

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

**Band:** 9 (1971)

**Rubrik:** Theme I: Production technology

### **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>**

## **Ursachen des geringen Mechanisierungsgrades in der Stahlbaufertigung und Vorschläge zur Verbesserung des Fertigungsablaufes**

Reasons for the Low Degree of Mechanization in the Construction of  
Steel Structures and Suggestions for Improving the Production Processing

Raisons du bas degré de mécanisation dans la construction de charpentes  
métalliques et propositions pour l'amélioration du déroulement de la  
production

**H.-J. LANGHOFF**  
Dipl.-Ing.  
Betriebsdirektor  
Rheinhausen, Deutschland

In den Ausführungen von Herrn Professor Jungbluth über Konzept für Entwurf und Fertigung im Stahlbau" sind viele Hinweise aufgeführt, die dem Stahlbau neue Impulse auf dem Gebiet der Entwurfskonzeption und der Fertigungsdurchführung geben und damit zur wirtschaftlichen Verbesserung des Stahlbaus beitragen. Bei vielen Stahlbaufirmen sind in den letzten Jahren Rationalisierungsmaßnahmen und technische Verbesserungen mit hoher wirtschaftlicher Effektivität durchgeführt worden. Entscheidende Schritte auf dem Wege der Industrialisierung und damit der Mechanisierung sind aber nur in einigen Abschnitten des Fertigungsablaufes erreicht worden, ohne jedoch das Gesamtbild einer lohnintensiven handwerklichen Einzelfertigung verdrängen zu können.

Die Frage ist daher: Wo liegen die Ursachen des niedrigen Mechanisierungsgrades im Stahlbau, obwohl technisch moderne Bearbeitungsmaschinen vorhanden sind?

Meines Erachtens nach sind die folgenden Gründe Ursache für diesen schlechten Fertigungsstand:

1. Fast alle Stahlbaufertigungswerkstätten sind im Laufe einer längeren Zeitspanne ohne einen Generalplan für Materialfluß und Fertigungsablauf abschnittsweise auf- bzw. ausgebaut worden. Die Fertigungstechnologie hat sich während dieser Zeit jedoch durch das Vordringen der Schweißtechnik stark verändert. Ebenfalls in der Vorbearbeitung ist durch den Einsatz von neuen Bearbeitungsmaschinen eine Veränderung des Materialflusses eingetreten, für den die vorhandenen alten Werkstatthallen keine optimalen Arbeitsplatzgestaltungen mehr bieten können.
2. Es sind infolge der schlechten Raumordnung - Lage der Werkshallen zueinander - keine durchgreifenden Transportlösungen durchgeführt worden. Alle Arbeitsplätze werden durch Brückenkranen bedient, so daß häufiges Auf- und Ablegen mit einfachen

Anschlagmitteln (Haken, Ketten, Seile, Greifklauen) nötig ist. Neben einer erheblichen Unfallgefahr bedingt diese Arbeitsweise häufig Wartezeiten, die bei steigenden Lohnkosten zu einer erheblichen wirtschaftlichen Belastung führen.

3. Eine Hauptursache liegt in der betonten Einzelfertigung pro Auftrag. Verstärkt wird diese Tendenz durch das gebräuchliche Werkstattzeichnungssystem, das eine Auflösung und damit eine Teilefamilienfertigung erschwert. Gekennzeichnet ist das Werkstattssystem dadurch, daß die Konstruktionszeichnung alle Detailmaße jeder Position enthält. Der Vorzeichner überträgt alle diese Maße aus der Zeichnung unmittelbar auf das Werkstück. Die Arbeit des Vorzeichners erfordert umfangreiche Sachkenntnis, langjährige Erfahrung auf dem Stahlbaugebiet und unbedingte Zuverlässigkeit. Die voll vermaßte Zeichnung dient ebenfalls der Arbeitsvorbereitung für die Verakkordierung.

Ziel aller Anstrengungen muß eine Industrialisierung der Stahlbaufertigung sein. Wesentliche Grundüberlegungen sind in den Ausführungen von Herrn Professor Jungbluth genannt worden. Weitere Möglichkeiten, die Produktion den Erfordernissen des Marktes und auch dem Arbeitskräftemangel anzupassen, will ich hier aufzeigen:

1. Entsprechend den neuesten Erkenntnissen des Materialflusses und des Fertigungsablaufes sind Generalpläne für einen Umbau oder Neubau von Produktionsstätten aufzustellen. Die nachfolgenden Ausführungen sollen einige Grundsätze für die Werkstattplanung aufzeigen.

Stahlbau ist ein Transportproblem. Bei einer Umschlagszahl 9 (d.h. im Mittel wird jede Position im Fertigungsablauf neunmal transportiert) ist dem Förderwesen bei der Planung besondere Beachtung zu schenken.

Für eine Fabrikumplanung oder -neuplanung sind aus dieser Erkenntnis folgende Gesichtspunkte von besonderer Bedeutung:

1. Störungsfreier Anschluß an eine Straße und an einen Schienen- und evtl. Wasserweg.
2. Zweckentsprechende Flächenplanung (Zuordnung der Lagerplätze für Walzmaterial zu den Produktionshallen).
3. Folgerichtiger Fertigungsablauf.
4. Einsatz richtiger Fördermittel (Brückenkräne, Flurförderer, Rollgänge)

und

5. eine Organisation, die als Bindeglied im Unternehmen eine funktionsfähige Steuerung und einen schnellen Informationsfluß gewährleistet.

In meinen Ausführungen werde ich mich wegen der Kürze der zur Verfügung stehenden Zeit auf den Punkt 4 beschränken,

Fast alle Stahlbaufabriken werden heute durch die städtebauliche Entwicklung mehr oder weniger von anderen Industriezweigen oder von Wohngebieten platzmäßig eingeengt. Freie Flächen für sinnvolle Ausbauten oder Umbauten können meist nur durch den Abbruch bestehender Hallen gewonnen werden.

Aus städtebaulichen Gründen ist sehr häufig eine Verlagerung in die industrielle Stadtrandzone und damit ein Neubau auf grüner Wiese wünschenswert. Diese Frage der Raumordnung und damit der Umgestaltung unserer Stahlbaufabriken oder der Neuplanung ganzer Fabrikanlagen wird aus zwingenden Gründen vordringliche Aufgabe in nächster Zeit sein.

Für die Durchführung dieser planerischen Aufgabe möchte ich Ihnen nun anhand der folgenden Lichtbilder einige Möglichkeiten der Werksplanung aufzeigen:



Bild 1

Bild 1 zeigt Ihnen einen erfundenen Ist-Zustand einer Stahlbaufabrik (Ähnlichkeiten sind rein zufällig).

Zur besseren Unterscheidung sind die einzelnen Fabrikationsbereiche farblich gekennzeichnet. Selbst bei flüchtiger Betrachtung kann man an diesem Bild feststellen, daß der Materialfluß an einigen Punkten gestört ist und daß die Materialbewegung im Fertigungsablauf in dieser Fabrik erhebliche Kosten verursacht.

Grundüberlegungen zur Umgestaltung solcher Fabrikanlagen und gleichzeitig auch Hinweise für Neuplanungen auf grüner Wiese sollen die nächsten Bilder Ihnen aufzeigen.

Bild 2 a und Bild 2 b zeigen die Fabrikplanung in Linienform. Das Bild 2 a stellt die 1. Ausbaustufe dar. Das Material bewegt sich in Längsrichtung durch das Lager, die Walzstahlkonservierung, Vorbereitung, Zusammenbau und Versand. Der Materialfluß wird im Fertigungsablauf nicht durch Richtungsänderungen gestört. Die durchlaufende Kranbahn ermöglicht eine Übergabe des Materials von dem einen zum anderen Bearbeitungsbereich ohne Zwischenschaltung anderer Fördermittel (Rollgänge, Flurförderer).

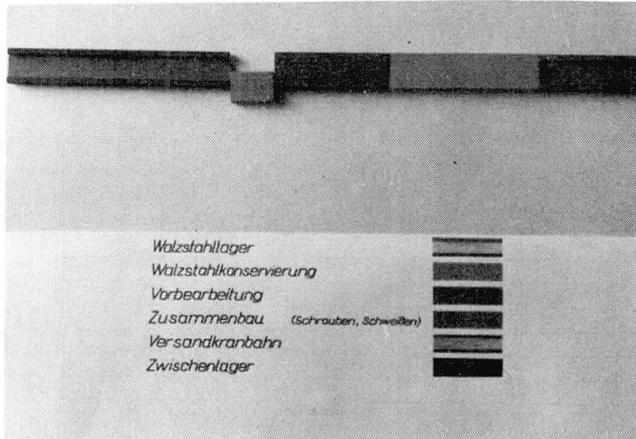


Bild 2 a

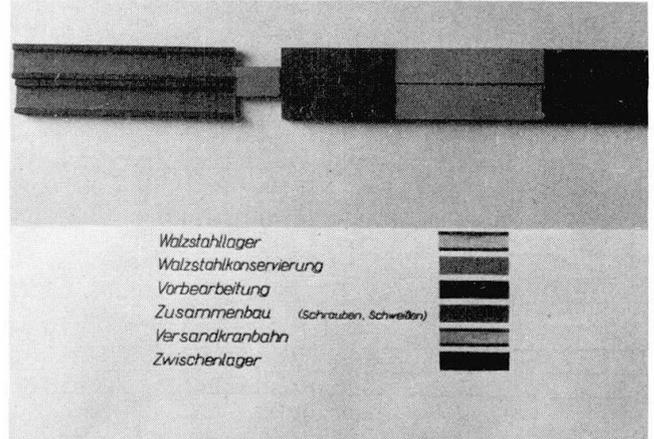


Bild 2 b

Im Bild 2 b ist eine Erweiterung durch eine 2. Linie dargestellt. Jedem kritischen Betrachter wird bei der Vorstellung weiterer Ausbauten aufgrund des Materialflusses klar werden, daß diese Linienform für Fabriken mit größerem Durchsatz keine günstige Lösung darstellt.

Erweitert man die Vorbereitung, den Zusammenbau und die Versandkranbahnen durch Anbauten, so wird das Walzmaterial, um zu diesen neuen Bearbeitungsplätzen zu gelangen, quer bewegt werden müssen.

Bessere Möglichkeiten für größere Fabrikplanungen bieten die nächsten Bilder.

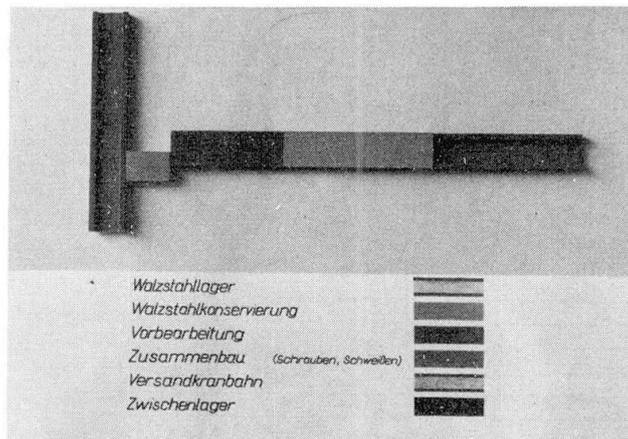


Bild 3 a

Die Bilder 3 a und 3 b zeigen die Planung in Winkelform, Bild 3 a die Ausgangsgrundlösung, Bild 3 b die Erweiterung auf eine 2. Stufe.

Die Materialeinlagerung im Walzstahlager durch Brückenkranne ist bei dieser Lösungsform wesentlich besser. Hier ist der Einsatz von Magnettraversen angebracht. Die Materialbewegung aus dem Lager in die Walzstahlkonservierung und zur Vorbereitung erfolgt über Rollgänge.

Eine Vergrößerung auf drei und mehr Stufen sollte man bei der Grundlösung jedoch schon durch eine Zwischenlagerhalle

(Bild 3 c) berücksichtigen. An dieser Zwischenlagerhalle können weitere Zusammenbauhallen angeschlossen werden.

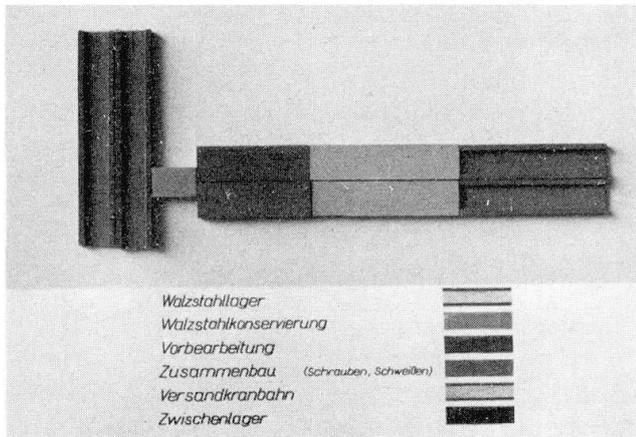


Bild 3 b

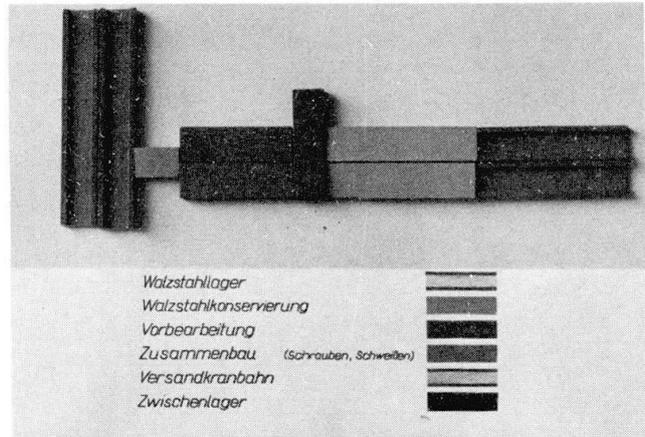


Bild 3 a

Die Zwischenlagerhalle bringt für den Materialfluß und die Fertigung wesentliche Vorteile:

1. Die vorbearbeiteten Teile werden im Zwischenlager blattweise bereitgestellt.
2. Die Verteilung des Materials auf die Zusammenbauzulagen kann von der Zwischenlagerhalle aus gesteuert werden.

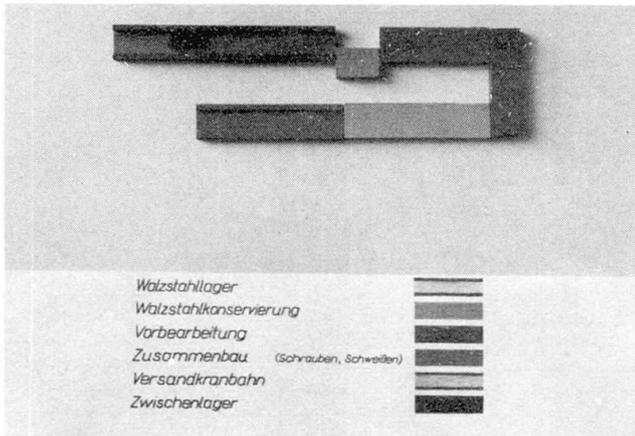


Bild 4 a

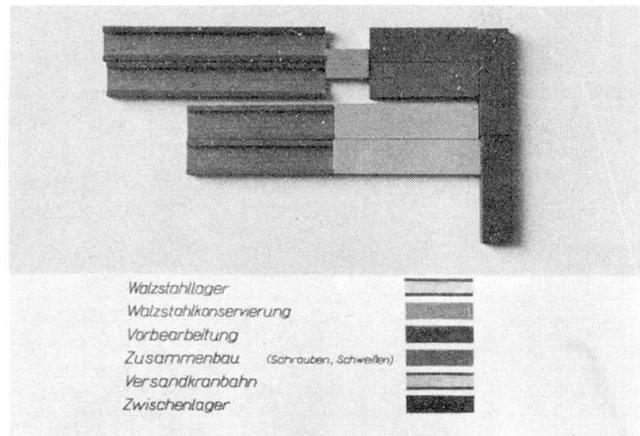


Bild 4 b

Die Bilder 4 a und 4 b dienen als Beispiel für eine Fabrikplanung in U-Form. Diese Form ist für eine fast unbegrenzte Erweiterung geeignet. Das Bild 4 zeigt die Grundlösung, das Bild 4 b eine Vergrößerung in einer ersten Ausbaustufe. Nach der Vorbereitung wird das Material im Zwischenlager blattweise für den Zusammenbau bereitgestellt und von dort zu den Zusammenbauzulagen transportiert.

Der Fertigungsablauf in den hier gezeigten Planungsformen kann ohne Richtungsänderung des Walzmaterials durchgeführt werden (gemeint ist kein Drehen und eine damit verbundene Richtungsänderung).

Diese Forderung ist schon bei der Materialanfuhr und bei der Einlagerung im Walzstahllager zu beachten. Sie muß ihre konsequente Fortsetzung in der Vorbearbeitung, im Zusammenbau und bei der Verladung der gefertigten Bauelemente finden.

2. Der Materialfluß im Fertigungsablauf kann wesentlich beeinflusst werden durch einen möglichst kombinierten zweckentsprechenden Einsatz der Fördermittel.

Als Fördermittel sind bekannt:

- a) Brückenkräne von 10 bis 100 t Tragfähigkeit.

Diese Brückenkräne sind in den verschiedenen Einsatzbereichen des Fertigungsablaufes durch entsprechende Ausrüstungen zu ergänzen. Z.B. lassen sich im Walzstahllager durch den Einsatz von Magnettraversen für Bleche und Profile die Einlagerungskosten erheblich senken, und vor allem werden unfallgefährdete Arbeitsplätze eingespart (Bild 5 a und 5 b).

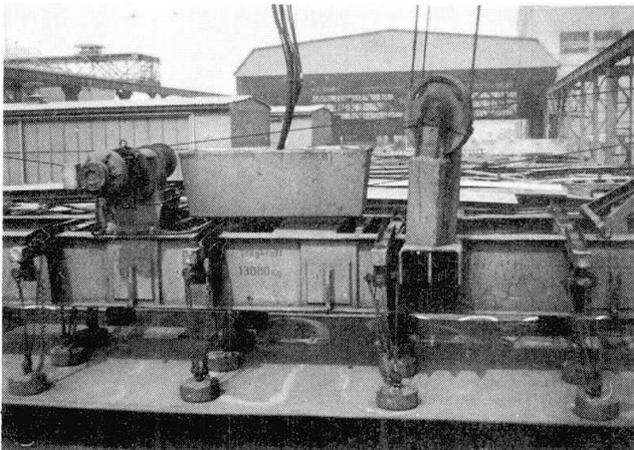


Bild 5 a

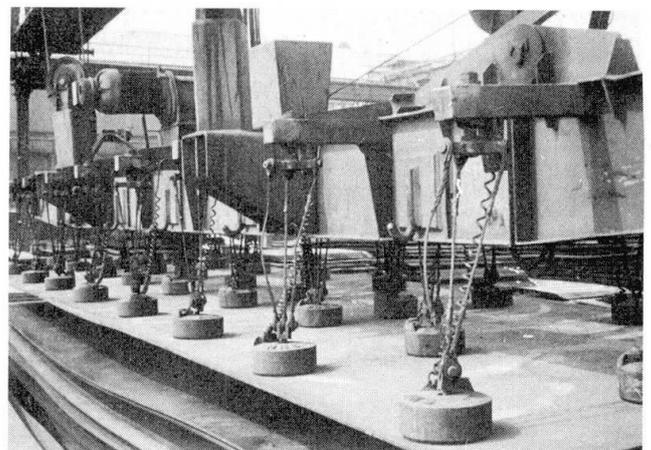
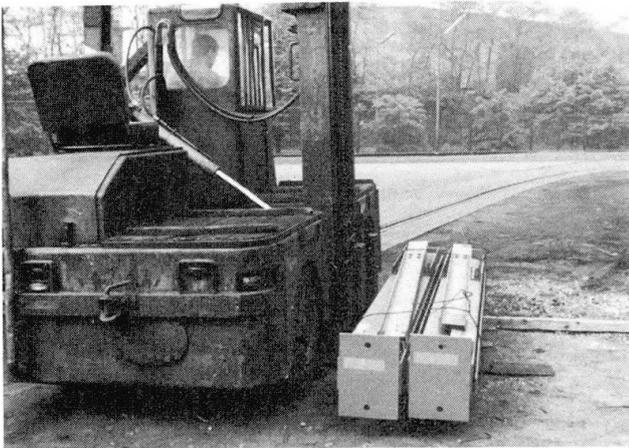
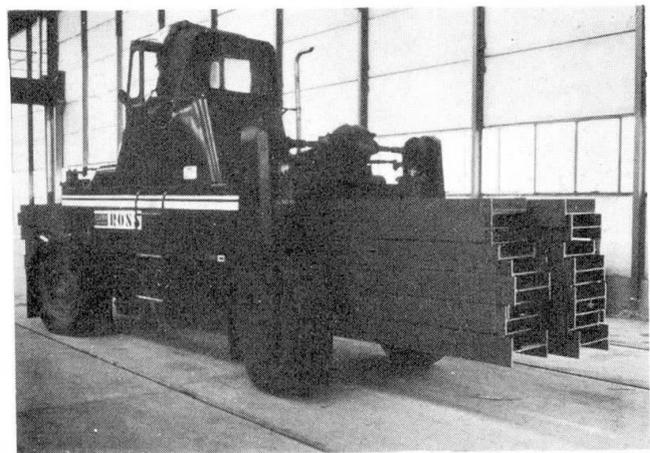


Bild 5 b

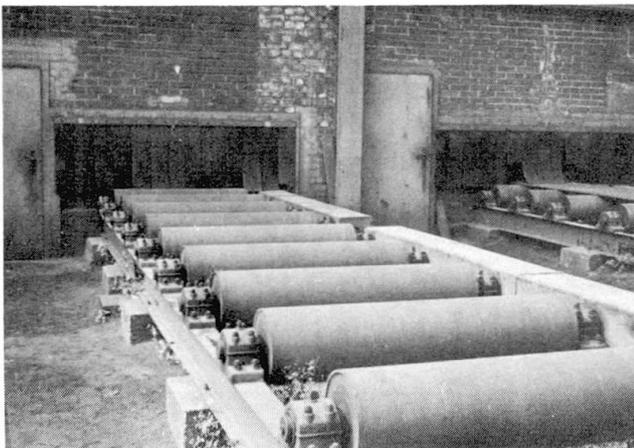
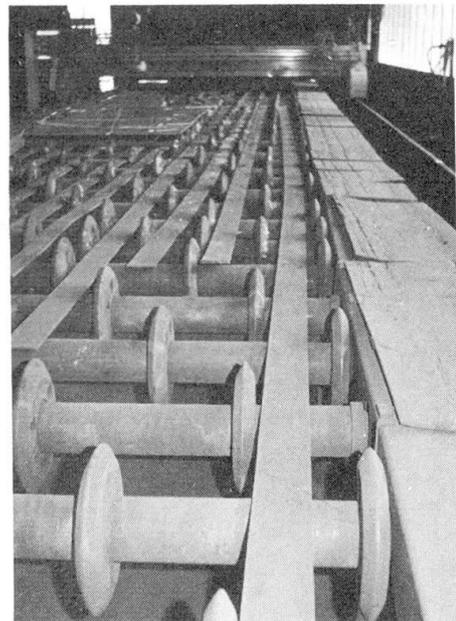
Die Beschriftung des Materials sollte vom Kranführerhaus aus lesbar sein. Der Arbeitseinsatz von Lagerkränen könnte über Sprechfunk erfolgen. Als weitere Verbesserung wäre es möglich, den Brückenkran für den Zusammenbau und die Schweißerei so auszurüsten, daß er mit einer Wendeeinrichtung versehen würde.

- b) Flurfördermittel für den Stahlbau sind Frontstapler, Seitenstapler und Portalförderer. Während Frontstapler überwiegend für den Transport von Kleinteilen in Transportgefäßen eingesetzt werden, eignen sich Seitenstapler und Portalförderer zum Transport längerer Stücke.

Bild 6 aBild 6 bBild 6 c

(Bilder 6 a, 6b und 6 c)

- c) Rollgänge zur Verbesserung des Materialflusses haben in letzter Zeit weite Verbreitung gefunden. Sie dienen in Kombination mit Querförderanlagen oder mit Materialpufferzonen an Bearbeitungsmaschinen zur besseren Auslastung dieser hochwertigen und im Stundensatz teuren Anlagen. Die Rollgänge

Bild 7 aBild 7 b

können an bestimmten Einsatzstellen durch Transportbänder oder Wanderrostförderer ersetzt werden. (Bilder 7 a und 7 b)

- d) Anschlagmittel sind Sicherheitsgreifklauen, Blechtransportklauen und Zangen.  
Zum sicheren Anschlagen von Material oder von Bauteilen sind geprüfte Greifklauen zu verwenden.  
Bekannt sind besonders Sicherheitsgreifklauen (Bild 8 a) und Blechtransportklauen (Bild 8 b) und Zangen für den Transport von Großträgern (Bild 8 c).

