

Ingenieurbauten 2

Theorie und Praxis

Herausgegeben von
Konrad Sattler, Graz
Peter Stein, Wien

1973

Springer-Verlag
Wien New York





Bauen mit vorgefertigten Stahlbetonteilen

Franz Vaessen

1973

Springer - Verlag
Wien New York



Dr.-Ing. E.h. FRANZ VAESSEN
Direktor der Hochtief AG Essen

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt.
Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung,
des Nachdruckes, der Entnahme von Abbildungen, der Funksendung, der Wiedergabe
auf photomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen,
bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten

© 1973 by Springer-Verlag/Wien

Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1973
Library of Congress Catalog Card Number 72-88991

Mit 149 Abbildungen

ISBN-13:978-3-7091-8321-2 e-ISBN-13:978-3-7091-8320-5
DOI: 10.1007/978-3-7091-8320-5

*Meinen lieben Eltern
in dankbarem Gedenken*

Vorwort

Lohnt es sich in der heutigen Zeit noch, ein Buch über das Bauen mit vorgefertigten Stahlbetonteilen zu schreiben? In Anbetracht der Bedeutung, die der Fertigteilbau für die Industrialisierung des Bauens hat, sind über diese Bauweise bereits zahlreiche Abhandlungen und Berichte in Zeitschriften und Monographien erschienen. Umfangreiche Standardwerke wurden verfaßt, und spezielle Fachzeitschriften berichten laufend über die Entwicklungen, die der Fertigteilbau nimmt. Vorwiegend behandelt wird in diesen Berichten die Vorfertigung im Werk, und es hat sich die Auffassung gebildet, daß entsprechend der serienmäßigen Fabrikation der Konsumgüter anderer Wirtschaftszweige auch zur Industrialisierung des Bauens die Fabrik die unbedingte Voraussetzung sei.

Aber man darf trotz der Bedeutung und der Möglichkeiten, die die Vorfertigung der Einzelteile in stationären Werken bietet, nicht vergessen, daß die Bauindustrialisierung weiter reicht. Wesentliches Merkmal allen industriellen Fertigen ist außer einer Mechanisierung der Arbeitsprozesse die Anwendung von Verfahrenstechniken, bei denen sich die Vorgänge mit einem möglichst geringen Einsatz menschlicher Arbeitskräfte planmäßig ineinanderfügen. Die hierzu erforderliche, eingehende Vorplanung erstreckt sich im Fertigbauteil bereits auf die Gestaltung der Konstruktionen, sowohl hinsichtlich der Gesamtkonzeption als auch der Einzelheiten, vor allem der Anschlüsse nach ihrer Zahl und Ausführbarkeit. Das Buch will zeigen, wie unter Beachtung dieser Gesichtspunkte auch eine Vorfertigung auf der Baustelle zu industrialisiertem Bauen führt. Die organisatorischen Vorteile dieser in den gesamten Bauablauf integrierten Verfahren werden an Beispielen ausgeführter Großbauten erläutert, praktische Vorrichtungen, die die serienmäßige Herstellung und den zügigen Einbau der Elemente erleichtern, werden beschrieben.

Besonders wichtig war mir die Darstellung der Mittel und Verfahren, mit denen die für die Vorfertigung in Einzelstücke zerlegten Konstruktionen zu einheitlichen Tragwerken zusammengefügt werden. Die Stahlbetonbauweise hat von Haus aus monolithischen Charakter, und der Wert einer Fertigteilkonstruktion hängt davon ab, wie weit es gelingt, diese Eigenschaft auch in den Verbindungen der Einzelteile zu wahren. Eine vielfach erprobte Methode, die Elemente zug- und schubfest miteinander zu verbinden, ist das

Zusammenspannen, sei es mit hochzugfesten Bolzen oder mit einer durchgehenden Spannbewehrung. Ich habe diese Möglichkeiten im ersten Kapitel behandelt und an Beispielen erläutert. Aber auch die meisten, im folgenden Teil des Buches gezeigten Beispiele ausgeführter Großbauten weisen vorteilhafte Anwendungen des Zusammenspannens auf.

Eine andere, bei Ortbetonausführungen nicht auftretende Eigenart des Fertigteilbaues ist die Umlagerung der Schnittkräfte, die in den nach der Montage fest zusammengeschlossenen Elementen infolge des Betonkriechens entsteht. Die Erörterung dieser Fragen stützt sich auf die neuen Forschungsergebnisse der Betonrheologie. Für die Ermäßigung der Umlagerungskräfte im Stadium II war ich bestrebt, eine einfache Näherungslösung zu finden.

In Anbetracht der reichen Literatur habe ich auf eine ausführliche Darstellung der verschiedenen Hochbausysteme verzichtet und mich auf allgemeine Betrachtungen über deren Wahl beschränkt. Dagegen habe ich eingehend über großräumig vorgefertigte Baukörper berichtet, sei es, daß diese in senkrechter Richtung in ihre endgültige Lage gebracht werden, wie beim Hubdeckenverfahren, bei der Errichtung von räumlichen Tragwerken und beim Bau von Wassertürmen, oder daß sie waagrecht verschoben werden, wie beim Bau von Hallen und im Brückenbau beim Freivorbau mit vorgefertigten Segmenten sowie beim Taktschiebeverfahren.

