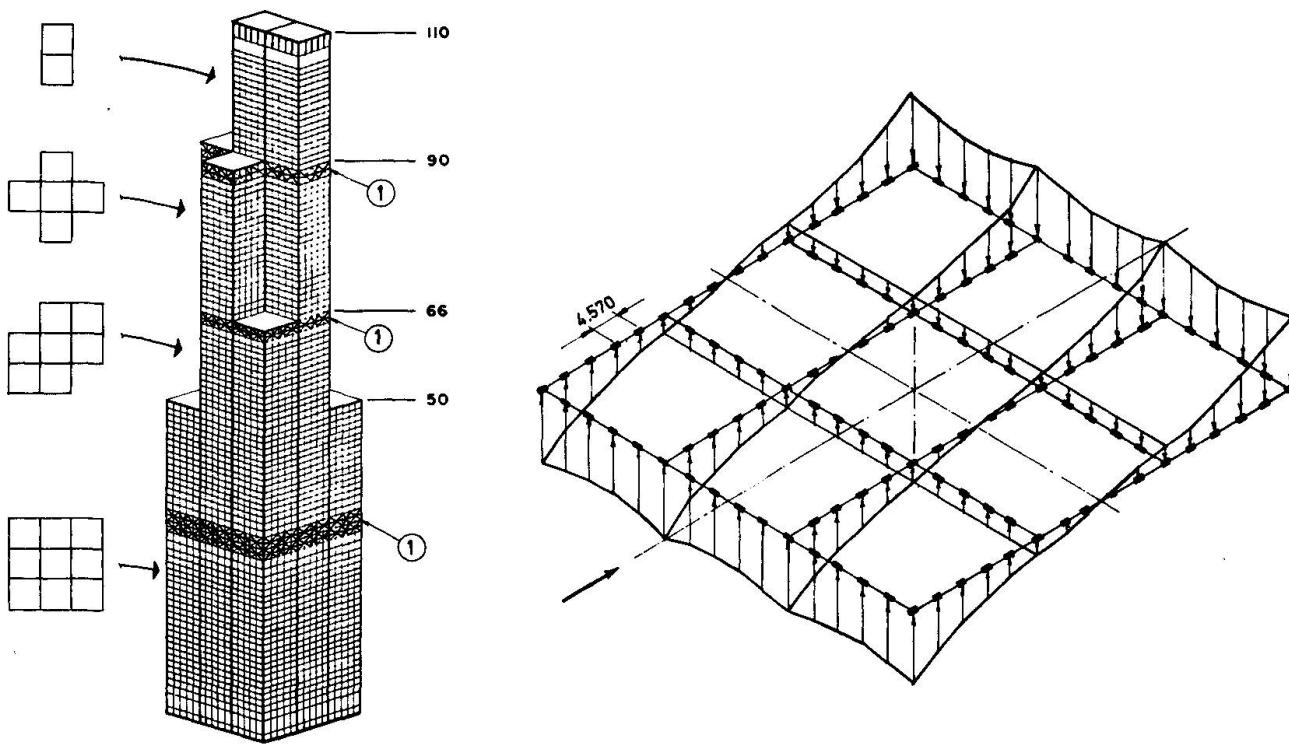


Bild 17 Ansicht der Hängebrücke über den Humber bei Hull (nach [26])

Es ist kaum die Aufgabe des Einführungsberichtes, für die anderen im Brückenbau angewendeten Tragsysteme die Rekordspannweiten festzuhalten. Wir wollen nur daran erinnern, dass für grössere Öffnungen bis 500 m (und leicht darüber) in gewissen Ländern der Gerber-Träger noch bevorzugt wird, während der seilverspannte Balken durch seine Anpassungsfähigkeit und seine geringe Bauhöhe immer weitere Anwendungsgebiete erobert (vgl. [27] und [28]). Ähnliche Spannweiten werden auch bei Bogenbrücken erzielt, die allerdings besondere topographische Verhältnisse voraussetzen (vgl. [29]). Bei weitgespannten Vollwandbrücken kommt praktisch nur die Leichtfahrbahn in Frage, während bis rd 150 m Verbundbrücken oft wirtschaftlicher sind. An Stelle der absoluten Spannweite sind somit allgemein die Kühnheit des Entwurfes und die Besonderheiten der Ausbildung zu betrachten.