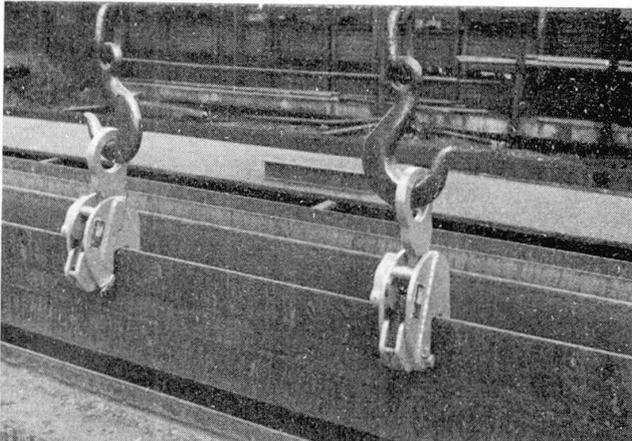


Bild 8 a

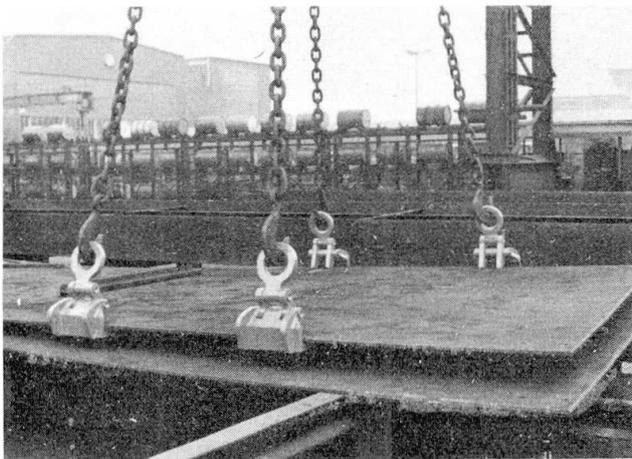
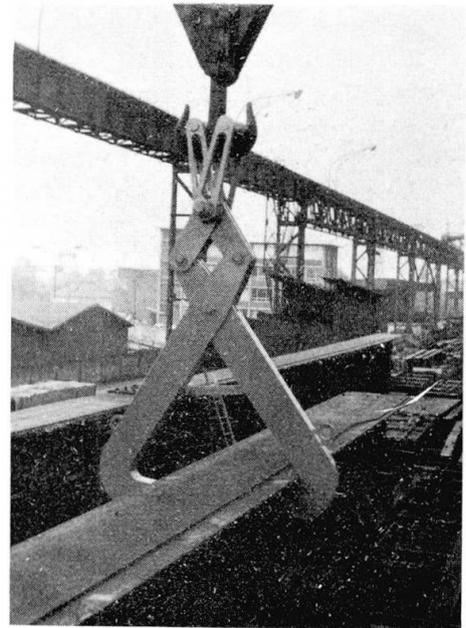


Bild 8 b



(Bild 8 c)

3. Entscheidend für einen Durchbruch zur weitgehenden Mechanisierung der Stahlbaufertigung ist m.E. der Übergang zum Einzelteilzeichnungssystem. Beim Einzelteilzeichnungssystem (Skizzen-system) werden vom Technischen Büro Konstruktionszeichnungen, die nur mit den System- und Hauptmaßen des Bauteils versehen sind, erstellt. In einem Zwischenbüro (Vorzeichner- oder Skizzenbüro) werden hierzu Einzelteilzeichnungen, Skizzen, Naturgrößen und Anreißbänder im Maßstab 1 : 1 für die Anreißer angefertigt. Die Einzelteilzeichnungen dienen ebenfalls dem Arbeitsplaner und dem Kalkulator als Unterlage für ihre Überlegungen und für die Herstellung von Lochbändern oder Lochkarten für NC-gesteuerte Bearbeitungsmaschinen.

Die Durchführung der Vorzeichnerarbeiten beim Einzelteilzeichnungssystem ist unabhängig vom Materialeingang (Möglichkeit eines kürzeren Liefertermines). Für die weitere Verarbeitung der Einzelteile können Teilefamilien mit gleichen Arbeitsgängen gebildet werden.

Erst die Einzelteilzeichnung schafft die Voraussetzung für eine wirksame Rationalisierung im Stahlbau, die sich bis auf den Einsatz elektronischer Zeichenmaschinen erstrecken kann.

Die Konsequenz aus den unter 1 bis 3 aufgeführten Möglichkeiten ergibt eine zukunftsorientierte Stahlbaufertigung, die wie folgt vorstellbar wäre:

Die elektronisch hergestellten technischen Unterlagen (Einzelteilzeichnungen und Stücklisten) werden von der Produktionsplanung auf optimale Fertigungsmöglichkeiten durchgearbeitet und gesteuert in den Fertigungsablauf eingeschleust. Die Steuerung bewirkt den Anlauf der Fertigung.

Aus dem Walzstahllager gelangt das Material, getrennt nach Profilsorten, über Rollgänge durch voll mechanisierte Entrostungs- und Entzunderungsanlagen zu Farbspritzkabinen und weiter über Transporteure und Querverschiebeanlagen zu den verschiedenen Bearbeitungsstraßen. Die Bearbeitung von Kleinteilen, die in Transportkästen befördert werden, erfolgt in besonderen Maschinenzentren unter Einsatz von NC-Maschinen. Alle größeren Stücke werden über Rollgänge und Querverschiebeanlagen zu den durch diese Transportanlagen zu Bearbeitungsstraßen miteinander verketteten, z.T. numerisch gesteuerten Bearbeitungsmaschinen transportiert.

Die gesamte Vorbearbeitung erfolgt einzig unter dem Gesichtspunkt einer optimalen Auslastung der in diesem Bereich installierten Bearbeitungsmaschinen.

Erst nach der Vorbearbeitung erfolgt in einem im Materialfluß liegenden Zwischenlager eine dem Zusammenbau entsprechende blattweise Sortierung. In den übergangslos an das Zwischenlager sich anschließenden Zusammenbauhallen wird das angearbeitete Material unter Verwendung moderner Spannmittel zusammengebaut und z.B. bei Schweißkonstruktionen mit mechanisierten Schweißverfahren abgeschweißt. Liegezeiten größerer Bauteile auf den Zulagen können durch Einschaltung von Sektionsbauweisen verkürzt werden. Vor der Einlagerung der Bauteile unter der Versandkranbahn erhalten alle Teile einen dem geforderten Korrosionsschutzaufbau entsprechenden Grundanstrich. Die Arbeiten auf der Baustelle setzen ein, wenn genügend einbaufertige Bauteile vorhanden sind. Große Zwischenlagerplätze und damit kostspielige Zwischentransporte auf den Baustellen entfallen, da bei genügendem Vorlauf der Fertigung die Baustelle auf Abruf mit Bauteilen versorgt werden kann.

Dieser Diskussionsbeitrag sollte darlegen, daß auch bei einer Einzelfertigung, wie sie der Stahlbau aufgrund der Konkurrenzlage zu anderen Baustoffen pflegen muß, eine serienähnliche Abarbeitung möglich ist. Diese Möglichkeiten, die nur der Werkstoff Stahl hat, sollten für eine Vergrößerung des Marktanteils auf dem Bausektor als Vorteil ausgenutzt werden.

## ZUSAMMENFASSUNG

Die Ursachen des geringen Mechanisierungsgrades in der Stahlbaufertigung liegen also im Layout der Produktionshallen, im Transportsystem und in der betonten Einzel-fertigung pro Auftrag. Eine industrialisierte Serienfertigung wird ermöglicht durch eine den Erkenntnissen des Materialflusses Rechnung tragende Raumplanung, durch einen zweckentsprechenden Einsatz von Fördermitteln und durch ein geändertes Zeichnungssystem, das die Belange der Einzelteil- und Serienfertigung ermöglicht.

## SUMMARY

The reasons for the low degree of mechanization in the construction of steel structures depend on the layout of the production shops, on the transport system and on the small production scale for individual orders. An industrialized mass planning is practicable by an appropriate supply of conveying means and by a modified drawing system which complies with the requirements of the single piece and series production.

## RESUME

Les causes du mauvais degré de mécanisation de la construction de charpentes métalliques sont à rechercher dans la partition des entreprises, dans les systèmes de transport et les petites productions particulières. Un planning industriel peut être appliqué grâce aux connaissances actuelles concernant les chaînes de fabrication, en engageant des moyens de transport sur bande et un système modifié de dessin technique qui améliore la production d'éléments particuliers et en série.

## **Einfluß der Technologie einer Serienfertigung auf die Normen für die Herstellung von Stahlkonstruktionen**

Influence of the Technology of Series Fabrication on the Standards for the Production of Steel Structures

Influence de la technologie d'une fabrication en série sur les normes pour la réalisation de structures en acier

**JOSEF NOVOTNÝ**

Dipl.-Ing.

Eisenwerke Vítkovice K.G.

Ostrava, CSSR

Wie jeder neue Erzeugungsprozess muss sich auch die Serienfertigung von Stahlkonstruktionen in den für die Erzeugung und Montage gültigen Normen und auch in den Normen der Fertigungstoleranzen auswirken. Auch wenn die Fertigung in Serien noch keine Einführung neuer Herstellungsoperationen bedeutet, erfordert jedoch schon die Zusammenstellung der einzelnen Operationen in eine gewisse Folge eine Präzisierung des Herstellungsprozesses durch Einführung eines gewissen Taktes der Erzeugung in der Komplettierung der Operationen, beginnend mit der Vorbereitung des Ausgangsmaterials und endend mit dem Versand der fertigen Teile.

Dieser Beitrag basiert auf dem einführenden Referat von Prof. Faltus (1) und fasst die Grundsätze zusammen, mit welchen die heute gültigen Herstellungs- und Montagenormen vervollständigt werden müssen.

Vor allem ist es notwendig, sich zu vergewissern, dass die Fertigung von Stahlkonstruktionen in Serien auf dreierlei Arten in Abhängigkeit des Bereichs der Automation möglich ist (siehe das Referat des Kollektivs Prof. Jungbluth, Dipl.Ing. Pegels, Dipl.Ing.Zwanzig). Jede Serienfertigung dieser Art muss ihren speziellen technologischen Vorgang haben, welcher nicht nur die Herstellungsoperationen, sondern auch den Takt der Fertigung und die notwendige Kapazität der Zwischenlager löst, damit die Produktivität der Einrichtung maximal wird und Engpässe, welche eine übermäßige Ansammlung von Halbfabrikaten verursachen und ein Verstopfen der Fertigungsstrasse u.dgl. bewirken könnten, beseitigt werden.

Die Herstellungsverfahren müssen jedoch die an die Erzeugnisse gestellten Grundforderungen erfüllen, damit dieselben in der zusammengebauten Konstruktion in Bezug auf Statik und Funktion voll entsprechen, und damit überdies Fertigung, Transport und Montage für die Arbeiter sicher sind und es zu keinen Unfällen während der Manipulation u.dgl. kommt. Diese durch die entsprechenden Normen für die Erzeugung und die Montage angestrebten Forderungen müssen auch auf die Fertigung von Stahlkonstruktionen in Serien erweitert werden.

Die tschechoslowakische Staatsnorm ČSN 73 2601, "Die Fertigung von Stahlkonstruktionen" aus dem Jahre 1966, gliedert z.B. die Stahlkonstruktionen nach den Anforderungen an die Genauigkeit der Fertigung in drei Erzeugungsgruppen, und zwar:

- Gruppe A - beinhaltet sämtliche Stahlkonstruktionen für Stahlbauten und technologische Einrichtungen, welche dynamisch beansprucht sind, und Stahlkonstruktionen mit besonderem Charakter, insbesondere Brückenkonstruktionen, Antennentürme und Antennenmaste für Rundfunk und Fernsehen, für Radioteleskope, Radareinrichtungen, für sportliche, wissenschaftliche und andere Zwecke, Förder- und Bohrtürme, Kühltürme usw.
- Gruppe B - schliesst sämtliche sonstigen Stahlkonstruktionen für Stahlhochbauten und technologische Einrichtungen ein, welche nicht in der Gruppe A enthalten sind.
- Gruppe C - enthält weniger wichtige und ergänzende Stahlkonstruktionen, wie z.B. Treppen, Geländer, Leitern u.dgl.

Diese Einteilung wird aller Wahrscheinlichkeit nach auch für die Serienfertigung gültig sein, welche zwar in den Gruppen B und C eine genauere Festlegung der Erzeugnisse mit Rücksicht auf die Möglichkeit einer Austauschbarkeit von typisierten in Serien gefertigten Teilen mit sich bringen wird; aber sie muss hauptsächlich in der Gruppe A eine Genauigkeit des Erzeugnisses gewährleisten, damit die Funktion der zusammengebauten Konstruktion eine sichere ist.

Weitere Kapitel, auch in den Weltnormen, befassen sich in überwiegendem Masse mit

- den Werkstattzeichnungen
- dem Ausgangsmaterial und seiner Bearbeitung
- der Durchführung der Verbindungen
- der Werkmontage
- der Grund-Oberflächenbehandlung
- der Werkstattübernahme und dem Versand
- dem Transport auf die Baustelle und der Montage an Ort und Stelle
- der Übernahme der montierten Konstruktion
- der Wartung der Konstruktion und eventuell mit deren Verstärkung.

Die Serienfertigung wird das Kapitel der Werkstattzeichnungen mit einer allgemeinen Bestimmung in dem Sinne beeinflussen, dass diese Dokumentation die Erfordernisse der Fertigungsstrassen nach dem Grad der Automation der Knotenpunkte für die Bearbeitung der notwendigen Programme für numerisch gesteuerte Maschinen u.dgl. erfüllt.

Das Kapitel über die Ausgangswerkstoffe wird nicht besonders vervollständigt werden müssen, weil die allgemeine Forderung, wonach für die Fertigung nur ein Werkstoff mit der in der Fertigungsdokumentation vorgeschriebenen Güte verwendet wird, sich auch auf verformungsfähige Werkstoffgütern erstreckt, welche der Konstrukteur im Einklang mit dem technologischen Vorgang für auf den Fertigungsstrassen durchzuführende Verformungen zu wählen verpflichtet ist.

Das Kapitel über die Verarbeitung des Ausgangswerkstoffes wird am meisten durch die Technologie der Serienfertigung beeinflusst werden, wie bereits im einführenden Referat von Prof. Faltus (1) angedeutet ist. In überwiegendem Masse werden bei der Serienfertigung als Ausgangswerkstoffe dünnwandige Profile verwendet, deren Schneiden, Richten, Bohren und Verformen sicherlich spezielle Bestimmungen nach den technologischen Verfahren der Fertigungsstrassen erforderlich machen werden. Das gleiche gilt für die Technologie der Verbindungen und deren Vorbereitung, sowie für den Zusammenbau der Teile und die Oberflächenbehandlung, mit welchen der Herstellungsvorgang der Serienfertigung beendet wird.

Mit Rücksicht auf die Tatsache, dass die Technologie der Stückgutfertigung auch weiterhin infolge ihres Umfanges mit ihren Anforderungen an die Normenbestimmung überwiegen wird, wird es augenscheinlich zweckmässiger sein, sämtliche Bestimmungen über die Technologie der Serienfertigung in einem selbständigen Kapitel zusammenzufassen, welches eine übersichtliche Zusammenstellung von unterschiedlichen Anforderungen und Notwendigkeiten darstellt.

Die Werkmontage der Tragteilgruppen kann in der Serienfertigung mit Rücksicht auf den Charakter der Erzeugung in Vorrichtungen vollkommen entfallen, da dieselbe höchstens eine Kontrollzusammenstellung einer "n"-ten Serie von Erzeugnissen nach dem Charakter und der Funktion als Beweis einer vollkommenen Austauschbarkeit der Teile voraussetzt. Von diesem Standpunkt aus ist es auch notwendig, das Kapitel über die Werksübernahme der Erzeugnisse zu revidieren; diese wird eine Kontrolle umfassen, wonach die Teile aus der vorgeschriebenen Materialgüte hergestellt werden und eine Stichprobenkontrolle der übernommenen Teile mit der technischen Dokumentation und den zulässigen Abweichungen.

Die restlichen Kapitel über den Transport auf die Baustelle, die Montage an der Baustelle, die Übernahme der zusammengebauten Konstruktion usw. gelten sowohl für Stückgut als auch für seriengefertigte Erzeugnisse.

Eine wesentliche Beeinflussung wird jedoch bei der Norm über die zulässigen Abweichungen für das Bohren, Nieten und Verschrauben der Stahlkonstruktionen (ČSN 73 0908) und bei der Norm über die zulässigen Abweichungen der Abmessungen von Stahlkonstruktionen (ČSN 73 2611) eintreten. Grundsätzlich kann gesagt werden, dass eine Serienfertigung infolge einer Zusammenstellung von Fertigungsknotenpunkten in Fertigungsstrassen mit Hilfe heute verwendeter Maschinen und Einrichtungen keine Anpassung dieser Normen notwendig machen wird. Bei der Anwendung von neuen Maschinen jedoch muss als Ziel eine derartige Technologie gelten, welche zulässige Abweichungen im Rahmen dieser Normen gewährleistet. Man kann indes voraussetzen, dass durch eine Modernisierung der Herstellungseinrichtungen derartige Fertigungsabweichungen erzielt werden, welche kleiner sind als jene, welche

vorderhand durch die geltenden Normen zulässig sind. Zum Beispiel erreicht man durch Anordnung von Teilungs- und Bohrstrecken des Typs Boulton and Paul, Mécaval, der Lochmaschinen Vernet u.dgl. wesentlich genauere Längen der geteilten Elemente und auch ein genaueres Bohren der Löcher und deren genauere Zwischenabstände. Die ursprünglichen zulässigen Abweichungen müssen jedoch auch weiterhin ihre Gültigkeit behalten, da auch kleinere Erzeuger berücksichtigt werden müssen, welche derartige Einrichtungen nicht anschaffen können. Die Vorteile einer genaueren Erzeugung wirken sich bei dotierten Erzeugern in verbesserten Werksnormen aus, welche eine erhöhte Genauigkeit der Erzeugnisse und demzufolge auch deren höheren technischen Stand gewährleisten.

Der vorliegende Artikel entstand aus den ersten Erwägungen über die beginnende Revision der tschechoslowakischen Staatsnorm ČSN 73 2601 "Fertigung von Stahlkonstruktionen", welche der Autor dieses Beitrages vorbereitet. Da die heute gültige Norm in den Jahren 1964 bis 1965 ausgearbeitet wurde, also in einer Zeit, als es in der ČSSR noch nicht notwendig war, die Einflüsse einer Serienfertigung in Betracht zu ziehen, werden die Grundsätze dieser Art der Fertigung in der revidierten Norm verankert werden müssen. Auf diese Weise wird eine Basis für eine weitere progressive Entwicklung sowohl der Herstellungstechnologie als auch des technisch-ökonomischen Standes des Erzeugungsprozesses und auch des Endproduktes geschaffen.

#### Literaturverzeichnis:

1. Faltus : "Fertigungstechnologie"  
Einführungsbericht für das Symposium :  
In Serien gefertigte Stahlbauten
2. Jungbluth-Pegels-Zwanzig :  
"Konzept für den Entwurf und die Fertigung im Stahlbau",  
Einführungsbericht für das Symposium :  
In Serien gefertigte Stahlbauten
3. ČSN 73 2601 -"Provádění ocelových konstrukcí"  
(Fertigung von Stahlkonstruktionen)
4. ČSN 73 2611 -"Mezní úchytky rozměrů ocelových konstrukcí",  
(Zulässige Dimensionsabweichungen bei Stahlkonstruktionen)
5. ČSN 73 0908 -"Mezní úchytky pro vrtání nýtování a šroubování  
ocelových konstrukcí"  
(Zulässige Abweichungen für das Bohren, Nieten und Verschrauben von Stahlkonstruktionen)
6. DIN 1000 "Stahlhochbauten, Ausführung"

## ZUSAMMENFASSUNG

Die Technologie einer Serienfertigung beeinflusst die Normen für Herstellung und Montage der Stahlkonstruktionen. Fast alle Kapitel der Normung, beginnend von den Werkstattzeichnungen bis zur Werkstattübernahme und Spedition müssen vervollständigt werden. Manche Vorteile der genaueren Erzeugung können sich jedoch nur in verbesserten Werksnormen auswirken. Die Kapitel der Montage an Ort und Stelle bis zur Uebernahme der montierten Konstruktion usw. bleiben ohne Aenderung, da sie sowohl für Stückgut als auch für seriegelieferte Erzeugnisse gelten.

## SUMMARY

The technology of serie fabrication influences the standards for fabrication and assembly of steel structures. Nearly all the chapters concerning standards, starting from the workshop drawings till the acceptance in the workshop and transport have to be completed. Still several advantages of the rather exact fabrication can only become effective by improved standards. The chapters concerning assembly on site till the acceptance of the erected structure etc. remain unchanged as they are valid both for piece goods and for products fabricated in series.

## RESUME

La technologie d'une fabrication en série influence les normes pour la construction et le montage des structures en acier. Presque tous les chapitres des normes doivent être modifiés: des dessins techniques à la prise en charge d'un ouvrage en passant par l'exécution. Ce n'est qu'avec des normes de fabrication améliorés que l'on pourra obtenir les avantages d'une fabrication exacte. Les chapitres concernant le montage sur place jusqu'à la livraison du bâtiment terminé, etc. restent sans changement, car ils s'appliquent aussi bien à une production d'éléments particuliers que de série.

Leere Seite  
Blank page  
Page vide

## Kombination von Fließfertigung für Großteile und Werkstattfertigung für Kleinteile

Combination of Progressive Operation for Large Pieces and Workshop Fabrication for Small Pieces

Combinaison d'une production à la chaîne pour les gros éléments et de la fabrication en atelier pour les petits

KNUT REIMERS  
Dipl.-Ing.  
Hamburg, Deutschland

### 1. Vorbemerkung

Ausgehend von der Überlegung, daß die Bauindustrie nur geringen Einfluß auf die Art der Bauten selbst nehmen kann, ihre Einflußmöglichkeiten jedoch dafür um so größer bei der Herstellung sind, müssen sich also alle Maßnahmen zur Produktivitätssteigerung auf die Optimierung sowohl der Organisation als auch der Technik bei der Herstellung konzentrieren.

Die folgenden Ausführungen basieren auf den mehrjährigen Vorarbeiten zur Verlagerung eines mittelgroßen Stahlbaubetriebes, in Verbindung mit dem völligen Neubau der gesamten Werksanlagen in Norddeutschland. Das Erzeugnisprogramm ist breit angelegt und erfordert etwa zu gleichen Teilen Bleche und Profile als Vormaterial.

### 2. Teilespektrum des Stahlbaues

Von den drei im Hauptvortrag aufgezeigten Möglichkeiten zur Fertigung:

der ortsgebundenen Fertigung  
der Werkstattfertigung  
der Fließfertigung

wurde die Fließfertigung für Großteile ausführlicher behandelt. Bei einem Stahlbauwerk mit breiter Fertigungspalette gewinnt jedoch die Kleinteilefertigung eine so erhebliche Bedeutung, daß diese ebenso wie die Fließfertigung für Großteile optimiert werden muß.

Bei einer Unterteilung des Teilespektrums in flache und stabförmige Teile sind den für die Fließfertigung geeigneten Großteilen jeweils Kleinteile aus dem anderen Fertigungsbereich zugeordnet. Das Ausgangsmaterial für beide Fertigungsbereiche ist jedoch das gleiche und muß vom gleichen Lager abgezogen werden. Da sich jedoch die Prinzipien der Fließfertigung und der Werkstattfertigung widersprechen, gilt es, eine geeignete Synthese zu finden. Bei dem geschilderten Fall war zu berücksichtigen, daß in die Fertigungsbereiche Bleche und Profile je zu gleichen Anteilen hineinfließen.

### 3. Vom Rohstofflager zum Fertiglager

Rationalisierungsmaßnahmen der Fertigung müssen im Rohstofflager beginnen und dürfen nicht vor dem Fertiglager enden. Sollen die Lagerung des Vormaterials, die Transporteinrichtungen und der Zugang zu den ersten Stufen der Bearbeitung optimiert werden, so müssen Lagereinrichtungen, Kranbahnen, Ladegeschirre, Rollgänge, Querschlepps usw. möglichst genau auf das Lagergut abgestimmt sein. Aus diesen Forderungen ergibt sich, daß die Lagerung von Blechen, Formstählen und Stabstählen zweckmäßigerweise getrennt, möglichst in eigenen Hallen wegen der Kranbestückung, vorgenommen werden sollte. Dabei ergeben sich dann vom Vormaterial her bestimmte geeignete Lagervorrichtungen wie Gestelle, Hürden, Regale und Ladegeschirre wie Traversen, Klauen, Greifer, Magnete usw.

Das Ergebnis ist eine produktorientierte Trennung der Lagerung des Vormaterials, der eine auftragsbezogene Fertigung im Zusammenbau und im Lager der Fertigteile gegenübersteht.