Alle diese Verfahren, deren Anwendungsbereiche sich zum Teil durch die Art der Bauaufgaben gegen die Vorfertigung in stationären Werken abgrenzen, zeigen bewährte Wege zum industrialisierten Bauen. So hoffe ich, mit meinen Ausführungen Anregungen auf Gebieten gegeben zu haben, die bisher noch wenig behandelt wurden.

Ich danke dem zuständigen Herausgeber, Herrn o. Professor Dr.-Ing. KONRAD SATTLER, für die Einladung, dieses Buch zu schreiben. Dem Springer-Verlag in Wien danke ich für die entgegenkommende Zusammenarbeit und die gute Ausstattung des Buches. Ein besonderes Wort des Dankes gebührt der Hochtief AG, Essen, für die Anfertigung vieler zeichnerischer Darstellungen und für die großzügige Bereitstellung von Lichtbildern der Bauwerke, denen ich zahlreiche Beispiele zu meinen Darlegungen entnommen habe. Ebenfalls danke ich den Autoren und Verlagen der im Literaturhinweis genannten Aufsätze für ihre wertvolle Unterstützung.

Essen, im Dezember 1972

F. VAESSEN

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Einleitung	XI
1. Die Übertragung der Anschlußkräfte in den Fugen der Fertigteile	1
1.1. Die Übertragung der Druckkräfte	1
1.1.1. Die Mörtelfuge	1
1.1.1.1. Die Festigkeit des Fugenmörtels	1
1.1.1.2. Ausführung bei zusammenzuspannenden Fertigteilen	4
1.1.2. Die Dünnschichtfuge aus Polyesterharz	5
1.1.2.1. Anwendung bei zusammenzuspannenden Fertigteilen	5
1.2. Die Übertragung der Zugkräfte	13
1.2.1. Schlaufenverbindungen	13
1.2.2. Verbindung durch Vorspannung	14
1.2.2.1. Vorgespannte Bolzen	15
1.2.2.2. Ein ausgeführtes Beispiel vorgespannter Bolzen	17
1.3. Die Übertragung der Schubkräfte	21
1.3.1. Anschluß durch die Spannbetonbewehrung	21
1.3.1.1. Unterstützung der zu verbindenden Fertigteile	22
1.3.2. Schubfester Anschluß durch vorgespannte Bolzen. Ausgeführte Beispiele	22
1.4. Bewegliche Verbindungen	27
2. Verfahren zur Herstellung und Montage der Fertigteile. Wahl der Systeme. Statische Fragen	29
2.1. Herstellung und Montage	29
2.1.1. Betonieren im Schichtenverfahren	29
2.1.1.1. Anwendung des Verfahrens bei der Herstellung von Binderriegeln und Stützen	31
2.1.1.2. Herstellung von Bogenbindern	34
2.1.1.3. Herstellung von Fachwerkbindern	35
2.1.2. Vorrichtung zum Anfassen der Fertigteile	36
2.1.3. Drehen der am Kran hängenden Fertigteile	37
2.1.3.1. Ausgeführte Beispiele	39
2.1.4. Montagevorrichtungen	44
2.1.5. Verfahren zum gelenklosen Zusammenfügen vorgefertigter Bogenstücke	46
2.1.5.1. Ein ausgeführtes Beispiel	47
2.2. Hängewerke aus vorgespannten Fertigteilen	52
2.2.1. Hängehäuser	53
2.2.1.1. Beispiel eines ausgeführten Hängehauses	53
2.2.2. Hängedächer	58

2.3. Statische Fragen	67
2.3.1. Verformungen und Kraftumlagerungen infolge des Kriechens	67
2.3.2. Versuche über die Reibung zwischen Beton und Stahl	73
2.4. Grundsätzliches zur Wahl der Systeme	76
2.4.1. Skelettkonstruktion	76
2.4.2. Bogentragwerke	80
2.4.3. Die HP-Schalen	83
3. Großräumig vorgefertigte Baukörper	87
3.1. Das Hubdeckenverfahren	87
3.1.1. Beispiel eines Hubgerätes	87
3.1.2. Ein nach dem Hubdeckenverfahren ausgeführtes Bauwerk	91
3.2. Die Anwendung des Hubverfahrens beim Bau von Wassertürmen	96
3.3. Hallendächer in Geländehöhe betoniert und gehoben	106
3.3.1. Das Kuppeldach einer Konzerthalle	106
3.3.2. Das Stahlbetonfaltwerk eines Kirchendaches	108
3.4. Bauwerkteile großräumig vorgefertigt und waagrecht zur Verwendungsstelle gefahren	113
3.5. Großräumig vorgefertigte Elemente im Brückenbau	119
3.5.1. Der Freivorbau mit vorgefertigten Segmenten	119
3.5.2. Das Taktschiebeverfahren Baur-Leonhardt	132
Literatur	143
Nachweis der Abbildungen	144

Einleitung

Geschichte und Bedeutung des Fertigteilbaues

Bis in die Frühzeit des Stahlbetons reicht das Bauen mit vorgefertigten Elementen zurück. Um die Jahrhundertwende begann man, tragende Plattelemente und Balken als Einzelteile aus Stahlbeton herzustellen und auf Mauerwerk oder stählerne Unterzüge zu legen. In den USA entstanden wenige Jahre danach bereits mehrgeschossige Skelettbauten, für die man alle Konstruktionsteile, die tragenden und die raumabschließenden, in Stahlbeton vorfertigte. Auch das später häufig angewandte tilt up-Verfahren, bei dem Wandplatten am Boden liegend betoniert und in die senkrechte Stellung aufgerichtet werden, stammt aus dieser Zeit.