Bei Hochhäusern stellt die Gesamthöhe, oder besser die Schlankheit, das massgebende Beurteilungskriterium dar. Das beim Sears-Building (Rekordhöhe mit 442 m, vgl. [30]) benutzte Tragsystem der Rahmenröhre wurde zwar früher schon verwendet; die Heranziehung der inneren Rahmen und der fachwerkartigen Versteifungen (1) führte aber hier zu einem mehrzelligen Kasten mit einer besseren Mitwirkung der quer zur Biegeebene liegenden Fassadenrahmen (vgl. Bild 18).



a) Tragsystem (schematisch)

b) Verteilung der Stützenkräfte infolge Wind

Bild 18 Sears-Building Chicago

Weitgespannte Überdachungen bildeten eines der Themen des 9. Kongresses der IVBH (Amsterdam 1972); wir erlauben uns deshalb, auf die Kongressveröffentlichungen hinzuweisen (vgl. [31]).

3.3 Tragsystem bzw. strukturelle Gestaltung

Wir haben bereits in Abschnitt 3.2 angetont, dass Rekordspannweiten oder -höhen nur dann mit einem vernünftigen Aufwand bewältigt werden können, falls Neuentwicklungen bezüglich Tragwirkung bzw. Gesamtgestaltung vorliegen. Bei den Hängebrücken erlaubt allerdings auch das klassische System mit fachwerkartigen Versteifungsträgern die Überbrückung sehr grosser Öffnungen, wie die Entwürfe für



japanische Bauwerke zeigen (Akashi Kaikyo, Mittelöffnung 1780 m, vgl. [32]). Allerdings sind dabei Eisenbahnlinien zu überführen, so dass engere Verformungsvorschriften einzuhalten sind. In diesem Zusammenhang kann auch auf den internationalen Wettbewerb für die Brücke über die Strasse von Messina (vgl. u.a. [33]) hingewiesen werden, bei welchem zahlreiche neue Ideen vorgeschlagen worden sind, deren praktische Durchführbarkeit aber noch zu beweisen bleibt.

Zu den originellen Bauwerken gehören sicher die weitgespannten seilverspannten Ueberdachungen. Neuerdings werden solche Systeme auch als tragende Struktur für hohe Kühltürme eingesetzt (vgl. [34]); bei kleineren Abmessungen kann auch ein selbsttragendes Raumfachwerk in Form eines Drehhyperboloides gegenüber der klassischen Betonausführung wirtschaftlich sein (vgl. [35]).

Schalen und Faltwerke besitzen einen günstigen Kräfteverlauf und erlauben somit eine sparsame Materialausnützung. Die Fertigungs- und Montagekosten liegen allerdings hoch, so dass kaum mit einer schnellen Ausweitung der Anwendungsbiete zu rechnen ist. Aehnliches gilt teilweise für die fachwerkartigen Raumtragwerke, wobei die in Abschnitt 2 erwähnten Möglichkeiten einer Standardisierung und somit einer Serienherstellung der Elemente die Wettbewerbsfähigkeit verbessern.

Die Heranziehung der raumabschliessenden Bauteile zu Tragwirkungen im Gesamtsystem wird sicher die Wirtschaftlichkeit des Stahlbaus verbessern können: Dach- bzw. Wandeindeckungen aus Profilblechen dienen als Verbandscheiben oder bilden sogar die schubsteifen Scheiben eines Faltwerkes (vgl. z.B. [36]).

3.4 Neuere Baustoffe und neuartige Kombination von Baustoffen

Hochfeste Stähle werden schon seit längerer Zeit im Stahlbau eingesetzt; ähnliches gilt für wetterfeste Stähle. Auch hybride Tragelemente aus Stählen verschiedener Fliessgrenzen stellen keine Ausnahme mehr dar, obwohl die Entwicklung auf diesem Gebiet kaum als abgeschlossen betrachtet werden kann.