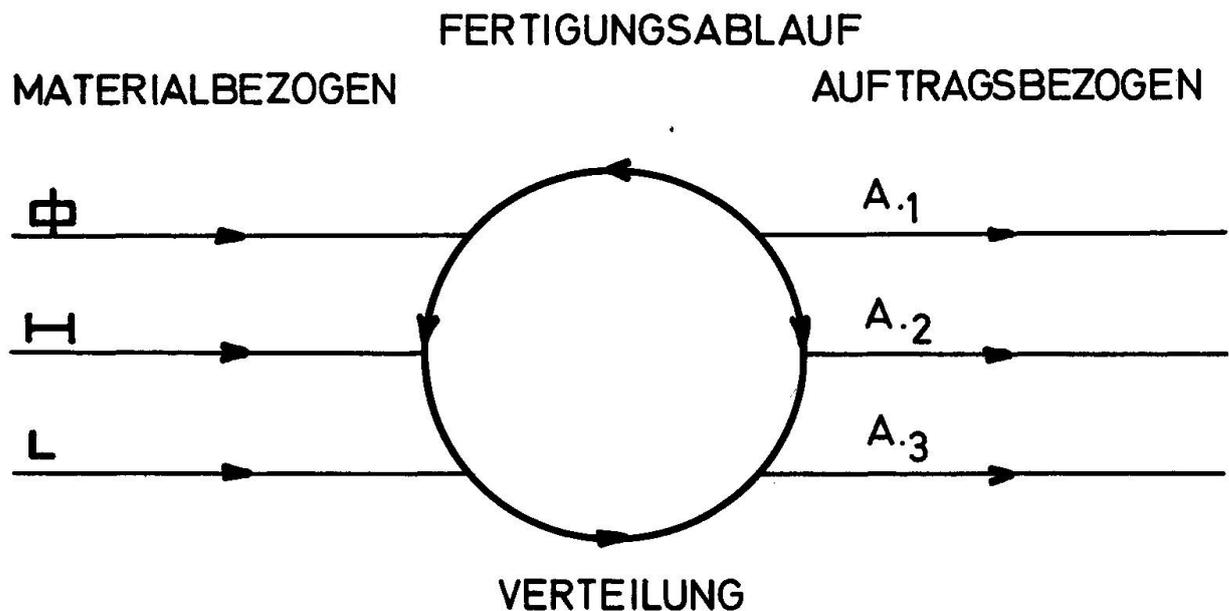


Bild 1 zeigt schematisch den Materialfluß vom Vormateriallager, dessen Linien formbezogen sind, über die als Kreis angeordnete erforderliche Verteilung auf die auftragsbezogenen Fertigungslinien. Dabei sollte innerhalb der Verteilungszone die Einzelteilbearbeitung vorgenommen werden.

#### 4. Stufen der Herstellung

Zum besseren Verständnis der vorgeschlagenen Lösung sollen die einzelnen Phasen der Herstellung wie folgt unterteilt werden:

Bezeichnung	Vormaterial	Einzelteil		Bauteil/Konstruktion	
Tätigkeiten	lagern	sägen entzundern beschichten	bohren teilen klinken brennen schneiden kanten walzen stanzen	fügen schweißen schrauben	lagern
Ort	Lager	Vorbear- beitung 1. Bear- beitungs- phase	Vorfer- tigung 2. Bear- beitungs- phase	Zusammen- bau 3. Bear- beitungs- phase	Fertig- lager

Nach dieser Definition wird bis zum Ende der 2. Bearbeitungsphase nur das Einzelteil bearbeitet. Das Vormaterial fließt auf den gleichen Linien sowohl für Großteile als auch für Kleinteile. Mit dem Beginn der 3. Bearbeitungsphase (Zusammenbau) werden Einzelteile zu Bauteilen und Bauteile mit Bauteilen und Einzelteilen zu Konstruktionen zusammengefügt. Bevor jedoch dieser Zusammenbau erfolgen kann, müssen neben den über die geraden Fertigungslinien laufenden und bearbeiteten Großteilen die Kleinteile verzweigt und einer entsprechenden Werkstattbearbeitung zugeführt werden. Gleichzeitig sollte damit eine Verteilung auf die durch die Großteile bestimmten Fertigungslinien erfolgen. Dadurch zerfällt die 3. Bearbeitungsphase in die Fertigungslinie für Großteile und den in Form einer Werkstattbearbeitung vorzunehmenden Vorzusammenbau.

#### 5. Anordnung und Ablauf bei gleichzeitiger Fließfertigung von Großteilen und Werkstattfertigung von Kleinteilen

Bei einer Kombination von Fließfertigung für Großteile und Werkstattfertigung für Kleinteile müssen folgende Voraussetzungen erfüllt sein.

1. Vormateriallagerung, Bearbeitung und Zusammenbau eines Fertigungsbereiches müssen auf einer Fertigungslinie liegen.
2. Die Bearbeitungsanlagen sollten weitgehend sowohl vom Vormaterial für Großteile als auch vom Vormaterial für Kleinteile durchlaufen werden.
3. Die Querverteilung der im Rahmen der Werkstattfertigung hergestellten Kleinteile als Zubehör für den jeweils anderen Bereich muß ohne Störung der Fertigungslinien für Großteile erfolgen können.

## KOMBINATION VON FLIESS — FERTIGUNG UND WERKSTATTFERTIGUNG

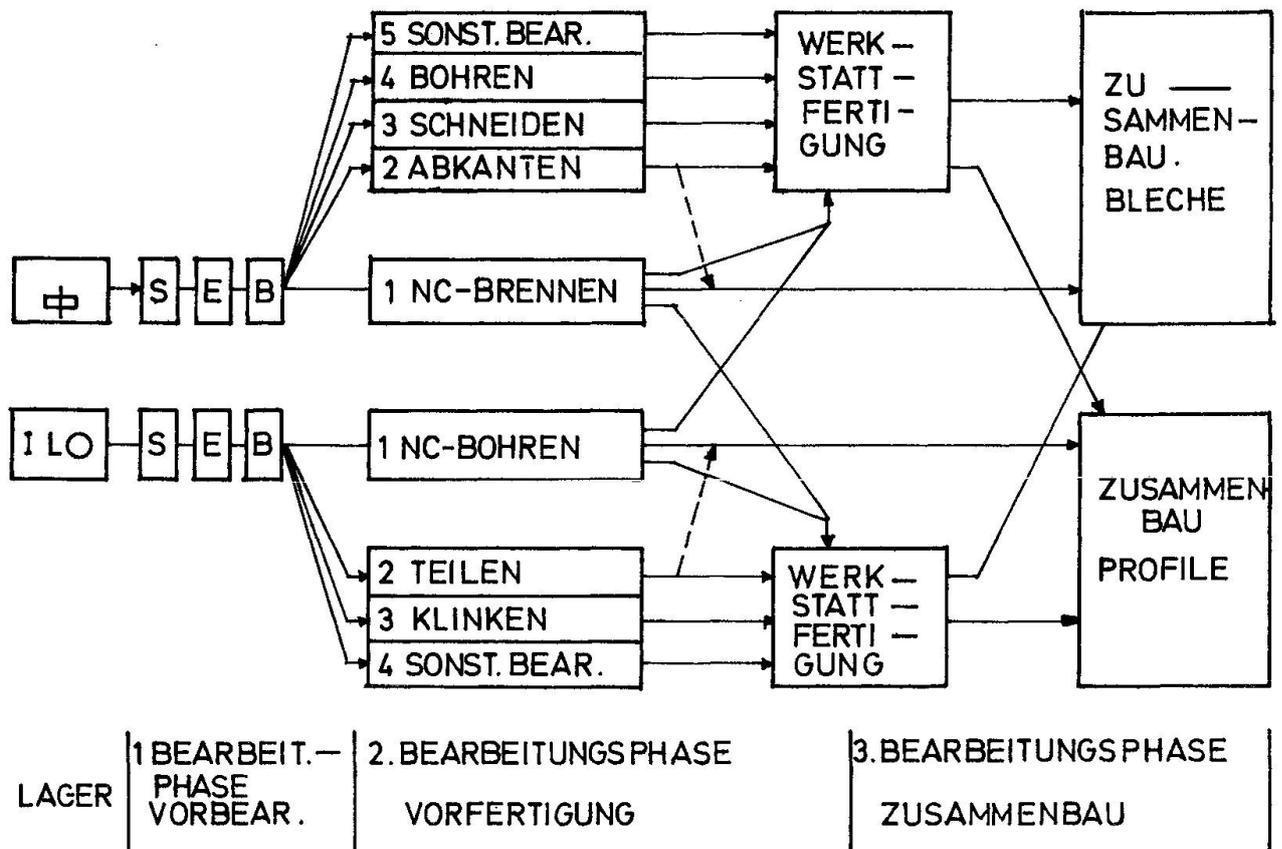


Bild 2 bringt schematisch den Fertigungsfluß und die Anordnung der Bearbeitungsanlagen bei Kombination von Fließfertigung und Werkstattfertigung.

Aus den produktorientierten Vormateriallagern fließt das Material über die Bearbeitungseinheiten der 1. Bearbeitungsphase (sägen, entzundern und beschichten).

Zwischen der 1. und 2. Bearbeitungsphase setzt die erste Verzweigung ein, um die Vormaterialien für die Großteilefertigung in geradem Fluß über numerisch gesteuerte Brenn- bzw. Bohranlagen weiter zu bearbeiten. Die für die Werkstattfertigung benötigten Arbeitsgänge werden in den jeweiligen Bereichen parallel dazu durchgeführt, um ggf. ein Rückfließen in die Hauptfertigungslinie zu ermöglichen.

Die Anordnung dieser Anlagen zueinander sollte jedoch so vorgenommen werden, daß auch nach den numerisch gesteuerten Anlagen ein Verzweigen in die beiden Werkstattfertigungsbereiche der Blechlinie und der Profillinie möglich ist.

Diese Werkstattfertigung findet dann auf dem Übergang von der 2. zur 3. Bearbeitungsphase statt und ist gleichzeitig verbunden mit einer Bereitstellungszone der Kleinteile für den Zusammenbau der beiden Bereiche.

Um eine Störung der Fließfertigung und der Querverteilung zu vermeiden, empfiehlt es sich, alle in Richtung der Fließfertigung

verlaufenden Transportvorgänge in Arbeitshöhe über Rollgänge, Querschlepps oder Loren vorzunehmen, während die Querverteilung den Krananlagen vorbehalten bleibt. Dabei muß beachtet werden, daß die Möglichkeit zur Querverteilung sowohl vor der Werkstattfertigung als auch nach der Werkstattfertigung gegeben sein muß.

Ein reibungsloser Ablauf dieser kombinierten Fertigung ist dann gewährleistet, wenn die Auftragssteuerung so vorgenommen wird, daß die Bearbeitung der Großteile den Arbeitsrhythmus bestimmt und die Kleinteile in ausreichendem Vorlauf vorher in der Bereitstellungszone zur Verfügung stehen.

### HALLENSCHEMA

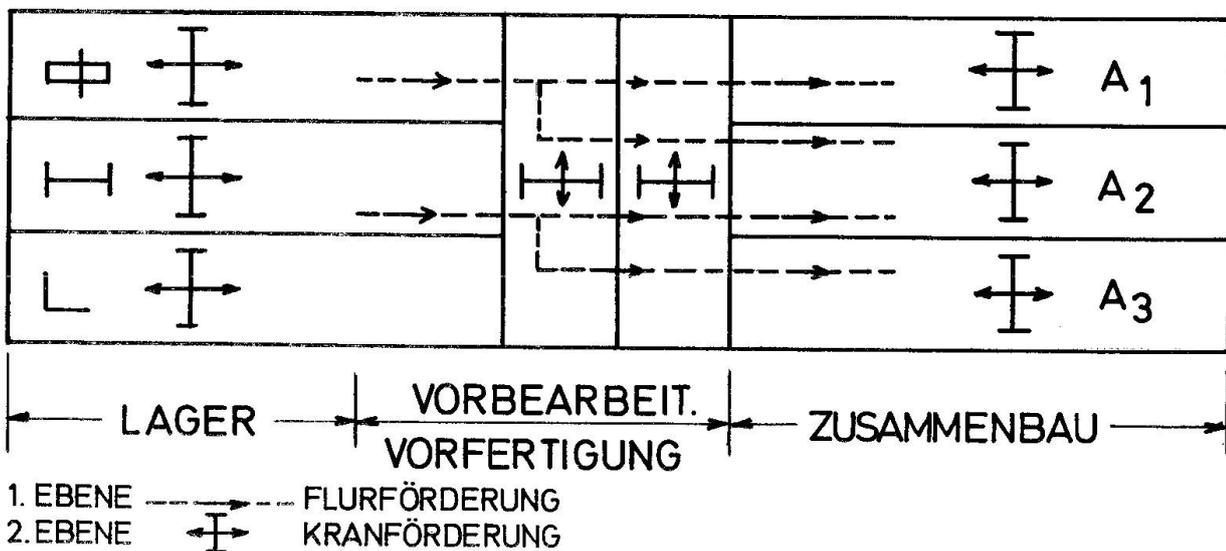


Bild 3 zeigt die Realisierung des in Bild 2 gezeigten Ablaufschemas mit den Arbeitsrichtungen der Transportanlagen der 1. und 2. Ebene.

Ein weiterer Vorteil dieser kombinierten Fertigung liegt außerdem in der Möglichkeit der materialbezogenen Fertigung bis zum Ende der Bearbeitungsphase 2 und der erst danach einsetzenden auftragsbezogenen Fertigung mit allen Möglichkeiten der Rationalisierung.

## ZUSAMMENFASSUNG

Zur Erzielung eines Höchstmasses rationeller Fertigung, bei Erhaltung einer grossen Flexibilität einer Stahlbaufertigung, bei einem Mindestmass an Bearbeitungszeit im Zusammenbau ist die aufgezeigte Kombination von Grossteilefertigung nach dem FlieSSprinzip mit einer Werkstattfertigung für Kleinteile eine geeignete Lösung unter der Voraussetzung einer auf dieses System abgestimmten Fertigungsplanung und Fertigungssteuerung.

## SUMMARY

For obtaining a maximum of economical production in maintaining great flexibility on steel structures with a minimum of processing time in assembly, the above suggested combination of fabrication for large pieces, in accordance with the progressive principle with a workshop fabrication for small pieces, offers a suitable solution under the assumption of a production planning and production control adjusted to this system.

## RESUME

Pour obtenir un maximum de production économique tout en gardant une grande souplesse et un délai minimum dans la fabrication de structures en acier, une solution souhaitable, à condition d'appliquer un contrôle et un planning approprié de la production serait un alliage de la production à la chaîne pour les gros éléments et de la fabrication en atelier pour les petits.

## **Zum Ausbau der Fertigungsanlagen für maßgeschneiderte Aufträge**

Ways for the Improvement of Manufacturing Methods in Custombuilt Structures

Contribution pour une exploitation rationelle dans la fabrication sur mesure

**R. SCHLAGINHAUFEN**

Dipl.-Ing.

Frauenfeld, Schweiz

### 1. Einleitung

Betriebsfragen gewinnen im Stahlbau wegen der rascher als die Materialpreise steigenden Lohnkosten und Verknappung der Arbeitskräfte gegenüber Fragen der Materialeinsparung zunehmend an Bedeutung. Wenn im Einführungsbericht gesagt wird, dass in den letzten 20 Jahren die Konstruktions- und Fertigungstechnik des Stahlbetonbaues vergleichsweise schneller vorangekommen ist, so darf man andererseits feststellen, dass der heutigen Stahlbaufertigung noch erhebliche Rationalisierungsreserven innewohnen. Diese Möglichkeiten werden vom Stahlbau selbst in Gebieten mit vergleichbaren wirtschaftlichen Voraussetzungen in unterschiedlichem Mass genützt. Der Grund mag zum Teil in einem für den Stahlbau ungewohnt hohen Kapitaleinsatz liegen, den moderne, numerisch gesteuerte Bearbeitungsmaschinen erfordern. Daneben spielen aber auch die ungenügenden Kenntnisse der die Produktivität beeinflussenden Faktoren bei Ingenieuren aller Stufen eine Rolle. Erfreulicherweise finden in neuerer Zeit betriebswirtschaftliche und Managementfragen in den Studienplänen der Bauingenieure Eingang. Es liegt durchaus im Interesse des Stahlbaues, dem angehenden Ingenieur im Rahmen der ordentlichen Studienprogramme neben der Vermittlung der unerlässlichen theoretisch-konstruktiven Grundlagen auch eine betriebswirtschaftliche Schulung zu bieten. Der Stahlbau ist im Begriff, sich aus seiner handwerklichen Befangenheit zu lösen und eine industrielle Bauweise zu werden. Ein in dieser Industrie tätiger Ingenieur muss sich von der einseitigen Konzentration auf die Berechnung befreien und Konstruktion, Fertigungstechnik, Betriebswirtschaft und Marketing als gleichwertige, eines Ingenieurs keineswegs unwürdige Sparten, selbstsicher überblicken können. Bringt er das erforderliche Rüstzeug von der Hochschule mit, so ist er dank seiner technischen Grundlagen dem einseitig kaufmännisch, juristisch oder betriebswirtschaftlich gebildeten Manager überlegen; andernfalls bleiben ihm Führungspositionen in der Industrie je länger desto mehr verschlossen.

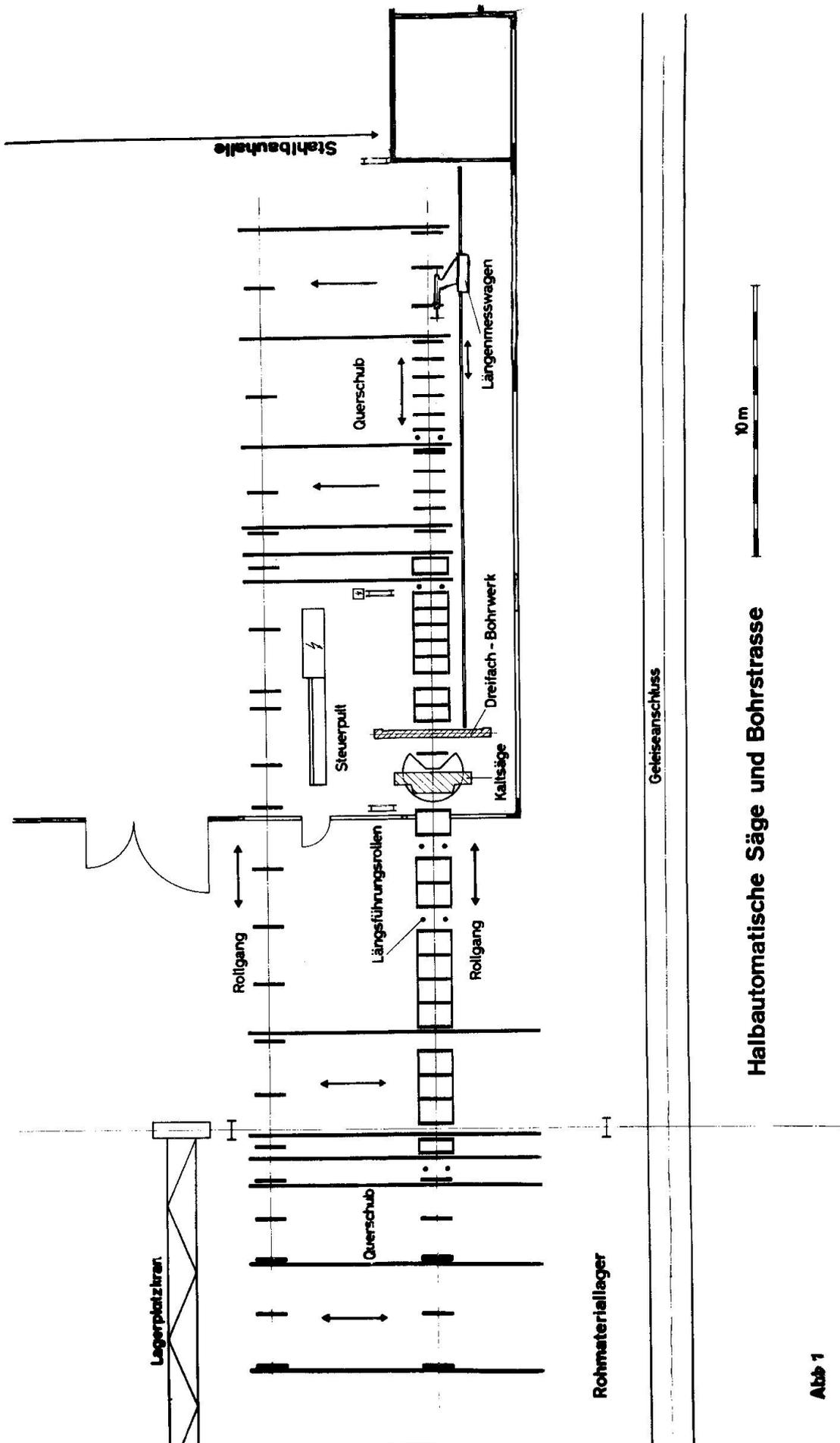
Ziel jeder Fertigungsverbesserung ist es, immer wiederkehrende Bearbeitungsgänge durch besonders dafür entwickelte Maschinen schnell und präzise ausführen zu können. Bei massgeschneiderten Konstruktionen ist vor allem wichtig, dass die Einrichtzeitverluste klein bleiben. Sie belasten das Einzelstück in viel stärkerem Mass als bei Serien und die Vorbereitungszeit blockiert die oft teuren Maschinen für die Produktion, für die sie im Grunde geschaffen wurden. Der flüssigen Materialzufuhr zu den Maschinenplätzen und dem Wegtransport kommt somit erhöhte Bedeutung zu. Zur Rationalisierung durch geeigneten Maschineneinsatz eignen sich besonders gut das Längenmessen, Sägen, Bohren, Stanzen, Brennschneiden, Richten und die Korrosionsschutzbehandlung, jedoch nur in beschränktem Mass das Schweißen. Am Beispiel einer mittelgrossen Stahlbauanstalt, die vorwiegend massgeschneiderte Konstruktionen herstellt, soll gezeigt werden wie durch entsprechende Maschinen und Anlagen in der Stabbearbeitung, dem Richten und dem Korrosionsschutz eine erhebliche Produktivitätssteigerung erzielt wurde.

## 2. Einige produktivitätserhöhende Massnahmen der Fertigung

### 2.1. Halbautomatische Stabbearbeitung

Am Anfang einer Stahlbaufabrikation steht die Einzelteilmfertigung. Die Einzelteile bestehen aus stabförmigen Walzprofilen oder sie sind flächig und aus Blechen hergestellt. Diese Gruppe lassen wir hier ausser Betracht. Bisher wurden die stabförmigen Einzelteile vorerst auf einer Zulage angezeichnet, wobei der Anreisser die Arbeit des Zeichners am Werkstück wiederholte. Ein an beiden Flanschen und dem Steg zu bearbeitender Träger musste dazu zweimal gewendet werden. Bei mehreren gleichen Stücken wiederholte sich - im Gegensatz zum Zeichner - die Arbeit des Anreissers mehrmals, sofern sich der Bau einer Lehre nicht lohnte. Nach dem Anzeichnen wurden die Werkstücke mit Kranen an die Bearbeitungsplätze, z.B. zu einer Bohrmaschine gebracht, wo sie bei wiederum zweimaligem Wenden an Flanschen und Steg gebohrt wurden.

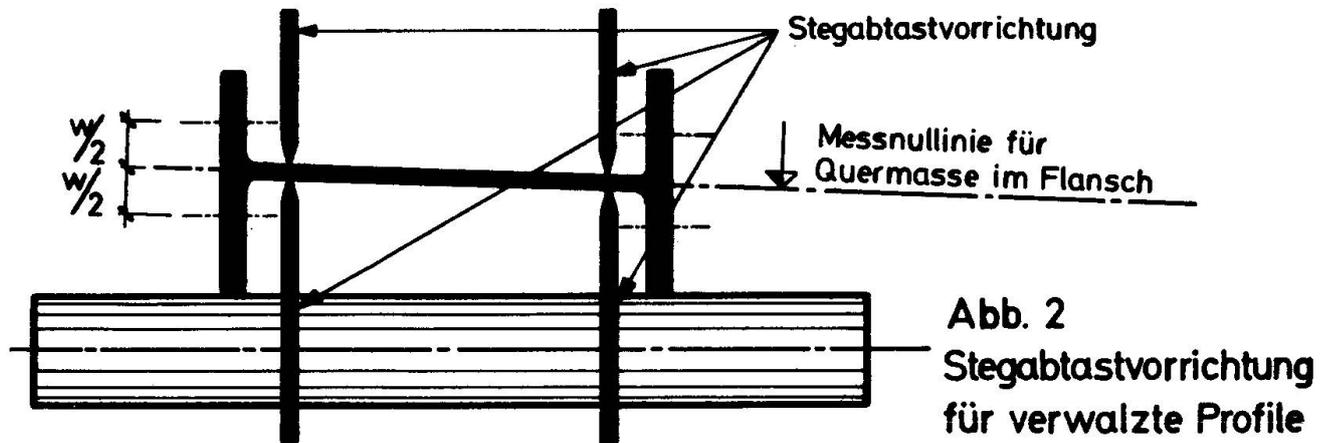
Mit einer numerisch gesteuerten, kombinierten Säge- und Bohranlage gemäss Abb. 1, die durch Transferstrassen beschickt wird, kann selbst bei beschränkten Platzverhältnissen der Materialfluss erheblich beschleunigt und das Anreissen von Stäben praktisch vollständig ausgeschaltet werden. Die Anlage wird durch einen einzigen Mann von einem Schaltpult aus gesteuert. Wesentlich ist das Bereitstellen der Werkstücke auf dem Quertransport im Lager in der gewünschten Reihenfolge. Sie laufen vom Zuschnitt bis zum fertigen Bohren und Abschub in die Zusammenbauhalle durch die Maschinen, ohne dass sie in die Hand genommen werden müssen. Lediglich der Sägeblatt- und Bohrerwechsel werden von Hand ausgeführt, letzterer mit Schnellwechselfutter. Es ist eine Frage der benötigten Anzahl Durchmesser, ob die Bohrer auf ebenfalls ferngesteuerte Revolverköpfe montiert werden sollen. Die Maschinen sind im Querschnitt für die grössten heute gewalzten Profile ausgelegt. Die drehbare Säge kann rechtwinklige und Gehrungsschnitte ausführen. Das Bohrwerk hat drei voneinander unabhängige Bohrspindeln zum gleichzeitigen Bearbeiten der Flanschen und des Steges von Trägern. Durch eine sinnvolle Abtastvorrichtung



Halbautomatische Säge und Bohrstrasse

Abb 1

kann der Messnullpunkt für die Quermasse im Flansch automatisch auf die Stegmitte eingestellt werden, d.h. auch bei stark verwalzten Profilen werden die Flanschlöcher plangemäss mit dem Wurzelmass bezüglich Stegmitte gebohrt, Abb. 2.