Die europäischen Länder folgten mit der Entwicklung der Fertigteilbauweise nach dem Ersten Weltkrieg. Besonders in Frankreich, Holland und Dänemark befaßte man sich mit diesem Verfahren. In Italien baute P. L. NERVI Flugzeughallen, bei denen diagonal sich kreuzende, vorgefertigte Fachwerkträger die in großen Abständen aus Ort beton errichteten Bogenbinder überspannten.

In Deutschland brach nach erfolgreichen Entwicklungsarbeiten das Bauen mit vorgefertigten Stahlbetonteilen gegen Ende der zwanziger Jahre durch den wirtschaftlichen Niedergang ab, der alle Industriezweige und damit auch besonders die Bautätigkeit lähmte. Neuen Auftrieb erhielt der Fertigteilbau im Zweiten Weltkrieg infolge einer Notlage. Beim Bauen mußte die Mangelware Stahl durch Stahlbeton ersetzt werden, aber es fehlte an Schalungs- und Rüstholz. So erhielt die Stahlbeton-Montagebauweise Bedeutung, besonders für die Bauten der Industrie. Fabrikhallen und Maschinenhäuser entstanden aus vorgefertigten Stahlbetonteilen sowie Rohrbrücken für die chemischen Werke [1, 2,]. Die Tragwerke der Hallen und Brücken waren Balken mit rechteckigen Querschnitten oder Fachwerkträger. Auch fertigte man großflächige Dachelemente im Taktverfahren mit beheizten Formen vor. Dieses später vielfach angewandte Verfahren war damals schon weit fortgeschritten [2].

Die Notlage verblieb noch Jahre nach dem Krieg. In diesen Jahren galt es, die zerstörten Wohnstätten und Industriegebäude mit beschränkten Mitteln wieder herzustellen. Dem Fertigteilbau kam dabei das in jener Zeit noch junge Spannbetonverfahren zu Hilfe mit seinen Möglichkeiten, die benötigten Massen des Bewehrungsstahls und die Montagegewichte zu mindern.

Auch im Brückenbau zeigte die Vorfertigung erste Erfolge. Bereits 1946 begannen die Bauarbeiten zur Wiederherstellung der Moselbrücke in Schweich. Die Bogentragwerke, die den Strom in 3 Öffnungen mit Stützweiten von 46 m überspannen, wurden in zwei Hälften und der Breite nach in zwei 30 cm dicke Lamellen aufgeteilt, am Ufer flach liegend betoniert und von einem Schwimmkran eingebaut [3].

Bei der Entwicklung der aus der Not geborenen Fertigteilverfahren hatte man die wirtschaftlichen Möglichkeiten der Wiederholung gleicher Teile schätzen gelernt. Die Bausysteme wurden darauf abgestimmt, und immer größer wurde die Zahl der stationären Werke, die sich mit der serienmäßigen Herstellung der Einzelteile befassen. So bildete sich ein eigenständiger Zweig des Stahlbetonbaues, der dem Bauen die Möglichkeit des Industrialisierens erschloß, ein Gebiet, auf dem das am Althergebrachten hängende Baugewerbe mit der allgemeinen Entwicklung der Technik nicht Schritt gehalten hatte. Freilich sind die den Bauaufgaben zugrunde liegenden Verhältnisse wesentlich verschieden von den Bedingungen, die die Produktion anderer Industrieerzeugnisse bestimmen, da die Gestaltung der Bauwerke von den örtlichen Gegebenheiten und von dem jeweiligen Verwendungszweck abhängig ist. Aber diese Schwierigkeiten sind durch eine zielstrebige Rationalisierung der Bauverfahren und durch Bausysteme zu beheben, die durch Typisierungen die serienmäßige Herstellung der Elemente fördern. Die Rationalisierung des Bauens ist zur Zeit ein besonders dringendes Erfordernis des rasch ansteigenden Bedarfs der modernen Gesellschaft an Bauten jeglicher Art. Eine Einsparung an Arbeitskräften ist um so wichtiger, als sich deren Abgang zu anderen Industriezweigen sowie das Fehlen des Nachwuchses immer stärker bemerkbar macht. Die jungen Menschen zieht es zu Tätigkeiten, die unter saison- und witterungsunabhängigen Bedingungen leicht auszuführen sind, aber erhöhte Fertigkeiten erfordern.

