

Zeitschrift: IABSE reports of the working commissions = Rapports des commissions de travail AIPC = IVBH Berichte der Arbeitskommissionen

Band: 9 (1971)

Artikel: Konzept für Entwurf und Fertigung im Stahlbau

Autor: Panther, H. / Eisenberg, R.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-10354>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 07.10.2024

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

Konzept für Entwurf und Fertigung im Stahlbau

Conception pour le projet et la fabrication des structures en acier

First Draft for the Design and Fabrication of Steel Structures

H. PANTHER

Dipl.-Ing.

Donges Stahlbau GmbH, Darmstadt
Deutschland**R. EISENBERG**

Dipl.-Ing.

Diskussionsbeitrag zu "Konzept für Entwurf und Fertigung im Stahlbau"1. Marktsituation für typisierte Stahlbauten in Mitteleuropa im Vergleich mit amerikanischen Verhältnissen

Es soll vorangestellt werden, daß sich bis heute die oft großzügigen Konzeptionen zur kostensparenden Vereinheitlichung durch typisierte Serienbauten - gemessen an den amerikanischen Verhältnissen - nur in unzureichendem Maße verwirklichen ließen. Diese Tatsache findet ihre Begründung in Gesichtspunkten verschiedenster Art, die man letztlich alle der vorgegebenen Marktsituation in Mitteleuropa zuordnen muß.

Im folgenden werden in einer kurzen vergleichenden Analyse die unterschiedlichen Voraussetzungen in den beiden Markträumen gegenübergestellt. Diese Randbedingungen machen deutlich, weshalb sich die Bestrebungen auf Vereinheitlichung der industriellen Bauweise zur zögernd in Mitteleuropa allgemein durchsetzen und daß dieser Prozeß z. T. auch als Generationsproblem angesehen werden muß.

Auf der anderen Seite wird ersichtlich, daß die im Generalbericht dargestellten allgemeinen Forderungen für die Fertigungstechnik den konsequenten, wenn auch mühsamen Weg aus dem mitteleuropäischen Marktdilemma darstellen.

1.1 Gegebene, oft sehr bizarr ausgeprägte Grundstücksformen der vorhandenen Industrieparzellen und Bauauflagen hinsichtlich der Einhaltung von Grenzabständen, Straßenfluchtlinien u. ä. Forderungen

In den europäischen Industrieballungszentren sind heute die Grundstückskosten schon so stark angestiegen, daß sich in vielen Fällen Anpassungsbauten oder sogar zwei- und mehrgeschossige Gebäude mit Aufzügen, Treppenläufen etc. kostengünstiger stellen als Typenbauten, in deren Rahmen gewisse Grundstücksteile wegen der Normung der Raster und Abmessungen nicht bebaut werden können.

In den Staaten ist die Verteilung der Industriebereiche dezentralisierter; außerdem steht erheblich mehr Bebauungsfläche zur Verfügung. Als Folge hiervon sind Bauauflagen, die die Bebauungsmöglichkeit der gegebenen Grundstücke begrenzen, gar nicht vorhanden oder ohne nennenswerte Bedeutung. Die Grundstückskosten sind nach wie vor relativ niedrig, sodaß man auf maßgeschneiderte Bauten nur in den seltensten Fällen zurückgreifen muß.

1.2 Stark unterschiedliche Schneelasten in Mitteleuropa als Folge der vielen Verwaltungsbereiche bzw. regionaler, klimatischer Besonderheiten

Als Folge hiervon müssen die Raster der Typenbauteile oft sehr stark variiert werden; in etlichen Fällen scheidet die Verwendung typisierter Bauelemente aus, da Feldweiten von weniger als 5,00 m aus betriebstechnischen Gründen nur selten in Kauf genommen werden können.