Das Bohrwerk ist in der Lage, auch blosse Markierungen zu setzen, z.B. um die Lage anzuschweissender Teile zu bezeichnen. Die Präzision der ganzen Anlage hängt zu einem grossen Teil von der Genauigkeit der gemeinsamen Längenmesseinrichtung von Säge und Bohrwerk ab. Vergleichende Erfahrungen haben gezeigt, dass hierfür nur das Beste gut genug ist. Der Längemesswagen ist sehr hohen Beanspruchungen ausgesetzt, muss er doch im Dauerbetrieb ungleich schwere Werkstücke bis zu 5 t aus der Bewegung abbremesen und millimetergenau in der vorgewählten Position festhalten können. Auf eine Besonderheit in der Steuerung der Anlage sei noch hingewiesen: während die Maschine arbeitet, z.B. bohrt, kann zu jeder Messgrösse die nächstfolgende, z.B. die nächste Bohrerstellung, in ein Speicherwerk eingegeben und nach Beendigung der ersten Operation die folgende sofort ausgelöst werden.

Die von der Firma Gustav Wagner Reutlingen erstellte Anlage steht seit 1 1/2 Jahren dauernd in Betrieb. Sie hat die Erwartungen voll erfüllt, insbesondere entspricht die Genauigkeit den Anforderungen des Stahlbaues und ist nicht geringer als bei der frühern handwerklichen Fertigung. Im Einschichtenbetrieb werden bei eher leichten Konstruktionen je nach Profilgrösse und auszuführenden Bohroperationen monatlich 250 - 400 t durchgesetzt. Mit einer Lochstreifensteuerung könnte die Leistung um etwa 1/4 bis 1/3 gesteigert werden. Die Rentabilität der Anlage hängt von den Lohn- und Kapitalkosten und vom Auslastungsgrad ab, d.h. von Faktoren die je nach Betrieb und Land verschieden zu gewichten sind. Im vorliegenden Fall wurden drei Anreisser mit Helfer, also 6 Mann für andere Aufgaben freigesetzt. Mitzuberücksichtigen sind die wegfallenden Krantransporte und die damit verbundenen erheblichen Zeitverluste.

## 2.2. Richten von Stäben

Durch die Bearbeitung verlieren die Stäbe oft ihre ursprüngliche, gerade Form, sei es dass sich innere Spannungen lösen, sei es dass sie als Folge der Schweisschumpfspannungen krumm werden. Sie müssen wieder gerade gerichtet werden, was am einfachsten mit Richtpressen geschieht. Der Stab wird dabei durch mechanisch oder hydraulisch angetriebene Stössel lokal plastisch verformt und gerade gedrückt. In Stahlbaubetrieben sieht man noch viele veraltete Richtpressen, die durch Hallenkrane beschickt werden, und es ist erstaunlich festzustellen, wie wenig die technischen Möglichkeiten zur Verbesserung dieses regelmässig vorkommenden Arbeitsganges ausgenutzt werden.

Am zweckmässigsten sind Richtpressen, die mit zwei Stösseln arbeiten, so dass das Werkstück von zwei Seiten gerichtet werden kann und ein Drehen um  $180^\circ$  entfällt. Besonders bei grossen Profilen wirkt sich dies zeitsparend aus und die Kranzeiten werden verkürzt. Da die Wartezeiten auf die Krane erfahrungsgemäss sehr gross und die Ursache erheblicher Produktivitätsverluste sind, wird eine weitere Verbesserung durch Beschicken der Presse mittels Rollgang erzielt, der vom Bedienungsmann gesteuert wird.

Eine völlig neuartige, von der Jenny Pressen AG Frauenfeld, Schweiz, entwickelte, elektrohydraulische Richtwegsteuerung erlaubt ein kontrolliertes, schnelles Richten nach Weg. Im Unterschied zu den Pressen herkömmlicher Bauart, bei denen die erzielbare Richtgenauigkeit in erster Linie vom Geschick und Finger-spitzengefühl des Bedienungsmannes abhing, kann bei den Jenny- Richtpressen der Endpunkt der Stösselvorlaufbewegung am Steuerpult vorgewählt werden. Der Pressstössel mit den Richtwerkzeugen fährt beim Einschalten der Vorlaufbewegung unter allen Umständen unabhängig von der erforderlichen Richtkraft (sofern diese die maximale Presskraft nicht übersteigt) in die gewählte Position ein und hält sie auch über einen längeren Zeitraum, bis der Rückzugbefehl erfolgt. Dieser Endpunkt der Stösselvorlaufbewegung kann vor, während oder nach dem Positionieren des Stössels über den ganzen Hubbereich des Zylinders verstellt werden. Mit dieser Steuerung ist ein Ueber-richten des Profils nahezu ausgeschlossen, so dass die Pressen auch von weniger qualifiziertem Personal nach kurzer Anlernzeit sicher bedient werden können. Der Rückzugweg des Stössels ist ebenfalls am Steuerpult einstellbar, wodurch die Leerwege und die Einrichtezzeiten auf ein Minimum beschränkt werden. Wird bei einer Maschine die elektrohydraulische Richtwegsteuerung mit einem Programmschalter für kontinuierliche Gangart kombiniert, lassen sich auch Biegearbeiten sehr vorteilhaft ausführen.

### 2.3. Korrosionsschutz in Durchlaufanlage

Beim Korrosionsschutz geht im allgemeinen viel Zeit durch Transport und Umschlag der Werkstücke verloren. Oft stauen sie sich vor dem Putzhaus und wirken dadurch bremsend auf die vorangehenden Arbeitsgänge. Diese Nachteile vermeidet die in Abb. 3 dargestellte, wahl-

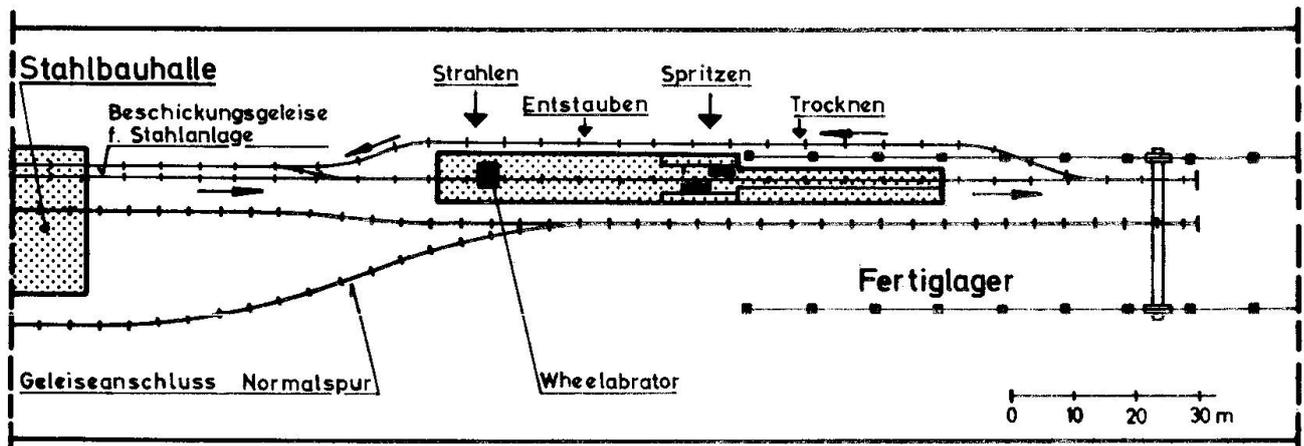


Abb.3 Disposition einer halbautomatischen Stahl-, Spritz- und Trockenanlage.

weise halb- oder vollautomatisch arbeitende Durchlaufanlage. Die fertigen Werkstücke werden in der Zusammenbauhalle auf Beschickungswagen geladen und kontinuierlich durch die Strahlmaschine, die Entstaubung, die Spritzkabine und einen Trockentunnel bis unter den Lagerplatzkran durchgezogen. Die Strahlmaschine Fabrikat Georg Fischer, Schaffhausen, hat ein nutzbares Durchgangsprofil von 1,20 x 2,50 m. Das erlaubt, die meisten Bauteile erst nach der Fabrikation zu strahlen, womit der beste Reinigungseffekt erzielt wird. Nicht nur die lose Walzhaut, sondern auch Bohröl, Schweissrückstände und Schweisschlacken werden dabei unmittelbar vor dem Aufbringen des Grundanstriches vollständig entfernt. Die Anlage wird von 3 Mann beschickt und bedient, wovon einer nach dem Strahlen mit Pressluft die Strahlmittelrückstände entfernt und zwei weitere die Konstruktionsteile beim Durchgang durch den Spritzraum im Airless-Verfahren grundieren. Die Trocknung erfolgt im Tunnel bei Temperaturen bis zu 60 °C, so dass die Werkstücke staubtrocken im Lagerplatz ankommen. Die Anlage wurde für massgeschneiderte Konstruktionen konzipiert und hat sich in sechs Betriebsjahren vorzüglich bewährt.

### 3. Auswirkungen auf die Arbeitsvorbereitung

Der Ersatz manueller Fertigungsarbeit durch Maschinen erfordert bedeutend grössere Vorbereitungsarbeiten, die durch qualifizierte, mit dem ganzen Fertigungsablauf vertraute Kräfte ausgeführt werden müssen. Für die Beschickung von Fertigungsstrassen wie die beschriebene Stabbearbeitung, programmgesteuerter Maschinen wie Abkantpressen, Stanzautomaten oder die mechanisierte Herstellung von R-Trägern, Wabenträgern und Schweissträgern genügen die herkömmlichen Werkzeichnungen, Stücklisten und Schablonen nicht mehr. Der Mann an der Maschine braucht genaue, vollständige Angaben über das was er auszuführen hat und nur diese. Jedes Mehr ist für ihn eine Belastung und geeignet, Unsicherheit zu schaffen. Er soll nicht in Zusammenhängen überlegen, sich z.B. nicht um Walztoleranzen und Schrumpfungen kümmern müssen. Das alles bedingt eine Arbeitsvorbereitung, welche die vom technischen Büro gelieferten Unterlagen für die Fertigung weiter bearbeitet, indem sie

- für Spezialmaschinen und Teilefertigungsstrassen die notwendigen Informationen bereitstellt, z.B. in Form von Tabellen oder unmasstäblicher Schemazeichnungen,
- die Werkstücke in der von ihr festgelegten Reihenfolge zeitlich richtig auf die Arbeitsplätze disponiert,
- den Materialdurchfluss vom Lager bis zum Endanstrich, eventuell unter Zuhilfenahme des Computers, derart steuert, dass an den Maschinen keine Leerzeiten oder Stockungen entstehen.

Die Erfahrung zeigt, dass dadurch in der Konstruktion direkt kaum Arbeit gespart werden kann, in der Arbeitsvorbereitung aber nennenswerte Aufwendungen anfallen, die durch entsprechend grösseren Materialdurchsatz wettgemacht werden müssen. Es entsteht dadurch eine Kostenverlagerung von der Werkstatt ins Büro, und die Arbeitsvorbereitung wird ein kalkulatorisch nicht zu vernachlässigender Kostenfaktor. Dieser kann umso kleiner gehalten werden je mehr standardisierte Einzelteile innerhalb massgeschneiderter Konstruktionen zur Anwendung kommen. Darauf wird unter dem Thema II näher eingetreten.

Abschliessend sei noch erwähnt, dass ein nachträgliches Eingreifen in den einmal begonnenen Ablauf, z.B. durch Änderungen, sich bei der mechanisierten Fertigung viel schwerwiegender als bei der frühern handwerklichen Arbeit auswirkt.

### ZUSAMMENFASSUNG

Bearbeitungsfragen gewinnen im Stahlbau wegen der steigenden Lohnkosten gegenüber Fragen der Materialeinsparung zunehmend an Bedeutung. An drei Beispielen wird gezeigt, wie immer wiederkehrende Bearbeitungsgänge durch besonders dafür entwickelte Spezialmaschinen und Teilfertigungsstrassen rationalisiert werden können. Die Auswirkung der Mechanisierung und Automatisierung auf die Arbeitsvorbereitung wird erwähnt.

## SUMMARY

Because of the rising wages the question of efficient fabrication becomes more and more dominating. Three examples show how fabricating steps that do repeat themselves can be improved. Improved mechanisation and automation needs a much better work preparation.

## RESUME

En raison d'une constante augmentation des salaires la conception du façonnage en atelier par rapport au coût de la matière prend une importance croissante. Trois exemples illustrent comment des étapes du façonnage toujours répétées peuvent être rationalisées. Il est fait mention de la répercussion de l'automatisation sur la préparation du travail.

**A new Concept of Building Frame Production System Intended for Mass Production System Structure**

Une nouvelle conception d'un système de production en série pour la construction métallique

Ein neues Konzept eines Fertigungssystems für die Massenherstellung im Stahlbau

**HIROSHI OHBA**  
Dr., Manager of Noda Plant  
Kawasaki Heavy Industries Ltd.  
Japan

**T. KAMEI**  
Consulting Engineer  
registered by Government  
Manager of Fabrication  
Section of Noda Plant  
Japan

1. PREFACE

Steel Structural Industry such as shipbuilding, bridges and steel frame industry have been recognized what is called industry which requires an intensive labor power. This is due to the fact that they cover a huge structure and require much transportation of materials or half-fabricated materials in the manufacturing process, and that problems to achieve mechanization and automation in the manufacturing process have been generally founded quite hard in the respect of the variety and/or working periods of structure only because steel frame industry relies chiefly on the production to order.

However, the wave for industrialization in the developed countries has brought forth the material improvement in our daily life and an increase of National Income has reached to 10% through 20% yearly and the ratio of labor cost into the production cost was going up. It will be the present situation that characteristics as an intensive type of industry are gradually apt to be out of sight.

Therefore, these steel structural industries have made every possible effort to reduce the cost for their own survival and development, that is, they have tried to save the production periods as shortly as possible and to cut down the labor power by means of mechanization and automation, and to find out their final and ideal production system into that of mass production. In short, it means that they try to emerge from an intensive labor industry.

As far as the matter of mechanization and automation are concerned, they have been thought and developed from the point of an anticipation for economic effect in the mere manufacturing process or of the demand for keeping the quality required only for some manufacturing process. When we try to design the production-to-order system into mass production system, we must pay such attention as it might be done to have not only a direct effect on the individual manufacturing process but also an indirect effect on the system itself and this will occupy a very important factor when we value the investing effect.

This report makes it clear how we should think in order to transfer non-mass production system, which can be seen in the production to order such as bridge and steel frame industry, into mass production system and what part it plays in the mechanization and automation.

## 2. PRODUCTION-TO-ORDER SYSTEM AND MASS PRODUCTION SYSTEM

### 2-1. Types of Production System

As shown in P-Q chart of Muther, they are divided into three types:-

- (A) Zone ..... Line Production
- (B) Zone ..... (A) or (B) or Combined Production
- (C) Zone ..... Process Production

The type of production method are in the following:-

- (a) Type of Order ..... Production in advance or Production to order
- (b) Type of Shape or Form .... Continuously or Solely
- (c) Type of Quantity ..... Much or Less

The study to decide the most moderate method by judging that actual production system belongs to any of the above classification has not been done so far and therefore has still remained unsolved as one of the most important subjects.

At present we have a firm recognition that the pattern of most effective production system is of mass production system, and believe that we can raise up to the maximum the productive quantity per labor unit by line production system.

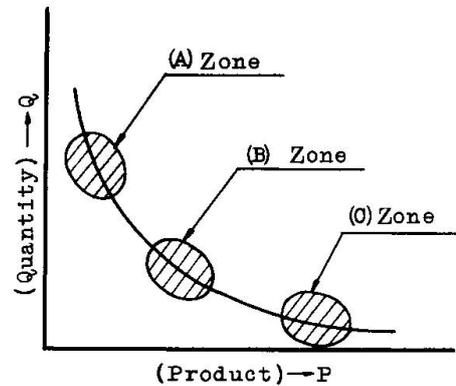


Fig. 2.1 P-Q Chart

### 2-2. Characteristics of Mass Production System

In the field of Steel Structure, the definition of "Same Kind" should be considered from the point of "Shape or Form" and "Production Process". In general we will not be able to expect much structures with the same kinds of shapes or forms, however, in order to realize the above expectation, it goes without saying that the existence of market demand must be one of the terms to be realized or otherwise we should work out to call for the demand, producing standard type of products-whose details are lined up hereunder- more economically, but those are comparatively less in quantities in the field of steel structure.

\*\*\* Type ship, Normalized residential apartment, Gymnasiums, Bonded Warehouse, Oil storage tank which are chiefly required for economy but appearance.

In our country there has increased year by year the demand for steel frames of high-rise buildings and therefore, the matter of mass production in the fabrication of building frame, which have never been thought so far, has been rapidly on the focus one of these years.

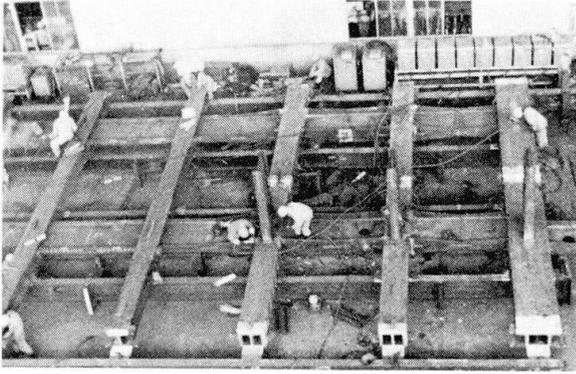


Photo. 2-1; View of Assembly for KEIO PLAZA HOTEL Building Frame

As we might be well aware, KEIO PLAZA HOTEL in Tokyo is the highest skyscraper in Japan, and we can admit the effect of mass production in this fabrication, however, the most extinguished example is refer to the fabrication of building frame in World Trade Center Building in New York City, U.S.A.. We can point out the specialized assembling line for column members which Pacific Car & Foundry Corp had executed in the fabrication of this building frame. However, such example will not be seen much in view of overall demands and this will not be recognized as general.

We can say that it is one of the most effective approach to understand the scope of same kinds of materials so widely, such as to intend to produce each different kinds of materials in the common production process. In the field of products which do not require much process of fabrication, a good pattern for manufacturing process cannot be seen enough, and we make it possible to regard even many different materials as same kinds of materials as far as this type of structure is concerned. The matter is the balance of loading in the fabricating process, and it is not too much to say that this is the sole key for approaching to the way of mass production. In short, the step to mass production system in the steel structure could be summerized in Figure 2-3.

As you can see from the figure, you will find out line (A) and line (B). As for line (A) there exist many a restricted condition beyond manufacturers disposition and human control, but regarding line (B) we will be able to integrate such products as are not considered in general as mass production type into the production system with characteristics of mass production system, analyzing unit work into elements such as work unit and combining each work unit.

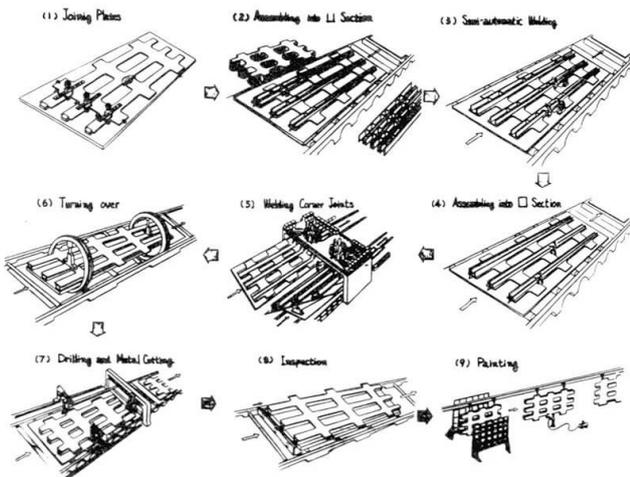


Fig. 2-2; Specialized Assembling Line for N.Y., WTC Building Column

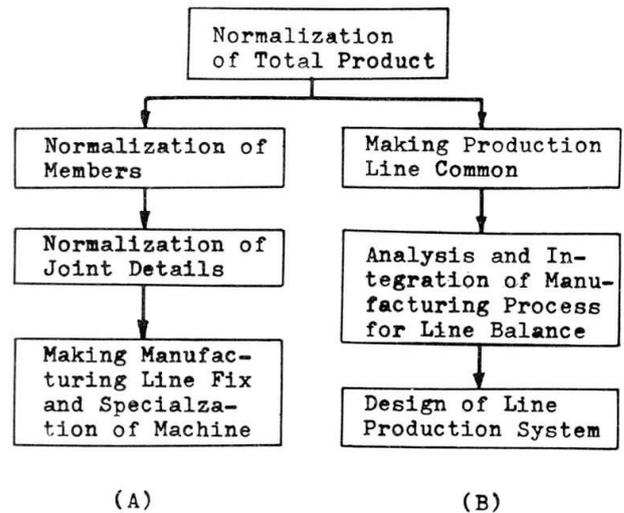


Fig. 2-3; Process to Mass Production System

### 3. IN ORDER TO ADAPT MASS PRODUCTION SYSTEM INTO PRODUCTION-TO-ORDER SYSTEM

#### 3-1. Approach for the Efficiency of Production-to-order

We can consider the method to produce individual products by means of the most effective (or efficient) production system. When we summarize the problems on the productivity, the followings will be raised;-

- (a) There will be no enough time to design the most proper production system for individual projects.
- (b) Even though the design of the most optimum production system be possible, we should be in need for our serious decision in order to install machines practically in view of an excellent productivity by the investment.
- (c) Since each different materials from fabricating process and loading are mixed in the same production line, fabricating or transporting machines and spaces can be generally without any consideration of each relations, and products already in line will be resulted in putting between machines and spaces, which cause the equality of loading difficult.
- (d) Therefore, on our viewing some project from the point of production flow, it is not continuous and occurs the loss of time which will be allowance time resulted from an ill production planning.

It must be necessary to solve these problems in order to obtain a high efficiency, that is, (a) to increase the ratio of direct working time (b) to balance the capacity of work stage and to decrease the quantities of half-made products in the manufacturing process, and Line Production System is now widely recognized as one of the best method to obtain the effective production system.

New conception to produce steel structure most efficiently is to design line production system in considering each different individual members from shapes or fabrication process to be same kinds and much quantities of members, which will lead to good productivity. Line production system means to perform each working process at the constant cycle of time, that is, to make it tactful.

At the present stage it will be important to make a cycle time of work constant, and therefore, it must be recommended to divide each unit work into elements and itemize it into the level of work unit, and to recognize them as new unit work. In case you analyze and integrate unit work, you must not overlook that fabricating sequence is already decided as restricted condition because work unit is fabricated into any given shape or form, not to be independently existed in the working process. Therefor, process of analyzing through integration must be necessary to meet with the fabrication sequence, and require to shorten performance time and/or to decrease operation of machine, and then as a result to operate more than two machines per head. Mechanization and automation help to raise the efficiency of production system and lead to high productivity by investment.

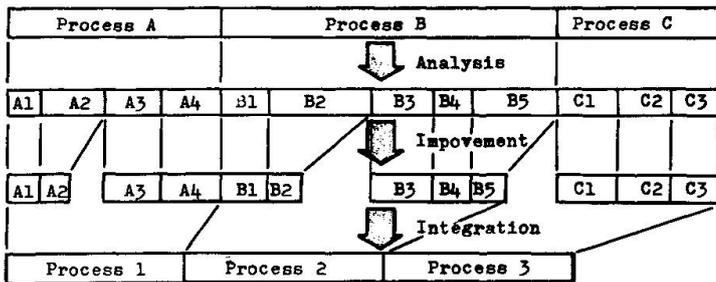


Fig. 3-1; Technique for Balancing

### 3-2. Design of Production Line

Design to turn production to order into production line is to make line balancing, and it will be easier in the similar products, and easier in half-made products than in the final products. Therefore, in the design of production line, you should combine the following two methods properly;-

- (1) to classify structural members into similar structural pattern, and make fabrication process tactful among those category
- (2) among different structural pattern, to gather each similar members under the stage of such fabrication as any given shapes is not still appeared, and complete tactful production line.