Die Möglichkeit des Industrialisierens bieten sowohl die stationären Fabriken, in denen die Fertigteile unabhängig von der Witterung mit fest installierten Vorrichtungen maschinell hergestellt werden, als auch die auf den Baustellen rationell arbeitenden Werkplätze. Die Herstellung in der Fabrik bedingt einen Antransport der oft schweren und sperrigen Stücke. Bei der Vorfertigung auf der Baustelle lassen sich dagegen serienmäßig große Elemente herstellen, deren Einbau unmittelbar von der Fertigungsstätte aus möglich ist und die nur wenige, Arbeit und konstruktive Schwierigkeiten verursachende Anschlußstellen bedingen. Jedoch ist bei den Baustellenverfahren zu überlegen, wie man den Witterungseinflüssen begegnen kann.

Voraussetzung für den Erfolg des industrialisierten Bauens ist zunächst ein einheitlicher Maßmodul, der die Typisierung der Elemente und damit das Bauen mit Systemen ermöglicht. Eine weitere Voraussetzung ist das werkgerechte Planen. Architekt, Ingenieur und Unternehmer müssen von der ersten Aufgabenstellung an zusammenarbeiten und ihre Belange auf-

einander abstimmen. Die technischen Baubestimmungen müssen fortschrittliche Entwicklungen berücksichtigen, und schließlich sind bei den Ausschreibungen die Vergabebedingungen den Erfordernissen der Industrialisierung anzupassen. Die Vergabe bereitet immer noch Schwierigkeiten, mit denen die serielle Fertigung anderer Konsumgüter nicht zu rechnen hat.

Trotz der großen Möglichkeiten des Fertigteilverfahrens darf man aber nicht von ihm allein die Industrialisierung des Bauens erwarten. Die Rohbauarbeiten sind nur ein Teil des gesamten Werkes, und von einer Industrialisierung kann man erst reden, wenn die Ausbauarbeiten einbezogen sind.

Auch die Ortbetonbauweise wird ihre Bedeutung behalten. Längst ist man bei diesem Verfahren davon abgekommen, in herkömmlicher Weise auf der Baustelle zu improvisieren. Die Baufirmen haben die Arbeitsvorbereitung in ihre Konstruktionsbüros verlegt. Dort beschäftigen sich besondere Abteilungen mit der Planung des rationellen Ablaufes der Arbeiten auf der Baustelle und mit dem Einsatz rationeller Schalungen und Rüstungen, für die Spezialfirmen vorteilhafte, den verschiedenen Verhältnissen anpaßbare, stählerne Vorrichtungen entwickelt haben. Auch ist zu bedenken, daß es einfacher und billiger ist, formlosen Beton zu handhaben als fertige, bruchgefährdete Stücke zu transportieren und einzubauen.

Nicht jede Bauaufgabe ist optimal nur mit Fertigteilen zu lösen. In vielen Fällen ist eine Verbindung beider Bauweisen sinnvoll. So ist es vorteilhaft, die Treppen- und Aufzugsschächte und sogar die Außenwände im Gleit-schalungsverfahren herzustellen und Installationszellen, Brüstungen sowie Treppen und Geschoßdecken als Fertigteile einzubauen.

Die Beurteilung der technischen Güte geschlossener Fertigteilkonstruktionen richtet sich nach dem Vergleich mit entsprechenden Lösungen in Ortbetonbauweise, deren Eigenart darin besteht, daß alle Elemente durch die Herstellung aus einem Guß monolithisch miteinander verbunden sind. Der Fertigteilbau muß dagegen die einzelnen, getrennt hergestellten Stücke nachträglich zusammenfügen und danach trachten, dabei die monolithischen Vorteile des Ortbetons zu wahren. Die Verbindungen der Fertigteile gewinnen dabei eine besondere Bedeutung.

1. Die Übertragung der Anschlußkräfte in den Fugen der Fertigteile

1.1. Die Übertragung der Druckkräfte

1.1.1. Die Mörtelfuge

Ein vorteilhaftes, dem Wesen des Betons entsprechendes Mittel der Druckübertragung zwischen Fertigteilen ist die dünne Fuge aus hochwertigem Zementmörtel. Der Mörtel paßt sich den Unebenheiten in den Anschlußflächen sowie deren beim Herstellen oder beim Montieren entstandenen Verdrehungen in natürlicher Weise an und gleicht Maßungenauigkeiten in den Längen der vorgefertigten Teile aus. So zusammengefügte Fertigteile sind den aus einem Guß entstandenen monolithischen Konstruktionen gleichwertig.

1.1.1.1. Die Festigkeit des Fugenmörtels

Die Druckfestigkeit des Mörtels in dünnen Fugen ist sehr hoch. Durch den Reibungswiderstand in den Anschlußflächen wird die Querdehnung der Mörtelschicht so stark behindert, daß sich die günstigen Festigkeitsverhältnisse des dreiachsigen Spannungszustandes einstellen (Abb. 1). Die

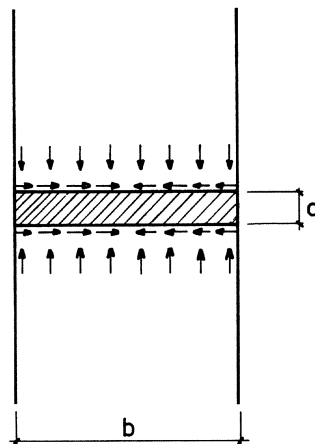


Abb. 1. Behinderung der Querdehnung in einer Mörtelfuge durch die tangentialen Reibungskräfte

Festigkeit der Mörtelfuge wird also wesentlich bestimmt durch das Verhältnis der Dicke d zur kleinsten Fugenbreite b . Außer der Mörtelfestigkeit β_M hat noch die Betonfestigkeit β_B der Fertigteile einen Einfluß, da die Reibungskräfte in den Anschlußflächen dort Quersugspannungen erzeugen. Über die Festigkeit des Mörtels in dünnen Fugen sind von verschiedenen Instituten Versuche gemacht worden [4, 5, 6, 7].

