

# Überblick, Klassifizierung und internationaler Stand der Vorfabrikationstechnik

Autor(en): [s.n.]

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bauen + Wohnen = Construction + habitation = Building + home : internationale Zeitschrift**

Band (Jahr): **18 (1964)**

Heft 4: **Einfamilienhaussiedlungen = Maisons familiales en colonie = Single-family housing complexes**

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-331927>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

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

# Überblick, Klassifizierung und internationaler Stand der Vorfabrikationstechnik

## 1. Die Industrialisierung im Bauwesen

### 1.1 Der Weg zur Industrialisierung und seine Hindernisse

Das Bauen, diese uralte Technik, ist bestimmt eine der ältesten, die sich heute noch etwas von ihrem Ursprung bewahrt haben. Wir verwenden heute noch den Ziegelstein, wie dies die alten Assyrer und Ägypter getan haben, der Mörtel zum Mauerwerk wird an manchen kleinen Baustellen oft heute noch so zubereitet, wie dies an jahrtausendealten Bildern zu sehen ist.

Viele andere Industriezweige sind bereits auf dem Wege zur automatischen Produktion, und nun drängt auch das Bauwesen, den Fortschritt einzuholen.

Auch das Bauwesen hat Fortschritte gemacht: Die Handwerkstechnik wurde verlassen, es wird mit Maschinen und Kranen gearbeitet; der große Umbruch zur industriellen Produktion bahnt sich aber erst seit einem Jahrzehnt an.

Die Industrialisierung im Bauwesen ist eine natürliche Entwicklung, wie diese auch von anderen Industrien durchgemacht wurde; sie ist nur etwas verspätet, weil die zu überwindenden Hindernisse im Bauwesen größer sind.

Vor allem sind aus der jahrtausendealten Kontinuität der Bautechnik Regeln, Gewohnheiten und Gestaltungsmerkmale entstanden, welche die Form eines Gesetzes angenommen haben. Es ist leichter, etwas Neues zu schaffen, als althergebrachte Regeln grundsätzlich abzuändern.

Das Bauen ist mehr als andere Industrien an die Natur gebunden. Das Bauland mit seinen Abmessungen und topographischen Verhältnissen ist gegeben.

Das Bauwesen bedient sich etwa fünfzig anderer Industriezweige, die mit ihren Produkten und Eigenarten berücksichtigt werden müssen. Der Bau hat außerdem einen anderen Maßstab als unsere Industrieprodukte, wie zum Beispiel ein Auto.

Schließlich wünscht man von einem Bauwerk etwas mehr als reine Zweckmäßigkeit, reine Funktion. Der Bau muß nach den individuellen Wünschen gestaltet werden, um die Sehnsucht des Menschen nach dem Schönen zu befriedigen. Der Bau kann zwar altern, aber im Grunde genommen niemals veralten.

Die Entwicklung vollzieht sich deshalb im Bauwesen langsamer, sie muß aber zwangsläufig in die Richtung der Industrialisierung gehen, zumal da die Bauaufgaben mit den alten Baumethoden nicht mehr zu meistern sind; der hohe Lohnanteil steigert die Baukosten immer weiter.

### 1.2 Begriffsbildung: Vorfabrikation, Montagebauweise, Fertigteile

Das Ziel der Vorfabrikation ist die industrielle Baumethode, bei welcher in großen Serien in Massenproduktion hergestellte Elemente mit Geräten und Hebezeugen zu Bauten montiert werden. Der Zusammenbau muß rasch, ohne viel Handarbeit durchgeführt werden, die Elemente sollen nach der beendeten Montage keiner oder nur ganz geringer Nachbehandlung bedürfen.

Die vorfabrizierten Elemente werden in Deutschland Fertigteile genannt; man bringt damit zum Ausdruck, daß sie erst nach dem Erhärten verlegt und zusammengebaut werden. Die Bauweise, welche sich der Fertigteile bedient, wird deshalb eine Fertigteilbauweise oder nach der anderen charakteristischen Eigenschaft als Montagebauweise bezeichnet.

### 1.3 Ziele und Vorteile der Vorfabrikationstechnik

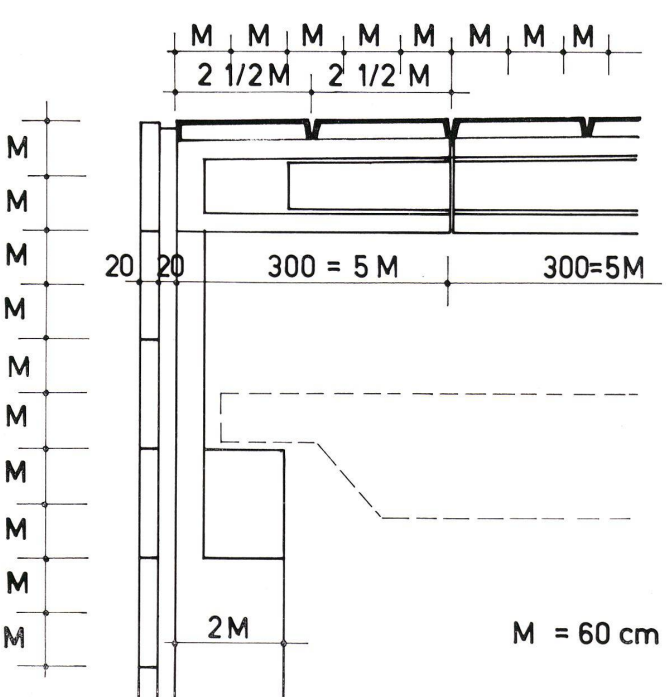
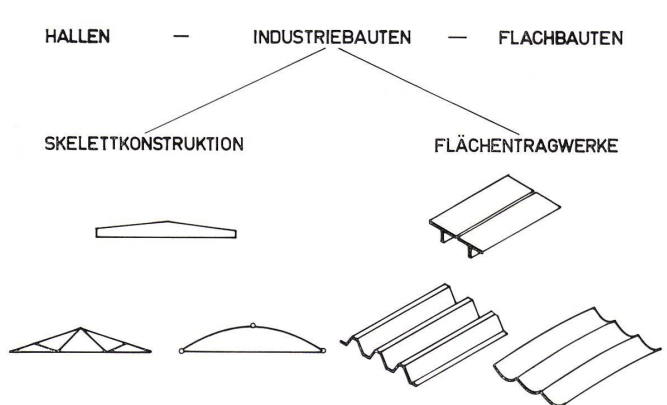
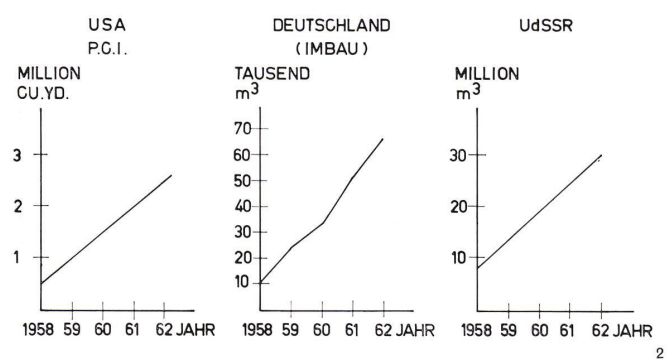
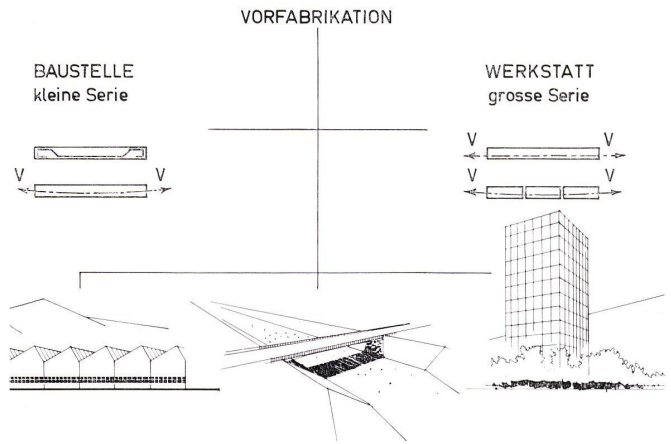
Mit vorfabrizierten Elementen wird in zwei Etappen gebaut: Herstellung in der Werkstatt und Montage auf der Baustelle. Mit der Herstellung der Elemente kann schon vor den Fundationsarbeiten begonnen werden; mit der Zeit werden viele Elemente ab Lager erhältlich; die Montage wird in kurzer Zeit ausgeführt. Dadurch kann eine ganz wesentliche Bauzeitverkürzung erreicht werden. Die serienmäßige Produktion reduziert den Arbeitsaufwand, die Werkstatt macht den größten Teil der Bauarbeiter standfest, die Produktion in gedeckten, heizbaren Räumen ist von der Witterung praktisch unabhängig. Die Reduktion des Arbeitsaufwandes variiert nach Konstruktion und Werkstatteinrichtung, es kann bis zu 60% gespart werden. In der Werkstatt sind auch die Arbeitsbedingungen besser; eine ständige Kontrolle ist eher zu verwirklichen, weshalb auch eine wesentliche Qualitätsverbesserung möglich wird. Nach all diesem liegt die Verbreitung der Vorfabrikation auch im Interesse der Volkswirtschaft.