Take building frame for example, you can classify structural members into Box section, Cross section, I section, H section and Circular section, and put a practical member of building frame in the above mentioned pattern and fabricate each members under the desired production process. You can consider Cross section as similar member as H section in the stage of I section from which Cross section can be formed. You'll admit that Box section will be the similar with H & Cross section under the comparison of performance process, and then make it possible to operate apparently different members with different structural sections in the common production line up to some working process. In the building frame you can prepare for sub-assembly line which various pattern such as column shaft, beam joint bracket, I type beam and Honeycomb beam and design line as shown in Figure 3-2 and it makes possible that you can turn production to order system into line production system.

### 3-3. Example for Tact System in the Fabrication of Building Frame

For tubular structure we have already started in our factory the execution of line production by tact system for assembling work in 1968, and that is, as you can see from Table 3-1, we have designed the assembling line including welding work by analyzing assembly work into each work unit and organizing new unit work. As the result, in necessity for keeping the balance of cycle time, semi-automatic CO<sub>2</sub> short arc welding method was adopted instead of prevailing stick welding, and the ratio of workers in assembling and welding have become

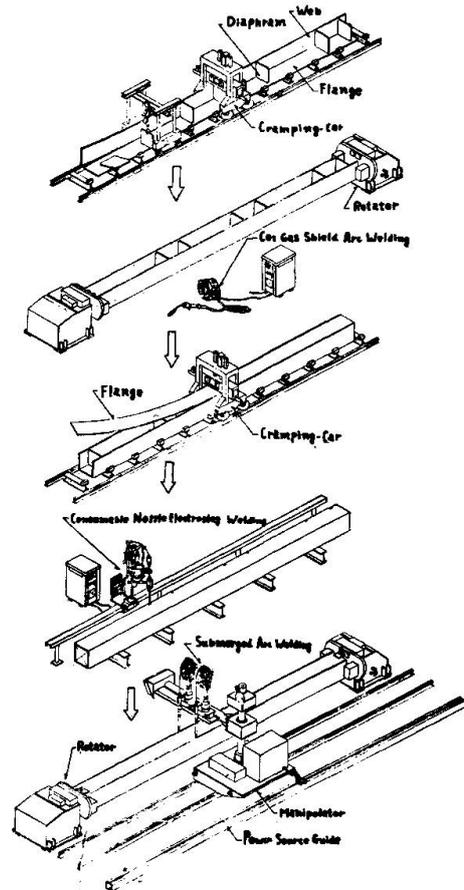


Fig. 3-2; Assembling Line of Box Column

Number of Unit Work	Three Dimensional Assembly	Two Dimensional Assembly
Preparation Works	1-1 Receiving work order sheet	Same as the left
	1-2 Keeping assembly bin in order	
	1-3 Drawing on assembly bin in full scale	
	1-4 Gathering materials for jig	
	1-5 Preparation of materials for jig	
	1-6 Assembling and welding jig	
	1-7 Inspection of the jig	
Preparation Works	2-1 Gathering handy members like gusset	Same as the left
	2-2 Transporting them into assembly bin	
	2-3 Examining unsupplied members	
	2-4 Gathering and dispatching them	
	2-5 Transporting them into assembly bin	
Repeated Works	3-1 Transporting tubular main cords into the jig	The works are not done in case of two dimensional assembly
	3-2 Fixing them mechanically to the jig	
	3-3 Transporting sub-assembled block into the jig	
	3-4 Fixing them to the main cords by tag welding	
	3-5 Transporting lattice members into the jig	
	3-6 Fixing them to the main cords by tag welding	
	3-7 Transporting plane block assembled in above 3-1 to 3-6 process to the three dimensional assembly bin ( Repeating above 3-1 to 3-7 process )	
	3-8 Transporting plane block into the jig	
	3-9 Fixing them mechanically to the jig	
	3-10 Transporting lattice members into the jig	
	3-11 Fixing them to the block by tag welding	
	3-12 Transporting handy members into the jig	
	3-13 Fixing them to the block by tag welding	
	3-14 Marking the places where uncommon members attach	
3-15 Transporting them to the jig		
3-16 Fixing them to the block by tag welding		
3-17 Marking the block mark	Same as the left	
3-18 Transporting assembled block to welding place		
3-19 Welding one side		
3-20 Turn block over		
3-21 Welding another side		
3-22 Transporting welded block to finishing place		
3-23 Measuring strain caused by welding		
3-24 Removing strain ( by gas heating )		
3-25 Measuring residual strain		
3-26 Transporting finished block to stock yard		

Table 3-1; Example of Analysis into Unit Work (Assembly of Tubular Structure)

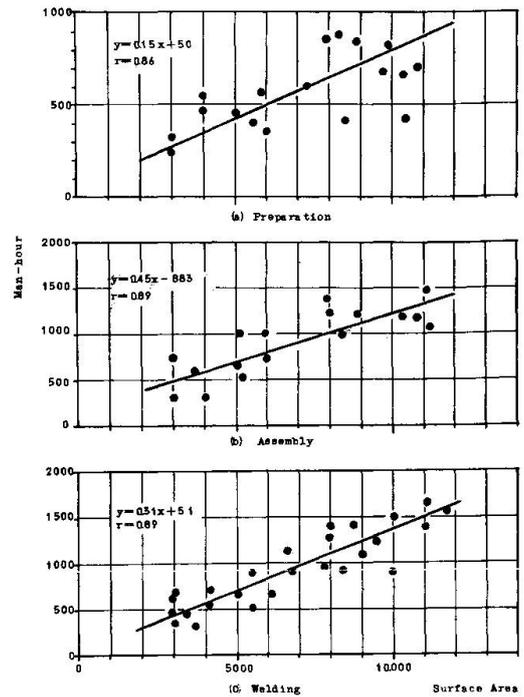


Fig. 3-3; Relation Curves of Man-hour/Surface Area (Truss)

1:1 below as compared with the past 1:1.2, and we have succeeded in using surfaced area of building for calculating reliable performance cycle time at an early stage. Fig. 3-3 shows the relation curve of man-hour/surface area for every fabrication process.

4. MECHANIZATION AND AUTOMATION UNDER THE FABRICATION STAGE

In the mass production system, preparation work for assembly such as marking, cutting and drilling must be automatized because its purpose is to level fabricating time to different fabricated members from working quantities. By this work, you'll be able to decrease the kinds of members and increase the quantities in respect of working process, and to turn into the mass production pattern in the long run.

4-1. Marking and Cutting

In the production control system marking and cutting have a quite important meaning. That is, they are situated in the first working process in the shop work and, in another word, they are in working process by which plates, angles and other materials are divided in various pieces, and free from the common roles. Originately in the modernized production line, marking work, which is to mark on the template made in mold loft, should be excluded. However, when final product is not similar in shape or form, it will very often make assembling work impossible to adopt no-marking system, except that you are intending to turn into line production by the (B) method shown in Fig. 2-3. Overall adoption for no-marking production system requires complete N/C assembling work and at present stage this adoption seems to be still early in time in view of efficiency of investment.

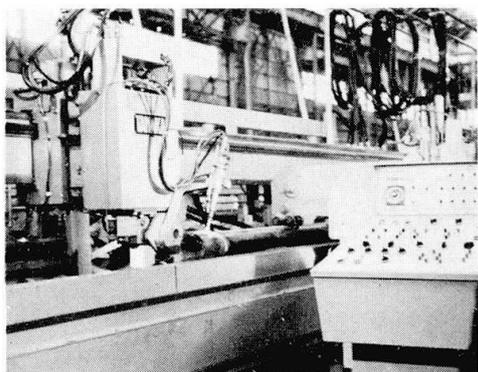


Photo. 4-1; N/C Pipe  
Cutter

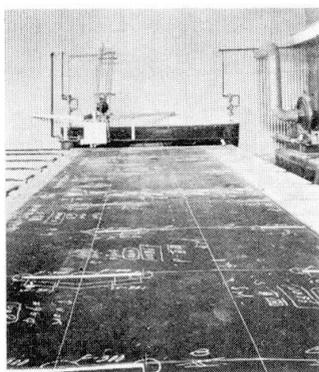


Photo. 4-2; EPM  
of Magnifying  
Type

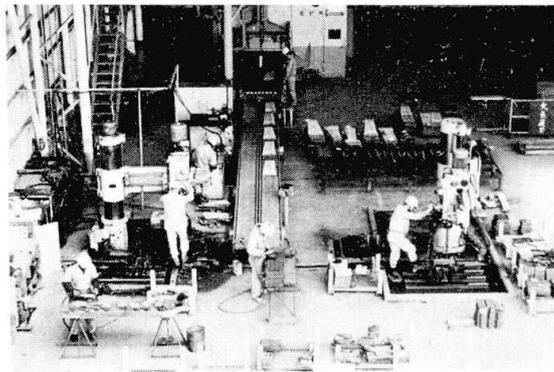


Photo. 4-3; EPM-Cutting-Drilling  
Sub-System

(a) No-marking and cutting in the steel pipe

The method of automatic cutting introduced by "Introductory Report" of Dr. F. Faltus shows an example of "PICOM" which was developed by our factory, and this machine is made so as to pick up the data, which control directly cutter from the drawings and to cut the pipe without any marking process, and recently numerically controlled. Details about production system by "PICOM" will be reported in a later Chapter.

(b) Electro Print Marking (EPM)

EPM system has been used in shipbuilding industry one of ten years. For the time being, this is only for the purpose of obtaining scrap percentage and size of fabrication lot as key plan, and therefore, magnified project method using reduced scale drawing has been chiefly used, however, in the fabrication of building frame template drawn in full scale is used because exactitude to be required is not available due to the fact that marking line is so thick.

EPM system was originally adopted under the developing procedure before reaching to no-marking cutting system which has used numerically controlled cutting and generally, adoption of N/C machine will bring its economicality, therefore, EPM system will be considered to be adopted only because of its being economical for the time being. Recently, the prevailing of automatic drafter have help to raise up distinguishedly the productivity of drafter-EPM system. Photo. 4-3 shows the sub-system of EPM-cutting-drilling in our writer's factory, and this EPM system has made it possible to transport less small members of materials in factory. This EPM system sures to help to equalize the working time for each members of materials which have individual marking load, and makes a line balance in such system possible.

4-2. Drilling

Drilling time is corresponding to the pieces of holes, and recently multi-axis drilling and N/C drilling make it possible to eliminate the individuality with fabricated members. Furthermore, in the field of production of building frame, movement to normalization of joint pattern in designing section so as to decide bolt hole by section of structural members make it possible to decrease the selection of hole pattern.

One of these years rolled H shape has now been utilized as material for building frame and we have developed N/C multi-drilling machine (H-COM) in our factory in order to automaticalize drilling operation against H-shaped steel. The change of working contents brought by this machine is in Figure 4-2.

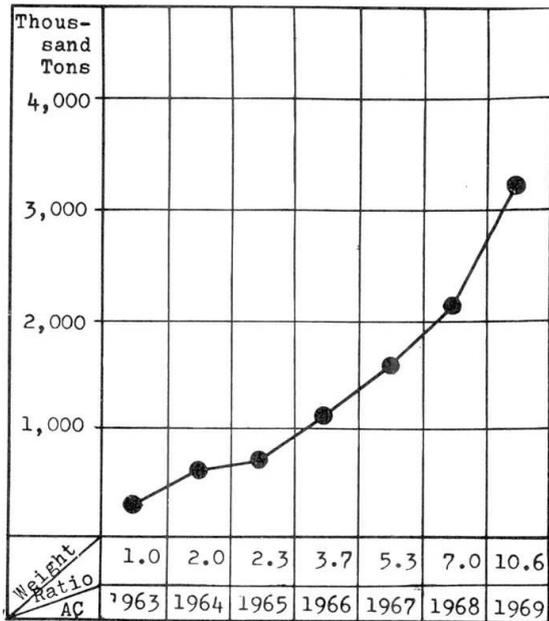


Fig. 4-1; Transition of annually produced weight of Rolled H Steel in Japan

H-shaped raw material is put in the drilling machine in the first working process, and in accordance with program (punched tape) in advance, drilling work is automatically performed. In viewing this process from the point of mass production, we have only admitted that the automation of drilling work has resulted into line production which can decrease the waiting loss time in unit work in the fabrication process from raw material to completion, but it has another important meaning that different line of hole group could be fabricated at the same time and variety of fabricated members are lost by N/C, and as a result we could turn into same kind of work which have same process and also normalized hole group to minimize programing.

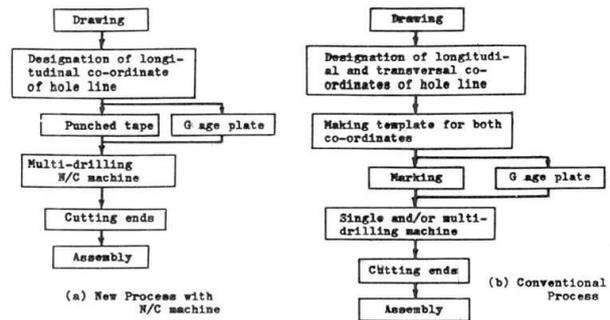


Fig. 4-2; Change in Preparation Process for H-shape brought by the Use of N/C Machine

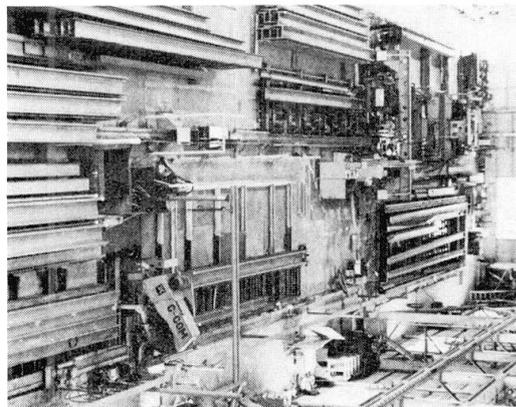


Photo 4-4; Drilling and Cutting Line for H-shape

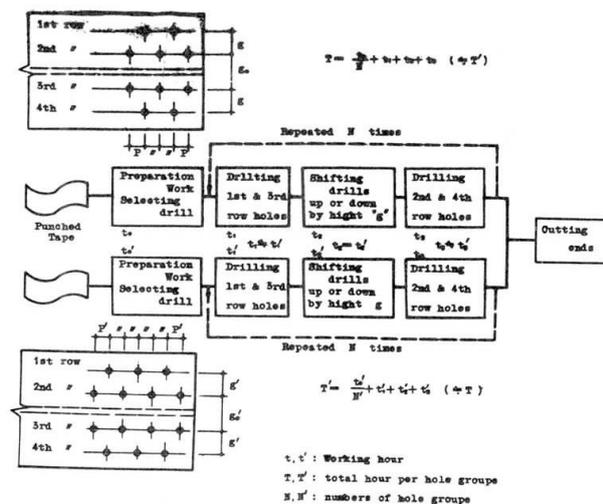


Fig. 4-3; Drilling Time per Hole Group When Drilled by N/C Machine

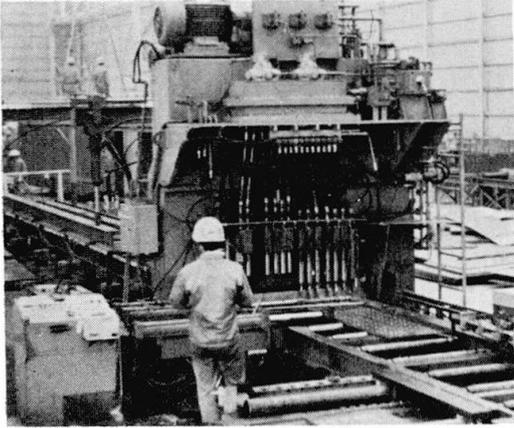


Photo. 4-5; N/C Drilling Machine for Splice Plate (S-COM)

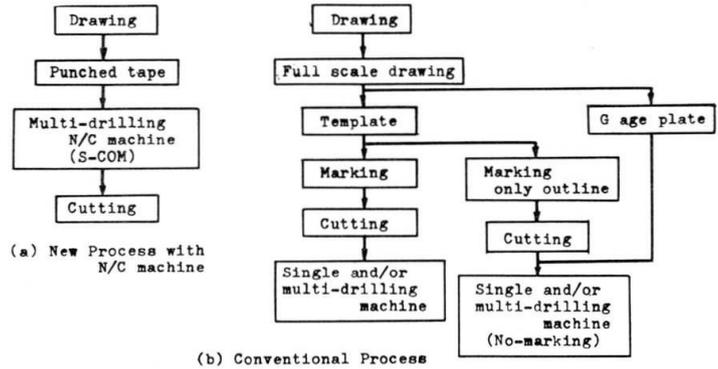


Fig. 4-4; Change in Manufacturing Process for Splice Plate Brought by the Use of N/C Machine

Drilling work on the splice plate is not quite different from the above mentioned H-shaped materials, and rather easier than the latter, because of drilling on flat plate. In case we should use drilling machine "S-COM" which is a specialized machine for splice plate, we could consider all the splice plate as the same kind, because the difference from the diameter and distributing line of bolt holes could not be regarded as individual.

#### 4-3. Welding

In the field of steel structure welding is one of the important works to guarantee the structure's quality, and at the same time in the constitution of the production cost together with assembling work. To make this welding work automatic and to save the time help to obtain the fixed quality and shorten production periods.

There will be too broad to report about the automation of welding, and we would like to introduce you a few example here. In the automation of welding, normalization of joint details will be the condition in advance, and if the joint details will be normalized, then automation of welding will be possible. Detailed matter on this normalization will belong to theme II, Design Concept.

##### (a) Example for automation of fillet welding

- (1) Simultaneous welding for both fillet joints of flange and web plate of I beam. (See Photo. 4-6)
- (2) Fillet welding for common joint of box frame using automatic tandem head MIG. (See Photo. 4-7)
- (3) Fillet weld using gravity stick weld. (See Photo. 4-8)
- (4) Automatic vertical fillet welding. (See Photo. 4-9)

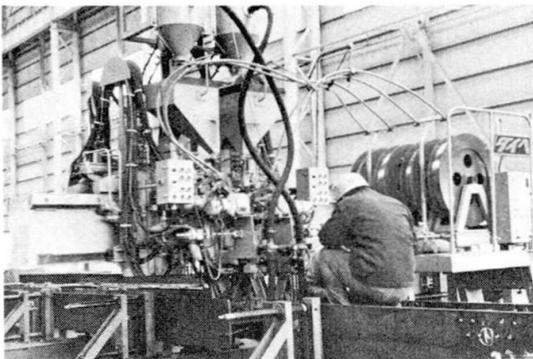


Photo. 4-6

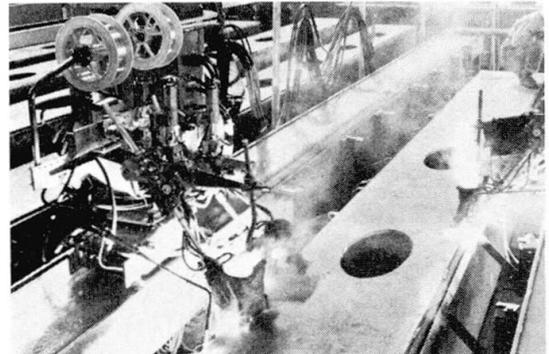


Photo. 4-7



Photo. 4-8

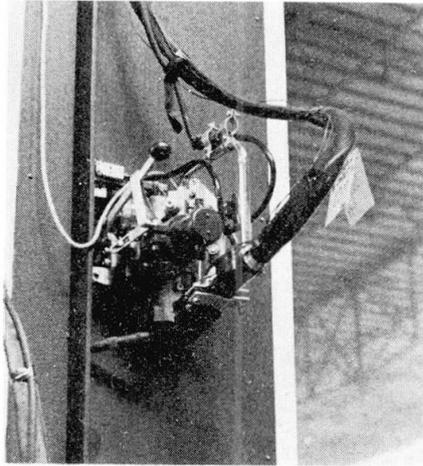


Photo. 4-9

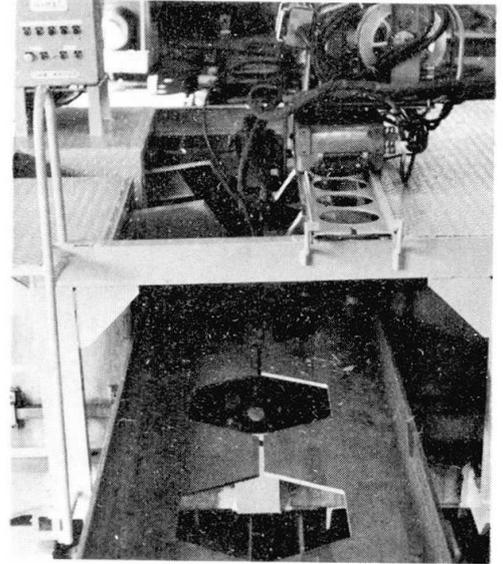


Photo. 4-10

(b) Automatic welding for butt joint.

(1) One side automatic CO<sub>2</sub> gas shielded welding for square butt joint. (See Photo. 4-10)

(2) Automatic vertical welding for square butt joint. (See Photo. 4-11)

(3) Automatic weld for V butt joint. (See Photo. 4-12)

#### 5. EXAMPLE FOR PRODUCTION SYSTEM INTENDED FOR MASS PRODUCTION TYPE

Building frame will be divided for its kind into the following table, and each optimum production system will be adopted. From the point of mass production system, in case of high rise building, same structure will be extended even toward the height, and in the industrial building such as rollmill factory, same structure will be extended toward the length, therefore, it will be possible to design the structure intended for mass production and to install the specialized production facilities economically.

We have already introduced a good example of mass production system about block by WTC Building in N.Y., and this example also applies to mass production about floor structure at the stage of designing, however, the realization of mass production about floor structure will be at the mercy of transportation and located situation. (See Photo. 5-1)

Recently honeycomb beam has been used for the purpose of saving weight and/or others, and we have the following production line with automation in our factory for fabricating this beam. (See Fig. 5-1)

Photo. 4-11

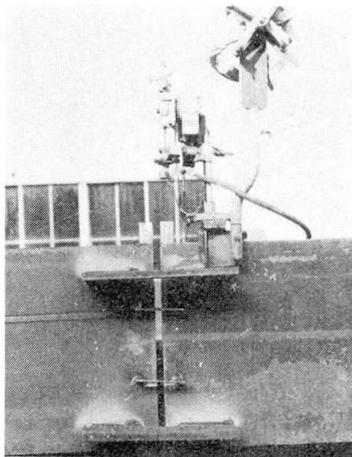


Photo. 4-12

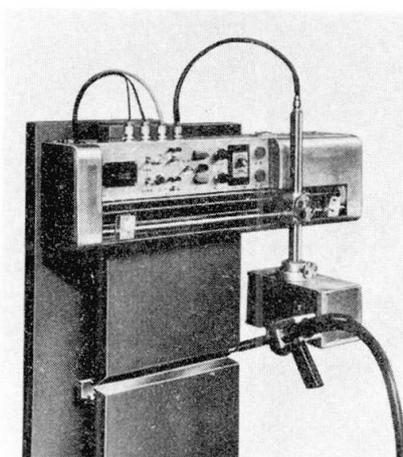
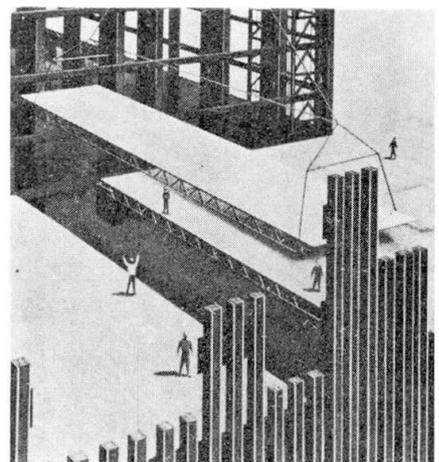


Photo. 5-1



Kinds of Building	Type of Building Frame	Note
Office	I sectional Beam	Multi-storied Rahmen
Hotel	H sectional Column	
Apartment	Box sectional Column Cross sectional Column Circular sectional Column	
Mill	Truss Girder I Beam	Single-storied Rahmen or Truss
Warehouse	Truss Column Box sectional Column Tubular Column Cross sectional Column H sectional Column	Manufacture is repeated toward their length.

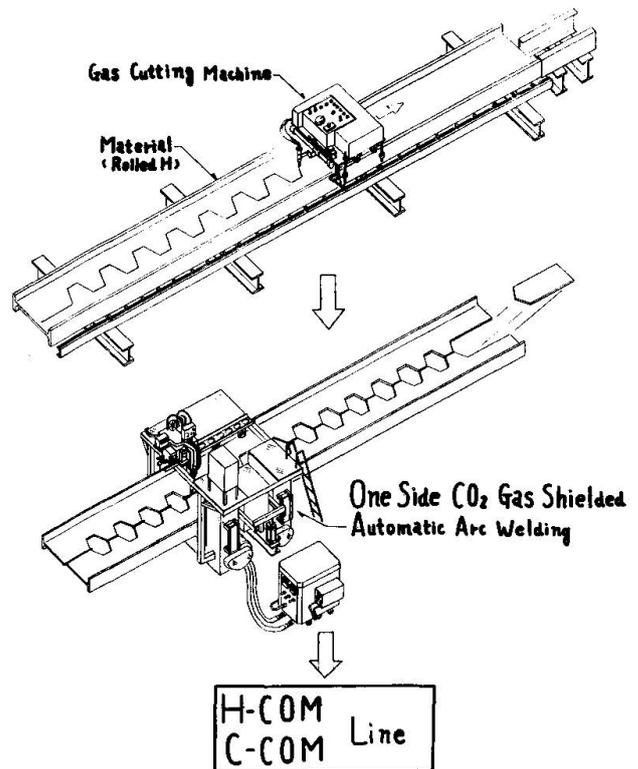


Fig. 5-1; Assembling Line for Honeycomb Beam

- 5-1. Production System in High-rise Building Frame Using Specialized Fabricating Machine. (See Fig. 5-2)
- 5-2. Production System in Tubular Structure Using No-marking Cutter. (See Fig. 5-3)

Production system of steel pipe in tubular structure will have the following procedure in general.