Auf diesen Ergebnissen fußend, hat STILLER in [8] für die zulässigen Pressungen folgende Formel aufgestellt:

$$\sigma_{zul} = 10 \frac{b}{d} + 0,5 \beta_M \leq \frac{\beta_B}{3}.$$

Hierin ist β_M die Mörtelfestigkeit und β_B die Betonfestigkeit der anzuschließenden Fertigteile. Diese Formel enthält einen Sicherheitswert $\nu = 2$.

Nach DIN 1045 neu 17.3.4 ist für Mörtel gemäß 6.7.1 die zulässige Fugenpressung $\sigma = \beta_R/2,1$, wenn $b/d \geq 7$. Hierin ist β_R der Rechenwert der Festigkeit des Fertigteils und b dessen kleinste Breite. Bei Teilflächenbelastung ist σ_{zul} höher, jedoch sind dann mögliche Spaltzugkräfte zu berücksichtigen.

Häufig kommt es vor, daß wegen des Fortschrittes der Montage die Fuge schon bald nach der Herstellung belastet werden muß. Einen Aufschluß über diese Frage vermittelt das folgende Ergebnis eingehender Versuche des Instituts für Massivbau an der Technischen Universität Karlsruhe [4] und [5]. Die frühen Festigkeiten β_S der Mörtelfugen sind für verschiedene Ver-

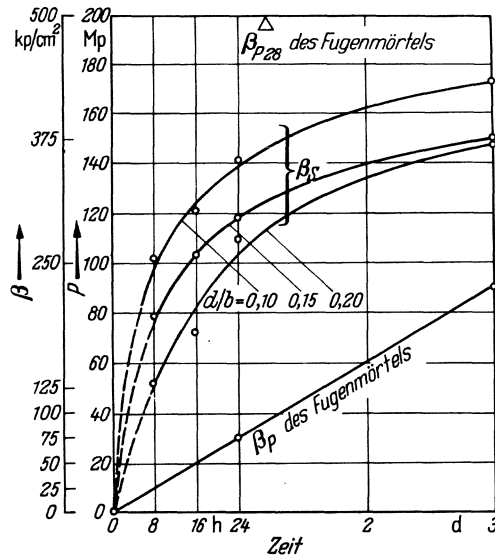


Abb. 2. Fugenfestigkeiten β_S für verschiedene Verhältnisse von Fugendicke d zu Querschnittsbreite b in Abhängigkeit von der Zeit

hältnisse d/b in Abb. 2, S. 2, dargestellt [5]. Danach hat eine dünne Fuge mit dem Verhältnis $d/b = 0,10$ und einer Prismenfestigkeit des Mörtels $\beta_{P28} = 500 \text{ kp/cm}^2$ bereits nach 8 Stunden eine Festigkeit $\beta_S = 250 \text{ kp/cm}^2$. Zum Vergleich sind in dem Bild die entsprechenden Werte β_P des Fugenmörtels vermerkt. Der Vergleich zeigt anschaulich den raschen Anstieg der frühen Festigkeit in dünnen Mörtelfugen.

STILLER hat bei der Entwicklung der oben erwähnten Formel auch die Karlsruher Versuche einbezogen. Da sich mit dieser Formel die jeweiligen Mörtelfestigkeiten berücksichtigen lassen, bietet sie bei der Beurteilung der frühen Festigkeit einer Mörtelfuge einen zuverlässigen Anhalt.

Solange der Mörtel eine geringe Festigkeit hat, lockert er sich bei einer Druckbeanspruchung an den Fugenrändern. Auch hierüber wurden an der T. U. Karlsruhe Versuche gemacht. Das Ergebnis ist in Abb. 3 darge-

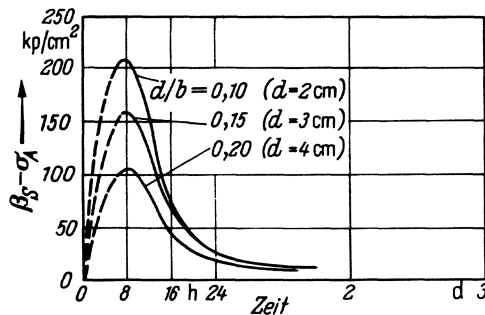


Abb. 3. Differenz $\beta_S - \sigma_A$ für verschiedene Verhältnisse d/b in Abhängigkeit von der Zeit

stellt [5]. Ist σ_A die Spannung, bei der eine Auflockerung des Fugenrandes eintritt, so ist die Differenz $\beta_S - \sigma_A$ bereits bei einer Mörtelfestigkeit $\beta_P = 75 \text{ kp/cm}^2$ nur noch unbedeutend, d. h. die Fuge trägt in ihrer ganzen Breite.