In Mitteleuropa gelten folgende Schneelasten in Gebieten, die für Industriebebauung infrage kommen (Orte mit max. 800 m über Meereshöhe):

Bundesrepublik Deutschland:	75 bis ca.	200 kg/qm
Niederlande; einheitlich		50 kg/qm
Belgien	35 bis	65 kg/qm
Frankreich Zone I	30 bis	135 kg/qm
Zone II	45 bis	150 kg/qm
Zone III	60 bis	165 kg/qm
Schweiz	80 bis	187 kg/qm
Italien Zone I	40 bis	70 kg/qm
Zone II	60 bis	110 kg/qm
Zone III	100 bis	160 kg/qm

Demgegenüber:

USA; Erheblich höhere vorgeschriebene Nutzlast (" live load ") des Daches

von	146 kg/qm $\hat{=}$ 30 pound/squ. ft.
allenfalls	122 kg/qm $\hat{=}$ 25 pound/squ. ft.

Es besteht somit eine geringere Abhängigkeit von der geographischen Lage des Baustellenortes als in Mitteleuropa.

Außerdem erhöhen diese Normen ganz allgemein den Stahl- bzw. Materialverbrauch und damit den Umsatz je Einheit der überbauten Fläche.

Da hiervon der gesamte Wettbewerb gleichmäßig betroffen ist, dürfen diese Vorschriften auch durch die relative Höhe der geforderten Belastungsannahmen als typisierungsfreundlich angesehen werden; der Unterschiedsbetrag von Typen-

bauten zu maßgeschneiderten Konstruktionen schlägt durch die größere absolute Höhe der Kosten gravierend zu Buch.

1.3 Der individuelle Gestaltungswille der Architekten

Namentlich verschiedene potente Architekten, die häufig regional eine "quasi marktbeherrschende Stellung" einnehmen, hemmen auf dem Gebiet der Typisierung die Rationalisierung in einem unvertretbaren Maße. In verschiedenen Fällen wird zwar von der Funktion des Bauwerkes gesprochen; bei der Entscheidung spielt jedoch der Gesichtspunkt der künstlerischen Oberleitung gemäß Gebührenordnung der Architekten in Gestalt der Durchsetzung individueller Vorstellungen eine dominierende Rolle. In solchen Fällen sind oft nur von der Typenbauweise stark abweichende Variationsbauten möglich, die aber immerhin bei ausreichender Objektgröße einer Automation im Hinblick auf die Darlegung des Generalberichtes zugänglich sind.

Auf diesem Gebiet wird sich zweifellos erst im Laufe des nächsten Jahrzehntes eine strukturelle Veränderung einstellen, da namentlich im süddeutschen Raum die Stellung des Architekten "von besonderer Art" und fest verankert in der Vorstellungswelt des Bauherrn ist.

Dieser Gesichtspunkt scheint in der USA nur eine unbedeutende Rolle zu spielen. Vielleicht wird dies auch durch die größere Transparenz des US-Marktes erklärt, da Konkurrenzbauweisen zu industriellen Stahlbauten, wie sie in Europa durch Betonfertigteilkonstruktionen bestehen, in USA bedeutungslos sind.

1.4 Gebührenordnungen für Planende als Hemmnis zur Vereinheitlichung

Da die Vergütungen von den tatsächlich abgerechneten Summen des Bauvorhabens nahezu linear abhängig sind, besteht aus dieser Sicht für den Planer keinerlei Tendenz zur Verwendung kostensparender Typenbauweisen. Überdies sehen verschiedene Architekten - nicht unberechtigt - hierin die Gefahr, daß der Bauherr sich im Hinblick auf die oft recht erheblichen Einsparungen auf dem Planungssektor zu Honorarkürzungen veranlaßt sieht.

Wegen der ganz anders gearteten infrastrukturellen Entwicklung haben diese Gesichtspunkte in den Vereinigten Staaten keine wesentliche Bedeutung erlangt.

1.5 Psychologisch bedingte Neigung zur Massivbauweise - besonders ausgeprägt im südlichen Raum -

In unserem Raum dürfte die historische Entwicklung der industriellen Bauweise - geprägt von Vorstellungen aus den meist allzu massiven Wohnbauten des 19. Jahrhunderts (Patrizierhäuser), charakterisiert durch Anlagen mit kaum vorhandener Großzügigkeit ohne Erweiterungsplanung - die durchschlagendste Erklärung dieses Phänomens sein. Viele Bauherrn und manche Planer haben bis heute noch nicht die Konsequenzen erfaßt, die sich durch die grundlegenden Veränderungen auf dem Gebiet der Heizungssysteme in den letzten beiden Jahrzehnten vollzogen haben. Während bei den früher praktizierten träg wirkenden zentralen Dampfheizungen oder Einzelofenheizungen mit intermittierenden Betrieb das massiv gebaute Fabrikgebäude als adäquate Bauausführung angesehen werden darf, ist bei den heute üblichen, schnell wirkenden Warmluftheizungen die Leichtbauweise mit hohen Wärmedämmwerten der raumabschließenden Teile, die selbst keine Wärme aufnehmen und speichern können, das Nonplusultra im großflächigen Industriebau.