Full scale drawing and expansion  
 ---Marking template---Marking center line to steel pipe---Marking---  
 Manual cutting

but it became possible to simplify work unit and produce massively by the use of PICOM. We have adopted tact system into making line production type possible, which led to the level-up of productivity. In the past it required approximately 150 to 200 H/TON (Man-hour/Ton) in the fabrication cost, but even since the development of pipe cutter it decreased down to 25 to 30 H/TON at present. The above simplification resulted into that of designing and the figure of pieces per ton, which show the difficulty of manufacturing decreased from 200 pieces through 300 pieces per ton to 50 through 100 pieces per ton.

## 6. POSTSCRIPT BY THE WRITER

It is true that every manufacturers who receive orders have tried to seek for the most proper pattern of production system in each own way and manner as if they are groping something in the dark. Recently, after the analysis of mass production system from the concept "System Structure" they have recognized that it will be possible to turn into mass production system by looking for the common process from production system for individually different type of products.

In our factory we have been making an effort to put all sub-system automatic, since we believe automation of the work will be the key for transferring into mass production system. It will go without saying that higher productivity will be obtained not by the improvement of individual work but by the design of total system. We have always intended for the design of total system through the automation and numerical control of individual sub-system, and we believe that it will not require long time before designing of total system will be completed.

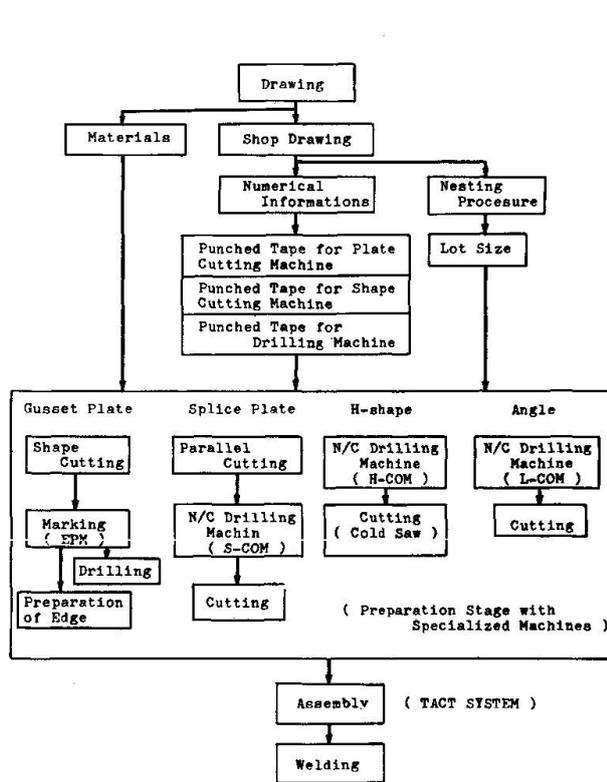


Fig. 5-2; Production System in High-rise Building Frame

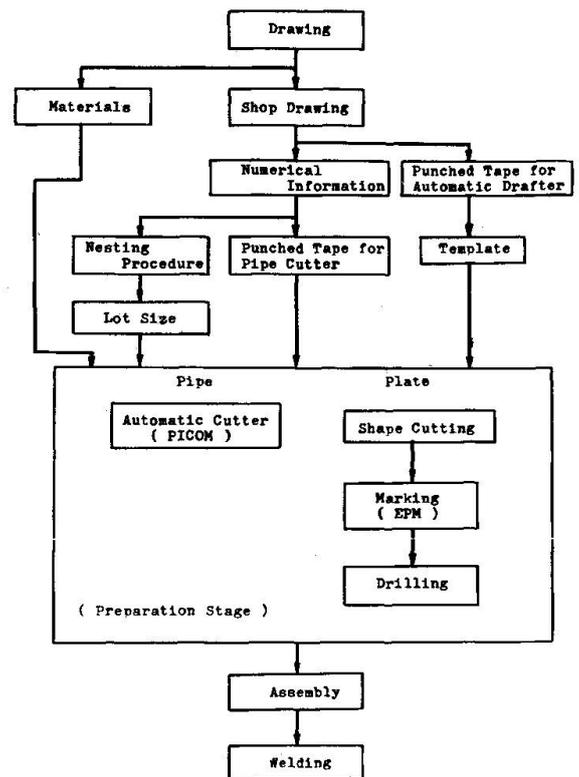


Fig. 5-3; Production System of Steel Pipe in Tubular Structure

#### References

- Tanaka, M. "How to Make Production System Effective"
- Muther, R. "Systematic Layout Planning"
- Yamauchi, K. and Kamei, T. "Future Prospects for Steel Skeleton Fabrication"
- Aono, I. and Kamei, T. "Procedures for Fabricating Tubular Members"
- Mundel, M.E. "Motion Study Research"
- Ohba, H. Yamauchi, K. and Murata, Y. "Automation of Manufacturing Process for Steel Structures"
- Murata, Y. "The Highest Building in the World, The W.T.C. Building in N.Y. City"

## SUMMARY

In production system we recognize standard patterns caused by the relation between Products and Quantities, and assign production to order as process production. It is obvious for line production pattern to be highly productivity, so we are looking for the way to line production system by analyzing each processes at various levels and integrating them to balance the process tactfully, and introduce in this report our examples based on mechanization and automation which we think a very good improving method for balancing lines.

## RESUME

Nous reconnaissons parmi les systèmes de production les applications normalisées causées par la relation entre produit particulier et de série et nous adaptons les productions exigées au processus de fabrication. La condition première de la fabrication à la chaîne est, bien entendu, une haute productivité; c'est pourquoi nous étudions la fabrication à la chaîne en analysant chaque processus sous différents angles et en la réintégrant exactement dans le système. Dans ce rapport, nos exemples sont basés sur la mécanisation et l'automation. Nous croyons avoir ainsi une bonne méthode pour se représenter les lignes directrices.

## ZUSAMMENFASSUNG

Beim Fertigungssystem anerkennen wir die Standardausführungen, die zwischen dem Verhältnis von Erzeugnis und Menge bestehen und ordnen die verlangte Erzeugung dem Produktionsprozess zu. Für Fließfabrikation ist selbstverständlich hohe Produktivität Voraussetzung, wir verfolgen daher die Fließfabrikation durch Analyse jedes Vorganges unter verschiedenen Gesichtspunkten und deren genau abgewogene Einführung in den Vorgang. Im vorliegenden Bericht stützen sich unsere Beispiele auf Mechanisierung und Automation, welche nach unserem Dafürhalten eine sehr gute und verbesserte Methode für die Richtlinien darstellen.

Leere Seite  
Blank page  
Page vide

## **Mass Fabrication of Heavy Steel Columns**

Seriefertigung schwerer Stahlstützen

Fabrication en série de colonnes lourdes en acier

### **LAMBERT TALL**

Dr., Professor of Civil Engineering  
and Director  
Division for Fatigue and Fracture

Lehigh University, Bethlehem, Pennsylvania, USA

### **PAVEL J. MAREK**

Dr., Associate Professor, SF CVUT  
Chair for Steel Structures  
Prague, Czechoslovakia  
formerly Research Associate at

## INTRODUCTION

In today's large structures, increasingly heavy steel elements are being used. The buildings have grown taller, resulting in substantially higher axial forces in vertical members due to dead, live, and wind loads. In the case of the quite common unbraced frames, the steel columns are subjected also to high bending moments, which have significant influence on their design. The selection of the cross sections must be carried out by the designer, not only with respect to the required carrying-capacity, but also taking into account the economical considerations which depend to a large extent on the fabrication procedure.

In the case of very heavy columns for the lower floors of a multistory building, for example, the fabrication may be considered as essentially "one-off" or unique. On the other hand, the high number of medium-heavy columns used in other parts of the structure are mass-produced by being fabricated in automated or semiautomated production lines. Special skills have been developed in the area of rolling and welding of columns with respect to a high number of similar shapes.

A recent survey of the utilization and manufacture of heavy columns [1] has indicated that the two types most commonly used are wide-flange and H-shapes. Box-sections also seem to have some importance, whereas all other types are used to a relatively small extent. With respect to mass fabrication then, the main attention should be given to the rolled and welded wide-flange and H-shaped medium-heavy columns. The range of dimensions of these shapes is shown in Fig. 1.

In this discussion, brief mention is given to medium-heavy steel columns, to the correlation of column strength with the fabrication procedures by automated processes, and to the reproducibility of the strength of such members.

### COLUMN STRENGTH AND THE FABRICATION METHOD

Residual stresses and the initial out-of-straightness are the predominant factors affecting the strength of a steel column and are directly dependent on the fabrication method. [2]

The initial crookedness of the column is checked after the rolling or welding phase is completed. Straightening by cold-bending is usually necessary and is the next step. The residual stresses are formed mainly during cooling after rolling; a redistribution of the residual stresses may take place due to flame-cutting, welding, heat-treatment or cold-straightening. It would be possible to modify, or even to remove completely, residual stresses from the column - for example by stress relieving - but this is not the normal practice because of economical reasons.

The difference between the strength of rolled wide-flange shapes and the strength of welded shapes (built-up from flame-cut plates or universal mill plates) is illustrated in Fig. 2 for some particular sections. [3]

The present trend in the evaluation of column strength recognizes the significance of the different fabrication procedures, by introducing more than one column curve for design. [4,5] This trend should be taken into account for optimum results in the use of automated processes for mass production of steel columns.

### ROLLED SHAPES

The rolling technique is highly developed and allows rolling of shapes up to about 750 lb./ft., Fig. 3. [6]

The material enters the mill in the form of a rectangular cross section and is then rolled in a number of passes in two or more rolling stands. The cross section is gradually reduced until the shape has reached its final cross section in the finishing stand. After rolling, the material is cut at the hot saw to the required length and allowed to cool down on a cooling bed. It is only after this mainly automated phase that the shape may require individual care. Due to uneven cooling conditions many members are crooked, and so, most shapes have to be straightened, either by roller-straightener or in a gag press.

In the roller straightener the member is passed through a number of rolls which bend the shape in alternating directions. This is essentially a continuous process, affecting the whole length and modifying the residual stress distribution and therefore the strength as well. The resulting residual stresses are relatively constant in magnitude along the length.

The roller-straighteners used today have a limited capacity and heavier shapes usually must be straightened in a gag press. In the gaging procedure, only local parts of the shape are

affected. Thus, the residual stresses are changed only at certain sections along the length. Figure 4 shows the nonsymmetrical residual stress distribution in the shape W14x730 where two types of residual stresses were coexisting, thermal stresses and stresses due to gapping; [6] gapping has affected only one side of the flanges.

It should be noted that for the heaviest shapes rolled at present, it is difficult to keep the deviations of cross-sectional geometry within the specified tolerances.

#### WELDED SHAPES

The welded H-shapes are built-up from component plates. The plates are manufactured either as universal mill plates (UM) rolled to exact width and used with as-rolled edges (Fig. 5), or wide plates are first flame-cut to the required width, and these are called flame-cut plates (FC). The significant difference between the residual stresses in UM and FC plates due to the fabrication is that pointed out in the above discussion on the column strength; that is, the original residual stresses due to cooling are modified drastically by the introduction of the heat input of flame-cutting. In general, the use of flame-cut plates improves column strength. [7] For medium-heavy shapes, welded from UM plates, the residual stresses are not affected significantly by the weld; thus, the strength of such columns compares directly to that of rolled shapes, discussed above.

A fully automatic manufacturing procedure for H-shapes is described next. [7] (Again, the fabrication procedure affects the column strength directly.) The procedure described is in quite common use.

- a. Wide plates are first "stripped" - flame-cut by automatic equipment as shown in Fig. 6 to the required width for use as webs and flanges.
- b. Flange plates thinner than 3/4 in. are placed in a "crimper", which pre-bows them so that the flanges are flat after welding. This is not necessary for thick flange plates -- indeed, it may be impossible.
- c. Two flanges and a web are then placed on a "fit-up" table. A hydraulically operated "fit-up" gate shown in Fig. 7 is used at the head end of the plates to position the plates.
- d. The plates are tack-welded at the head end only and moved to the first welding unit, Fig. 8. Here, the plates are preheated with torches and the two fillets on one side of the web are deposited by continuous submerged-arc welding in one pass.
- e. On the exit table from the first welding unit the shape is lifted by a movable fork lift, turned over, and placed on the entry table of the second welding unit, Fig. 9.

- f. The remaining two fillet welds are deposited.
- g. The section is oxygen-cut at each end to the correct length, Fig. 10.
- h. The final step in manufacturing takes place at the inspection and conditioning skids where any needed minor repair welding is done, Fig. 11.

#### MISCELLANEOUS INFORMATION ON MANUFACTURING PROCEDURES

One phase of a continuing study of residual stresses and column strength of rolled and welded steel shapes carried out at Lehigh University during past two decades was focused on the manufacture and fabrication of heavy and medium-heavy columns. [1,8] Following are some of conclusions resulting mainly from the survey and aimed at various problems involved in the fabrication process:

**Welding Methods:** The data available from fabricators in the USA indicate that the automatic submerged arc method is the most common. (1790) However, the use of other methods such as MIG was reported, and almost exclusively by the large fabricators. Some fabricators are employing combinations of two or more regular techniques. The gas-shielded methods seem mostly to be applied for small-scale work.

**Welding Types:** For welding together column component plates, mainly fillet welds are used except for box sections and some special sections, where the welds are of partial penetration single or double bevel-groove type.

**Preheating and Postheating:** The procedure used for heat treatment of welded assemblies, when such is required either by contract or specifications, is that given in AWS's "Code for Welding in Building Construction". Post-heating was not reported in any of the projects in the survey.

**Straightening:** The allowable limits of distortion or of out-of-straightness are specified by various codes and specifications. Considerable deformations normally may occur during welding. The distortions sometimes cause severe problems for proper erection of the structure, emphasizing the need of proper straightening. Besides roller and gag straightening, heat-straightening is performed sometimes.

**Testing of Welds:** Ultrasonic testing seems to be the most common method for weld tests in the case of heavy columns, followed by X-Ray tests and magnetic particle testing (for surface cracks).

## REPRODUCIBILITY OF THE COLUMN STRENGTH

The scatter in the column strength is related to several variables. The reproducibility of the strength depends mainly on the constancy of the yield strength, out-of-straightness and residual stresses. The last two items relate directly to the production techniques, and their constancy. Extensive research programs have been underway at Lehigh University and elsewhere in the area of the statistical and probabilistic evaluation of individual variables, their significance and interaction, [4,9] in order to categorize the shapes and to propose column design curves representing, as closely as possible, the actual carrying capacities of various manufactured shapes. This will be important for the further technical and economical development of automated processes for the mass production of steel columns.

## CONCLUSIONS

The mass fabrication of medium-heavy steel columns has been described briefly in this paper. An example was given of an automated process for the preparation of the commonly used wide-flange and H-shapes. The relationship between the fabrication procedure, the strength, and its reproducibility, were considered.

## ACKNOWLEDGEMENTS

This paper presents the results of a long-term study into the column strength of structural steel members, underway at Fritz Engineering Laboratory, Lehigh University, Bethlehem, Pennsylvania. The American Institute of Steel Construction and the (U.S.) National Science Foundation sponsored those parts of the study referred to in this paper.

## REFERENCES

1. Bjørhovde, R. and Tall, L.  
SURVEY OF UTILIZATION AND MANUFACTURE OF HEAVY COLUMNS,  
Fritz Laboratory Report No. 337.7, October 1970.
2. Beedle, L. S. and Tall, L.  
BASIC COLUMN STRENGTH, Journal of the Structural  
Division, Proceedings ASCE 2555, Vol. 86, ST7, July 1960.
3. Tall, L. and Alpsten, G. A.  
PREDICTION OF BEHAVIOR OF STEEL COLUMNS UNDER LOAD,  
IABSE Symposium on Safety - London 1969.

4. Beer, H. and Schulz, G.  
DIE TRAGLAST DES PLANMASIG MITTIG GEDRUCKTEN STABS MIT  
IMPERFEKTIONEN, VDI - Z, No. 21, November, 1969.
5. Johnston, B. G., Editor  
Column Research Council's GUIDE TO DESIGN CRITERIA FOR  
METAL COMPRESSION MEMBERS, 3rd. Ed., Wiley, to be  
published in 1972.
6. Brozzetti, J., Alpsten, G. A. and Tall, L.  
RESIDUAL STRESSES IN A HEAVY ROLLED SHAPE, Fritz  
Laboratory Report No. 337.10, January 1970.
7. McFalls, R. K. and Tall, L.  
A STUDY OF WELDED COLUMNS MANUFACTURED FROM FLAME-  
CUT PLATES, Welding Journal, Vol. 48, April 1969.
8. Brozzetti, J., Alpsten, G. A. and Tall, L.  
MANUFACTURE AND FABRICATION OF HEAVY WELDED PLATE AND  
SHAPE SPECIMENS, Fritz Laboratory Report No. 337.4,  
May 1969.
9. Tall, L. and Alpsten, G. A.  
ON THE SCATTER IN YIELD STRENGTH AND RESIDUAL STRESSES  
IN STEEL MEMBERS, IABSE Symposium on Safety, London, 1969.

#### SUMMARY

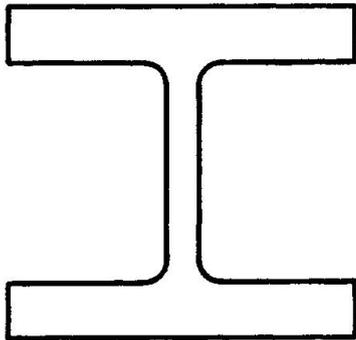
Heavy steel columns are being used increasingly in many structures. The mass fabrication of such columns is described and one example is given for welded shapes. The relationship between fabrication procedure, column strength and its reproducibility are considered.

#### ZUSAMMENFASSUNG

Schwere Stahlstützen kommen vermehrt bei vielen Bauwerken zur Anwendung. Die Massenfabrikation solcher Stützen wird beschrieben und ein Beispiel für geschweisste Ausführungen gegeben. Es wird die Beziehung zwischen Fabrikationsverfahren, der Festigkeit der Stützen und der Wiederholbarkeit in Betracht gezogen.

#### RESUME

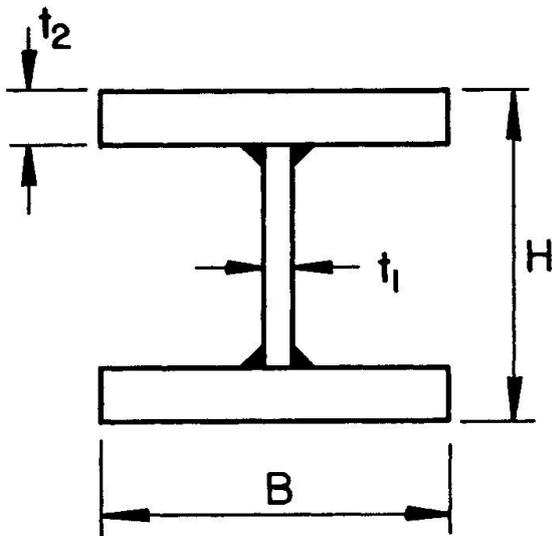
De plus en plus, on emploie, pour beaucoup d'ouvrages, des colonnes lourdes en acier. On décrit, dans le rapport, la fabrication en série de ces colonnes ainsi qu'un exemple d'une exécution soudée. On en tire un rapport entre le mode de fabrication, la résistance de la colonne et la capacité d'être répétée en série.



ROLLED WIDE-FLANGE

All Sizes Up to  
and Including W14x 730

Common Steel Grade: A36



WELDED H

$$20'' \leq H \leq 43''$$

$$10'' \leq B \leq 40''$$

$$\frac{1}{2}'' \leq t_1 \leq 6 \frac{1}{2}''$$

$$\frac{3}{4}'' \leq t_2 \leq 6 \frac{1}{2}''$$

Common Steel Grade: A36

(Also Used: A441, A572)

Fig. 1 Dimensions of Heavy Column Shapes

I - MASS FABRICATION OF HEAVY STEEL COLUMNS

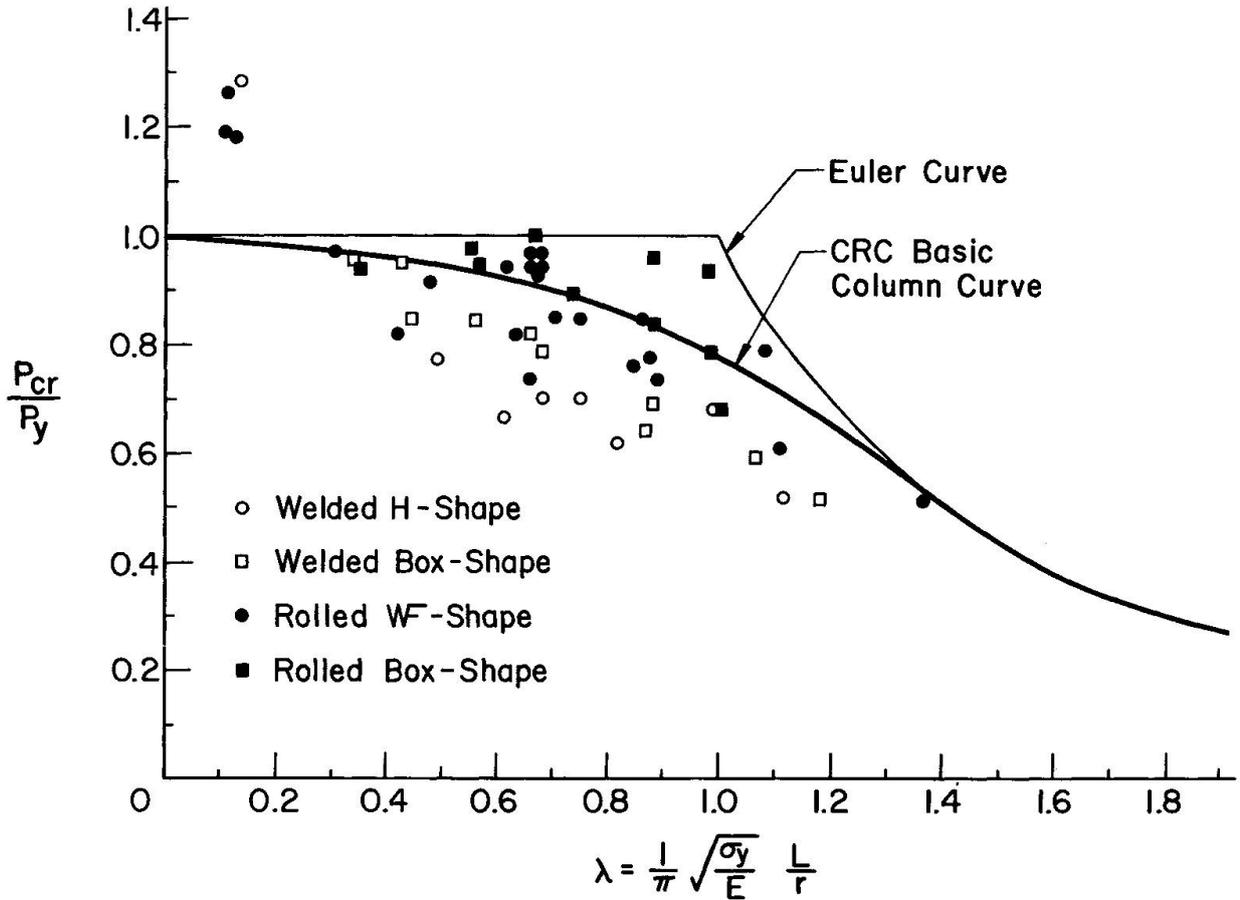
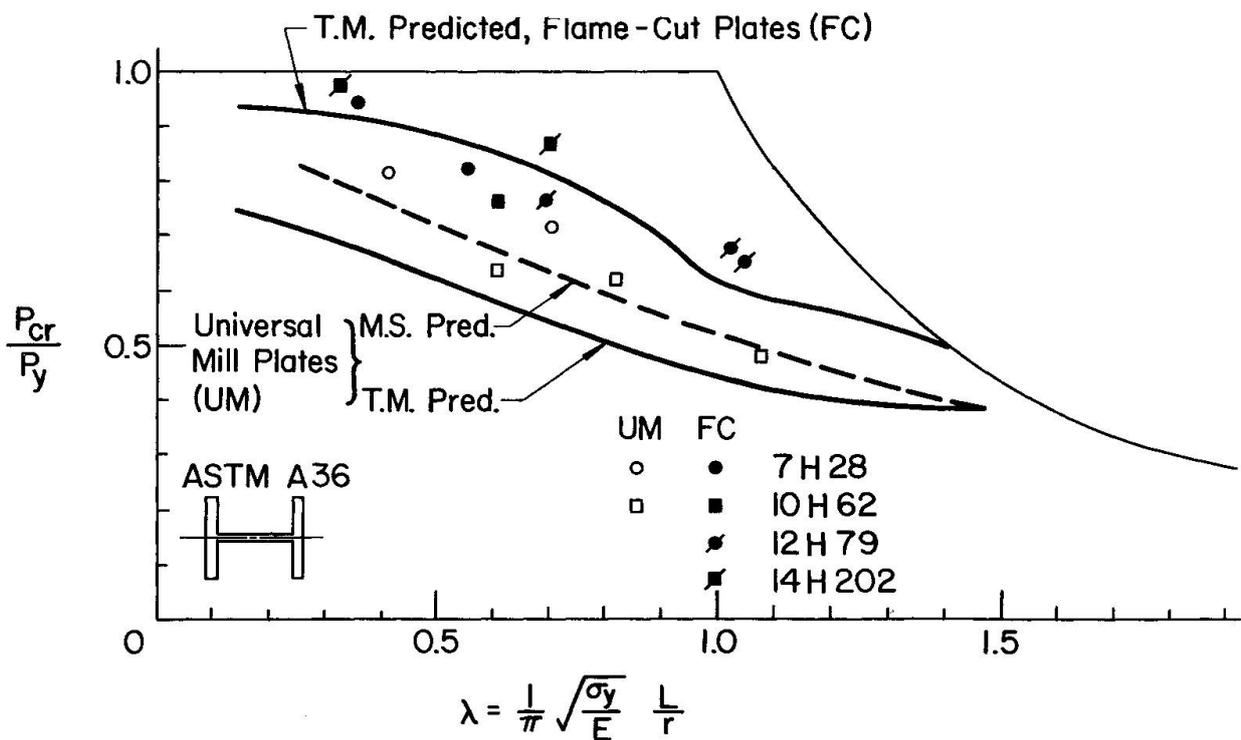


