

Industrialisierung im Wohnungsbau durch Grosstafelbauweise

Autor(en): **Baeggli, W.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **92 (1974)**

Heft 10

PDF erstellt am: **08.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-72276>

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.

Von W. Baeggli¹⁾, Bern

Die Begriffe «Industrialisierung» und «Wohnen» lassen sich nicht ohne weiteres auf einen Nenner bringen. Dies um so mehr, als das Wohnen einem ständigen Wandel unterworfen ist. Um den Menschen jedoch in Zukunft genügend Wohnraum zu erschwinglichen Preisen zur Verfügung zu stellen, genügen die herkömmlichen Baumethoden nicht mehr.

Sowohl bei den traditionellen Bauverfahren als auch in der Vorfabrikation wurden seit 1960 auch in der Schweiz beachtliche Anstrengungen unternommen, den Wohnungsbau zu rationalisieren und zu industrialisieren. Damit haben sich aber auch für den Architekten und Planer neue Aufgaben eröffnet, z. B. das Planen mit einsatzfähigen offenen und geschlossenen Systemen unter Beachtung der Bedürfnisse der künftigen Bewohner. Dies nicht nur beschränkt auf die einzelne Wohneinheit, sondern auch im erweiterten Sinne einer planerischen Raumordnung.

Die Grosstafelbauweise ist heute bekannt und hat auch in der Schweiz ihre Bewährungsprobe bestanden (Bild 1).

1. Grundbegriffe und Definitionen

Bei offenen Systemen, auch Katalogsysteme genannt, werden einzelne, systemungebundene Bauteile zu einem Ganzen zusammengefügt. Neben dem Vorteil der grösseren Freiheit in Gestaltung und Materialwahl müssen verschiedene Unternehmer und Arbeitsgattungen so koordiniert werden, dass sie letztlich die ihnen gestellten Aufgaben erfüllen können. Ein grosser Teil des Ausbaus wird an Ort und Stelle vorgenommen.

Die geschlossenen Systeme sind fertige Systeme mit einem möglichst grossen Innenausbaugrad. Sie haben ihre spezifischen Verbindungen und Detailausbildungen. Es sind eigentliche Modellsysteme.

Die industrielle Grosstafelbauweise verwendet nach Möglichkeit nur raumgrosse Wand- und Deckenplatten. Dadurch werden Fugen innerhalb der einzelnen Wände und Decken – und damit innerhalb des Raumes – meistens vermieden. Das System ist selbsttragend. Die einzelnen Elemente üben gleichzeitig eine raumbegrenzende, tragende und oft als Aussenwand auch eine isolierende Funktion aus. Die Elemente werden normalerweise in der Fabrikation mit sämtlichen Installationen ausgerüstet (Sanitär, Elektrisch usw.). Decken- und Wandplatten sind üblicherweise als Vollplatten ausgebildet und beidseitig schalungsglatt (tapeten- und streichfertig).

Die industrielle Grosstafelbauweise, wie sie in der Schweiz von verschiedenen Firmen angeboten wird, zeigt die Charakteristiken geschlossener Bausysteme. Dabei darf behauptet werden, dass die Systeme, obschon grundsätzlich geschlossen, weitgehend den individuellen Wünschen und den Marktbedingungen angepasst werden können. Baukastensysteme in Grosstafelbauweise haben sich bis heute in der Schweiz aus verständlichen Gründen nicht in grösserem Rahmen durchgesetzt.

2. Gliederung der Grosstafelbauweise

2.1 Gliederung nach statisch-konstruktiven und bauphysikalischen Gesichtspunkten

Es werden drei Tragsysteme unterschieden:

- Querschottenbauweise mit nichttragenden Längsfassaden
- allseitig tragende Quer- und Längswände (Allwandssystem)
- tragende Längs- und Fassadenwände

¹⁾ Kurzreferat gehalten an der Tagung des Basler Ingenieur- und Architekten-Vereins über die Möglichkeiten der Industrialisierung im Massivbau vom 29./30. März 1973 in Basel.

