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

Band: 10 (1976)

Artikel: Sicherheit und Stabilität von Elementen und Bauwerken

Autor: Schmidt, Horst

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-10396

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: 14.01.2026

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

Sicherheit und Stabilität von Elementen und Bauwerken

Safety and Stability of Elements and Structures

Sécurité et stabilité des éléments et des constructions

HORST SCHMIDT
Prof. Dr.-Ing.
Institut für Stahlbeton
Forschungszentrum des
VEB Betonleichtbaukombinat
Dresden, DDR

1. Zum Begriff der Sicherheit und Stabilität

Das enorme Tempo, das in der Entwicklung der Bautechnik eingetreten ist, hat das Problem der Sicherheit der Bauwerke neu gestellt. Die alte empirische Anschauung von der "absoluten Sicherheit" muß durch eine wissenschaftlich begründete Sicherheitstheorie abgelöst werden.

Über diese technisch-philosophische Grundfrage des Bauwesens ist in den vergangenen Jahren bereits eine umfangreiche Arbeit geleistet worden, wie viele dazu durchgeführte wissenschaftliche Veranstaltungen und das starke Anwachsen der Zahl von Aufsätzen zu dieser Problematik in der Literatur beweisen. Die IVBH hat daran entsprechend ihrer Aufgabenstellung einen großen Anteil, wie dies u.a. das bedeutende Thema "Sicherheit" des VIII. Kongresses /1/, das umfangreiche Symposium "Über neue Aspekte der Tragsicherheit und ihre Berücksichtigung in der Bemessung" /2/ und das kritische Podiumsgespräch im Rahmen des Symposiums "Bemessung und Sicherheit von Stahlbeton-Druckgliedern"/3/ veranschaulichen. Erwartungsgemäß konnte diese entscheidende Frage noch nicht durch eine allseits abgeklärte, einheitliche neue Sicherheitstheorie ausreichend anwendungsreif beantwortet werden. Dies hat neben den objektiven Schwierigkeiten, die insbesondere in der wegen des stochastischen Charakters komplizierten Bereitstellung exakter Angaben für die strenge mathematische Behandlung zu suchen sind, Ursachen in der Vielfalt der praktischen Auswirkungen, weil sich dafür nicht nur die Bauschaffenden, sondern die gesamte Gesellschaft verantwortlich interessiert /4/.

Deutlich erkennbar ist, daß die Sicherheit der Bauwerke mehr und mehr mit Hilfe der wirklichkeitsnahen stochastische Einflüsse berücksichtigende Methoden errechnet wird und die bisher üblichen nur deterministisch orientierten Betrachtungsweisen zurückgedrängt werden. Der bereits von vielen Ländern angenommene ISO-Standard /5/, an dessen Entwurf auch die IVBH mitgewirkt hat, liefert dafür

einen Beweis. Von einer umfassenden Anwendung der Zuverlässigkeitstheorie für die Vorausbestimmung der Sicherheit der Bauwerke sind wir heute jedoch weit entfernt, weil diese Theorie zum Nachweis einer festgelegten Bestands-bzw. Versagenswahrscheinlichkeit eine sehr komplizierte und aufwendige mathematische Behandlung mit umfangreichen teilweise kaum zu bewältigenden statistischen Erfassungen erfordert. Die weitgehendste Annäherung an diese Theorie, wie sie u.a. in der heute bereits angewandten teilprobabilistischen Methode der Berechnung nach Grenzzuständen zum Ausdruck kommt, bleibt jedoch das Hauptziel.

Im Vergleich zu dem Begriff der Sicherheit, wo eine Vielzahl von objektiven und subjektiven technischen, ökonomischen und philosophischen Faktoren mitwirken, wird mit dem Begriff der Stabilität nur ein rein technisches Teilgebiet der Sicherheit umrissen. Seine besondere Herausstellung kann mit der für die Sicherheit eines Bauwerkes erstrangigen Frage nach der Standsicherheit der Konstruktion begründet werden. Stabilität bedeutet, daß das Element oder Bauwerk unter allen möglichen Beanspruchungen, die im Verlauf der Herstellung, des Transportes, der Montage und der Nutzung einwirken "stabil", d.h. standfest bleiben muß.

Im Rahmen des Unterthemas VIa sollen nicht die allgemeinen Fragen und Aspekte der Sicherheit vordergründig behandelt werden. Entsprechend dem Hauptthema wird erwartet, daß zu den speziellen Problemen, die sich mit der Anwendung der Betonfertigteil-Bauweise ergeben (im Folgenden teilweise angedeutet), Untersuchungsergebnisse, Erfahrungen und Lösungen mitgeteilt und diskutiert werden. Die Methode der Berechnung nach Grenzzuständen mit aufgeteilten Faktoren ermöglicht es, diese Besonderheiten explizit zu erfassen und in die Sicherheitsbetrachtung direkt mit einzubeziehen. Damit wird auch ein Beitrag zur Schaffung einer neuen Sicherheitstheorie geleistet.