Nach DIN 1045 neu 19.5.4. sollen die druckbeanspruchten Fugen zwischen Fertigteilen mindestens 2 cm dick sein, damit sie sorgfältig mit Mörtel ausgefüllt werden können. Ein geschmeidiger Mörtel läßt sich in 2 bis 3 cm dicken Fugen gut verarbeiten, auch wenn die Fugen breiter als 30 cm sind. Als Mischungsverhältnis ist zu empfehlen:

Sand Korngruppe 0 bis 3 mm

Portlandzement Z 475

Mischungsverhältnis 2,5 : 1

Wasser-Zement-Wert $W:Z = 0,6$

Mit diesem Mörtel wurden auch die an der T. U. Karlsruhe untersuchten Fugen ausgeführt.

Vor dem Einbringen des Mörtels sind die Anschlußflächen gut anzuweichen.

1.1.1.2. Ausführung bei zusammenspannenden Fertigteilen

Die Mörtelfuge hat sich vielfältig bei der Herstellung von Tragwerken aus zusammengespannten Fertigteilen bewährt. Bei diesem Verfahren, über das später noch berichtet wird, ist darauf zu achten, daß der Fugenmörtel nicht in die beim Aufstellen der Einzelteile noch leeren Spannkanäle dringt und hierdurch das Einfädeln der Drahtbündel erschwert. Im Bereich der Fugen eingeführte kurze Rohrstücke können erfahrungsgemäß nicht verhindern, daß sich die Kanäle verstopfen. Ein zuverlässiges Mittel, sie von Mörtel freizuhalten, sind Gummischläuche, deren Durchmesser sich mit geringem Spielraum dem Durchmesser der Kanäle anpaßt (Abb. 4). Die Schläu-

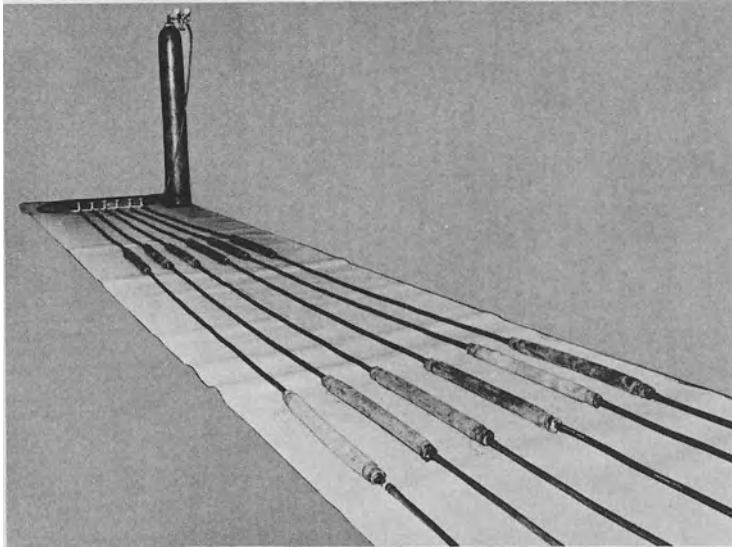


Abb. 4. Schlauchkette mit den Anschlüssen an eine Druckluftflasche. Bei der Anwendung liegen die Verdickungen in den Fugenbereichen und verhindern das Eindringen des Fugenmörtels in die Spannkanäle

che übergreifen die Fugen in beiden Richtungen um etwa 40 cm. Auf den freien Strecken zwischen den Fugen sind sie durch dünne Plastikschläuche zu einer Kette miteinander verbunden. Vor dem Vermörteln der Fugen erzeugt eine Druckluftflasche oder ein Kompressor in den Schlauchketten einen Überdruck von 2 atü. Dabei pressen sich die im Bereich der Fugen liegenden Schlauchstücke gegen die Leibungen der Kanäle und verschließen diese hermetisch gegen das Eindringen des Mörtels. Solche Schlauchketten sind in Längen bis zu 120 m angewandt worden. Es empfiehlt sich, vor dem Einziehen der Ketten die Gummistücke zur Erleichterung des Gleitens mit einem Schmiermittel zu streichen.

Nach dem vorher über die Frühfestigkeit dünner Mörtelfugen Dargelegten kann man eine Vorspannung so rechtzeitig aufbringen, daß der Ablauf einer

zügigen Montage gewährleistet ist. Wenn jedoch in besonderen Fällen eine noch kürzere Erhärtungsdauer erforderlich wird, kann ein Kunststoffmörtel den Zementmörtel ersetzen. Durch das Mischungsverhältnis der Harzkomponenten läßt sich bei Berücksichtigung der Temperatur die Erhärtungsdauer genau abstimmen. Mit diesem Mörtel kann man bei Außentemperaturen arbeiten, die unter null Grad C liegen. Dann ist jedoch eine elektrische Beheizung der Fugen erforderlich. Hierzu wird ein isolierter Heizdraht in Schlaufen auf ein Maschendrahtnetz geknüpft und mit diesem in die entsprechende Fuge verlegt. Sodann wird der Mörtel eingebracht und die Stromquelle angeschlossen. Infolge der Erwärmung erhärtet der Mörtel so rasch, daß die Montagearbeiten auch bei Frostwetter keine Unterbrechung erleiden. Den Erfolg dieses Verfahrens hat die Anwendung bei einem Winterbau bestätigt.