Fig. 2 (a) Column Test Results for Rolled and Welded Shapes

(b) Column Strength of Welded H-Shapes of Flame-Cut and Universal-Mill Plates



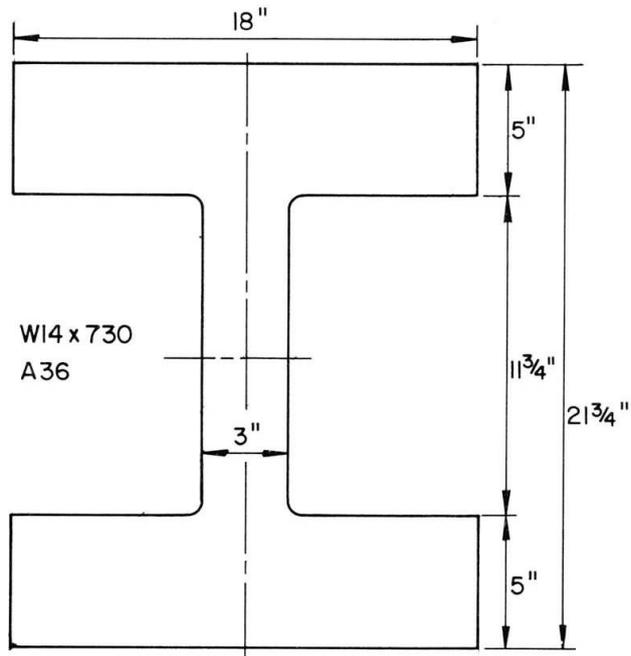


Fig. 3 Dimensions of Heavy Rolled Shape W14x730

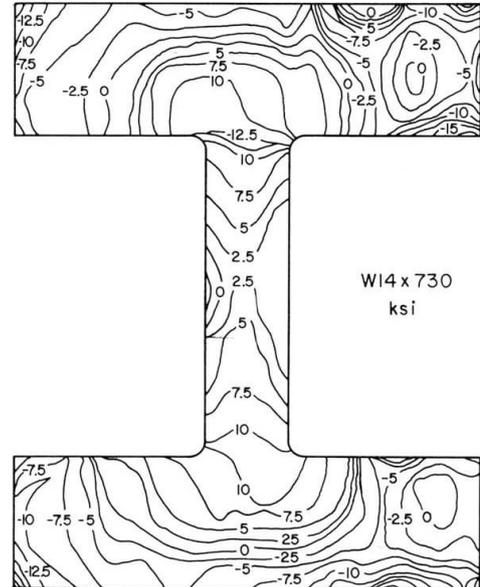


Fig. 4 Residual Stress Distribution in W14x730 Shape

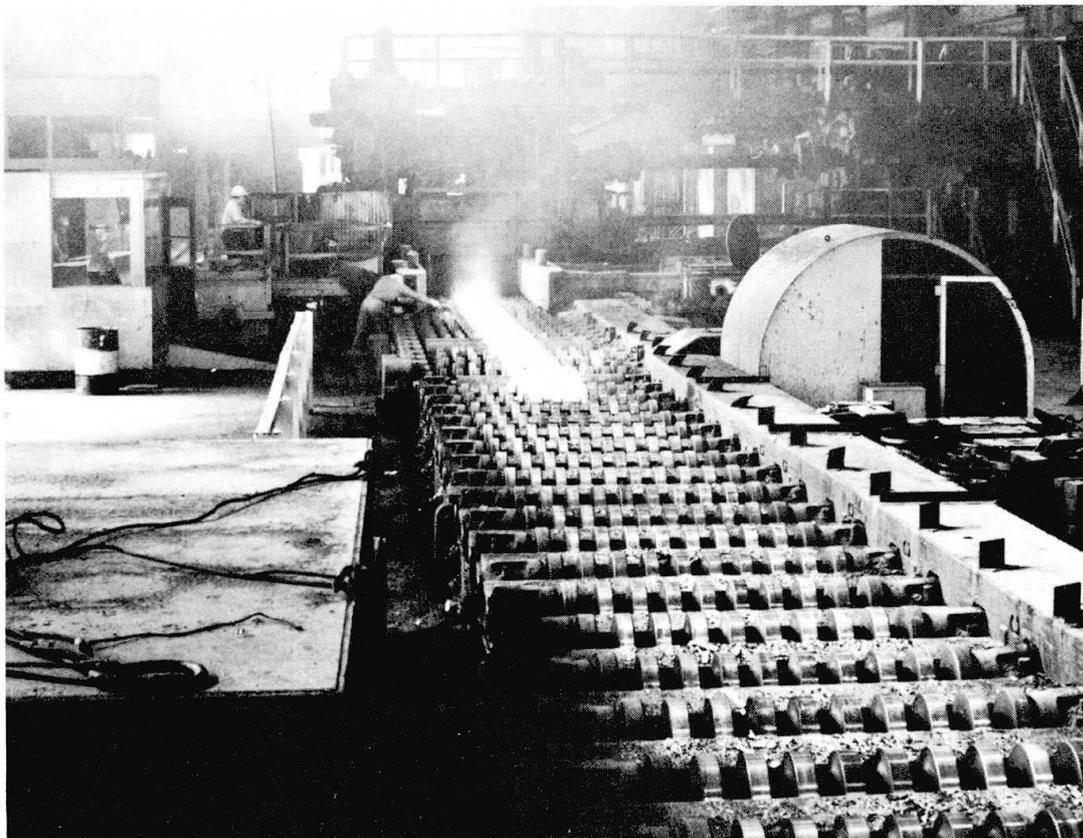


Fig. 5 The Rolling of Thick, Heavy Plates.  
(Courtesy Bethlehem Steel Company)

I — MASS FABRICATION OF HEAVY STEEL COLUMNS

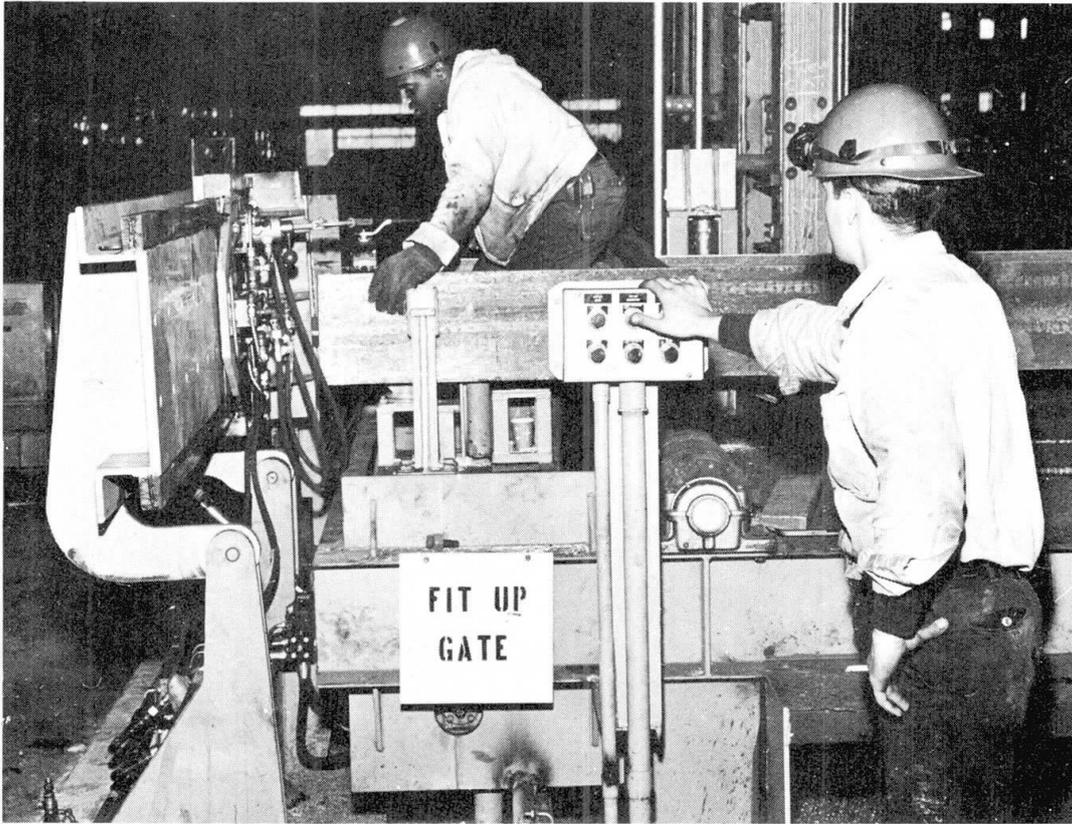


Fig. 7 Fitting Flanges and Web (Courtesy Inland Steel Company)

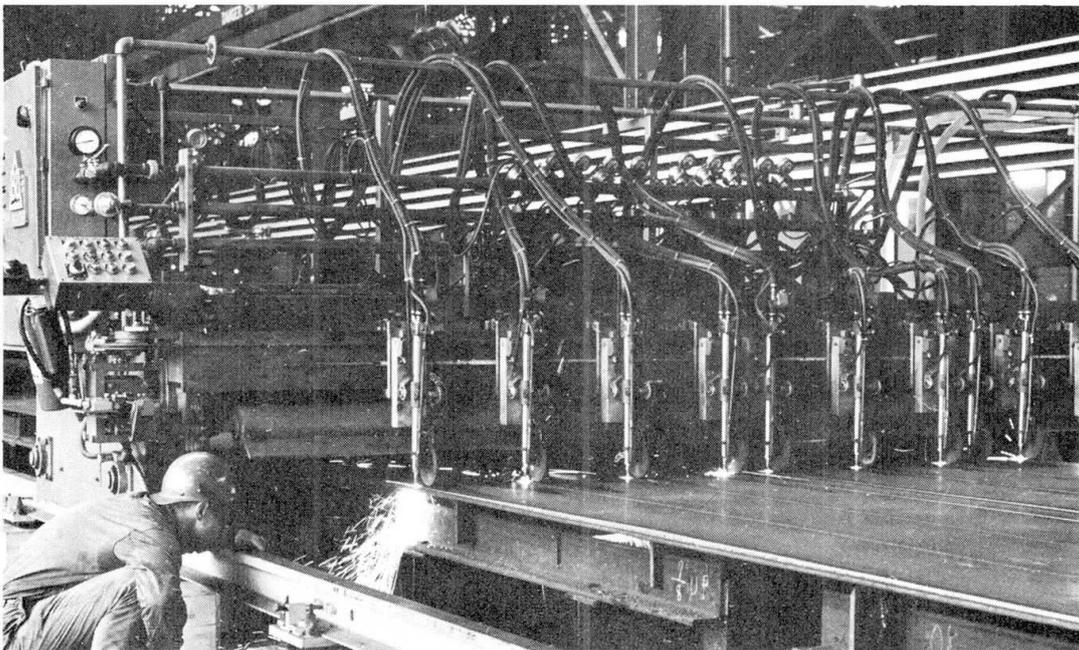


Fig. 6 Automatic Flame-Cutting (Courtesy Inland Steel Company)

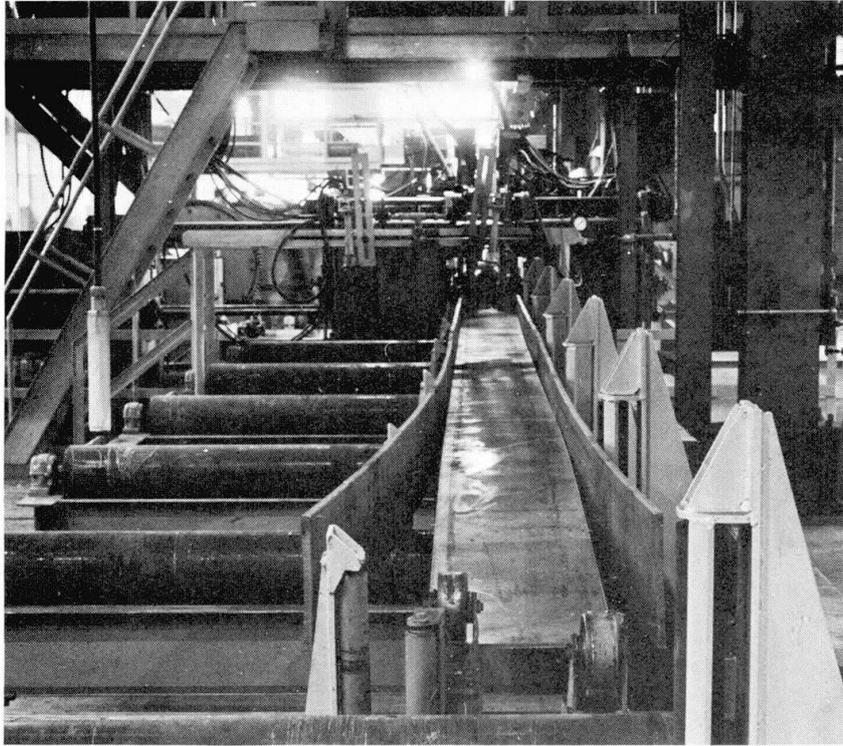


Fig. 8 Entering First Welding Unit (Courtesy Inland Steel Company)

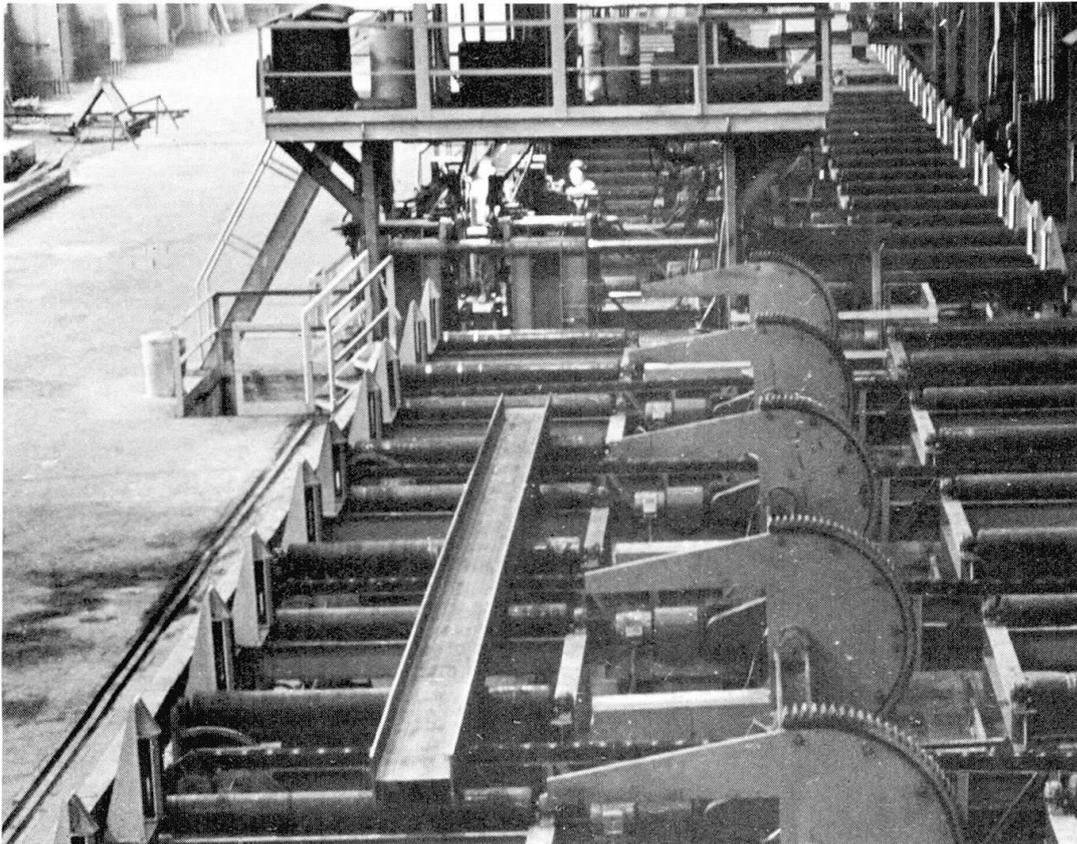


Fig. 9 Entering Second Welding Unit (Courtesy Inland Steel Company)

I — MASS FABRICATION OF HEAVY STEEL COLUMNS

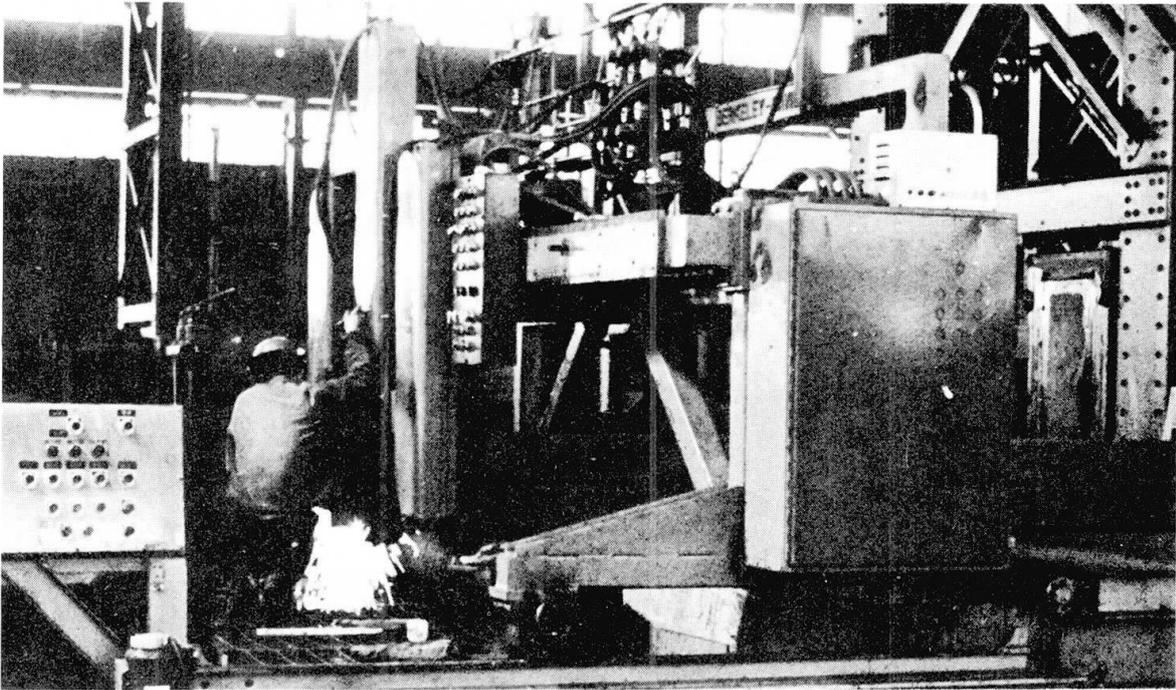


Fig. 10 Flame-Cutting to Length (Courtesy Inland Steel Company)

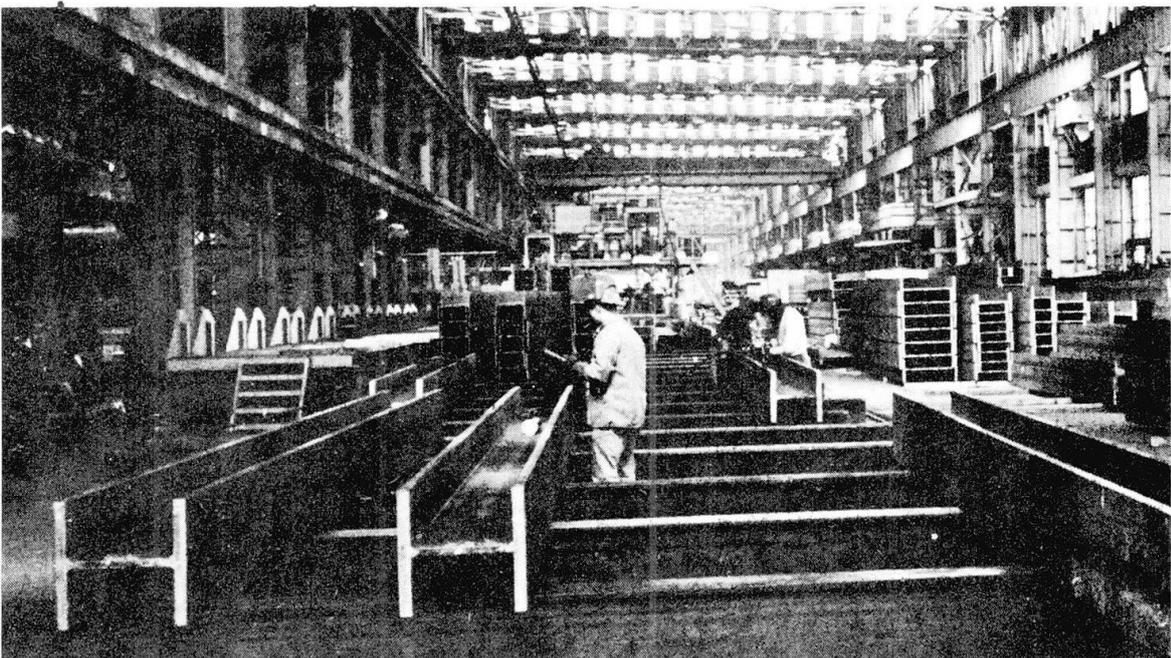


Fig. 11 Inspection Skids (Courtesy Inland Steel Company)

## Zur Fertigung von Leichtbauelementen aus Stahlrohren

Fabrication of Light Construction Elements from Steel Tubes

De la fabrication d'éléments légers en tubes d'acier

HERMANN ZIETHE

Halle (Saale)

DDR

### Einleitung

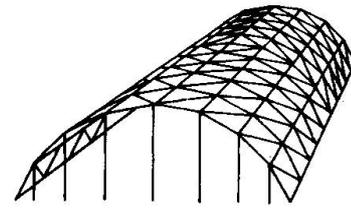
Im Stahlhochbau, im Stahlbrückenbau und auch im Stahlbau für Förderanlagen haben in den letzten Jahren die UP-Schweißung und besonders das CO<sub>2</sub>-Schweißen das Elektrodenhandschweißen in zunehmendem Maß abgelöst (Tabelle 1)

	Schweißgut %		
	E	UP	CO <sub>2</sub>
1967	40	16	44
1968	36	14	50
1969	33	13	54
1970	32	12	56

Tabelle 1: Verfahrensentwicklung (1967 bis 1970)  
Stahlbau der DDR

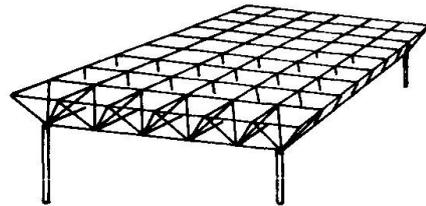
Die UP-Schweißung überwiegt beim Stoßen großer Blechplatten und in Anlagen der Trägerfertigung, aber das CO<sub>2</sub>-Schweißen findet immer mehr Eingang in Fertigungsstraßen, die in Verkettung mit anderen Werkzeugmaschinen auch im Stahlbau im zunehmenden Maß von der Einzel- zur Serienfertigung führen. Durch die höheren Abschmelzleistungen werden zwar die Grundzeiten gesenkt, die höheren Neben- und Rüstzeiten sowie der beträchtliche Aufwand für den innerbetrieblichen Transport werden aber durch fertigungsorganisatorische Maßnahmen vermindert, so z.B. durch den Einsatz von Vorrichtungen und Automaten und eine Gruppenfertigung bzw. durch eine Verkettung der einzelnen Arbeitsgänge in Fertigungsstraßen. Sowohl der Einsatz der Hochleistungsverfahren als auch die Nutzung der fertigungsorganisatorischen Maßnahmen sind von den geforderten Stückzahlen abhängig. Das bedeutet, daß bereits vom Konstrukteur durch Einheitssysteme,

Typ „Ruhland“



16,60 (19,73) × 30,0 (42,0) m

Typ Berlin (15 und 20 Mp)



120 × 120 (18,0; 24,0) m

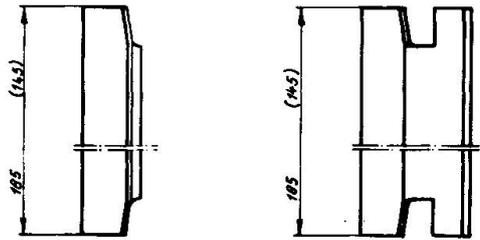
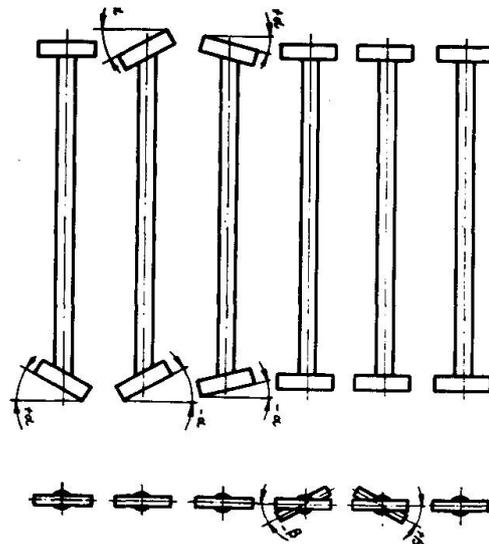
Fig. 1 Stabnetztonne  
StabnetzfaltwerkFig. 2 Kopfstücke  
(Nasen- und Fahnen-  
konus)

Fig. 3 Stabformen



durch Standardisierung von Bauteilen und Baugruppen sowie durch die konstruktiven Details die Voraussetzungen für den Übergang von der Einzel- zur Serienfertigung bzw. für die Massenproduktion geschaffen werden müssen. Solche Voraussetzungen waren für die Fertigung von Rohrstäben erfüllt, die zu Stabnetztonnen und in Segmenten zu Stabnetzfaltwerken (Bild 1) zusammengesetzt werden.

