

Zeitschrift: IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH
Kongressbericht

Band: 6 (1960)

Artikel: Generalbericht

Autor: Wästlund, Georg

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-6995>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 08.07.2025

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

Béton armé et béton précontraint
Stahlbeton und Spannbeton
Reinforced and Prestressed Concrete

V

Structures composées préfabriquées
Bauweise aus Fertigteilen
Prefabricated Structures

V a

Moyens d'assemblage
Verbindungsmittel
Connection Methods

V b

Redistribution due au fluage des efforts intérieurs
Kräfteumlagerung durch Kriechen
Redistribution of Stresses Due to Creep

Generalbericht

GEORG WÄSTLUND
Professor Dr., Stockholm

Fertigteile haben im Brückenbau sowie auch bei der Errichtung von Industriebauten und Wohnhäusern in beträchtlichem Ausmaß, zumal während des letzten Jahrzehnts, Verwendung gefunden.

In einer Übersicht der diesem Kongreß vorgelegten Fragen kann es angebracht sein, die Fragestellungen in ihrem Zusammenhang zu betrachten. Einige der Fragen, die bei der Anwendung der Fertigteile besonders aktuell sind, werden daher im folgenden berührt.

Einleitend sei bemerkt, daß das Wort «Fertigteile» einen Begriff bezeichnet, dessen Sinn fraglich ist. Soll man etwa verlangen, daß ein Fertigteil zum Zeitpunkt der Lieferung von einer Fabrik an die Baustelle eine Festigkeit erreicht haben muß, die von ihm als einem fertigen Bestandteil des Bauwerkes gefordert wird, also z. B. eine Festigkeit, die einer normalen Nachbehandlungsdauer von 28 Tagen entspricht? Oder soll man lediglich fordern, daß der

Fertigteil eine solche Festigkeit erreicht hat, daß er befördert werden kann? Wie man diese Fragen auch beantwortet, so kann man jedenfalls sagen, daß es Sache des Konstrukteurs (oder des Herstellers) ist, über folgende Punkte Auskunft zu erteilen: erstens muß er angeben, auf welche Weise man den betreffenden Fertigteil heben und befördern soll; zweitens muß er mitteilen, welche Festigkeit erforderlich ist, damit der Fertigteil befördert werden kann. Diese Fragen verdienen Beachtung auch deswegen, weil man entscheiden muß, wer dafür verantwortlich sein soll, daß die Festigkeit des Fertigteils im fertigen Bauwerk hinreichend groß sein wird.

Die Sicherheitsfrage wird im Rahmen des Themas IV auf diesem Kongreß behandelt. Es muß aber auch in diesem Zusammenhang betont werden, daß die Sicherheit beim Befördern und Heben der Fertigteile außerordentlich wichtig ist, und zwar aus folgenden Gründen. Erstens hat es sich gezeigt, daß die einbetonierten Anschlußstähle sich zuweilen lockern, weil der Beton eine genügende Festigkeit nicht erreicht hat. Zweitens hat man hin und wieder beobachtet, daß die Anschluß- oder Tragstähle während der Beförderung mehrmals verformt werden und später abbrechen mit dem Ergebnis, daß der betreffende Bauteil hinunterfallen und Schaden anrichten kann. Auf den Werkstoff der Tragstähle und auf ihre Behandlung während der Beförderung und des Zusammenbaues ist daher genau zu achten.

Eine andere Sicherheitsfrage besonderer Art hängt mit der elastischen Stabilität der Bauteile zusammen. Diese Frage ist vor allem beim Heben der Fertigteile, aber auch im fertigen Bauwerk aktuell. Dieses Problem wurde neulich in einer Schrift von LEBELLE [1] behandelt. Der Verfasser weist darauf hin, daß allerlei mögliche Ungenauigkeiten in der Ausführung der Fertigteile dabei eine große Rolle spielen. Als Beispiele derartiger Ungenauigkeiten führt er die Fälle an, wo der Steg eines Trägers in dessen Längsrichtung schwach gebogen ist oder wo der Steg sich verzieht, d. h. von der theoretischen Mittelebene ungleichförmig abweicht. Unvorsichtigkeit beim Handhaben der Fertigteile kann auch Kippung zur Folge haben.

Bei der Fertigteilbauweise muß man an die Maßhaltigkeit der Fertigteile in der Regel höhere Ansprüche stellen als dies im Ortbetonbau üblich ist. Daraus ergibt sich, daß die Genauigkeit, Steifigkeit und Haltbarkeit der Schalungen für die Fertigteile entsprechend strengere Forderungen erfüllen müssen. Ferner muß man dafür sorgen, daß zwischen der Maßhaltigkeit, die bei der Herstellung der Fertigteile in der Fabrik gefordert wird, und der Genauigkeit beim Einhalten gewisser Maße auf der Baustelle beiderseitige Übereinstimmung herbeigeführt wird.