Den vielen Vorteilen sind technische Probleme gegenübergestellt, wie Transport, Montage und Verbindung der vorgefertigten Teile. Diese Fragen sind heute im großen und ganzen gelöst.

Eine Vorfertigung hat es im Eisenbeton schon immer gegeben. Das Boot von Lambot, die Blumenkübel von Monier sind ja vorgefertigte Elemente gewesen. Vorfabrizierte Balken wurden für das Kasino von Biarritz durch die Bauunternehmung Coignet schon im Jahre 1894 verwendet.

Der Durchbruch der Vorfabrikation beginnt aber erst mit der Entwicklung der geeigneten schweren Transport- und Hebezeuge und mit der Verbreitung der Vorspannung. Die Vorspannung reduziert das Gewicht der Elemente, erhöht ihre Transportfähigkeit und ermöglicht es, durch die Vorspannkabel Einzelteile zum einheitlichen Tragwerk zu verbinden.

- 1 Klassifizierung der Vorfabrikation.
- 2 Produktionsentwicklung in Vorfabrikation.
- 3 Klassifizierung im Industriebau.
- 4 Hallenquerschnitt in Maßbordnung.



## 2. Klassifizierung und Entwicklung der Vorfabrikationstechnik

2.1 Klassifizierung nach Anwendungsgebiet, Stelle der Fertigung und Fabrikationsmethode

Die Bauelemente werden entweder auf der Baustelle oder in der Werkstatt vorgefertigt. Die Entwicklung geht eindeutig in die Richtung der Werkherstellung. Auf der Baustelle – in der fliegenden Fabrik – sind die Serien kleiner, die Elemente werden im Großformat ausgebildet, da die Transportschwierigkeiten wegfallen. Die Fabrikationsmethode ist das Betonieren an der standfesten Form, die Elemente werden normal bewehrt oder mit Spangliedern, Kabeln, vorgespannt.

Die Werksfertigung soll große Serien herstellen können, dafür sind Größe und Gewicht der Elemente durch die Transportmöglichkeiten beschränkt. Die Herstellung erfolgt entweder an standfesten Formen, im Spannbett, als dann mit Einzeldrähnen oder Litzen vorgespannt wird, die sich selbsttätig verankern, oder es wird mit bewegten Formen eine Fließbandfertigung erzielt. Neuerdings wird der Beton in der Sowjetunion zwischen bewegten Formen gewalzt.

Die Spannbetttherstellung ist noch keine echte Massenfertigung, da die Elemente während der Erhärtungszeit im Spannbett bleiben müssen. Deshalb ist diese Herstellungsart mehr für großformatige Elemente geeignet: Je größer das Element, desto kürzer ist die spezifische Umlaufzeit des Spannbettes. Eine Mechanisierung der Arbeitsvorgänge wird durch den Gleitfertiger erreicht, der das Formen, Betonieren und Verdichten des Betons in einem Arbeitsgang vereinigt.

Eine noch ungelöste Frage ist die Verknüpfung der Fließbandproduktion mit der selbsttätigen Verankerung der Vorspanndrähte. Als solche sind die Wickelverfahren zu erwähnen, welche mit Vorspanndrähten arbeiten, die auf einen Balken unter Spannung aufgewickelt werden. Sie sind in den USA als Preload-Crom, in der Sowjetunion als Michailow-Verfahren bekannt. Ihr Anwendungsgebiet ist jedoch begrenzt.

Bemerkenswert ist, daß in der freien Wirtschaft das Spannbettverfahren verbreitet ist, das weniger hohe Investitionen fordert; wo der Staat investiert, werden die Fließbandverfahren bevorzugt, die eine höhere Investitionssumme verlangen, aber rationaler arbeiten.

Die Vorfabrikation als Bauweise hat in allen Sektoren des Bauwesens ihre Berechtigung; im folgenden werden der Industriebau, der Brückenbau und der allgemeine Hochbau betrachtet. (Bild 1.)

2.2 Wachstumsraten bei der Verwendung von Fertigteilen

Daß es sich bei der Vorfabrikation tatsächlich um eine zukunftsreiche Bauweise handelt und sich in den letzten Jahren ein Umbruch anbahnt, sollen einige Zahlen beweisen. (Bild 2.)

In den USA gab es vor einigen Jahren praktisch noch keine Vorfertigung, gegenwärtig werden etwas über 2 Millionen m<sup>3</sup> im Jahr hergestellt.

Aus Deutschland stand mir die Produktionsentwicklung einer einzigen Firma zur Verfügung. Die Firma

stellt gegenwärtig etwa 600000 m<sup>2</sup> Hallenfläche im Jahr her.

Etwelche Zahlen sind auch aus der Sowjetunion angegeben; das jährliche Volumen ist etwa das zehnfache des amerikanischen. Die Tendenzen sind auch in der gelenkten Wirtschaft ähnlich, wie das Bild zeigt.

### 3. Vorfabrikation im Industriebau

Die Vorfabrikation hat zuerst in den Industriebau ihren Eingang gefunden. Die Ursachen liegen auf der Hand: große Bauobjekte, einfache Gebäudequerschnitte, weniger anspruchsvoller Ausbau. Unter Industriebauten verstehen wir in diesem Zusammenhang Hallen- und Flachbauten. Flachbauten sind durch große Flächen, mäßige lichte Höhen und geringe Kranlasten charakterisiert. (Bild 3.)