Verbindungen und Fugen können auf dem Prinzip des Vergiessens mit oder ohne Anschlusseisen, des Verschraubens oder Verschweissens erfolgen, wobei auch beliebige Kombinationen möglich sind. Die Aussenwandfugen werden heute normalerweise als belüftete Fugen ausgebildet, bei Vertikalfugen mit Regensperre, Druckausgleichsraum und Windsperre, bei Horizontalfugen in der Regel mit Schwelle und Windsperre. Die Entwicklung auf diesem Gebiete ist sicher nicht abgeschlossen.

Die bei der Grosstafelbauweise angreifenden Horizontalkräfte müssen geschossweise über die Deckenscheiben auf die Wandscheiben verteilt und in den Baugrund abgeleitet werden. Die Scheibenwirkung der Decken und Wände ist erforderlich, um die Wind- bzw. Erdbebenwirkung aufzunehmen. Sie muss garantiert sein. Bei Decken wird sie durch umlaufende Ringanker oder Verschweissung erzielt.

Die vertikalen Wandfugen sind zur Übertragung der Schubkräfte und schrägen Hauptdruckkräfte zu verzahnen. Wind- bzw. Erdbebenkräfte erfordern bei höheren Gebäuden Zuganker, welche verschieden ausgebildet werden können: geschraubt, geschweisst und vorgespannt.

Neben der Gebäudestabilität ist auch darauf zu achten, dass durch einen örtlichen Bruchzustand keine Kettenreaktionen entstehen können (Kartenhauseffekt). Der teilweise Einsturz des 22geschossigen Hochhauses in London durch eine Gasexplosion im Mai 1968 ist auf eine fehlende Verbindung der Aussenwandplatten mit den Deckenplatten an Kopf und Fuss zurückzuführen.

Ein weiterer, immer wieder zu Diskussionen Anlass gebender Punkt ist die Toleranzfrage. Die Massabweichungen hängen ab:

- von der Schalung (Konstruktion der Schalung, Verformung der Schalung infolge Vibration und Betonierdruck, Art des Ein- und Ausschalens, Behandlung der Schalung)
- von der Verformung der Elemente infolge Temperatur, Schwinden und Kriechen
- vom Einmessen und von der Montage der Elemente.

Toleranzen in Anschlusspunkten mit andern Arbeitsgattungen bedingen vor Auftragserteilung eine genaue Absprache und Festlegung mit allen Beteiligten.

Es ist ein Verdienst der Grosstafelbauweise, dass bei der Ausbildung der Aussenwandtafel die bauphysikalischen Anforderungen erstmals programmiert und konstruktiv verwirk-

Bild 1. In Grosstafelbauweise vorgefertigte Wohnüberbauung Kleefeld-Ost in Bern



licht wurden. Das bauphysikalische Verhalten der Sandwichplatten (Aussenwandtafel, Isolation, Innenwandtafel) wurde an der EMPA unter anderem auf folgende Charakteristiken geprüft:

- ausfallende Kondensatmenge
- Lage des Kondensates
- zugehöriges Temperaturgefälle im Element
- Einfluss des Kondensates auf die Wärmeleitzahl

Die Auswertung der Versuche hat gezeigt, dass die Sandwichplatte sich ausgesprochen gut für den Wohnungsbau eignet; dies unter der Voraussetzung, dass die Wärmedämmung (Polystyrol-Hartschaumplatte) mindestens 4 cm stark ist und ein mittleres Raumgewicht von mindestens 20 kg/m³ aufweist. Die während der Heizperiode in der Wärmedämmung anfallende Diffusionsfeuchte (Kondensat) ist sehr gering und hat auf die Grösse der Wärmeleitzahl keinen Einfluss.

Die Sandwichplatte besitzt neben dem guten Widerstand insbesondere eine sehr gute Dämpfung der Temperaturamplitude mit einer Phasenverzögerung von 4 bis 5 Stunden.