Die *Verbindungs mittel* zwischen den Fertigteilen im Bauwerk sind als ein überaus wichtiges Problem zu betrachten. Die Schlußfolgerungen zum Thema VIa auf dem Kongreß der IVBH in Lissabon enthalten u. a. folgende Bemerkungen: «Die Erfahrung bei ausgeführten Konstruktionen zeigt, daß die Verbindung zwischen vorfabrizierten Elementen sehr gefährlich sein kann und

sogar zu Einstürzen führt. Solche Verbindungen müssen oft noch verbessert werden, um monolithische Konstruktionen zu erhalten.» Diese Frage soll auf dem Stockholmer Kongreß näher erörtert werden; siehe weiter unten.

Eine andere wichtige Frage, die insbesondere zur Diskussion steht, ist die *Kräfteumlagerung durch Kriechen*. In den erwähnten Schlußfolgerungen der Lissaboner Tagung wurde gleichfalls betont, daß es dringend nötig ist, diese Frage durch weitere Forschungen zu klären. Die diesbezügliche Stelle der Schlußfolgerungen hat folgenden Wortlaut: «In Eisenbetonkonstruktionen, bei denen verschiedene Teile des Querschnitts zu verschiedenen Zeitpunkten betoniert werden, finden bedeutende Spannungsumlagerungen statt, die auf das Schwinden, Kriechen und die plastische Verformung im Beton und bis zu einem gewissen Grade auch im Stahl zurückzuführen sind. Ähnliche Probleme treten beim vorgespannten Beton wie auch bei den Verbundkonstruktionen auf. Diese Einflüsse wurden in den letzten Jahren untersucht, und ihre Berechnung ist nun in vielen Fällen möglich. Eine weitere grundlegende Erforschung der Art und Größe des Kriechens und der plastischen Verformung beider ist jedoch notwendig.» Siehe weiter unten.

Verbindungsmittel

Die Festigkeit und die Steifigkeit der Verbindungsmittel kennzeichnen in hohem Grade die fertige Konstruktion.

In ihrer primitivsten Form wird die Verbindung dadurch zustande gebracht, daß die Fertigteile einfach aufeinander gelegt werden. Eine Konstruktion, die in dieser Weise aufgebaut wird, ist gegen Überlastung und gegen wechselnde Seitenkräfte empfindlicher als ein monolithischer Bau. Außerdem kann unter ungünstigen Umständen eine solche Konstruktion schrittweise einstürzen, wenn ein einziger tragender Teil beschädigt wird.

Das beste Verbindungsmittel ist dasjenige, das eine monolithische Wirkungsweise der Konstruktion gewährleistet. Solche Verbindungsmittel sind grundsätzlich erstrebenswert. In der Regel muß man aber auf diese Forderung bis zu einem gewissen Grade verzichten. Das bedeutet, daß die Verbindungen als schwache Stellen der Konstruktion zu betrachten sind.

Bei einer Konstruktion aus Fertigteilen, die durch schwache Verbindungsmittel zusammengehalten werden, spielen Exzentrizitäten aller Art, sowohl bei den Fertigteilen selbst wie auch bei deren Zusammenfügung und beim Kraftangriff, eine viel größere Rolle als bei einem monolithischen Bau. Dadurch können zusätzliche Spannungen von erheblicher Größe entstehen, während solche Spannungen bei einer monolithischen Konstruktion gewöhnlich vernachlässigt werden können. Ferner bilden sich zusätzliche Spannungen infolge der Spannungsumlagerungen, die allmählich entstehen, wenn die Fertigteile an Ort und Stelle mit Hilfe des Ortbetons miteinander verbunden werden.

Ähnliches kommt auch bei reinen Ortbetonkonstruktionen vor. Schwache Stellen können außerdem auch deswegen auftreten, weil der Frischbeton, der an Ort und Stelle hergestellt wird, sich im Verhältnis zu den Fertigteilen setzt und mit einer gewissen Verzögerung schwindet. Dies kann zur Rißbildung führen, und der Verbund zwischen altem und neuem Beton wird mangelhaft. Die Erhärtung des Ortbetons kann auch durch ungünstige Witterung, z. B. durch niedrige Temperatur, verzögert oder beeinträchtigt werden. Es ist wichtig, daß diese Umstände bei der Gestaltung der Verbindungsmittel berücksichtigt werden. Es muß möglich sein, einen der Vorteile der Bauweise mit Fertigteilen auszunutzen, der darin besteht, daß man dabei im großen und ganzen unabhängiger von der Witterung als bei den älteren, traditionellen Verfahren sein kann, indem man die Arbeiten zum größten Teil in die Fabriken verlegt.