Der Bau wird nach traditioneller Art mit einer Skelettkonstruktion gebaut, oder es wird die tragende und raumschließende Funktion in Flächentragwerken vereinigt.

Nach dem Hauptträger des Skeletts sind Vollwandbinder, Fachwerke und Bogentragwerke zu unterscheiden.

Die Flächentragwerke sind Platten, Faltwerke oder Schalen.

#### 3.1 Die Voraussetzungen der Vorfabrikation

In den Vorbesprechungen wurde die Serie zu einer Bedingung der Vorfabrikation gemacht. Große Serien sind nur möglich, wenn bei dem Entwurf eine Maßordnung, eine Koordination der Maße vorhanden ist, die eine Typisierung oder Normung von Bauelementen erlaubt. Diese Maßordnung soll das Erhalten der kleinstmöglichen Anzahl verschiedener Elementtypen sowie das Auswechseln und Ersetzen einzelner Elemente ermöglichen.

Eine Maßordnung einzuführen bietet große Schwierigkeiten auch in den Staaten mit gelenktem Wirtschaftssystem. In der freien Wirtschaft kann ein größeres Industrieunternehmen, eine Werkstatt für Fertigteile oder sogar ein Architektur- oder Ingenieurbüro eine Maßordnung einführen.

Der Hallenquerschnitt im Bild 4 wurde in einer Maßordnung nach einem Modul von 60 cm entworfen. Damit war es möglich, auch für die Dach- und Wandelemente Modulvielfache als Richtmaße zu erhalten. Als weitere Voraussetzung der Vorfabrikation können wir Bauausführung-Fertigung, Transport und Montage organisieren.

Schließlich muß die Konstruktion durch die Auswertung der Wechselbeziehungen gestaltet werden, welche zwischen baulichen Gegebenheiten einerseits – wie Spannweite, lichte Höhen, Kranlasten – und den Möglichkeiten der Bauausführung andererseits bestehen – wie Fertigung, Transport und Montage. Man muß auf jeden Fall erkennen, daß die aus der Ortbetonbauweise entliehenen statischen Systeme nur selten auch als vorgefertigte Konstruktionen wirtschaftlich werden. Die Güte einer Fertigteilkonstruktion wird nicht durch ihre Annäherung an eine Ortbetonausführung bestimmt. Vielmehr hat die Vorfabrikation ihre eigenen Konstruktionssysteme, welche durch die Vorfabrikationstechnik und Montage charakterisiert werden.

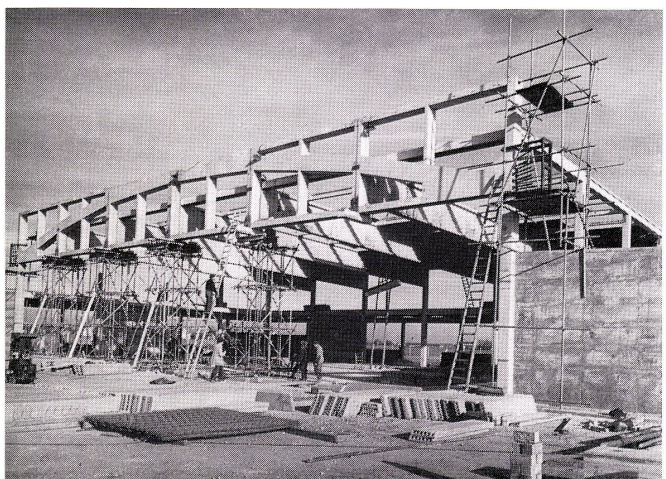
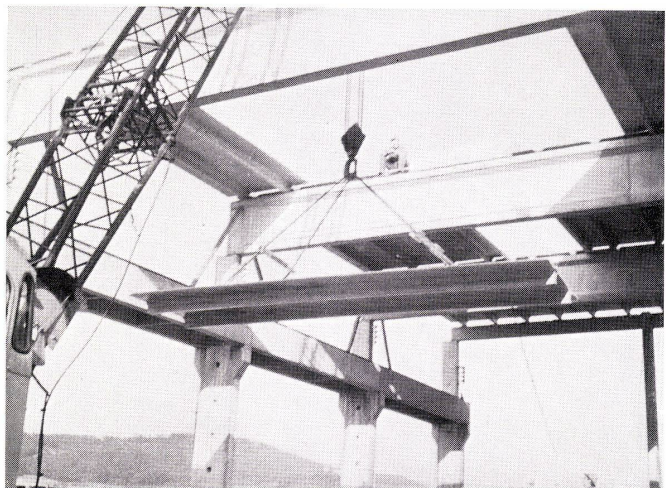
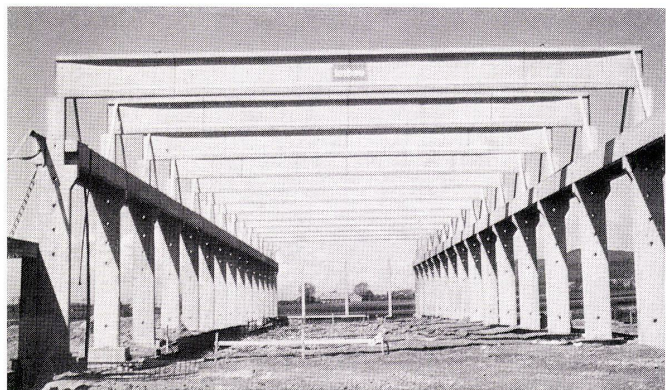
SYSTEM	l m	BINDER		STÜTZE	
		DACH ≙ 10 %	DACH ≙ 10 %	h ≙ 10	h ≙ 18
	12-30				
	20-50				
	12-30				
	20-50				
	10-16				
	12-30				
	20-40				

5 Skelettkonstruktionen im Hallenbau, Systeme.

6 Typenhalle für 20 m Spannweite.

7 Versetzen der großformatigen Dachelemente.

8 Flugzeugwartungshalle mit Vollwandbindern und aus Teilen zusammengespanntem Torträger.



### 3.2 Skelettkonstruktionen für Industriehallen (Bild 5)

Nach diesen Prinzipien ist der auf eingespannten Stützen aufliegende Vollwandbinder die typische Konstruktionsart im Hallenbau. Bis zu etwa 30 m Spannweite werden diese Binder im Spannbett vorgespannt, bei größerer Dachneigung wählt man zweckmäßig einen Fachwerkbinder. Der frei aufliegende Balken kann am einfachsten hergestellt, die steife Verbindung zwischen Stütze und Fundament und eine gelenkige Eckverbindung am schnellsten montiert werden. Die Ersparnis an Arbeitsaufwand und Bauzeit ist wesentlich größer als der geringe Mehrverbrauch an Stahl infolge mangelnder Kontinuität.

Bei größeren Spannweiten, wenn für den Transport der Binder keine Möglichkeit besteht, wird man diese aus in einer Werkstatt hergestellten Einzelteilen mit Kabeln zu einheitlichem Tragwerk zusammenspannen.

Bei größeren Hallenhöhen als etwa 18 m und bei größeren Kranlasten als etwa 30 t werden die Deformationen aus den Horizontallasten so groß, daß – meistens wegen des Kranbetriebes – eine biege feste Eckverbindung unvermeidlich wird. Man kombiniert dann für den Binder die Kabel- und Spannbettvorspannung.