Die logische Entwicklung zu dieser konsequenten Kombination von Heizung und Bauwerk wird leider häufig gestört durch Bauherrn und Planer, die sich zwar

für die moderne Fertigbauweise entscheiden, jedoch ein trägwirkendes Warmwasserheizungssystem wählen. Oft meint man bei der Entscheidung zum Einbau, diese Heizung wäre besser weil teurer, bemerkt ärgerlich die diversen Unzulänglichkeiten und erkennt selten, daß die Leichtbauweise mit ihrer zwangsläufig geringeren Dichtigkeit ein mit leichtem Überdruck arbeitendes Warmluft-Heizungssystem erfordert. Bedauerlicherweise wird dann häufig das Kind mit dem Bad ausgeschüttet: der Leichtbau wird verworfen und der massiven Bauweise der Vorzug gegeben !

Diese Überlegungen bilden wohl dafür eine Erklärung, daß nach Ermittlungen eines Marktforschungsinstitutes der Betonfertigteilbau einen Marktanteil von fast 50 % auf dem industriellen Sektor erreicht hat. Dies geschieht, obwohl das große Eigengewicht - mindestens das 5-fache des entsprechenden Stahlskelettes -, die erheblichen Fundamentmehraufwendungen - vor allem wegen der zwangsläufig notwendigen Einspannungen - und andere Nachteile einer Ausweitung im Wege stehen.

Dieser Gesichtspunkt gegen den typisierten Stahlhallenbau ist in der USA ohne Relevanz, da dort die Massivbauweise nie richtig Fuß fassen konnte. In den Staaten entfällt damit ein weiteres Moment, das der Vereinheitlichung in Mitteleuropa im Wege steht.

1.6 Forderungen des Brandschutzes unabhängig von Gefährdung und Brandbelastung

Im Generalbericht werden hier die entscheidenden Überlegungen aufgezeigt: tatsächliche Brandbelastung, Schadenswahrscheinlichkeit und Gefahr für Leib und Leben der Insassen. Die Frage, ob überhaupt Lebensgefahr bei großflächigen, eingeschößigen Hallenbauten mit einer genügenden Zahl von Fluchtwegen besteht, wird zwar auch gestellt, tritt jedoch zurück gegenüber den Überlegungen und Forderungen hinsichtlich des Bauwerksschutzes, wobei hierunter nicht ein absolutes Widerstehen, sondern nur eine zeitliche Hinauszögerung des Versagens wesentlicher Bauteile verstanden wird. Als Grund für diese Forderung wird die verringerte Gefahr der Brandbekämpfung angegeben. Daß die Insassen das brennende Gebäude bei Beginn der Brandbekämpfung längst verlassen haben, davon geht man bei eingeschößigen Hallen ohnehin immer aus. Bei diesen Objekten werden daher etwaige Ummantelungen an tragenden Elementen oder Dachtragwerken mit ihren hohen Investitionskosten entweder grundlos gefordert, wenn kein Brand im Gebäude ausbricht (überwiegende Zahl aller Hallen), oder zum Schutz der Brandbekämpfung verlangt, die den Zusammenbruch in aller Regel nur hinauszögern kann. Die Vermutung oder der Verdacht erscheint daher durchaus angebracht, daß ein erheblicher Teil solcher Auflagen im Vorhandensein der behördlichen Institutionen und dort im traditionellen Denken verankert ist.