Auch die Ausnützung der Verbundwirkung zwischen Stahl und Beton wird seit den dreissiger Jahren mit Erfolg ausgenutzt und kann deshalb nicht als eine Besonderheit angesehen werden. Die kombinierte Verwendung von Tragelementen aus verschiedenen Baustoffen im gleichen Tragwerk war Gegenstand einer Arbeitssitzung am Amsterdamer Kongress (vgl. [37]). Vielleicht sind in der Zwischenzeit interessante Neuheiten auf diesem Gebiet zu verzeichnen; sie wären anlässlich des Symposiums willkommen.

Ueber die Zusammenwirkung von Stahl mit Kunststoffen liegen bis jetzt wenig Berichte vor, sieht man von den kaum als tragende Bauelemente verwendeten Sandwichplatten und dgl. ab. Beim in [38] beschriebenen Leuchtturm Bielenberg haben sich gewisse Schwierigkeiten ergeben, indem kein ausreichender Verbund zwischen dem tragenden Stahlrahmen und der als Schubfeld wirkenden Kunststoffbeplankung erreicht worden ist. Für den neueren Turm Kahlersand (vgl. [39]) wurde deshalb eine selbsttragende Konstruktion aus glasverstärktem Kunststoff ausgeführt. Auf diesem Gebiet, das grosse Ähnlichkeit mit der in Abschnitt 3.3 erwähnten Ausnützung der verstifenden Wirkung von metallischen Verkleidungen aufweist, sind sicher Fortschritte zu erwarten.

3.5 Neuartige Montageverfahren

Auch wenn das für die Errichtung benutzte Verfahren beim fertigen Bauwerk in den wenigsten Fällen ersichtlich ist, stellt die Montagemethode öfters eine erwähnenswerte Besonderheit dar. Bei ihrer Wahl sind nicht nur wirtschaftliche Ge-

sichtspunkte zu beachten, sondern auch die Sicherheit des Personals gebührend zu berücksichtigen. Als Beispiel zeigt Bild 19 das Aufstellen eines grossen Portalkrans, wobei die provisorisch abgespannten Beine als Montagetürme für das Heben des am Boden, unter günstigen Arbeitsbedingungen zusammengebauten, kastenförmigen Hauptträgers dienen.



Bild 19

Beginn des Hochhebens des Hauptträgers eines Portalkranes
Spannweite 150 m

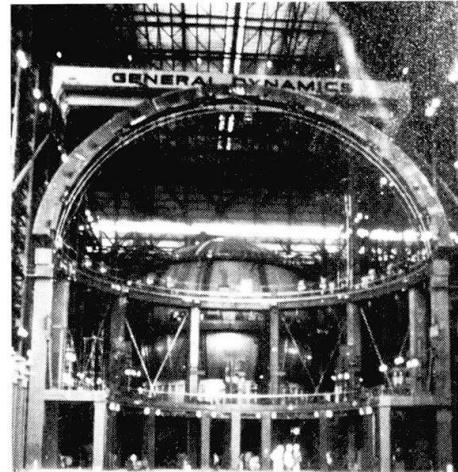


Bild 20

Stahlgerüst für die Fertigung von Alu-Kugelbehältern

Auch weitgespannte Ueberdachungen werden öfters am Boden zusammengesetzt und mit der Eindeckung sowie allen Einrichtungen versehen, wonach das fertige Dach an den Stützen hochgezogen wird (vgl. z.B. [40]). Diese wenigen Beispiele sollen nur als Anregung dienen.