Es kann oft schwierig sein, die Ausführung der Verbindungen zu *kontrollieren*. Das liegt an der Gestaltung der Verbindungsmittel und auch daran, daß sie in kleinsten Räumen zusammengedrängt werden. Es dürfte aber möglich sein, diese Schwierigkeit zu überwinden, wenn die Arbeiter sich darin üben können, wie man den Bau nach bestimmten vorgeschriebenen Verfahren ausführen soll.

Man sollte in jedem Einzelfall genau erwägen, wie weit man vom Sicherheitsstandpunkt aus in den Forderungen, die an eine monolithische Verbindung gestellt werden, zu gehen braucht. Je größer diese Forderungen, desto verwickelter die Ausführung, desto höher die Kosten und desto länger die Arbeitsdauer.

Die gesammelten Erfahrungen und die ausgeführten Versuche bieten eine Grundlage, auf der man eine Reihe von *ausführlichen* Empfehlungen oder Forderungen, die sich auf die Gestaltung der Verbindungsmittel beziehen, aufstellen kann. Diese Fragen wurden von mehreren Verfassern in den zwei Bänden behandelt, die von den internationalen Kongressen für Bauten aus Fertigteilen in Dresden 1954 und 1957 herausgegeben wurden («Die Montagebauweise mit Stahlbetonfertigteilen und ihre aktuellen Probleme»). Eine umfassende Aufstellung und Erörterung solcher ausführlichen Forderungen ist W. HERRMANN [2] zu verdanken.

E. LEWICKI [3] hat einige *allgemeine* Forderungen zusammengefaßt, denen die Verbindungen entsprechen müssen, und eine schematische Gliederung der verschiedenen Arten von Verbindungen angegeben, die im folgenden angeführt ist:

«Die Verbindungen müssen folgende Forderungen erfüllen:

1. Einwandfreie Aufnahme der Schnittkräfte.
2. Wirtschaftliche Vorfertigung der Teile.
3. Einfacher Transport und Stapelung der Teile.
4. Einfache Montage, besonders Vermeidung behelfsmäßiger Unterstützungen.
5. Standsicherheit auch im Montagestadium.

6. Schnelle Kraftschlüssigkeit zur beschleunigten Freimachung der Montagegeräte.

Die verschiedenen in der ganzen Welt in Anwendung befindlichen Verbindungen sind:

I. Solche, die kein Biegemoment aufnehmen können:

1. Reibung.
2. Dollen.
3. Verschraubung durch Stahl-Schraubenbolzen.

II. Verbindungen, die Biegemomente aufnehmen können:

4. Verbolzung mittels Stahlbetonbolzen.
5. Herausstehende Bewehrungsschleifen.
6. Überdeckung herausstehender Bewehrungsstäbe und nachträgliches Einbetonieren derselben.
7. Verschweißung herausstehender Stahlteile, und zwar:
 - 7.1. Bewehrungsstäbe.
 - 7.2. Formstahl- oder Stahlblechteile, die mit der Bewehrung verschweißt sind.
8. Verschraubung herausstehender Stahlteile, die mit der Bewehrung verschweißt sind.
9. Keilverbindung.
10. Vorspannung.»

Von den oben aufgezählten Verbindungen dürfte man die *Fugen* unterscheiden können, die beim Zusammenbau von Platten und Wänden aus Fertigteilen entstehen. Von solchen Fugen kann man z. B. fordern, daß sie imstande sein sollen, Schnittkräfte zu übertragen, die senkrecht auf die Fuge oder parallel zu ihrer Längsrichtung wirken. Man kann ferner fordern, daß diese Fugen luft- und gasdicht (luftschalldicht) sein und keine störenden Risse bilden sollen.

Die ausführliche Ausarbeitung der Empfehlungen für Verbindungen der Fertigteile und der an diese Verbindungen zu stellenden Forderungen scheint eine geeignete Aufgabe für einen Arbeitsausschuß der IVBH zu sein.

Kräfteumlagerung durch Kriechen

Die Spannungsumlagerungen, auf die in dem vorhin angeführten Auszug aus den Schlußfolgerungen der Lissaboner Tagung hingewiesen wird, sind diejenigen, die in demselben bewehrten Querschnitt entstehen, welcher aus Betonen verschiedenen Alters und mit verschiedenen Eigenschaften zusammengesetzt ist.