Bei der bekannten Unvoreingenommenheit der Amerikaner und der relativ geringeren Einflußnahme der US-Behörden sind derart einengende Auflagen, wie wir sie z. T. in Mitteleuropa vorfinden, nicht denkbar, zumal der in Deutschland häufig empfohlene Ausweg der Massivbauten praktisch nicht gangbar ist. So ist auch dieses Hemmnis für die Ausbreitung der typisierten Stahlhallenbauweise nur in Mitteleuropa vorhanden. Es bleibt nur die Hoffnung auf die Traditionsvorstellungen aushöhlende Wirkung der Zeit, denn mit neuen Vorschriften allein ist es - wie das Beispiel der DIN 18230 Brandschutz im Industriebau zeigt - bei dem großen Ermessensspielraum, der dem Entscheidungsbeamten bleibt, nicht getan.

2. Praktische Probleme der Umstellung der Stahlbaubetriebe von Werkstättenfertigung auf Fließfertigung

2.1 Werkstättenfertigung im Stahlbau

Die noch immer überwiegende Forderung des Marktes nach Anpassung an die von Bauvorhaben zu Bauvorhaben wechselnden Bedingungen wird erfüllt durch maßgeschneiderte Bauten oder durch typisierte Bauteile, die durch begrenzte Variationsmöglichkeiten anpassungsfähig bleiben. Dementsprechend sind Stahlbauunternehmen nicht streng produktbezogen organisiert sondern als Folge von Fertigungsstellen für die üblicherweise anfallenden Arbeitsvorgänge:

- Oberflächenreinigung
- Zwischenkorrosionsschutz
- Längenmessung und Sägen (oder Scheren)
- Anreißen
- Bohren (oder Stanzen)
- Zusammenbauen
- Schweißen
- Endkorrosionsschutz

Die Reihenfolge ist nicht zwingend, beispielsweise können Oberflächenreinigung und Korrosionsschutz am Schluß des Ablaufes liegen. Weitere Arbeitsvorgänge, wie Abkanten, können hinzukommen.

Das Werkstück - oder mehrere gleichzeitig - werden von Arbeitsplatz zu Arbeitsplatz mit dem übergeordneten Hebezeug - dem Laufkran - transportiert. Am Arbeitsplatz selbst sollte ein dem jeweiligen Arbeitsvorgang angepaßtes Transportmittel oder Hebezeug zur Verfügung stehen. Der Fertigungsablauf scheint im Wesentlichen ein Transportproblem zu sein.

Der Wechsel in den Abmessungen und die unterschiedliche Konstruktion der Werkstücke beanspruchen die einzelnen Arbeitsplätze für ungleiche Zeiträume. Um diese ungleiche Beanspruchung auszugleichen, muß genügend Vorlauf und dazu ausreichend Stauraum zwischen den Arbeitsplätzen zur Verfügung stehen. Bei ausreichender Kapazität der Arbeitsplätze untereinander kann sich dann ein vertretbarer Fertigungsablauf ohne Wartezeiten einstellen, wenn auch mit relativ langer Durchlaufzeit. Wo kann aber Arbeitsfläche in ausreichendem Umfang als Zwischenlager zur Verfügung gestellt werden ? - Die Schwierigkeit der Stahlbaufertigung liegt also im Erfassen, Steuern und Kontrollieren des Fertigungsablaufes mit vertretbarem Aufwand.

Der Maschinenbau bietet jetzt speziell für den Stahlbau Fertigungseinrichtungen an, die zwei und mehr Arbeitsgänge miteinander verbinden: Oberflächenreinigung und Korrosionsschutz, Längenmessung und Sägen, Anreißen und Bohren, oder Messen, Sägen und Bohren in einer Einheit. Die logische Weiterentwicklung ist die Verbindung dieser Fertigungseinrichtungen untereinander und schließlich der Übergang zum Fließprinzip.

2.2 Gründe zur Umstellung auf Fließfertigung

Selbstverständlich muß bei einer Umstellung der Fertigung die Wirtschaftlichkeit der erforderlichen Investitionen gegeben sein. Daneben zwingt aber der Mangel an Arbeitskräften in Mitteleuropa zum Ersatz manueller Arbeit durch Maschinenarbeit und zum Ersatz manueller Steuerung einer Maschine durch Überwachung

mehrerer Maschinen durch eine Person. - Wegen des Arbeitsschutzes ist es zu begrüßen, daß bei zunehmender Zusammenfassung von Fertigungseinrichtungen innerhalb eines Betriebes der für das herkömmliche Stahlbauunternehmen typische Krantransport eingeschränkt wird.