3.6 Besondere Anwendungsgebiete

Bis jetzt war nur vom klassischen Stahlbau die Rede, d.h. von den stählernen Brücken und vom Stahlhochbau. Als weitere Anwendungsgebiete sind zu erwähnen:

- Stahlwasserbauten (Wehrverschlüsse, Schleusentore, Schiffshebewerke usw.)
- Tragkonstruktionen von schweren Hebezeugen (vgl. Bild 19), bei denen ähnliche Probleme wie im Grossbrückenbau vorkommen
- feste oder verschiebbare Gerüste für die Herstellung von Betonkonstruktionen oder von anderen schweren Einrichtungen. Bild 20 zeigt als Beispiel das Stahlgerüst für den Zusammenbau und das Schweißen von Kugelbehältern aus Aluminium (Durchmesser 36,6 m), die dem Seetransport von verflüssigtem Erdgas (LNG) dienen. Die Hälfte des Aequatorringes ist um eine waagrechte Achse kippbar, um das Ausfahren der fertigen Kugel zu ermöglichen.
- Hochregallager und ähnliche automatisierte Lagereinrichtungen
- Parabolantennen für Radioteleskope und dgl.
- "Offshore" Bauwerke, wie sie am Kongress von Tokyo behandelt worden sind (vgl. [41])



Schliesslich sind der Kesselbau und der Grossapparatebau zu erwähnen, die teilweise von Stahlbaufirmen betreut werden. Diese Gebiete sind äusserst breit gefächert und umfassen sowohl Wasserbehälter und Druckrohrleitungen als auch schwere Komponenten für die chemische, die erdölverarbeitende und die Kernindustrie. Ein Einschliessen solcher Themen würde allerdings den Rahmen des Symposiums sprengen.

4. ERWEITERUNG DER ANWENDUNGSGEBIETE VON STAHLKONSTRUKTIONEN

4.1 Einführung

Die zukünftige Erweiterung der Anwendungsgebiete des Stahlbaues kann wohl nicht Gegenstand eines Einführungsberichtes sein, dessen Hauptfunktion ja in der Darstellung des gegenwärtigen Standes der Technik besteht. Da die Futurologie kaum zu den Ingenieurwissenschaften zählt, sollen anschliessend nur einige Gedanken zu den voraussehbaren Entwicklungen im Stahlbau vorgebracht werden.

4.2 Stahlhochbau

Viele industrielle Bauten werden in Stahl ausgeführt, besitzt doch diese Bauweise die Vorteile einer hohen Flexibilität der Nutzung, der Austauschbarkeit und der Anpassungsfähigkeit an geänderte Betriebsbedingungen. In Zukunft wird wohl die Möglichkeit der einfachen Beseitigung und des "Recycling" wegen der Energieknappheit ebenfalls ins Gewicht fallen.

Auf dem Gebiet des Umweltschutzes, d.h. Abwasserreinigung und Müllbehandlung, ist eine gewisse Ausweitung der Anwendungsmöglichkeiten zu erwarten, sowohl für die Einrichtungen wie für die Gebäudeteile. Die Entwicklung neuer Verfahren und Techniken geht hier nämlich noch schneller vor sich als sonst in der Industrie und bedingt eine rasche Alterung und entsprechende Anpassungen bestehender Bauten.

Bei den Geschossbauten sind wahrscheinlich die der Stahlbauweise inherenten Möglichkeiten der Serienfertigung und des Baukastensystems sowie des schlüsselfertigen Bauens noch nicht voll ausgeschöpft, so dass mit einer gewissen Erweiterung des Marktanteils zu rechnen ist. Zudem wird die heutige Tendenz zur Erhaltung der Bausubstanz einen erhöhten Bedarf an Aufstockungen und Erweiterungen mit sich bringen. Schliesslich führt die Energiekrise zu einer Ausweitung der Anwendungen der Sonnenenergie, die allerdings mehr zum Apparatebau denn zum Stahlbau gehören.

4.3 Brückenbau

Während die Stahlbauweise weiterhin den Bereich der sehr grossen Spannweiten beherrscht, haben die Fortschritte des Spannbetonbaus die Anwendungsmöglichkeiten dieser Bauweise stark erweitert. Es ist deshalb interessant festzustellen, dass kostengünstig entworfene und hergestellte Verbundbrücken auch bei relativ kleinen Spannweiten konkurrenzfähig sind (vgl. u.a. [42]). Bild 21 zeigt den Querschnitt einer vierspurigen Brücke; trotz der grossen Fahrbahnbreite besteht die Stahlkonstruktion nur aus zwei Hauptträgern, die mit den zur Erhaltung der Querschnittsgestalt und zur Stabilisierung der Untergurte nötigen Querscheiben verbunden sind. Durch diese drastische Verminderung der Anzahl Tragelemente kann der Fertigungsaufwand tief gehalten werden. Zum gleichen Zweck sind die Längssteifen an der Aussenseite der Stehbleche angeordnet, so dass die sonst kostspieligen Kreuzungen mit den Quersteifen wegfallen. Schliesslich sind die Querverbände, ähnlich wie die in Abschnitt 2.5 erwähnten Hallenwindverbände, in der Werkstatt als Einheit gefertigt und auf der Baustelle nur verschraubt.