Bei noch höheren Hallen wird man auch die Stützen aus Einzelteilen zusammenspannen, da im allgemeinen die schweren Hebezeuge nicht mehr als etwa 20 m Höhe erreichen. Die Montage wird dann von einem Turmdrehkran besorgt, und es müssen daher auch die Gewichte der Elemente seiner Kapazität angepaßt werden. Bei geringen Spannweiten und verhältnismäßig hohen Hallen kann ein Dreigelenkrahmen wirtschaftlich sein; wegen des erschwerten Transportes solcher Teile verlagert sich die Fertigung auf die Baustelle.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, die Rahmenteile in den Momentennullpunkt zu stoßen. Dieses unter dem Namen «Lambde» bekannt gewordene System der Firma R. E. Eagan Ltd., London, wird bei größerer Dachneigung in England sehr oft verwendet. Die Rahmenteile werden in der Werkstatt mit Normalbewehrung hergestellt und mit einfacher Bolzenverbindung zusammengebaut. Der Vorteil ist der geringe Materialverbrauch, Fabrikation und Transport scheinen dennoch etwa arbeitsaufwendig zu sein.

### 3.21 Ausführungsbeispiele für Hallenbauten

Zunächst soll eine Typenhalle der Imbau GmbH, Leverkusen, für 20 m Spannweite gezeigt werden, die in Serien hergestellt wird. Der Binderabstand beträgt 7,50 bis 10 m und wird von 2,50 m breiten Doppel-T-Dachelementen überdeckt. Binder und Dachelemente werden in Spannbett hergestellt. (Bilder 6 und 7.) Eine logische Kombination der beiden Ausführungsarten – frei aufliegende Spannbetonbinder für 23 m Spannweite und aus Abschnitten zusammengespannte Bogenbinder für etwa 38 m Spannweite – wurde von der Hochtief AG, Essen, bei der Ausführung von zehn Flugzeugwartungshallen gewählt. (Bild 8.)

Die Teile des großen Bogenbinders wurden an ein Montagegerüst versetzt und nachher mit dem firmeneigenen Verfahren zum einheitlichen

Tragwerk zusammengespannt. (Bild 9.)

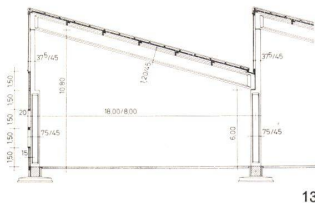
Die Konstruktion der Flugzeughalle Gatwick bei London wurde von den Ingenieuren A. I. Harris & D. J. Harris, London, gänzlich aus serienmäßig hergestellten Stäben zu einem dreiflächigen Raumfachwerk am Boden zusammengespannt und in etwa 6 m breiten Abschnitten hochgezogen. (Bild 10.)

Der etwa 42 m weit gespannte Torträger besteht ebenfalls aus vorgefertigten, mit einem frei geführten Kabel vorgespannten Dreiecksfachwerkteilen. (Bild 11.)

### 3.22 Ausführungsbeispiele von Flachbauten

Die Konstruktionssysteme von Flachbauten werden weitgehend nach dem Oberlichtsystem ausgebildet. Eine sozusagen Typenkonstruktion ist für Sheddächer der Spannbetonbinder mit den aufgesetzten Dreieckrahmen geworden. Der Rinnenträgerquerschnitt kann statt «I» auch als «V» oder «H» ausgebildet werden, andere Firmen bevorzugten Hohlquerschnitte, wenn die Leitungen einer Klimaanlage im Binder untergebracht werden sollen. Eine Shedhalle der Firma L. Rostan, Friedrichshafen, ist im Bild 12 mit Bindern von «I»-Querschnitt dargestellt.

Die Dreieckrahmen haben gewisse fabrikations- und montagetechnische Nachteile, bedingt durch die Dreieckform. Die geraden Elemente der Shedhalle im Bild 13 sind für eine Serienfertigung besser geeignet. Es ist nur eine Binder- und eine Stützenform bei der Fabrikation nötig. Der Nachteil dieses Systems ist die auf etwa 18 m begrenzte Spannweite; bei größeren Spannweiten ist die Gleichmäßigkeit der Belichtungsstärke zu sehr gestört. Interessante Möglichkeiten ergeben sich bei der Verwendung von Fachwerkbindern, welche dann eine doppelte Funktion – Tragwerk und Fensterfläche – versehen. Das Ständerfachwerk ist dabei günstiger, da die Diagonalen nur aus Rundstahl bestehen können, die so nur wenig Schatten werfen. Die große Konstruktionshöhe begünstigt den Materialbedarf, erschwert aber die Fabrikation, bei welcher der Untergurt im Spannbett vorgespannt wird. Das Versetzen des großen Binders in einem Arbeitsgang erlaubt eine rasche Montage. Die Shedhalle mit Ständerfachwerken wurde von dem Spannbetonwerk L. Rostan, Friedrichshafen, konstruiert.



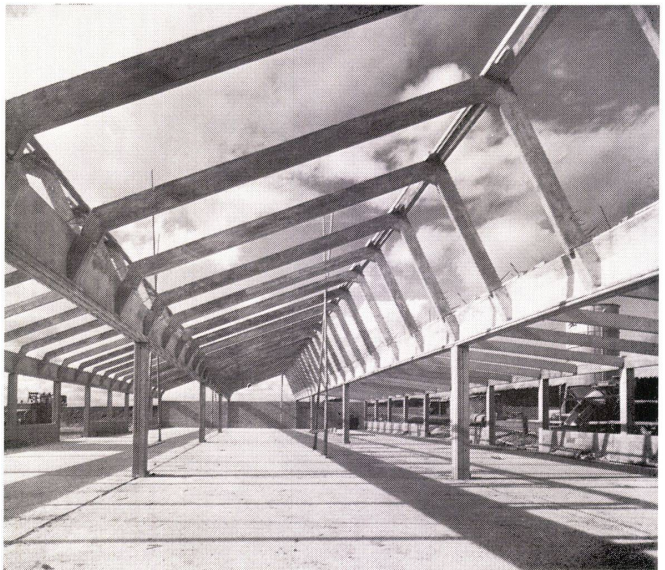
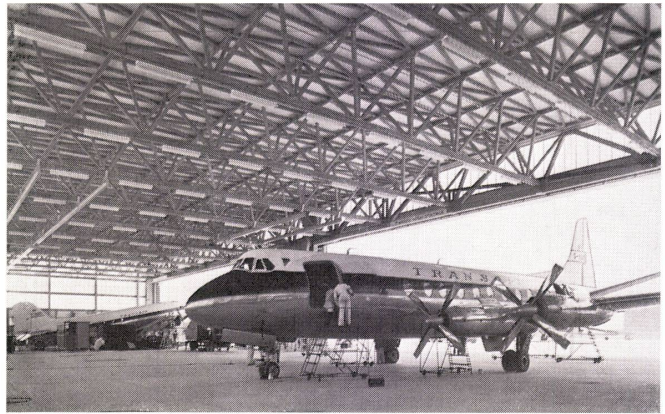
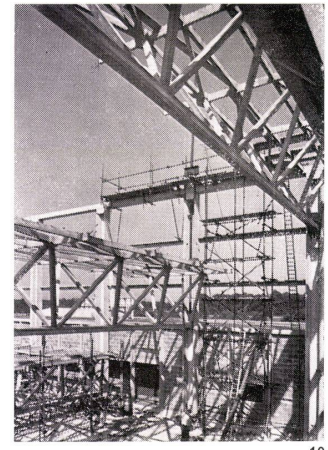
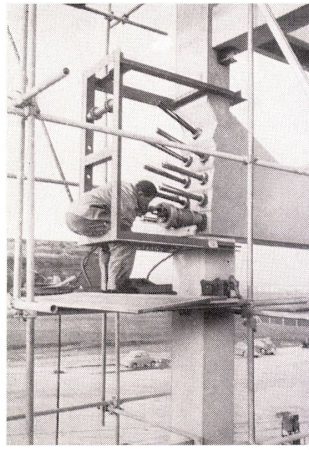
9 Zusammenspannen der Bogenteile.