2.3 Zeitpunkt der Umstellung

Aus der Sicht der Wirtschaftlichkeit wird die Umstellung von der Werkstättenfertigung zum Fließprinzip dann notwendig, wenn das Produkt mindestens kostengleich hergestellt werden kann. Wenn der Markt aufnahmefähig ist, muß die mit einer Rationalisierung verbundene und mögliche Kapazitätsausweitung in die Betrachtung einbezogen werden.

Wegen des großen Kapitalbedarfes wird die Umstellung eines Betriebes nur im Verlauf mehrerer Jahre durchzuführen sein. Um die Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens nicht zu beeinträchtigen, ist zu untersuchen welche Zwischenstufen (z. B. die Umstellung von einzelnen Betriebsteilen) und in welcher Reihenfolge sie zu wählen sind.

Für die Branche als Ganzes läßt sich die Tendenz erkennen, für die einzelnen Betriebe aber sind unterschiedliche Bedingungen maßgebend. Der Zeitpunkt der Umstellung wird beeinflußt durch die Verhältnisse Lohnanteil zu Materialanteil einerseits und Lohnkosten zu Kapitalkosten andererseits.

Die vom Vortragenden aufgezeigte Fertigungssimulation zur Auswahl des optimalen Maschinenparks für Fertigungslinien, bietet sich außerdem an als Entscheidungshilfe zur Ermittlung des Zeitpunktes für betriebliche Veränderungen. Das für die Auswahl des Maschinenparks bereits erfaßte Werkstückspektrum kann bei Eingabe der Arbeits- und Transportzeiten sowie der Lohnstundenkosten auch für herkömmliche Bearbeitungsweisen und Zwischenstufen zum Fließprinzip ausgewertet werden; Die betriebliche Umstellung kann in jedem Stadium vorweg angenähert auf Wirtschaftlichkeit kontrolliert werden.

2.4 Grenzen des Rationalisierungseffektes in Abhängigkeit vom Produkt

Die Fertigungsanlagen für Oberflächenreinigung, Korrosionsschutz, Messen, Sägen und Bohren (ebenso Scheren und Stanzen), die augenblicklich zur Verfügung stehen, lassen sich durch Rollbahnen in Verbindung mit Quertransporteinrichtungen zu Fertigungslinien verketteten. Die Arbeitsgänge des Trägerbaus lassen sich also vollständig zu einer Fertigungslinie vereinigen. Durch den Wegfall eines Arbeitsganges - des Anreißens - kann die oberste Grenze der möglichen Rationalisierung erreicht werden, wenn die Bearbeitungsdauer der einzelnen Arbeitsgänge einigermaßen übereinstimmt (Takt).

Für viele, vor allem schweißintensive und zu größeren Einheiten zusammengebaute Konstruktionen sind die oben genannten Arbeitsgänge nur Teile der im Werk auszuführenden Arbeiten. Das Anfügen von wiederkehrenden Einzelteilen kann wohl noch durch Verwenden von Vorrichtungen an den Arbeitsrythmus angeschlossen werden, weitergehender Zusammenbau aber und Schweißen lassen sich bei wechselnden Konstruktionen kaum in einer fließende Fertigung einordnen.

Je weiter der Bearbeitungsgrad fortschreitet, umso mehr nimmt die Vielfalt der Konstruktionsformen zu, die Zahl der möglichen Wiederholungen und Ähnlichkeiten aber, die Ansatzpunkte für Fertigungsvereinfachungen sind, ab.

Parallel dazu sind auch die der Fließfertigung gerechten Flurfördermittel für solche Konstruktionen weniger geeignet. Auch wenn die Vorbearbeitung entsprechend dem Trägerbau durchgeführt wird, muß gemessen am Gesamtarbeitsaufwand der einer Rationalisierung zugängliche Anteil kleiner sein.