Die Überschrift dieses Abschnittes, «Kräfteumlagerung durch Kriechen», hat aber einen etwas weiteren Sinn. Sie bezieht sich erstens auf die Spannungsumlagerungen in einem aus Fertigteil und Ortbeton zusammengesetzten Querschnitt mit oder ohne Einwirkung einer äußeren Last oder einer aufgezwungenen Verformung (Fall 1). Sie bezieht sich zweitens auf diejenigen zeitlichen Spannungsumlagerungen in einer Konstruktion, die eine Änderung ihrer Wirkungsweise zur Folge haben. Bei den Änderungen letzterer Art kann man wiederum zwei Fälle unterscheiden. Erstens haben wir den Fall, in dem eine gegebene Last während einer langen Zeit auf eine Konstruktion wirkt (Fall 2). Zweitens haben wir den Fall, wo eine gegebene Verformung der Konstruktion aufgezwungen wird (Fall 3).

Es besteht kein Zweifel darüber, daß beträchtliche Spannungsumlagerungen in den Fällen 1 und 3 stattfinden. Diese Spannungsumlagerungen sind durch eine rheologische Eigenschaft der Baustoffe Beton und Stahl bedingt, die unter dem Namen der Spannungsrelaxation bekannt ist.

Dagegen ist es fraglich, ob z. B. bei einer statisch unbestimmten Konstruktion der Fall 2 irgendwie aktuell ist, d. h. ob eine nennenswerte Spannungsumlagerung in einer solchen Konstruktion unter der Einwirkung einer konstanten Last im Laufe der Zeit eintritt. In schlanken Konstruktionen, die exzentrisch auf Druck beansprucht sind, z. B. Säulen oder Platten, können die zusätzlichen Momente, welche durch die Durchbiegung verursacht werden, infolge langzeitiger Verformungen vergrößert werden.

Die Fragen, um die es sich hier handelt, sind sehr schwierig. Ihr grundsätzliches Anwendungsgebiet liegt weit außerhalb des Rahmens, der lediglich durch die Fertigteil-Bauweise umrissen ist. So begegnet man z. B. denselben Fragen bei allen Arten von vorgespannten Betonkonstruktionen sowie auch bei Verbundkonstruktionen. Will man zur Klärung dieser Fragen schreiten, so muß man von den rheologischen Eigenschaften der Baustoffe ausgehen.

Die rheologischen Eigenschaften des Betons wurden auf einem von der RILEM veranstalteten Symposium in München im November 1958 behandelt. Die Beiträge zu diesem Symposium werden in den RILEM-Bulletins 1959 laufend veröffentlicht. Die rheologischen Eigenschaften des Betons lassen sich schematisch in folgende drei Gruppen gliedern: a) elasto-viskose Verformungen bei einer konstanten oder veränderlichen Spannung, b) plastische Verformungen, die bei einer konstanten, einen gewissen Schwellenwert überschreitenden Spannung von den im Baustoff auftretenden Mikrorissen verursacht werden, und c) Spannungsrelaxation bei aufgezwungener Verformung.

Die rheologischen Eigenschaften sind in hohem Grade von der Zusammensetzung und dem Alter des Betons sowie auch vom Zeitpunkt abhängig, wo die Spannung oder die Verformung dem Beton aufgezwungen wird. Ferner werden diese Eigenschaften von den Feuchtigkeitsverhältnissen im Betonkörper und in der umgebenden Luft beeinflußt. Die Zeitfunktionen sind außerdem noch von den Abmessungen des Betonkörpers abhängig.

Die Relaxationseigenschaften des Stahls spielen gleichfalls eine verhältnismäßig große Rolle in diesem Zusammenhang. Diese Rolle wurde zum Teil auf einem anderen Symposium der RILEM in Liège im Juli 1958 erörtert («RILEM Symposium on Special Reinforcements for Reinforced Concrete and on Prestressing Reinforcements»). Die Beiträge zu diesem Symposium wurden in einem Sammelband herausgegeben.

Schließlich dürfte auch der eigentliche *Verbund* zwischen Beton und Stahl ähnliche rheologische Eigenschaften aufweisen. Soweit bekannt ist, weiß man aber noch nichts darüber.

Demgemäß scheint es, daß man einen großen Gewinn davon haben kann, daß Baustoff-Forscher und Statiker engere Fühlung miteinander nehmen. Es dürfte daher eine wichtige Aufgabe für einen aus Materialforschern und Statikern bestehenden Arbeitsausschuß sein, die verfügbaren Kenntnisse, Erfahrungen und Ergebnisse von statischen Berechnungen miteinander in Einklang zu bringen, damit man zu gewissen Schlußfolgerungen gelangen kann, die auf verschiedene Arten von Konstruktionen anwendbar sind.