10 Heben von dreiflächigen Raumfachwerken der Flugzeughalle Gatwick bei London.

11 Die fertiggestellte Flugzeughalle mit Torträger.

12 Shedhalle mit Spannbetonbindern und Dreieckrahmen.

13 Shedhallen aus geraden Elementen für Serienfertigung.



14 Großformatige Dachelemente.

DACHELEMENT	l m	b m	h cm	d cm	GEWICHT kg/m <sup>2</sup>	FABR.
	5 bis 12	1,5 bis 3,0	25 bis 45	2,5 bis 3,0	140 bis 190	RÜTTEL- TISCH
	5 bis 12	0,6 bis 1,2	20 bis 35	4,0 bis 5,0	155 bis 275	SPANN- BETT
	9 bis 30	1,2 bis 1,5	30 bis 65	4,0 bis 5,0	220 bis 350	SPANN- BETT
	9 bis 36	1,4 bis 2,2	30 bis 90	4,0 bis 7,5	200 bis 320	SPANN- BETT

### 3.23 Das Dach zu den Skelettkonstruktionen

wird immer mehr an Stelle von Pfetten und Dachplatten – die von der Stahl- und Holzkonstruktion auf Stahlbeton übertragen wurden – dem Wesen des Betons mehr entsprechenden großformatigen Dachelementen gebildet, die einen ganzen Binderabstand überspannen. Durch die Großformatplatten läßt sich die Anzahl der Elemente wesentlich reduzieren, weshalb sich Herstellungs- und Montagezeit ebenfalls verkürzen.

Platte und Steg werden in einem Teil gegossen, die Druckplatte wird statisch mitwirkend betrachtet; dies bringt auch Einsparung im Materialbedarf.

Die an sich üblichen Windverstrebenungen des Daches können entfallen, da ohne teure Zusatzmaßnahmen eine starre Scheibe durchgebildet werden kann.

Die üblichen Dimensionen der meistgebrauchten Dachelemente sind im Bild 14 aufgeführt. Bezüglich Wirtschaftlichkeit gibt es keine nennenswerten Unterschiede. Vermerkt soll sein, daß die Kassettenplatte wegen der sehr dünnen Spiegeldicke die leichteste Dachtafel ist. Sie kann an Rütteltischen im Fließbandverfahren gefertigt werden, bis zu 20 Stück je Stunde.

Je breiter die Elemente ausgeführt werden können – die Grenze liegt für den Straßentransport bei etwa 2,50 m – und je weiter sie gespannt sind, desto geringer wird der spezifische Arbeitsaufwand.

Die längsten Dachelemente waren wahrscheinlich Lin-«T»-Platten, die bei einem Aufnahmegebäude des Flugplatzes in Phoenix, USA, ausgeführt wurden. Sie sind etwa 47 m lang bei rund 27 m Stützweite und beidseitiger 10 m langer Auskrantung. Diese Elemente bilden einen Übergang zwischen Binder und Flächentragwerken, sie sind ja eigentlich Plattenbalken. (Bild 15.)

### 3.31 Flächentragwerke im Hallenbau

Dem wesentlichen Merkmal des Baustoffes Stahlbeton, der Eigenschaft, zwei Funktionen, tragende und raumschließende, gleichzeitig versehen zu können, entsprechen die Flächentragwerke. Der U. S. Science Pavillon an der Weltmesse in Seattle besteht nur aus zwei Elementtypen: aus tragenden, etwa 16 m langen vorgespannten Wandtafeln, welche die 34 m weit gespannten «I»-Elemente tragen. Architekt Minoru Yamasaki, Detroit.

Das Dach des Hauptsitzes des American Concrete Institute in Detroit besteht aus 1,30 m breiten, etwa 7,50 m langen, 6 m weit auskragenden Faltenwerken, eine Konstruktion des Ingenieurbüros Ammann & Whitney, New York, Architekt ebenfalls Minoru Yamasaki, Detroit.

Kurze Tonnenschalen bilden die Dachkonstruktion einer Werkhalle in Budapest, die sich auf tragende Wand- und Fenstertafeln abstützen. Die Schalenelemente sind 2,50 m breit, die Stützweite betrug etwas mehr als 20 m.

Große Schalenkonstruktionen wurden auch aus Teilen zusammengesetzt, die serienmäßig hergestellt wurden. Solche Bauten sind vor allem in Polen und in der Sowjetunion ausgeführt worden, die größte Spannweite wurde bei einer Fertigteilfabrik in Leningrad erreicht, die

als elliptische Paraboloidschale 100 Meter überspannt.

3.32 Flächentragwerke eignen sich auch vorzüglich zu Flachbauten, wo Oberlichter anzuordnen sind. Die Zylinderschale als Shedschale gehört auch in der Ortbetonbauweise zu den beliebten Konstruktionsarten. In Deutschland wurden solche Schalenbauten mehrfach vorgefertigt. Ein ähnliches System ist auch mit Faltenwerken zu verwirklichen, wie die Industriehalle in Rott am Inn zeigt. Die Faltenwerke sind 16 m weit gespannt und wurden von der Hochtief AG, Essen, mit einer Wandstärke von 8 cm konstruiert. Die architektonische Gestaltung mit diesen Faltenelementen ist auch sehr befriedigend.

Shedhallen werden oft auch mit hyperbolischen Paraboloidschalen ausgeführt, welche zu den Shedfern parallel gespannt sind. Diese Schalen sind Ausschnitte aus Rotationshyperboloiden. (Bild 16.) Deshalb besitzen sie zwei sich kreuzende Scharen von Geraden, womit eine Spannbettstellung möglich wird. Die Querbiegemomente der HP-Schalen betragen nur etwa die Hälfte der entsprechend ausgebildeten Zylinderschale. (Bild 17.)

## 4. Vorfabrizierte Brücken

### 4.1 Konstruktionssysteme

Im Brückenbau sind die Verhältnisse gewissermaßen dem Industriebau ähnlich. Die Brücken haben aber große Lasten zu tragen und sind mehr von örtlichen Gegebenheiten abhängig. (Bild 18.)

Die zwei großen Gruppen sind die Platten- oder Plattenbalkenbrücken und die Balkenbrücken, wenn man zunächst von den für eine Serienherstellung weniger geeigneten Bogen- oder Bogenbalkenbrücken absieht. Die Prinzipien der konstruktiven Gestaltung bleiben gleich. Das statische System ist der frei aufliegende Balken, solange eine Spannbettstellung möglich ist.

Die Querschnittausbildung der im Spannbett vorgespannten Platten ähnelt dem Industriebau. Hohlplatten und «U»-Platten werden bis etwa 15 m Stützweite, bis etwa 20 m Doppel-«T»- oder Lin-«T»-Platten verwendet. Diese Konstruktionen werden ohne Ortbeton ausgeführt, was den Arbeitsaufwand vermindert.