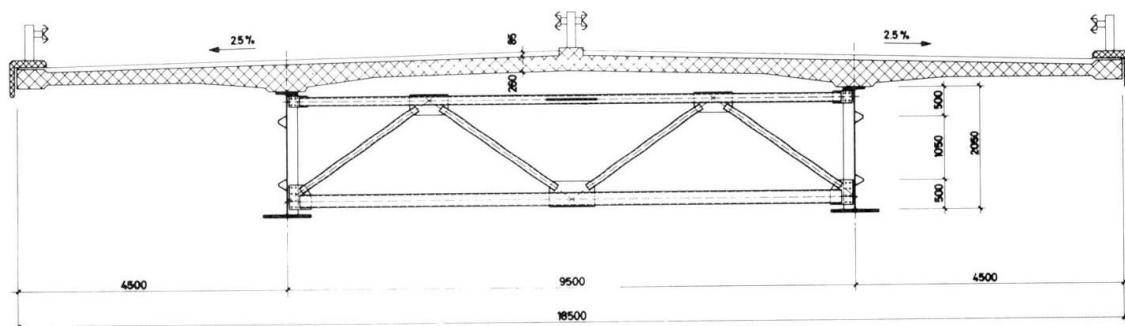


Bild 21 Querschnitt einer Verbundbrücke (CH); Spannweite max 43,50 m

Bei kleinerer Fahrbahnbreite sind, ähnliche Spannweiten vorausgesetzt, die Hauptträger weniger beansprucht und werden ohne Längssteifen ausgebildet. Zudem bestehen die Querrahmenriegel aus Walzprofilen, die mit HV-Schrauben an den Vertikalsteifen angeschlossen sind. Die im Bild 22 ersichtlichen Zwischenquersteifen könnten allenfalls entfallen, wenn man eine gewisse Erhöhung der Blechstärke in Kauf nimmt.



Bild 22

Montagebild einer Verbundbrücke (CH)
Spannweite max 55 m
Standardöffnungen 32 m

Ob die Entwicklung moderner öffentlicher Verkehrsmittel in Ballungszentren zu weiteren Anwendungsmöglichkeiten der Stahlbauweise führen wird, bleibt abzuwarten. Neue Eisenbahnlinien für sehr hohe Geschwindigkeiten bedingen wegen der erforderlichen grossen Krümmungsradien und der beschränkten Längsneigungen auf alle Fälle zahlreiche Kunstwerke. Schliesslich ergeben die besonderen Verhältnisse in gewissen Entwicklungsländern, z.B. das Fehlen geeigneter Betonzuschlagsstoffe in der Umgebung der Baustelle, gewisse Absatzmöglichkeiten für Stahlbrücken.

4.4 Besondere Anwendungen

Für besondere Anwendungen und Spezialkonstruktionen sei auf Abschnitt 3.6 hingewiesen.

5. SCHLUSSFOLGERUNGEN

Für die Stahlbauweise bestehen gute Zukunftsaussichten, falls dieser Industriezweig die sowohl den Materialeigenschaften als auch der industriemässigen Fertigung inneliegenden Vorzüge voll ausschöpft. Es ist zu hoffen, dass die Diskussion anlässlich des Symposiums in dieser Hinsicht wertvolle Beiträge liefern wird.