1.1.2. Die Dünnschichtfuge aus Polyesterharz

Bei der bisher geschilderten Art der Stoßfugen haben die zu verbindenden Teile auf dem Montagegerüst bereits ihre endgültige Stellung eingenommen, so daß der Mörtel nachträglich in den Fugenspalt einzufüllen ist. Eine andere Art, vorgefertigte Stahlbetonteile zur Druckübertragung miteinander zu verbinden, ist die Dünnschichtfuge aus Kunstharz, das vor dem Zusammenschließen der Fertigteile auf deren Stirnflächen gestrichen wird. Auch hierbei steuert die Beimischung eines Polyamids den Ablauf der Erhärtung. Dieser Mischung kann zur Verringerung des Bedarfs an Harzmaterial feines Quarzmehl beigelegt werden.

1.1.2.1. Anwendung bei zusammenzuspannenden Fertigteilen

Solche Dünnschichten aus Kunstharz eignen sich besonders zum Zusammenfügen von Montageteilen, die mit Rücksicht auf eine vereinfachte Vorfertigung in Einzelstücken hergestellt werden. Die sorgfältig gesäuberten Berührungsflächen erhalten zunächst einen Grundanstrich. Dann trägt die Spachtel den Kunststoff 2 bis 3 mm dick auf. Nach dem Zusammensetzen der einzelnen Stücke werden die noch weichen Kunststoffschichten mit einer Spannung von 10 bis 15 kp/cm² überdrückt. Dabei füllt das Material die Unebenheiten der Anschlußflächen aus. Ein Ausgleich von Toleranzen in den Längen infolge Ungenauigkeit der Herstellung und infolge des Schwindens der längere Zeit gelagerten Stücke ist jedoch nicht möglich. Diese Toleranzen müssen im Bauwerk auf andere Weise berücksichtigt werden.

Während der zum Anpressen erforderliche Druck aufgebracht wird, sind die einzelnen Stücke so zu führen, daß sich die Fugenmasse gleichmäßig zusammendrückt und die Einzelteile nicht von der Gesamtachse abweichen. Das ist jedoch stets in einfacher Weise möglich, wie die folgenden Beispiele zeigen.

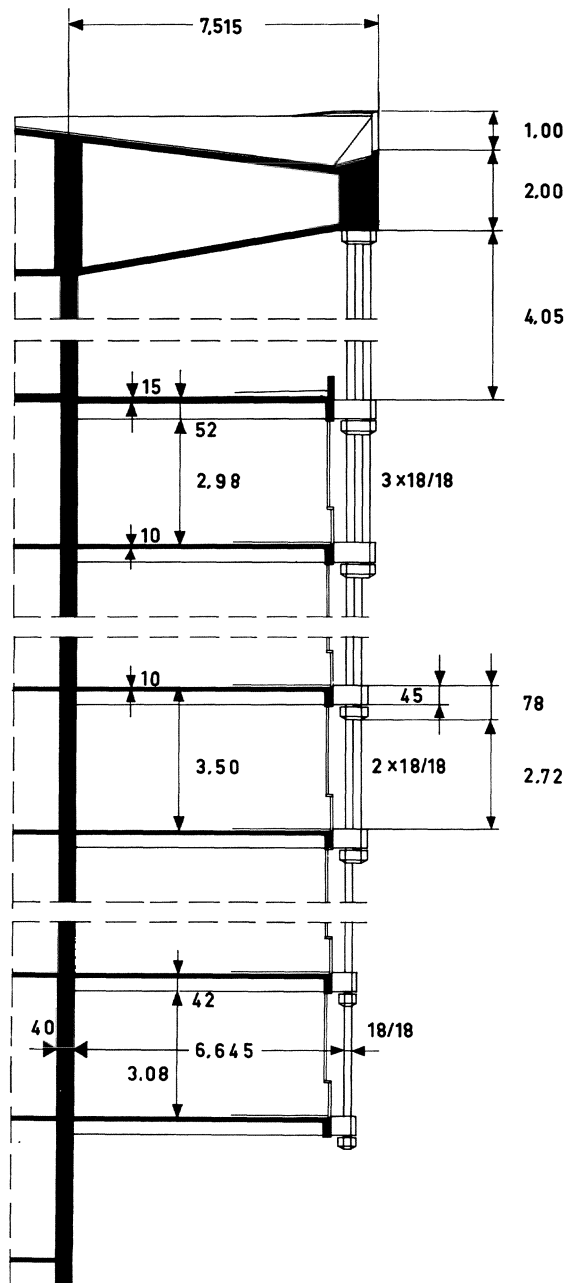


Abb. 5. Die Hängesäulen des Rathauses Marl in Westfalen

Die vorzuspannenden Hängesäulen der Turmbauten des Rathauses Marl i. Westf. waren in geschoßhohen Einzelteilen vorzufertigen (Abb. 5, S. 6). Die große Zahl der gleichen Stücke sicherte den Erfolg der Serienfertigung. Die später beschriebene statische Wirkungsweise erforderte jedoch an den Säulenköpfen kapitalartige Vorsprünge, die in verschiedenen Geschossen mit einem dem Stützenquerschnitt entsprechenden Durchbruch zu versehen waren. Zur Vereinfachung der Schalungsformen wurden die Kapitäle und die Schäfte getrennt hergestellt. So konnten die Rütteltische die Schäfte in Batterien zu je 5 Einzelteilen auf engem Raum zusammengefaßt übernehmen. Auch die getrennte Herstellung der Kapitäle vereinfachte sich durch dieses Verfahren.