Die Balkenbrücken sind entweder dicht nebeneinander gelegte «I»-Balken, oder sie werden mit einer am Ort betonierten Fahrbahnplatte zu einer Verbundkonstruktion, bei welcher durch Bewehrungszulagen über dem Auflager auch eine Durchlaufwirkung in die Rechnung gestellt werden kann.

Sehr wirtschaftlich haben sich Hohlkastenquerschnitte im amerikanischen Brückenbau erwiesen; es wird nur die Fuge mit Ortbeton ausgefüllt.

15

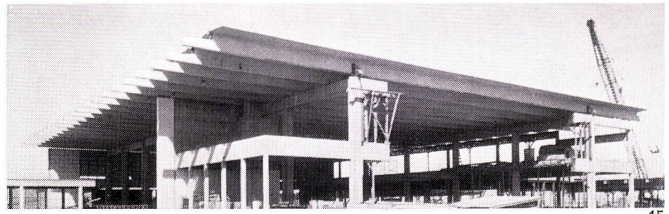
47 m lange Lin-«T»-Elemente für Flugplatzgebäude in Phoenix, USA.

16 Hyperbolische Paraboloidschalen für Shedhalle.

17 Fertigung der Schalen im Spannbett.

18 Konstruktionssysteme vorgefabrizierter Brücken.

19 Wechselbeziehungen bei Skelettkonstruktionen von Hochbauten.



15



16



17

BRÜCKENBAU		
PLATTEN - BALKEN	BALKEN	
WERKSTATT SPANNBETT	WERKSTATT SPANNBETT	BAUSTELLE KABELVORSpannung

18

SYSTEM	l <sub>1</sub>	l <sub>2</sub>	h	HEBEZEUG	MONTAGE	VERBINDUNG
	m	m	m	AUTOKRAN	VERTIKAL	GELENKIG
	5 bis 7,5	7,5 bis 15	< 18	PORTALKRAN	ABSTANDSWEISE	BIEGESTEIF ORTBETON
	5 bis 7,5	4 bis 6	12 bis 25	AUTOKRAN	HORIZONTAL	GELENKIG
				TURMDREHKRAN	GESCHOSSWEISE	SCHRAUBENSCHWEISSEN
	5 bis 7,5		15 bis 35	TURMDREHKRAN	HORIZONTAL	BIEGESTEIF ORTBETON

19

Über etwa 32 m Spannweite wird man das Tragwerk wegen Transport-schwierigkeiten in Einzelteile zerlegen und die Elemente mit Spann-gliedern zum Tragwerk zusammen-spannen. Die Größe und damit das Gewicht dieser Einzelteile variiert nach der Montagemöglichkeit.

#### 4.2 Ausführungsbeispiele

Die 660 m lange Brücke in Kalifornien wurde mit «b»-Trägern gebaut, die bei 24 m Stützweite mit der am Ort betonierten Fahrbahnplatte als Verbundkonstruktion wirken. Konstruktion Ben C. Gerwick, San Francisco. Die Balken sind auch im Endzustand Einfeldbalken. Die Fertigteile für den Brückenbau machen in den USA rund 40% des Gesamtvolumens aus.

Oft lohnt sich auch eine Baustellenherstellung längerer Brückenträger, die dann mit Kabeln vorgespannt sind. Die Montage muß dann mit viel Geschick durchgeführt werden, wenn ein Gerüst vermieden werden soll.

### 5. Allgemeiner Hochbau

Anderen Problemen stehen wir im allgemeinen Hochbau gegenüber. Die Serie ist bei Bauten von regelmäßigem Grundriß von vornherein gegeben. Auch das Gewicht der Elemente ist bei den üblichen Spannweiten nur so groß oder kann so gewählt werden, daß die auch sonst benutzten Hebezeuge – wie der Auto- oder der Turmdrehkran – die Elemente versetzen können. Die Probleme liegen vielmehr auf dem Gebiete der Verbindungen, weil diese in viel größerer Zahl als bei Hallenbauten auftreten, in einem Knoten oft mehr Elemente zu verbinden und beträchtliche Kräfte zu übertragen sind.

#### 5.1 Wechselbeziehungen bei der Wahl des Tragsystems

Der Aufbau des Tragsystems, die Montageweise und die Ausbildung der Verbindungen stehen da noch ausgeprägter in Wechselbeziehung. (Bild 19.)

Bis zu einer Gebäudehöhe von etwa 18 m müssen die Stützen nicht gestoßen werden, weil die Kapazität des Autokrans noch ausreicht, sie in einem Teil aufzustellen. Die Montage wird vertikal durchgeführt, da der Autokran im allgemeinen zwischen zwei Binderabständen zu wenig Platz hat; es wird daher der Bau über die ganze Gebäudehöhe fertig montiert. Der Kran bewegt sich rückwärts und versetzt die Elemente vor sich. Die Verbindungen sind gelenkig, wenn steife Querscheiben – möglicherweise das Treppenhaus – zur Aussteifung herangezogen werden können, sonst wird man biege-feste Verbindungen mit Vorspannung und Ortbeton ausführen.

Die Skelettkonstruktion wird aus Rahmenteilern aufgebaut, wenn keine Querscheiben vorhanden sind oder wenn eine Turmdrehkranmontage vorgesehen wird. Bei größeren Elementgewichten wird die Montage vertikal durchgeführt, damit die Ausladung des Turmdrehkrans nicht zu groß und seine Tragfähigkeit nicht stark abgemindert wird. Dann müssen auch die Verbindungen wegen der erforderlichen Stabilität während der Bauzeit sofort tragfähig sein; sie werden durch Schweißen oder Schrauben ausgeführt. Bei hohen Bauobjekten kommt nur der Turm-

drehkran als Montagegerät in Frage. Aus Stabilitätsgründen sind biege-feste Verbindungen zu entwerfen. Das Gewicht der Elemente muß der Kapazität des Turmdrehkrans angepaßt werden. Wegen des abgeminderten Gewichtes wird eine gesonderte Herstellung der Stützen und Unterzüge nötig. Die biege-festen Verbindungen können mit Ortbeton am besten ausgeführt werden; dies bedingt wiederum eine horizontale Montage, das heißt, man wird alle Elemente eines ganzen Geschosses aufstellen, damit für die Erhärtung des Ortbetons noch etwas Zeit zur Verfügung steht, weil die Verbindungen bei der Montage des nächsten Geschosses schon tragfähig sein müssen.

Selbstverständlich sind eine Reihe anderer Kombinationsmöglichkeiten auch vorhanden, vor allem bei dem Aufbau des Tragsystems mit Flächen-tragwerken.

#### 5.2 Ausführungsbeispiele

Die Universitätsgarage in Kalifornien wurde als zweigeschossiger Bau mit durchgehenden Stützen und Lin-«T»-Unterzügen als steifer Rahmen ausgebildet. Die biege-feste Nietverbindung ist durch Schweißen und Ortbeton ausgeführt, die Stützweite betrug 19 m. (Bild 20.)