Diese positiven Eigenschaften, die sie – im Gegensatz z. B. zu isolierten Holz-, Kunststoff- oder Metallfassaden mit gleich gutem oder sogar besserem Wärmewiderstand – aufweist, sind für das sommerliche Raumklima nichtklimatisierter, bewohnter Räume von grosser Bedeutung.

Die bauakustische Eignung vorfabrizierter Bauten wird immer wieder angezweifelt. Versuche und Messungen haben gezeigt, dass eine Elementlösung bei gleicher Konstruktionsstärke und entsprechender Fugenausbildung einer Ausführung in Ortbeton äquivalent ist. Das hohe Raumgewicht des Betons wirkt sich dabei gegenüber leichteren Baumaterialien günstig aus. Sowohl beim Ortbeton wie bei der vorfabrizierten Betondecke kann der Trittschallindex durch entsprechende Beläge verbessert werden.

2.2 Herstellungsverfahren

Es werden folgende Herstellungsverfahren unterschieden:

Horizontale Fabrikation

- stationäre Fabrikation (einzeln oder in Linie)
- Fabrikation im Paletten-Umlaufverfahren

Vertikale Fabrikation (Bild 2)

- stationäre Batterien (Hängeregistratur, Lamellen oder in Linie)
- Fabrikation im Umlaufverfahren

Die für die Herstellung wichtige Erhärtungsbeschleunigung des Betons wird auf verschiedene Arten erreicht.

- betontechnologisch, d. h. durch Verbesserung der Sieblinie, durch Verwendung von Spezialzement, durch Verminderung des W/Z-Faktors, durch Vibration und durch Vakuumverfahren.
- durch chemische und mineralogische Zusätze
- physikalisch, d. h. durch Wärmespeicherung bzw. Wärmezufuhr, teilweise unter Druck in geschlossenen Schalungen.

Horizontale und vertikale Fabrikation (Bild 3)

Je nach Art und Grösse, Serie sowie Funktion der Elemente werden diese horizontal oder vertikal hergestellt. Volle Deckenplatten mit Dimensionen bis 4 mal 6,5 m sowie Wände bis 8 m Länge eignen sich für die vertikale Fabrikation. Sie weisen dadurch beidseitig schalungsglatte Flächen auf. Fassadenplatten, z. B. Sandwichplatten, werden horizontal gefertigt. Ihre Grösse ist meist durch Gewichtsbegrenzung und Fugeneinteilung gegeben.

Vorteile der Horizontalfertigung

- Armierung und Einbauteile können ohne Schwierigkeiten eingelegt werden
- Arbeit auf einer Ebene
- Grosse Flexibilität in den Abmessungen
- Auch für kleine Serien geeignet
- Niedrige Hallenhöhe genügt
- Kleine Gesamtinvestition

Nachteile der Horizontalfertigung

- Elemente müssen gekippt werden
- Eine Oberfläche muss bearbeitet werden
- Das Einbringen des Betons erfordert grösseren Zeitaufwand
- Grösserer Platzbedarf

Stationäre bzw. Umlauffertigung

Die horizontale stationäre Fabrikation erfolgt normalerweise auf Vibrationskipptischen.

Bild 2. Herstellung von Grosstafeln mit vertikal angeordneten Schalungen in Linie (Photo Element AG, Tafers)