Kongreßbeiträge

C. FERNANDEZ CASADO beschreibt in seinem Beitrag die Ausführung einiger sehr großer eingeschossiger Industriebauten und behandelt insbesondere die Einzelheiten der Gestaltung von Verbindungen der Fertigteile. Der Verfasser betont namentlich, daß es notwendig ist, die Standsicherheit des Tragwerkes gegen Seitenkräfte sowohl im Montagestadium als auch im fertigen Zustand zu gewährleisten. Er zeigt u. a. wie man die Standsicherheit während verschiedener Montagestufen an kleinen Modellen der betreffenden Bauten untersuchen kann.

T. KONCZ berührt in seinem Beitrag schematisch die verschiedenen Tragsysteme, die für mehrgeschossige Industriebauten aus Betonfertigteilen verwendet werden können. Ferner macht der Verfasser mehrere ausführliche Vorschläge für die Gestaltung der Verbindungen und stellt Betrachtungen über die Bedingungen an, unter denen das eine oder das andere Verbindungsmittel zweckmäßig verwendet werden kann.

H. RÜHLE gibt in seinem Beitrag eine umfassende Übersicht des Problems der Zwängungsspannungen infolge Kriechens und Schwindens bei aus Stahlbetonfertigteilen hergestellten Konstruktionen und seine praktische Bedeutung.

Aus einer Zusammenfassung des Verfassers sei folgendes angeführt:

«Der Beitrag beschäftigt sich zunächst mit den Dauerspannungen und Formänderungen, welche bei Konstruktionen bestehen bleiben, die nach Verlegen vorgefertigter Elemente zu Tragsystemen biegefest oder gelenkig verbunden werden. Bekanntlich treten infolge Kriechens und Schwindens des Betons Schnittkraftumlagerungen auf, deren praktische Auswirkungen gezeigt

werden. Es wird auf die grundlegenden theoretischen Betrachtungen darüber kurz eingegangen und Ergebnisse verschiedener Arbeiten gegenübergestellt.»

Der Verfasser behandelt auch eingehend ein Bausystem, das in diesem Generalbericht vorhin nicht erwähnt wurde und das dadurch gekennzeichnet wird, daß man «nur teilweise das Bauwerk vorfertigt, indem man Fertigteile montiert und dann durch bauseitig eingebrachten Beton ergänzt».

Die grundlegenden theoretischen Betrachtungen, von denen der Verfasser ausgeht, fußen in der Hauptsache auf den *Dischingerschen* Formeln. Es wäre sehr interessant festzustellen, ob und inwiefern die Erkenntnisse der neueren Materialforschung zu Ergebnissen führen, die von den erwähnten theoretischen Betrachtungen abweichen.

Schließlich behandelt G. HERRMANN in seinem Beitrag theoretisch die Einwirkung des Kriechens des Betons auf die Instabilität der auf Druck beanspruchten Platten. Dabei nimmt er an, daß das Kriechen (die elasto-viskosen Verformungen) bei konstanter Spannung durch eine Funktion ausgedrückt werden kann, die mit der *Dischingerschen* Formel grundsätzlich übereinstimmt. Der Verfasser gelangt zu dem Ergebnis, daß, wenn die Last den Wert, welcher der elastischen Knickung bei kurzzeitiger Belastung entspricht, unterschreitet, aber einen gewissen Schwellenwert überschreitet, die Knickung nach einer gewissen, längeren oder kürzeren Zeit («Lebensdauer») eintritt.

Zur weiteren Klärung dieser Frage wäre es zweckmäßig, die neueren Errungenschaften der Materialforschung heranzuziehen, um die Zunahme der zusätzlichen Momente als Funktion der Zeit bei Säulen und Platten zu untersuchen, die mit gewissen Unvollkommenheiten, z. B. Krümmung oder außermittige Belastung, behaftet sind.

General Report

Prefabricated elements have been used in the construction of bridges, industrial buildings, and dwelling houses to a substantial extent, especially during the past decade.

In a survey of the questions to be studied at this Congress, it may be of interest to consider the statements of problems in their mutual relations. Accordingly, some of the problems which appear to be particularly urgent in connection with the use of prefabricated elements are touched upon in what follows.

To begin with, it may be noted that the meaning of the term “prefabricated elements” is debatable. Is it to be stipulated, for instance, that a prefabricated element, such as it is at the time of delivery from a factory to a building site,