2. Sicherheit und Stabilität von Betonfertigteilen

Die Frage nach der Sicherheit und Stabilität von bewehrten Betonelementen wird aus folgenden Gründen in Erweiterung der Fragestellung für das monolithische Bauwerk aufgeworfen:
Während des Herstellungsprozesses, des Transportes und des Einbaues der Betonelemente dürfen
- keine Menschenleben gefährdet werden;
- keine Ausrüstungen, wie Fertigungsaggregate, Formen, Transportfahrzeuge, Hebemittel u.a. zerstört oder beschädigt werden;
- keine Beschädigungen, ungewollte bleibende Verformungen oder Brüche der Fertigteile eintreten, die einen Einbau ausschließen.

Die ausreichend fundierte Beantwortung dieser Frage ist mit den bisherigen allgemeingültigen Ergebnissen über Sicherheit und Stabilität von Baukonstruktionen nicht allein möglich. Weitgehendere Überlegungen über die auftretenden und anzunehmenden Beanspruchungen und die aus den unterschiedlich zu bewertenden Auswirkungen auch unterschiedlich festzulegenden Sicherheiten gegen eine ungewollte Gefahr sind dazu notwendig.

2.1. Bei der Herstellung

Für die Sicherheit und Stabilität des aus Fertigteilen errichteten Bauwerkes ist es notwendig, daß das Betonelement mit seinen Baustoffeigenschaften und seiner inneren und äußeren Geometrie dem im Projekt geforderten Werten innerhalb eines Toleranzbereiches entsprechen muß, um die volle Funktionstüchtigkeit im Bauwerk zu gewährleisten.

Änderungen von bewehrten Betonelementen auf der Baustelle sind gar nicht oder nur bedingt mit erheblichem Aufwand möglich. Die Prüfung aller Eigenschaften auf der Baustelle ist nicht nur sehr beschwerlich, sondern vielfach technisch-ökonomisch nicht möglich. Die zerstörungsfreien Prüfmethoden zur Messung der Betoneigenschaften und zur Fixierung der Lage der Bewehrung sind noch sehr ungenau bzw. sehr zeit- und kostenaufwendig. Die Überprüfung der Vorspannung ist fast überhaupt nicht möglich.Selbst die genaue Ermittlung der äußeren wesentlichen Abmessungen bereitet oft erhebliche unliebsame Erschwernisse auf der Baustelle.

Ein beachtlicher Vorteil der Fertigteilbauweise ist es aber, daß in einer stationären industriell organisierten Fertigungsstätte durch Anwendung eines geschlossenen Qualitätssicherungssystems die Toleranzen in den geometrischen Abmessungen und die Streuungen der Betoneigenschaften soweit eingegrenzt werden können, damit diese günstigen Aspekte bei der Bewertung der Sicherheit in einer Form einfließen, die direkt zur Verbesserung der Ökonomie der Bauaufgabe führt. Das Qualitätssicherungssystem schließt alle Maßnahmen auf technischem, organisatorischem, kadermäßigem und ökonomischem Gebiet ein, die der Beherrschung des Produktionsprozesses zur qualitätsgerechten Produktion dienen. Dabei bilden die Qualitätsentwicklung, die Qualitätssicherung und die Qualitätskontrolle eine Einheit. Grundlage bilden hierbei staatliche Vorschriften, wie z.B. in der DDR die ASMW-VW 1184 /6/ über deren Grundprinzipien Wahl /7/ berichtet oder in der BRD die DIN 1084 /8/, die Grimm /9/ erläutert.

In der DDR ist seit 1970 eine Vorschrift über den Nachweis der Betondruckfestigkeit mit Hilfe statistischer Qualitätskontrolle /10/ gültig, die es den Betonwerken erlaubt in Abhängigkeit von der in ihrer Mischstation nachgewiesenen Standardabweichung die anzustrebende mittlere Betonfestigkeit für die im Projekt geforderte Rechenfestigkeit selbst zu bestimmen. Der wirtschaftliche Vorteil, durch eine geringere Streuung den Zementeinsatz reduzieren zu können, liegt hier offen auf der Hand, wie in Bild 1(nächste Seite) erkennbar.

Zur Kontrolle der äußeren Geometrie der Betonfertigteile besteht die Tendenz zur Entwicklung spezieller z.T. automatisierter Meßplätze. Entwicklungen der UdSSR stellt Neumann /11/ vor. Eine automatisierte Anlage zur Kontrolle der Abmessungen beliebig im Raum angeordneter Fertigteile befindet sich im Institut für Stahlbeton Dresden in der Entwicklung. Mittels eines Tastfühlers werden die Umrisse des Fertigteiles festgestellt, mit den vorprogrammierten Solldaten verglichen und das Ergebnis auf einer Kontrollkarte ausgedruckt. Mit der Auswertung dieser laufenden Kontrollmessungen werden statistische Angaben über Toleranzen gewonnen, die eine weitere genauere Aussage über wirklich vorhandene Querschnitte, Eigengewichte, Auflagerflächen usw. erlauben, um sie künftig in die Sicherheitsbetrachtungen direkt mit einzubeziehen.