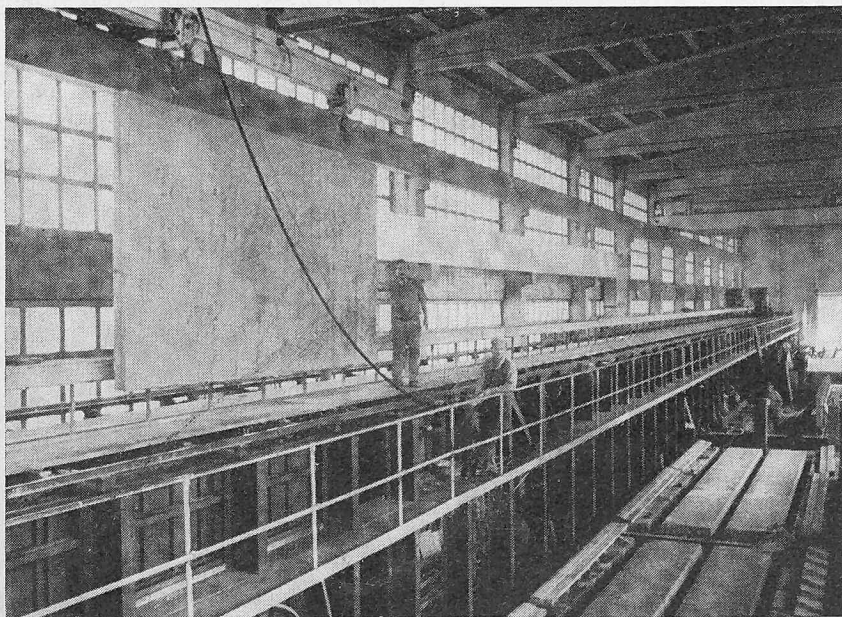
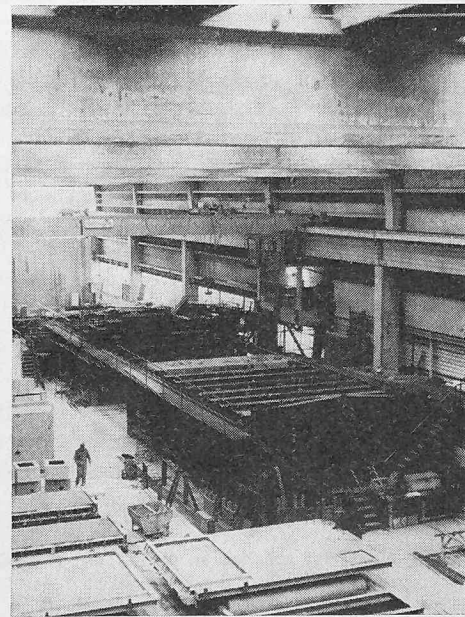


Bild 3. Horizontale und vertikale Fabrikation (Photo Igéco AG)



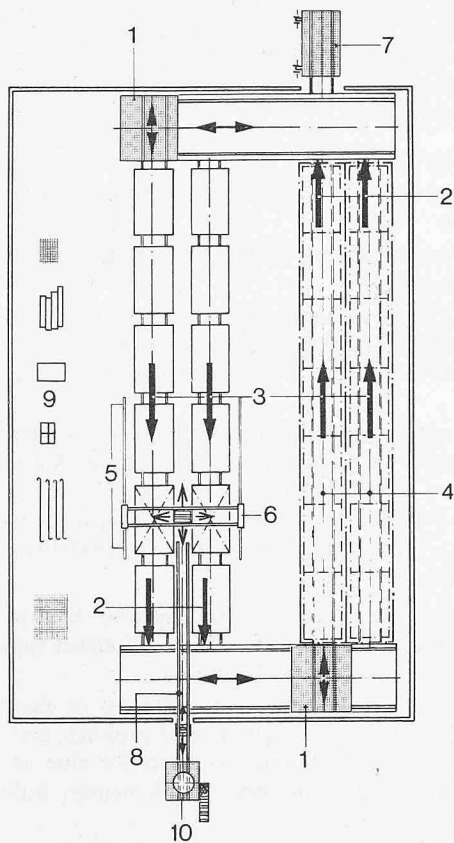


Bild 4 links. Horizontale Fabrikation im Paletten-Umlaufsystem. 1 Schiebebühne, 2 Transporteinrichtung, 3 Langtransport, 4 Gleisschienen, 5 Betonierstation, 6 Betonverteiler, 7 Kipptisch, 8 Kübelbahn, 9 Materiallager, 10 Mischstation