Die so vorgefertigten Einzelteile wurden mit einer Schicht aus Kunststoff und Quarzmehl zusammengefügt. Dazu wurden sie auf einer Bühne achsgerecht hintereinander aufgestellt, wobei die Schäfte auf Rollen verschieblich gelagert waren (Abb. 6). Ein Rohr, dessen äußerer Durch-

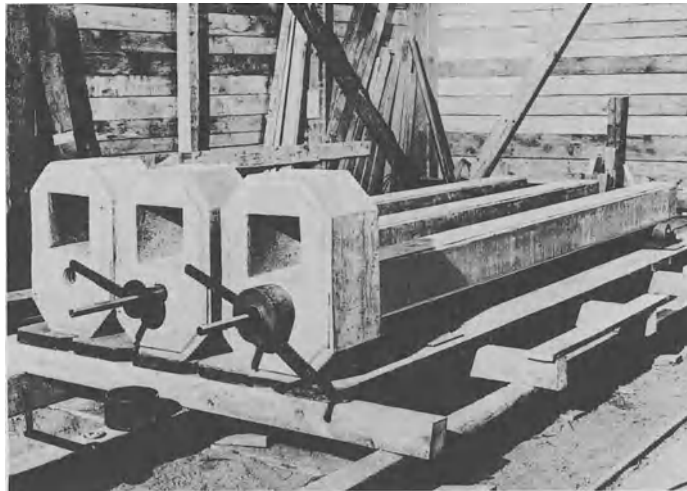


Abb. 6. Rathaus Marl. Die Verbindung der Schäfte mit den Kapitälern

messer der Weite des für die spätere Vorspannung angelegten Kanals entsprach, sicherte die axiale Führung beim Zusammenpressen, und ein durch dieses Rohr geführter, am Ende mit einer Schraubenmutter versehener Rundstahl übertrug beim Anziehen der Mutter die erforderliche Preßkraft auf die Einzelteile.

In ähnlicher Weise wurden die Stahlbetonstützen für den Lehrtrakt der Pädagogischen Hochschule in Ludwigsburg hergestellt. Zur Anwendung des Hubdeckenverfahrens waren die 18 m hohen Stützen mit dem einheitlichen Querschnitt von 50 cm/50 cm in einem Stück vorzufertigen und zu montieren. Vom Architekten war gefordert, daß alle vier Seiten die gleiche Struktur des Sichtbetons zeigten. Deshalb wurden die Stützen in geschoßhohen

Einzelteilen im Werk aufrechtstehend betoniert und auf der Baustelle nach dem oben beschriebenen Verfahren in waagerechter Lage auf Rollen gleitend zusammengefügt. Hierbei sicherten seitliche, genau ausgerichtete Stahlpfosten die Geradeführung (Abb. 7). Mit Rücksicht auf die Montagezustände erhielten die Stützen eine Vorspannung.



Abb. 7. Pädagogische Akademie Ludwigsburg. Vorrichtung zum Zusammenpressen der Kunstharzfugen zwischen den vorgefertigten Teilstücken der 18 m langen Stützen

Eine Anwendung der dünnen Polyesterschichten beim Zusammenfügen der vorgefertigten Teilstücke von Biegeträgern zeigt das folgende Beispiel der Dachbinder, die 33 m weit die Räume der Sporthalle und der Schwimmhalle des städtischen Sportleistungszentrums in Wuppertal überspannen.

Gestalt und Abmessungen dieser Träger zeigt Abb. 8, S. 9. Die Achsen haben Abstände von 7,5 m. In den Stegen liegen 4 Spannbündel für Spannkraften von je 120 Mp, und außerdem liegt an den Außenkanten der unteren Flansche je ein 50-Mp-Bündel.

Ein Fertigteilwerk stellte die Binder in 3 Teilstücken her. Dabei wurden die Spannkäule mit Hüllrohren freigehalten, in die nach dem Zusammenbau die Spannbündel gefädelt wurden. Während die Einzelteile noch auf dem Boden ruhten, wurden die Anschlußflächen grundiert. Sodann trug die Spachtel die 3 mm dicke, mit Quarzmehl gemischte Kunstharzschicht auf (Abb. 9, S. 10). Die so vorbereiteten Stücke setzte der Kran mit einem lichten Zwischenraum von nur einem Zentimeter auf die in den Fugengebieten montierten Stahlgerüste. Zur Führung dienten dabei die später in Abschnitt 2.1.4 beschriebenen Montageböcke (Abb. 10, S. 10). Hierauf wurde das oberste Spannglied eingefädelt und vorgespannt, so daß die Fuge sich schloß und die Kunstharzschicht zusammengepreßt wurde. Da die beiden äußeren