LITERATURVERZEICHNIS

- [1] Empfehlungen für geschweißte Verbindungen in Stahlbauten mit vorwiegend ruhender Belastung; Europ. Konvention für Stahlbau IX-75-35, Juni 1975
- [2] HUBER K.: Konstruktionsmöglichkeiten im Stahlhochbau; Schweiz. Bauzeitung 1973, S. 1235
- [3] Konstruktive Richtlinien im Stahlhochbau; Schweiz. Zentralstelle für Stahlbau, C 6.1 (1973) und C 6.2 (1974)
- [4] GEHRI E.: Krafteinleitungen ohne Aussteifungsrippen; zu veröffentlichen in der Reihe "Baustatik und Stahlbau", ETH Zürich
- [5] FREY F. und ANSLIJN R.: Dimensionnement des poutres à âme pleine sans raidisseurs; Centre de Recherches scientifiques et techniques de l'Industrie des Fabrications métalliques, MT 114, novembre 1976
- [6] DUBAS P.: Bisherige und neuere praktische Betrachtungen bei Beulproblemen des Stahlbaues; Sonderheft der DFVLR 1977
- [7] HÖGLUND T.: Design of Thin Plate I Girders in Shear and Bending with Special Reference to Web Buckling; Institutionen för Byggnadstatik, Kungl. Tekniska Högskolan, Stockholm 1973, Meddelande nr 94
- [8] ZUCKA J.: Halle Saint-Victor à Marchienne-au-Pont (Belgique): une réalisation en profilés allégés; acier-stahl-steel 1976, S. 1
- [9] PETERSHAGEN H.: Beanspruchungs- und fertigungsgerechte Schweißkonstruktion im Stahlschiffbau; Schweissgerechte Gestaltung, Deutscher Verband für Schweißtechnik, Bericht 31, 1974, S. 139
- [10] GRASSL H.: Entwurf von Leichtfahrbahnen; Abh. IVBH Bd. 25, Zürich 1965, S. 93
- [11] KERN H. und SEDLACEK G.: Die Straßenbrücken über die Bundesbahnstrecke Stuttgart-Ludwigsburg im Zuge der Bundesstrasse 10 - Ortsumgehung Stuttgart-Zuffenhausen; Der Stahlbau 1977, S. 161
- [12] POLÓNYI S.: Numerisch gesteuerte Maschinen für die Herstellung von tragenden Bauteilen; Die Bautechnik 1972, S. 401
- [13] REINIG A.: Das Aufbau- und Verfüzungszentrum (AVZ) der Universität Osnabrück; Der Stahlbau 1974, S. 353
- [14] Konstruktive Details im Stahlhochbau, Typenkatalog; Schweiz. Zentralstelle für Stahlbau, C 8 (1973)
- [15] STIER W., HAFKE B., SPELZHAUS H. und WOHLERS G.: Die neue Eisenbahnbrücke über die Süderelbe in Hamburg als Beispiel einer Fachwerkmittelträgerbrücke; Der Stahlbau 1977, S. 45
- [16] AMSTUTZ E.: Berechnung von Wabenträgern nach der Plastizitätstheorie; Schweiz. Bauzeitung 1970, S. 167
- [17] GACHON H.: Sur le comportement des poutres à âme mince ondulée ou plissée sous effort tranchant; construction métallique, n° 2, CTICM 1977, S. 18
- [18] SEDLACEK H.: Eisenbahnbrückengeräte in Stahl - früher und heute; Der Bauingenieur 1976, S. 2
- [19] IDELBERGER K.: Neuere umsetzbare Stahlhochstrassen; Der Stahlbau 1972, S. 54
- [20] ROIK K. und LINDNER J.: Standardisierte Hallen aus IPE-Profilen; Der Bauingenieur 1970, S. 5