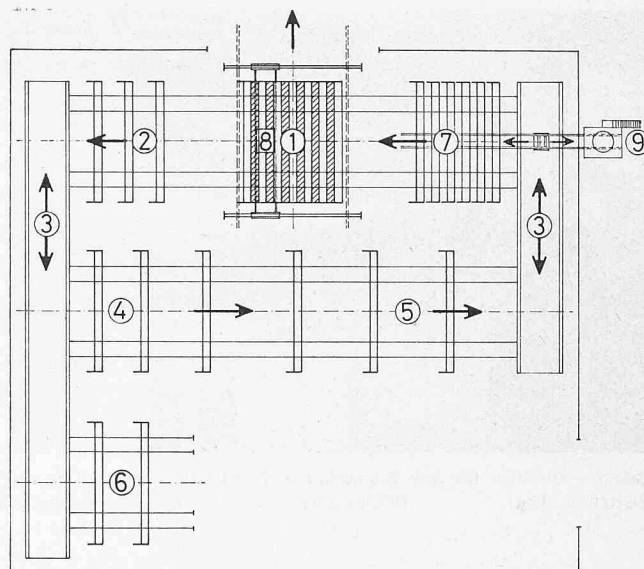


Bild 5. Vertikale Fabrikation im Umlaufverfahren. 1 Betonieren, Vibrieren, Heizen, 2 Schalung Reinigen, 3 Querverschiebung, 4 Einschalen, 5 Armieren, 6 Umstellungen (Langsamläufer), 7 Bereitstellung, 8 Betonverteiler, 9 Betonaufbereitung

Die vertikale stationäre Fabrikation bedingt sogenannte Batterieschalungen, welche paketweise oder in Linie angeordnet sind.

Batterieschalungen werden heute auf verschiedene Weise konstruiert und unterscheiden sich unter anderem in ihrer Schliesskonstruktion für den Betoniervorgang.

Der Industrialisierungsgrad der horizontalen und der vertikalen stationären Fabrikation kann durch ein sogenanntes Umlaufverfahren erhöht werden. Dabei wandern die zu produzierenden Teile von Arbeitsstelle zu Arbeitsstelle, analog einem Fließband- oder Taktverfahren, ähnlich wie in der Automobilindustrie (Bild 4).

Vorteile des Umlaufverfahrens

- Kleinere Transportwege für Materialzufuhr (Beton und Armierungen)
- Fester Standort der Arbeitskräfte und damit weitergehende Spezialisierung
- Möglichkeit, bessere Installationen einzurichten, da die einzelnen Arbeitsabläufe jetzt konzentriert sind: d.h. konzentrierte Betonier- und Vibrierstation, konzentrierte Lärmbekämpfungsmöglichkeiten, konzentrierte Schnellhärtung des Betons (Bild 5).

Nachteile des Umlaufverfahrens

- Die einzelnen Takte bzw. Arbeitsabläufe müssen genau studiert sein, da sonst Wartezeiten entstehen
- Bei kleinen Serien ist das Umlaufsystem fragwürdig, da durch die laufenden Umstellungen Ausweichplätze, für sogenannte Langsamläufer, notwendig werden. Damit erhöht sich der Platzbedarf, und die produktiven Flächen werden kleiner.

3. Möglichkeiten in der Ausführung und gebräuchliche Verfahren in der Schweiz

Gebäudehöhen von 20 und mehr Geschossen bieten keine Probleme. Die Montage der Elemente erfolgt meistens direkt ab *Lastenzug* ohne Zwischenlagerung. Als Montage-

geräte eignen sich Hochkrane mit einer Tragkraft von rund 200 tm. Die Montageleistung pro Tag beträgt je nach Grundriss und Wohnungsgröße 1,2 bis 1,5 Wohnungen pro Equipe und Kran.

Gebräuchliche Verfahren in der Schweiz

Bei der horizontalen und der vertikalen Fabrikation herrscht die stationäre Art vor. Paletten- und Umlaufverfahren sind infolge der verhältnismässig kleinen Serien eher selten.