Übereinandergestellte Zweigelenkrahmen in Verbindung mit einhüftigen Rahmen bilden die Skelettkonstruktion des 20 m hohen Einkaufszentrums für die Stadt London, ausgeführt von R. E. Eagan Ltd. Die Stützen sind mit Stahlprofilen gestoßen, die Verbindung der Rahmen erfolgte in den Momentennullpunkten. Alle Verbindungen sind sofort tragfähig. (Bilder 21 und 22.)

Bauten der Luftwaffenschule in Neubiberg bei München wurden von der Wayß & Freytag AG mit großformatigen Deckenelementen konstruiert, die ohne Zwischenschaltung von Unterzügen direkt auf den Stützen aufliegen. Ein Deckenelement ist 3 x 11 m groß; es wurde in einer fliegenden Fabrik – das heißt auf der Baustelle – hergestellt und mit einem Portalkran versetzt, der das ganze Gebäude überspannt.

#### 5.3 Wandtafeln und architektonische Gestaltung

Ein entscheidender Schritt auf dem Wege zur Industrialisierung im Bauwesen ist das Ersetzen des Backsteins durch die großformatige Wandtafel, die im Hallenbau zwischen Stütze und Stütze einen ganzen Binderabstand überspannt oder als Vertikaltafel vom Fundament bis zum Dach reicht. Die Wandtafel wird als vorgespannte Außenhaut errichtet, oder man verwendet die von zahlreichen Fabriken hergestellten Leichtbetonplatten, wie Leca, Siporex, Durisol und andere. (Bild 24.)

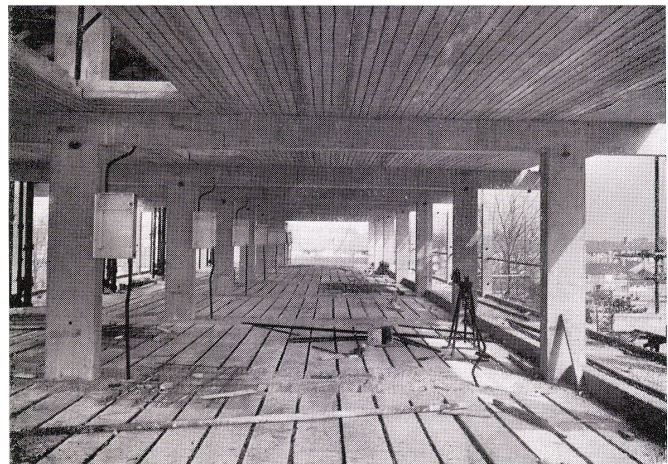
Man kann die Fassade auch dann mit Betonelementen gestalten, wenn der Bau sonst mit Stahlkonstruktion gebaut wird, wie das niederländische Kraftwerk mit 2x9 m großen Tafeln in der Ausführung von Schochbeton, Kampen.

Die freie Formbarkeit des Betons wird von den Architekten immer mehr geschätzt, wie dies auch der Bau der Vachovia-Bank, ein Bau der Architekten Harrison & Abramovitz zeigt. Eine gute architektonische Wirkung kann dem Gebäude nicht abgesprochen werden.

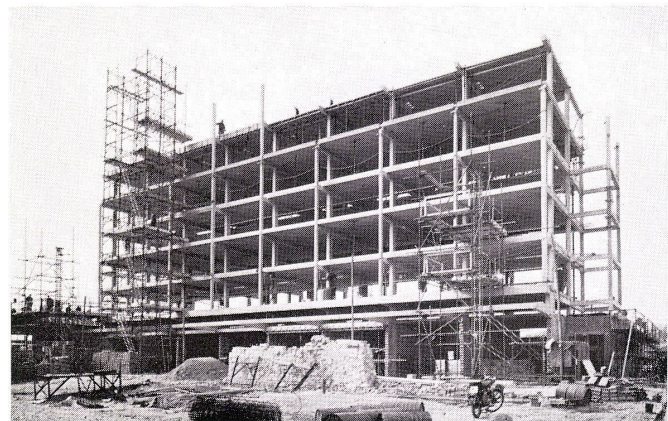
Plastik mit Farbe wirkt an der eben-



20



21



22

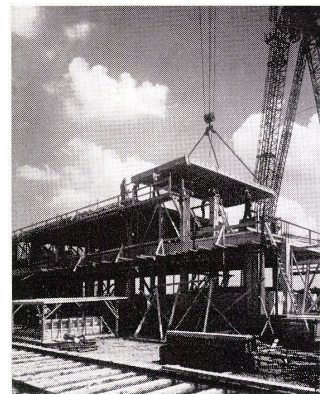
20 Zweigeschossige Universitätsgarage in Berkeley, Kalifornien, mit Lin-«T»-Elementen.

21 Einkaufszentrum in London mit übereinandergestellten Zweigelenkrähmen.

22 Montierte Skelettkonstruktion.

23 Großformatige Deckentafel der Luftwaffenschule in Neubiberg bei München.

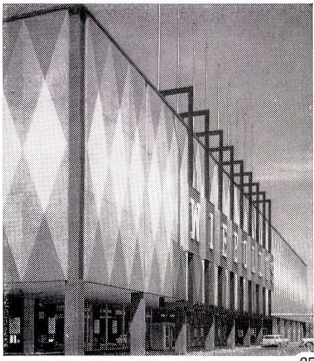
24 Wandtafeln im Hallenbau, zwischen Stützen gespannt.



23



24



25

falls mit Fertigteilen gestalteten Fassade eines Warenhauses der Architekten Barancik, Conti & Associates in Chicago. (Bild 25.) Die zahlreichen Möglichkeiten einer Sichtflächenstruktur geben auch neue Gestaltungsformen in die Hand des Architekten.

#### 5.4 Der Wohnungsbau

allein würde mit seinen zahlreichen Problemen eine längere Betrachtung verdienen. Die Industrialisierung ist vielleicht in keinem anderen Sektor des Bauwesens eine so dringende Notwendigkeit wie gerade im Wohnungsbau. Die Probleme treten in ihrer vollen Komplexität heran, denn den unregelmäßigen Grundriß und die konstruktive Gestaltung mit guter architektonischer Wirkung und Serienfertigung in Einklang zu bringen ist die Frage.

Das Tragsystem scheint mit den tragenden Wänden gegeben zu sein. Die einzelnen Wohnbausysteme unterscheiden sich vor allem dadurch, inwieweit die Vorfabrikation geht, ob Fenster, Türen und Installationen schon bei der Herstellung in die Elemente eingebaut werden. Auch da ist es gültig, daß das Großformat das wirtschaftlichste ist. Die Grenze liegt dort, wo noch eine serienmäßige Fertigung möglich ist; dies ist gewiß die zimmergroße Tafel. Eine solche Aufteilung ist auch bezüglich der Fugenausbildung vorteilhaft; im Zimmer selbst sind keine Fugen vorhanden. Ein solches Verfahren ist zum Beispiel die Methode Coignet aus Frankreich. (Bild 26.) Die Wandelemente werden nach einem sehr weit industrialisierten Verfahren hergestellt, Fenster und Türen schon bei der Fabrikation eingebaut. (Bild 27.)

Die Deckenelemente werden schon in der Fabrik mit Belägen versehen. (Bild 28.)

Die Fugen des Zusammenbaues sind an der Fassade klar zu erkennen. Um einen Begriff über die Leistungsfähigkeit des Verfahrens



29

zu geben, soll vermerkt werden, daß die Firma 50 Wohnungen in 12 Tagen montiert hat.