- [21] GEILINGER W., BRYL S. und BAESCHLIN M.: Normalisierte Hallen der Schweizer Stahlbau-Vereinigung; Stahlbaubericht Nr. 18, Zürich 1965
- [22] EBERLEIN H.: Räumliche Fachwerkstrukturen: Versuch einer Zusammenstellung und Wertung hinsichtlich Konstruktion, Geometrie, Statik und Montage; acier-stahl-steel 1975, S. 50
- [23] LACHER G.: Ein neues Raumtragwerk zur Ueberbrückung grosser Spannweiten im Hochbau; Der Stahlbau 1977, S. 205
- [24] BALLIO G., PETRINI V. und URBANO C.: Sul calcolo delle strutture di controvento; Costruzioni Metalliche 1975, S. 25
- [25] STÜSSI F.: Das Problem der grossen Spannweite; Mitt. der Technischen Kommission des Verbandes Schweiz. Brückenbau- und Stahlhochbau-Unternehmungen, Nr. 10, Zürich 1954
- [26] SCHRÖTER H.-J.: Zum Baufortschritt an der Hängebrücke über den Humber bei Hull (Grossbritannien); Der Stahlbau 1976, S. 351
- [27] LEONHARDT F. und ZELLNER W.: Vergleiche zwischen Hängebrücken und Schräggabelbrücken für Spannweiten über 600 m; Abh. IVBH Bd. 32-I, Zürich 1972, S. 127
- [28] THUL H.: Entwicklungen im Deutschen Schrägseilbrückenbau; Der Stahlbau 1972, S. 161; vgl. zudem Der Stahlbau 1977, S. 120, für die Rekordspannweite
- [29] SCHMIDT H.: Grösste Bogenbrücke der Welt im Bau; Der Stahlbau 1976, S. 285
- [30] IYENGAR S.H., KHAN F.R. und ZILS J.J.: La tour Sears (Chicago): le bâtiment le plus haut du monde; acier-stahl-steel 1973, S. 308
- [31] Neunter Kongress der IVBH, Amsterdam 1972, Thema III: Weitgespannte Dachkonstruktionen; Einführungsbericht S. 103, Vorbericht S. 337, Schlussbericht S. 129
- [32] An Outline of the Honshu - Shikoku Bridge Project; Honshu-Shikoku Bridge Authority 1974
- [33] PFANNMÜLLER F.: Projekt einer Brücke über die Meerenge von Messina; Der Stahlbau 1971, S. 60
- [34] SCHLAICH J. und MAYR G.: Membrane-Skin and Cable-Net Cooling Towers; 10. Kongress der IVBH, Tokyo 1976, Vorbericht S. 33
- [35] Vergleich eines Düsenkühlturmes in Stahlkonstruktion mit einem in Stahlbetonausführung; Stahlbau Rundschau, Oester. Stahlbauverband, Nr. 45, 1975; für hohe fachwerkartige Kühltürme in der UdSSR vgl. KOLLAR L. und MAROSI I.: Naturzug-Trockenkühltürme in Stahlfachwerk-Konstruktion, Schweiz. Bauzeitung 1976, S. 751
- [36] BRYAN E.R.: The Stressed Skin Design of Steel Buildings; Costrado Monograph, Crosby Lockwood Staples, London 1973; vgl. auch Abh. IVBH Bd. 28-II, Zürich 1968, S. 1, sowie Vorbericht Amsterdam, 1972, S. 305
- [37] Neunter Kongress der IVBH, Amsterdam 1972, Thema II: Wechselwirkung in Tragwerken; Einführungsbericht S. 55, Vorbericht S. 111, Schlussbericht S. 91
- [38] ZIMMERMANN M.: Leuchtturm Bielenberg, ein Turm aus Stahl und Kunststoff; Der Bauingenieur 1970, S. 453
- [39] ZIMMERMANN M.: Neuere Entwicklung beim Bau von Leuchttürmen aus Kunststoffen; Die Bautechnik 1977, S. 316



- [40] BERGIER P., DAUNER H.-G., DUMUSQUE P.-A. und METZGER P.: Halle pour l'entretien des Jumbo-Jets à l'aéroport de Zürich-Kloten; acier-stahl-steel 1973, S. 360
- [41] Zehnter Kongress der IVBH, Tokyo 1976, Thema IVa: Bauwerke im Meer; Einführungsbericht S. 159, Vorbericht S. 299, Schlussbericht S. 223
- [42] CARL J.: Verbundbrücken in Deutschland - Ausführungsbeispiele und Entwicklungstendenzen; Der Bauingenieur 1977, S. 51