2.5 Steuerungsprobleme und Platzfragen

Die zur Fließfertigung verbundenen Fertigungsanlagen müssen nahezu im Takt arbeiten. Die zwischengeschalteten Kurzzeitpuffer in Form von Quertransporteinrichtungen können Taktunterschiede in der Größenordnung etwa einer Stunde ausgleichen.

Die Arbeitsvorbereitung muß die zur Bearbeitung anstehenden Werkstücke zur richtigen Mischung zusammenstellen, die möglichst dem durchschnittlichen Werkstückspektrum entspricht, das der Bemessung des Maschinenparks zugrunde lag. Während bei der Werkstättenfertigung der Dispositionsspielraum im Wesentlichen im Betrieb benötigt wurde wird er bei der Fließfertigung in die Arbeitsvorbereitung vorverlegt. Die konstruktive Bearbeitung muß lange genug vorlaufen, um der Arbeitsvorbereitung eine breite Auswahl von Werkstücken zur Verfügung zu stellen. Gelingt es nicht die Werkstücke optimal zu kombinieren, so bestimmt der längste Einzeltakt den Durchlauf; es muß in Kauf genommen werden, daß die übrigen Arbeitsplätze vorübergehend teilbeschäftigt sind. Um eine möglichst gleichmäßige Auslastung aller Fertigungsstellen zu erreichen, wird - zu Gunsten einer erleichterten Disposition - der erzielbare kurze Durchlauf des einzelnen Werkstückes durch die Fertigung nur bedingt die Lieferzeit eines Gesamtbauwerkes verkürzen können.

Durch Rollenbahnen und Quertransporteinrichtungen wird mehr Fläche für die Fertigungsstellen beansprucht als bei kranbedienten Arbeitsplätzen. Die Quertransporteinrichtungen müssen für das längste Werkstück bemessen werden und in der Querrichtung großzügig ausgelegt sein, um den Zugriff zu erleichtern. Während in den Quertransporteinrichtungen nur die Förderebene zu Aufnahme von Werkstücken zur Verfügung steht, wird bei kranbedienter Werkstättenfertigung im Stauraum vor den Arbeitsplätzen (sofern ausreichend vorhanden) i. d. R. mehrlagig übereinander gestapelt.

ZUSAMMENFASSUNG

Im Hinblick auf die schwierige Marktsituation ist nur eine allmähliche Umstellung von der Werkstattfertigung zum kapitalintensiven Fließsprinzip ratsam. Sie sollte Zug um Zug mit dem Abbau der unter 1.3 bis 1.6 geschilderten Schwierigkeiten und Hemmnisse vollzogen werden, zumal wegen des hohen Kapitalbedarfs das Finanzierungsproblem ohnehin einen Zeitraum von mehreren Jahren in Anspruch nehmen wird.

Neben der Auswahl des richtigen Maschinenparks ist der Zeitpunkt und Fortschritt der Umstellung für die Wettbewerbsfähigkeit massgebend. Trägerkonstruktionen können leichter in eine fließende Fertigung eingeordnet werden als schweissintensive und zusammenbauintensive Konstruktionen.

SUMMARY

Taking into consideration the difficult market conditions, the change from workshop production to rather expensive continuous operations can only be realized gradually. It should be accomplished by degrees and in accordance with the reduction of the difficulties and hindrances outlined in chapter 1.3 to 1.6; owing to the high capital investment the financing problem will moreover require a period of several years.

Apart from the selection of the appropriate equipment the moment and progress for changing will prove decisive for the competitiveness. Beam constructions can easier be integrated into a continuous process than constructions requiring principally welding and assembly work.

RESUME

Vu la situation difficile du marché, on ne peut conseiller qu'une conversion continue de la fabrication en atelier à une production en chaîne. Cette transformation devrait être exécutée par degrés et en réduisant les difficultés et les entraves selon les chapitres 1.3 et 1.6. Les exigences en capitaux et les problèmes financiers obligeront à étaler la conversion sur plusieurs années.

A côté d'un choix judicieux du parc de machines, le stade des progrès dans la conversion sera déterminant pour la compétitivité. La construction des poutres est plus facile à convertir en production intensive que la construction d'éléments requérant un grand travail d'assemblage et de soudage.