Bei dieser Gelegenheit sei noch auf ein spezielles Verfahren hingewiesen, das meines Wissens nur von einer Unternehmung in der Schweiz angewendet wird: Die Elemente werden in einer geschlossenen Kammer einem Druck von rund 2 atü ausgesetzt. Durch Erwärmung auf 150°C wird die Hydratation beschleunigt. Das Anmachwasser wird chemisch verbraucht, der Schwindprozess setzt sofort ein. Anschliessend wird das Betonelement unter erhöhtem Druck abgekühlt. Dadurch entsteht im Beton ein Unterdruck, der die Feuchtigkeitsaufnahme begünstigt, was sich auf das Erhärten vorteilhaft auswirkt. Der Fabrikationsprozess ist an eine bestimmte Zeit/Temperatur-Kurve gebunden. Die Elemente werden nach 90minütiger Behandlung ausgeschalt und an ihren Bestimmungsort transportiert. Sie weisen dabei eine Festigkeit von rund $0,5 \times \beta$ d 28 auf (Bild 6).

4. Bewertung der industriellen Grosstafelbauweise

Eine objektive Bewertung der Grosstafelbauweise drängt sich immer bei Preisvergleichen auf. Die nachstehende Aufstellung soll es erleichtern, die Vor- und Nachteile der Grosstafelbauweise andern Bausystemen gegenüber abzuwägen.

Vorteile der Grosstafelbauweise

- industrielle Fertigung mit kleinem Lohnanteil
- lückenlose Qualitätsüberwachung, da unter günstigen Voraussetzungen hergestellt werden kann (z.B. Werkvorfabrikation)
- witterungsunabhängige Werkvorfabrikation

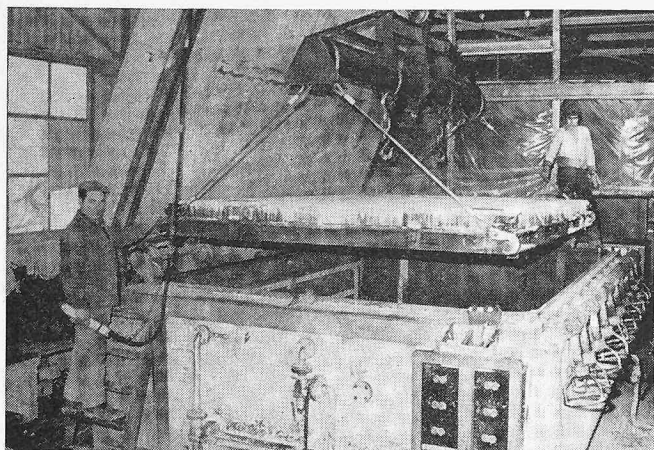


Bild 6. Autoklav für drei Betonplatten. Kapazität 5 Chargen zu drei Platten je Tag (Photo Elementbau System Hegetschweiler)

- Verwendung hochwertiger Materialien (Werkbeton)
 - keine Gerüstungen für die Montage
 - für Fugarbeiten ist nur ein Hängegerüst notwendig
 - keine Gipsarbeiten (tapeten- und streichfertige Innenwände)
 - keine besondere Deckenvorbehandlung
 - keine Unterlagsböden
 - keine Zementüberzüge auf Balkonen (Eingussbeton)
 - Sanitärinstallation und elektr. Installation sind eingebaut
 - gute thermische Isolation dank mehrschichtigem Aufbau der Aussenwand (Sandwichplatten)
 - konsequente Vermeidung von Kältebrücken ergibt niedrige Heizungskosten
 - fertige Aussenhaut und Fassadenstruktur (kleine Unterhaltskosten)
 - trockene Bauweise (kürzere Ausbauezeit, früherer Wohnungsbezug, Mietzinsgewinn)

- kleinere Bauzinsen
- keine Schlechtwetterentschädigungen
- kleinere Teuerungskosten infolge kürzerer Bauzeit und kleineren Lohnanteils

Nachteile der Grosstafelbauweise

- Stabilität der Gebäude und Verbindungen müssen sorgfältig geprüft werden
- sorgfältiges Studium sämtlicher Details notwendig
- grösserer Planungsaufwand
- Variabilität, Flexibilität und grossen Dimensionen sind gewisse Grenzen gesetzt. In dieser Beziehung sind der Skelettbau und die Kleintafelbauweise günstiger, normalerweise aber auch teurer
- Auch bei der industriellen Grosstafelbauweise ist der Rationalisierungsgrad noch beschränkt. Der fertige Raum kann erst auf der Baustelle gebildet werden. In dieser Beziehung ist die Raumzelle am günstigsten (Das Liftraumelement hat sich in Kombination mit der Grosstafelbauweise bereits bewährt).