Das Estiot-Hochtieferfahren benützt Stahllehren aus Winkelstahlprofilen für die Montage, womit die Arbeit des Justierens größtenteils entfällt. (Bild 29.)

Einen fertigen Bau nach diesem System zeigt noch Bild 30. Es sind noch zahlreiche andere Systeme im Wohnungsbau, die mehr oder weniger gleichwertig sind, wie Camus aus Frankreich, Larssen und Nielsen aus Dänemark, Rottinghuis und BMB aus den Niederlanden, Allbetong aus Schweden, um nur die bekanntesten zu erwähnen.

In der Sowjetunion sind Bestrebungen im Gange, ganze Einheiten zu montieren, das Haus von oben nach unten aufzustellen und andere. Bei aller Ausgefallenheit sind auch in diesen Gedanken einige gute Ideen enthalten, aus welchen mit der Zeit sich einige herauskristallisieren werden.

#### 6. Zusammenfassung, Ausblick

Es wurde versucht, in sehr knapper Form über den Stand der Vorfabrikation einen möglichst systematischen Überblick zu geben und dabei auch zu beweisen, daß die Vorfabrikation auf allen Gebieten des Bauwesens ihre Berechtigung und ihre Zukunft hat. Sie ist eine hohe Stufe einer industriellen Entwicklung.

Diese Entwicklung geht in die Richtung weniger arbeitsaufwendiger Methoden, wie der Fließbandproduktion, die einst die Spannbettherstellung ablösen wird, sobald einige technische Probleme gelöst und sich höhere Investitionen wegen ansteigender Löhne lohnen werden.

Man erkennt immer mehr, daß die flächenartige Tragwirkung eine Gegebenheit ist, die man in konstruktiver und ästhetischer Hinsicht sehr gut auswerten kann und die auch fertigungstechnische Vorteile bietet. Das Großformat ist – besonders bei Spannbettherstellung – wirtschaftlicher, weil der spezifische Arbeitsaufwand verringert wird.

Der Ingenieur steht vor einer neuen Aufgabe. Er muß nicht nur das statische System richtig erfassen und berechnen, er muß auch die Wechselbeziehungen zwischen Konstruktion, Fabrikation und Montage richtig erkennen, damit er die großen Möglichkeiten der Vorfabrikation auch tatsächlich ausschöpfen kann. Auch für den Architekten soll die schwierige Aufgabe ihren besonderen Reiz haben, mit der erforderlichen Disziplin neue Formen, neue Gestaltungsmöglichkeiten zu entdecken.

Vorstehende Ausführungen entsprechen einem an der ETH gehaltenen Vortrag. Es sei auch auf das im Bauverlag, Wiesbaden-Berlin, erschienene Handbuch der Fertigteilbauweise des gleichen Verfassers verwiesen.

25

Warenhaus mit Betonwandtafeln in Chicago.

26

Wohnbau während der Montage, System Coignet.

27

Fertigung einer Wandtafel.

28

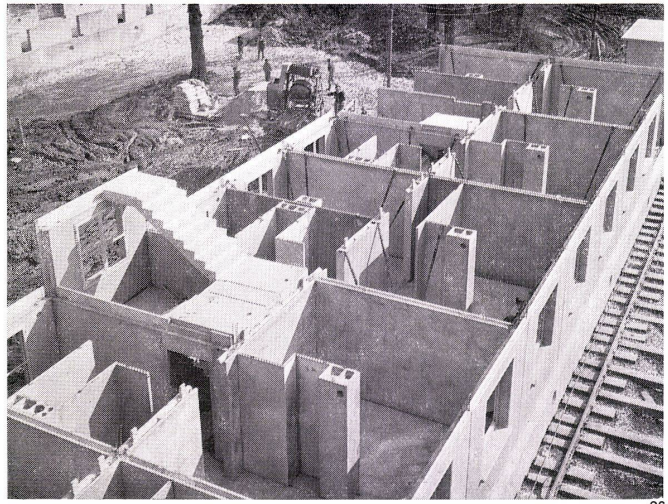
Deckenelement mit aufgetragenem Belag.

29

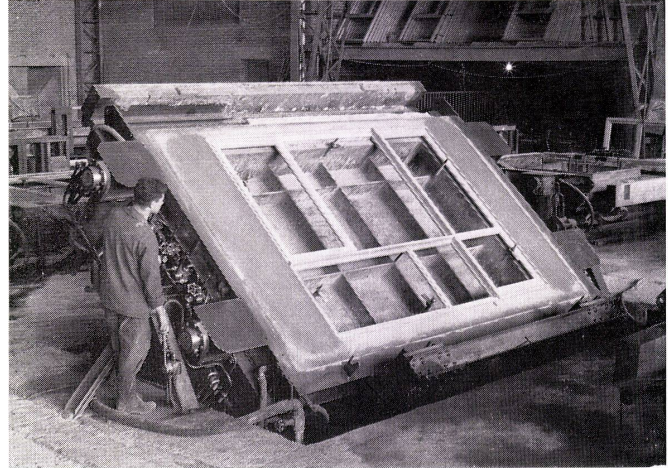
Versetzen von Wandtafeln bei Justieren mittels Stahllehren, System Estiot-Hochtiefer.

30

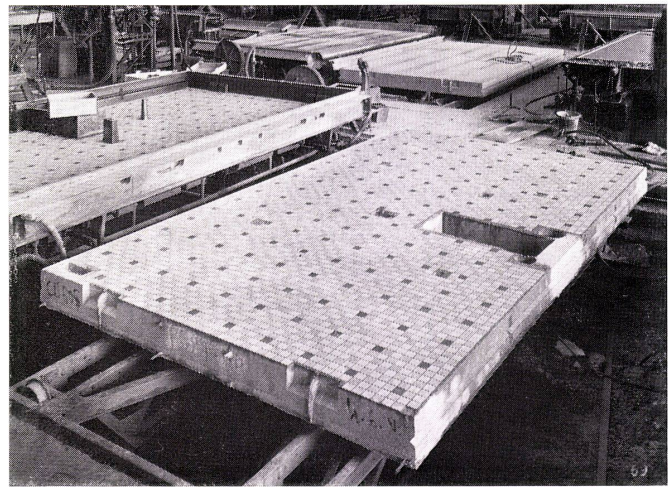
Fertiggestellter Bau.



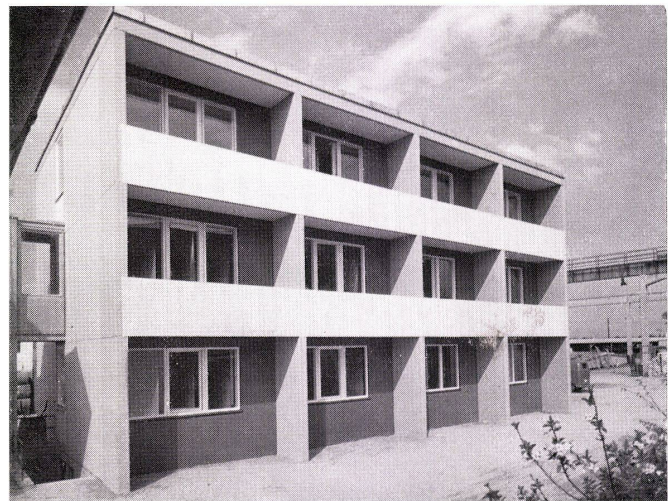
26



27



28



30