### Schweißaufgabe

Für die Stabwerke werden Rohrstäbe verwendet, deren Enden beim Zuschnitt breit gedrückt werden, so daß ein Formstück angeschweißt werden kann (Bild 2). Für diese Fertigungsoperation wurde die CO<sub>2</sub>-Doppelschweißanlage ZIS 602 entwickelt, die Teil einer automatischen Fertigungsstraße im VEB Metalleichtbaukombinat Werk Ruhland ist [1]. Dabei werden die zugeschnittenen Stäbe auf einem Kettenförderer zwei Schweißstationen zugeführt, die je nach dem gewählten Programm entweder

auf beiden Seiten gleichzeitig ein Kopfstück fertig anschweißen oder  
in der ersten Station bei beiden Kopfstücken gleichzeitig die erste, in der zweiten Station die zweite Lage schweißen (bei  $s > 4$  mm) oder  
in der ersten Station das erste Kopfstück, in der zweiten Station das zweite Kopfstück anschweißen

Es gibt 6 verschiedene Stabformen (Bild 3), bei denen die Kopfstücke rechtwinklig oder schräg zueinander in einer Ebene oder auch gegeneinander verdreht angeordnet sind. An diese Stäbe werden die Kopfstücke mit den CO<sub>2</sub>-Schweißverfahren fallend angeschweißt, wobei je nach der Beanspruchung zwei Grundformen der Kopfstücke vorgesehen sind. Die Stäbe werden über Deckel miteinander verschraubt (Bild 4) und zwar erfolgt die Montage bei Segmenten zu ebener Erde, so daß die Segmente komplett mit der Dachhaut in den Abmessungen

12,0 x 12,0 m oder 12,0 x 18,0 oder 12,0 x 24,0 m

mit dem Kran auf die Stützen gehoben werden können. Aus der Beanspruchung ergeben sich für die Einzelstäbe neben

6 in Form und Abmessung verschiedenen Kopfstücken  
18 verschiedene Rohrquerschnitte ( $\emptyset$  38 x 2,5 bis  $\emptyset$  108 x 6 mm),

so daß mit den 6 unterschiedlichen Kopfstückformen über 600 verschiedene Ausführungen denkbar sind. Sie kommen in dieser Anzahl praktisch nicht vor - die Palette der auszuführenden Stäbe wird aber durch die Stablängen erweitert, die bei den z.Zt. gefertigten Systemen zwischen 2261 und 3778 mm liegen und für die die Fertigungsstraße eingerichtet werden muß [1]. Zum Schweißen werden die Stäbe schrittweise vom Kettenförderer zu einer Grobausrichtstation gebracht, dort ausgehoben und in eine schräge Position gedreht, wieder vom Förderer in eine Feinausrichtstation gebracht, ausgehoben und mit gleichzeitigem Feinausrichten gespannt, von einem hydraulisch arbeitenden Greiferpaar übernommen und in die Schweißstation geschwenkt. Die Kopfstücke sind in Trommelmagazinen gespeichert,

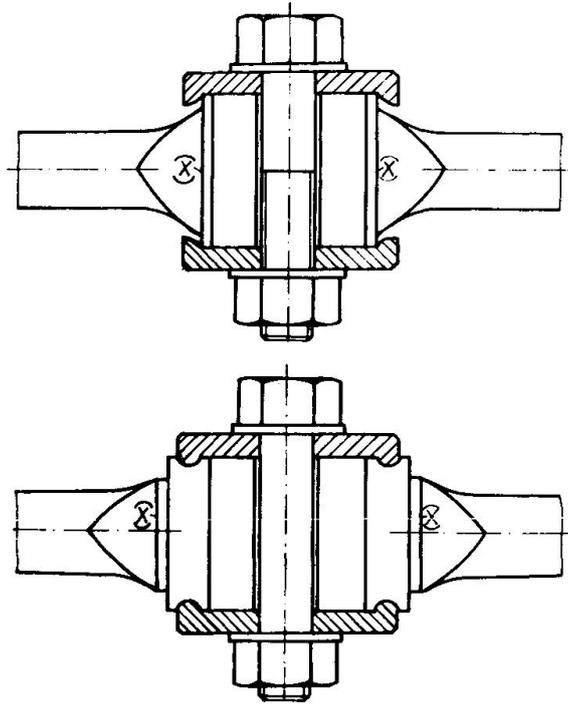


Fig. 4 Knotenverbinding

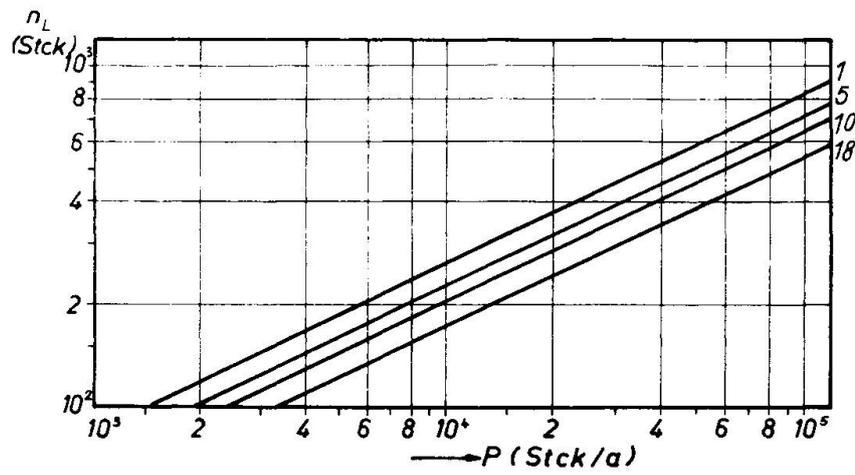


Fig. 5 Losgrößenbestimmung

die an den Stab herangefahren werden. Darauf läuft der Schweißvorgang ab, bei dem an beiden Stabenden gleichzeitig mit jeweils zwei CO<sub>2</sub>-Brennern die Kopfstücke angeschweißt werden. Es werden also 4 Nähte gleichzeitig geschweißt. Nach dem Schweißen gehen die Stäbe durch eine Prüfstation zur Konservierung.

#### Organisation des Fertigungsablaufes

Die vorgesehenen Systeme verlangen damit unterschiedliche Stäbe in Form und Abmessung, sie verlangen aber auch - je nach den Abmessungen des "Grundbaues" bei Stabnetztonnen oder der "Segmente" bei Stabnetzfaltwerken - unterschiedliche Stabzahlen, die in sinnvollen Losgrößen gefertigt, ausgeliefert und montiert werden müssen (Tabelle 2).

Stabnetztonne	Stabnetzfaltwerk
Typ "Ruhland"	Typ "Berlin" (15- u. 20-Mp-Knoten)
"Grundbau"-Abmessung 16,60(19,13)x30,0(42,0)m	"Segment"-Abmessung 12,0x12,0(18,0;24,0)m Normalsegmente Giebel- Rand- Schneesack
Stäbe/Grundbau 258,278 oder 444 Stck	Stäbe/Segment 114,166 oder 210 Stck

Tabelle 2: Leichtbau-Dächer aus Rohrstäben

Diese Lose sind Posten gleicher Form und Abmessung, die ohne Umstellung der Anlage gefertigt werden können. Sie sind eine Bestell-, Fertigungs- oder Einlagerungsmenge, deren Größe von verschiedenen, sich teilweise widersprechenden Faktoren abhängig ist.

Aus fertigungstechnischen Gründen - also zur möglichst günstigen Verteilung der Vorbereitungs- und Abschlußkosten - wird man eine möglichst große Zahl anstreben, aus Platz- und Kapitalgründen eine möglichst niedrige Zahl festlegen wollen. Zu berücksichtigen sind also z.B. Kosten für Lagerfläche und Lagereinrichtungen wie Regale und Paletten, aber auch die Bindung von finanziellen Mitteln in Form von "unvollendeter" oder "noch-nicht-abgesetzter" Warenproduktion. Die Betsimmung der wirtschaftlichen Losgröße ist in diesem Stadium - d.h. nach Abschluß der Konstruktions- und Standardisierungsarbeiten - allein eine Aufgabe der Fertigungslenkung. Es ist leicht zu übersehen, daß von hier aus auch die zulässigen Kosten einer Vorrichtung oder einer ganzen Fertigungsstraße mitbestimmt werden. Es ist für den Verbraucher sicher von großem Vorteil, wenn die "Zugriffszeit" kurz ist. Sie ist am kleinsten, wenn vom Lager geliefert werden kann. Besonders aber bei einem hohen Werkstoffkostenanteil an der Jahresproduktion müssen diese Fragen der Umstellung und Wartung einer solchen Fertigungsstraße bereits bei der Projektierung sorgfältig untersucht werden. In der beschriebenen

Anlage wird der größte Teil der Stäbe mit der Anlage ZIS 6o2 gefertigt und nur wenige Sonderstäbe in kleinen Stückzahlen laufen über eine Nebenfertigung, wo die Kopfstücke von Hand CO<sub>2</sub>-geschweißt werden.

#### Umrüsten der Anlage

Die Funktionssicherheit der Anlage ist nur eine Seite der Aufgabe, eine andere Voraussetzung der wirtschaftlichen Fertigung ist die technische Lösung des Umrüstens, die straffe Organisation des Umrüstens und das Training. Die Anlage ist mit 5 Programmen ausgerüstet:

- I            zwei Rohrstäbe gleicher Bauform bei doppeltem Vorschubweg, auf beiden Stationen wird einlagig geschweißt, beide Stationen sind für gleiche Rohrstäbe eingerichtet -  
/Takt werden zwei Stäbe gefertigt
- II u. III    Es wird mit Station A oder B gefahren (Ausfall einer Station)  
/Takt wird ein Stab gefertigt
- IV           verschränkte Stäbe, /Station wird 1 Kopfstück angeschweißt  
/Takt wird ein Stab gefertigt
- V             $s > 4$  mm, zweilagiges Schweißen; /Station eine Lage  
/Takt wird ein Stab gefertigt

In Verbindung mit den Losgrößen ist eine Optimierung bzw. Minimierung der Zahl der Umrüstvorgänge erforderlich, die unterschiedliche Zeiten verlangen. Es zeigt sich, daß mit dem Training in der laufenden Produktion eine beträchtliche Senkung der Umrüstzeiten gegenüber den erforderlichen Zeiten im Probebetrieb erreicht werden konnte (Tabelle 3)

Umrüsten von	$t_u$	
	alt	neu
Rohrdurchmesser auf Rohrdurchmesser'	120	23,5
Programm auf Programm' mit Dmr.auf Dmr.'	480	35,5
Kopfstück auf Kopfstück' mit Dmr. auf Dmr.'	480	135,5
Programm I auf Programm IV und umgekehrt	720	135,5
Gerader Stab auf Diagonalstab und umgekehrt	960	35,5

Tabelle 3: Rohrstabfertigung  
Zeiten für Umrüsten

Zur Festlegung des Losauflegeplanes, d.h. zur Bestimmung der Reihenfolge in der Fertigung, wurde vom ZIS die Verwendung von Lochkarten vorgeschlagen. Dazu wird für jeden Stab eine Lochkarte angefertigt, die in einem Los zu fertigenden Positionen werden aussortiert und dann die innerhalb einer Anlageneinstellung zu fertigenden Positionen in der bekannten Weise selektiert [2].

#### Bestimmung der Fertigungslosgrößen

Unter dem Fertigungslos ist die Stückzahl zu verstehen, die ohne Umstellung der Anlage so gefertigt werden soll, daß sie in Beziehung zum Jahresbedarf wirtschaftlich gefertigt werden kann. Dazu gibt es in der Literatur eine Reihe von Formeln, z.B. von Weidauer [3].

$$n_L = \frac{t_A}{a \cdot t_s}$$

$n_L$  = Losgröße (Stck)

$t_A$  = Vorbereitungs- und Abschlußzeit (min)

$t_s$  = Stückzeit (min)

$a$  = Rüstwertkoeffizient (0,095 bis 0,1)

Mit der Angabe des Rüstwertkoeffizienten wird ein Erfahrungswert angegeben, der folgende Einflußgrößen nicht ausreichend berücksichtigt:

Lohnkosten  
Materialkosten  
Rüstkosten  
Standzeiten der Werkzeuge  
Liefertermin  
Schichtzahl  
Jahresstückzahl

Die Erfassung dieser Größen ist teilweise mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden, doch wird dieser Nachteil auch mit der Formel von Markwort [4] nicht ausreichend ausgeglichen.

$$n_L = \sqrt{\frac{K_R \cdot B}{K_h \cdot f \cdot Z}}$$

$K_R$  = Rüstkosten/Serie (M)

$K_h$  = Herstellungskosten/Stck (M)

$B$  = durchschnittlicher Bedarf (Stck/Monat)

$f$  = Entnahmefaktor

$Z$  = Zinssatz für Teile im Lager (%/Monat)

Hierbei verdient der Entnahmefaktor  $f$  Beachtung, dessen Größe davon abhängig ist, wie die Teile vom Lager entnommen werden:

- $f = 1$  Entnahme der genannten Serie am letzten Tag der Lagerzeit, d.h. eine unbefristete Lagerzeit  
 $f = 0,5$  völlig gleichmäßige Entnahme vom Lager, damit ist die Lagerzeit zunächst auch nicht begrenzt (Lagerpuffer)  
 $f = 0$  Entnahme sofort nach der Fertigung, d.h. die Teile werden sofort weiterverwendet, es liegt keine eigentliche Losfertigung vor.

In der Literatur werden die Einflußgrößen teilweise ausführlich dargestellt [5], eine besonders ausführliche vergleichende Zusammenstellung liegt von Burkhard [6] vor. Es ist jedoch festzustellen, daß über 20 Formeln Vor- und Nachteile aufweisen und daß jeweils für den speziellen Fall eine brauchbare Formel ausgewählt werden muß.

Für die vorliegende Aufgabe wurde eine Formel von Sturm und Bode [7] angewendet:

$$n_L = \sqrt{\frac{2 \cdot R \cdot P}{k \cdot (L+M)}}$$

- $R$  = Rüstkosten  
 $P$  = Jahresproduktion  
 $k$  = Umlaufmittelbindung  
 $L$  = Lohn (M/Stck)  
 $M$  = Material (M/Stck)

Die Umlaufmittelbindung [5] wurde mit 0,5 angesetzt und die übrigen Faktoren weiter detailliert:

$$R = n_{AK} \cdot t_A \cdot f_K \left(1 + \frac{G}{100}\right)$$

$$R = \text{Rüstkosten}$$

$$n_{AK} = \text{Zahl der Arbeitskräfte}$$

$$t_A = \text{Vorbereitungs- und Abschlußzeit (h)}$$

$$f_K = \text{Kostenfaktor (M/h)}$$

$$G = \text{Gemeinkosten (\%)}$$

$$f_K = f_L (1 + f_Z/100)$$

$$f_L = \text{Lohnfaktor (M/h)}$$

$$f_Z = \text{Zuschlagsfaktor (\%)}$$

$$L = n_{AK} \cdot t_s \cdot f_K$$

$$L = \text{Lohn für Stückzeit (M/Stck)}$$

$$t_s = \text{Stückzeit (h)}$$

$$M = K_R \cdot l_R \cdot m_R + 2 K_K$$

M	=	Material je Stck (M/Stck)
$K_R$	=	Rohrstabkosten (M/kg)
$l_R$	=	Rohrstablänge (m/Stck)
$m_R$	=	Rohrstabmasse (kg/Stck)
$K_K$	=	Kopfstückkosten (M/Stck)

Damit ergibt sich die vollständige Schreibweise zu

$$n_L = \sqrt{\frac{2 \cdot n_{AK} \cdot t_A \cdot f_K \cdot \left(1 + \frac{G}{100}\right) \cdot P}{k(n_{AK} \cdot t_s \cdot f_K + K_R \cdot l_R \cdot m_R + 2 K_K)}}$$

Diese Formel ist zur Verarbeitung im Rechner SER 2d geeignet, jedoch ist es auch hiermit nicht sinnvoll, alle denkbaren Varianten von Stabform und -abmessung zu berechnen, sondern es genügt, sich mit einschränkenden Festlegungen einen Überblick über die Grenzwerte zu verschaffen. Sie wurden wie folgt getroffen:

1. Berechnung der Losgrößen für 18 verschiedene Rohrquerschnitte
2. durchschnittliche Stablängen  $l_R = 3,0$  m und damit eine durchschnittliche Stabmasse
3. durchschnittlicher Kopfstückpreis für alle 6 Ausführungen
4. durchschnittliche Fertigungszeit von 1 min/Stck
5. zur Darstellung gewählte Produktionsvolumen

$$\begin{aligned} P_1 &= 10\ 000 \text{ Stck/a} \\ P_2 &= 30\ 000 \text{ Stck/a} \\ P_3 &= 100\ 000 \text{ Stck/a} \end{aligned}$$

Daraus ergibt die Berechnung (Bild 5) für die einzelnen Rohrabmessungen eine Geradenschar im doppelt-logarithmischen System, die es gestattet, für die Jahresstückzahl die minimale Losgröße zu bestimmen.

#### Auswertung

Der Betrieb muß die Positionen in Stückzahlen für komplette Halle ausliefern. Dabei muß als Bedingung akzeptiert werden, daß die Gesamtstückzahl für einen Fertigungsabschnitt etwa 25000 bis 30000 Stäbe beträgt, die in etwa 3 bis 4 Wochen die Straße durchlaufen sollen. In den ersten Losauflegeplänen betragen die Stückzahlen für die einzelnen Positionen 30 bis 5000 Stck/Position. Die durchschnittliche Taktzeit beträgt 1 min/Stab und es ist ganz sicher, daß man für eine Position von 30 Stäben den Automaten nicht umrüsten kann. Die nächsten Losauflegepläne zeigten eine minimale Stückzahl von 200 Stck/Position. Bei der Projektierung lag die Schätzung der minimalen Stückzahl bei 500 Stck/Los. Mit Hilfe der beschriebenen Formel ergibt sich für eine

Position aus Rohr  $\varnothing$  76 x 5 mm bei einem Jahresbedarf von 2000 Stck/a eine minimale Losgröße von 142 Stck/Los. Sie liegt damit wesentlich unter dem geschätzten Wert. Vergleicht man deshalb

Materialkosten (Rohr + Kopfstück) + Umrüstkosten

für dieses Beispiel, so zeigt sich, daß die Kosten bei einmaligem Umrüsten gegenüber der Fertigung von 14 Teillosen nur um 0,6% geringer sind. Bei Fertigung des Jahresbedarfs in einem Los könnte diese Differenz jedoch den erforderlichen Mehraufwand bei den Lagerkosten und auch nicht die Kosten durch die Umlaufmittelbindung decken.

Die Formel ergibt damit für die vorliegenden Verhältnisse brauchbare Richtwerte für die Bestimmung der minimalen Losgröße. Sie wäre für genauere Berechnungen durch präzisere Erfassung der Einflußfaktoren zu verbessern und erhebt nicht den Anspruch auf Anwendbarkeit bei allen Schweißanlagen. Die Bestimmung wirtschaftlicher Losgrößen hat jedoch nicht nur bei der Anwendung auf ein dem Beispiel entsprechendes Erzeugnis, sondern solche Überlegungen sind z.B. im vorliegenden Fall auch für die weitere Verarbeitung von Rohrkurzlängen wichtig, die beim Zuschnitt anfallen. Auch hierfür wurden Grenzstückzahlen bestimmt, bei denen unter Berücksichtigung der Losgröße der in der Anlage laufenden Position die zusammengeschweißten Stäbe entweder in die laufende Fertigung eingespeist oder zur späteren Verarbeitung auf Lager gefertigt werden sollen [8].

#### Literaturverzeichnis

- 1 Hesse, G. u.a.  
CO<sub>2</sub>- Doppelschweißanlage ZIS 6o2  
ZIS-Mitteilungen Halle (12) Heft 11/1970, S. 1781-1790
- 2 Karow, W. u. Ziethe, H.  
Losgrößenbestimmung  
Ingenieurbeleg TH Magdeburg, ZIS-Halle 1970  
unveröffentlicht
- 3 Weidauer, R.  
Die Bestimmung wirtschaftlicher Losgrößen  
Fertigungstechnik und Betrieb, Berlin 9 (1959) Heft 5,  
S. 286-305
- 4 Markwort, H.  
Verfahren zur Abschätzung der günstigsten Seriengröße  
Werkstatt und Betrieb, München 95 (1962) Heft 4,  
S. 221-225
- 5 Müller, G.  
Technologischer Variantenvergleich  
VEB Verlag Technik, Berlin 1971
- 6 Lehmann, B.  
Methoden zur Bestimmung von wirtschaftlichen Losgrößen  
Der Maschinenbau, Berlin 20 (1971) Heft 2, S. 74-82
- 7 Sturm, M. und Bode, B.  
Wirtschaftliche Losfertigung und Umlaufmittelbedarf  
Deutsche Finanzwirtschaft 18 (1964) Heft 7,  
S. F 15 - F 18

- 8 Stojanowa, B. u. Ziethe, H.  
Untersuchungen für Rundnähte an Rohrstäben  
Ingenieurbeleg TH Magdeburg - ZIS-Halle 1970  
unveröffentlicht

## ZUSAMMENFASSUNG

Für Schweissanlagen in Fertigungsstrassen ist die Bestimmung wirtschaftlicher Losgrössen von Bedeutung. Ihre Grösse ist abhängig von der Zahl von Einzelpositionen, die zur Komplettierung eines Erzeugnisses innerhalb eines bestimmten Fertigungsabschnittes erforderlich sind. Sie beeinflussen wesentlich das Betriebsergebnis und müssen zur Berücksichtigung der Anlagenkonstruktion bereits bei der Projektierung von Anlagen ermittelt werden. Die präzisierte Formel ist für überschlägige Berechnungen mit Hilfe eines Rechners geeignet. Sie hat für das getestete Beispiel brauchbare Ergebnisse gezeigt.

## SUMMARY

For welding installations in production trains the settlement of economic lot sizes is important. Their largeness depends on the number of single positions which are necessary for completion of a product within a fixed production section. They influence essentially the working result and have to be determined already on designing the installations. The precised formula is suitable for approximate calculations by a computer. For the tested example it has given serviceable results.

## RESUME

Pour les installations de soudage dans une chaîne de production, il est important de diviser l'installation en postes de taille adéquate. Sa grandeur dépend du nombre de postes particuliers nécessaires à l'exécution d'un produit dans une étape déterminée de la fabrication. Cette séparation en postes influence considérablement le résultat du travail et doit être étudiée lors de la construction, voir même lors du projet de construction de l'installation. La formule citée est destinée à un calcul approximatif à l'aide d'un calculateur électronique. Elle a donné des résultats utilisables pour l'exemple testé.

Leere Seite  
Blank page  
Page vide