Die Aufstellung zeigt, dass Kostenvergleiche kritisch analysiert werden müssen. Die Grosstafelbauweise eignet sich daher kaum für den spekulativen Wohnungsbau.

Planung, Konstruktion und Produktion müssen zu einer Einheit zusammengefasst werden. Nur so sind preislich günstige Lösungen möglich. Den Voraussetzungen für eine erfolgreiche Industrialisierung sollte deshalb vermehrte Aufmerksamkeit geschenkt werden.

Literatur

- *Franjetić*: Beton-Schnellhärtung, Bauverlag GmbH, Wiesbaden und Berlin

Adresse des Verfassers: *W. Baeggli*, dipl. Ing. ETH, Element AG Spannbetonwerk Tafers und Bern, Untermattweg 22, 3027 Bern-Bethlehem

Voraussetzungen für die Industrialisierung des vorgefertigten Wohnungsbaues

DK 693.5.002.22

Von *P. Kindler*¹⁾, Kehrsatz

1. Einleitung

Die Betonvorfabrikation gilt als Initialzündung der Industrialisierung des Bauens. Sie ist der Übergang von der lohnintensiven handwerklichen Ausführung zur kapitalintensiven maschinellen Produktion. Auch in unserem Lande hat sich die Grosstafelbauweise als das vorteilhafteste System durchgesetzt. Trotzdem bleibt ihr Anteil am gesamten Wohnungsbau klein.

Von 1961 bis 1971 sind in der Schweiz 571 000 Wohnungen gebaut worden. Mit diesem Zuwachs von 10 Wohneinheiten (WE) auf 1000 Einwohner stand die Schweiz an erster Stelle in Europa. Von diesen 571 000 WE wurden nur etwa 25 000 WE oder 4 1/2 % vorgefertigt.

Diese 25 000 WE haben 14 schweizerische Werke geliefert. Diese Betriebe verfügen jedoch über eine Kapazität von 8000 bis 9000 WE pro Jahr. Sie waren somit nur zu einem Drittel ausgelastet. (Einzelne Ausnahmen bestätigen die Regel). Bei einer solchen ungenügenden Auslastung geht das einmal erworbene Know-how der Belegschaft ständig wieder

verloren. Der Rationalisierungseffekt bleibt trotz grossen Anstrengungen klein. Dies wiederum wirkt sich ungünstig auf die Fabrikationskosten aus.

In diesem Zusammenhang sei auf eine Besonderheit der Kostenstruktur im Elementbau hingewiesen.

2. Kostenstruktur im Elementbau

Die Kosten des fertigen Rohbaus ab Kellerdecke einer in Grosstafelbauweise erstellten Überbauung von 200 WE rund 30 km vom Elementwerk entfernt, lassen sich gliedern in:

- | | |
|----------------------------|-----|
| - Fabrikation der Elemente | 77% |
| - Transport der Elemente | 4% |
| - Montage der Elemente | 19% |

Die Fabrikation mit 77% Kostenanteil teilt sich wiederum in die Kostenstellengruppen:

- | | |
|--|-----|
| - Variable Kosten (Rohmaterial, produktive Arbeit, auftragsbedingte Schalungen, Einbauteile) | 58% |
| - Feste Kosten (Offertwesen, Sachbearbeiter, Arbeitsvorbereitung) | |

¹⁾ Kurzreferat gehalten an der Tagung des Basler Ingenieur- und Architekten-Vereins über die Möglichkeiten der Industrialisierung im Massivbau vom 29./30. März 1973 in Basel.