Als ein erstes Problem zur Diskussion im Rahmen dieses Themas stellt sich damit folgende Frage:

> Wie können die erhöhten Qualitätssicherungen bei der Herstellung der Betonfertigteile in die Sicherheitskonzeptionen eingebaut werden, damit wirtschaftliche Vorteile ohne Herabsetzung der Gesamtsicherheit des aus Fertigteilen errichteten Bauwerkes eintreten ?

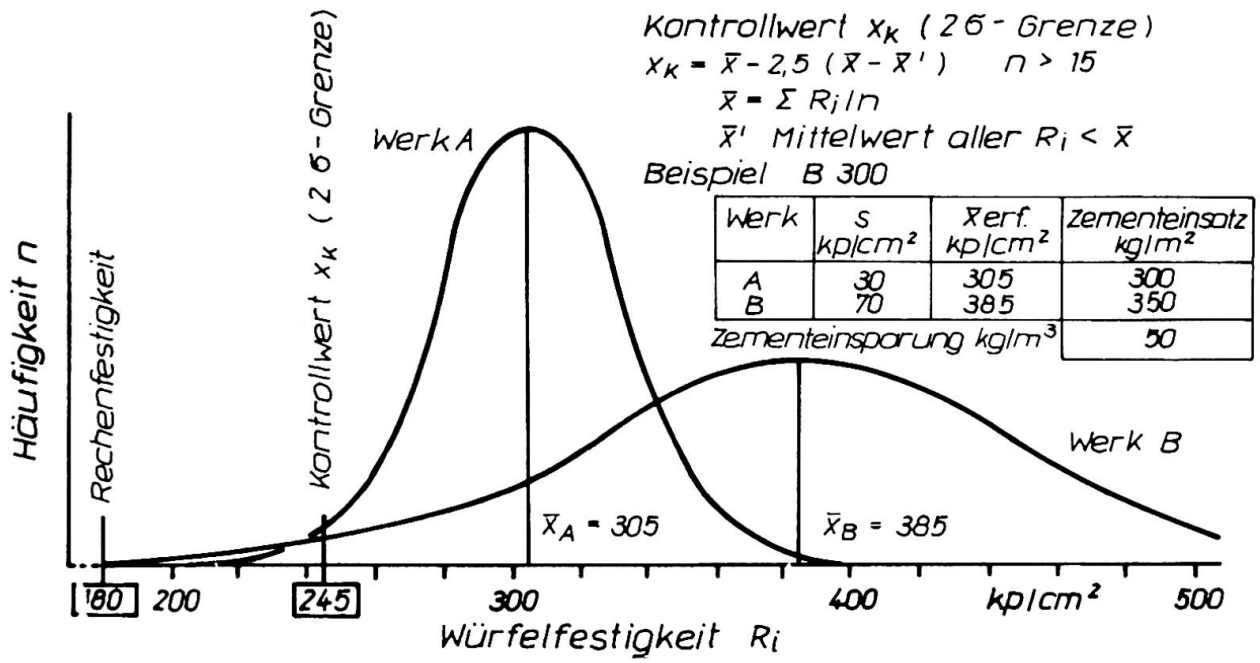

Bild 1 Erforderlicher Mittelwert der Betonfestigkeit B 300 zur Einhaltung der Kontrollfestigkeit nach DAMW-VW 968 /10/ bei Standardabweichungen s = 30 kp/cm² und 70 kp/cm²

Im Herstellungsprozeß wird das Betonfertigteil bereits vielfältigen Beanspruchungen unterworfen,obwohl die Betonfestigkeit als Funktion der Erhärtungszeit und des Erhärtungsregimes noch nicht den 28-Tage-Normwert erreicht hat. So wirken beim Ausschalen, beim Abheben von der Form, bei der Einleitung der Vorspannug und durch Temperatur- oder Schwindverformungen Kräfte, deren genauere Kenntnis ebenso wie die zum Belastungszeitpunkt vorhandene Betonfestigkeit die Grundlage für eine wirtschaftlich optimale Sicherheit darstellen.

Die vorliegenden umfangreichen Untersuchungen zur Verteilungsfunktion der Betonfestigkeit gehen von den 28 Tagefestigkeiten aus. Es ist jedoch anzunehmen, daß die Frühfestigkeiten nicht den gleichen statistischen Verteilungsgesetzen und insbesondere die Beziehungen der Druckfestigkeit zur Rißfestigkeit, Verbundfestigkeit und dem Elastizitätsmodul nicht mit den 28 Tagewerten korrespondieren. Diese Beziehungen der Frühfestigkeiten werden gleichzeitig durch die Methoden der Erhärtungsbeschleunigung z.B. Warmbehandlung bestimmt. Im Institut für Stahlbeton Dresden wurde z.B. für die 1 Tagefestigkeit warmbehandelter Betone eine Standardabweichung der Betonfestigkeit von 46 bis 72 % der Standardabweichung der 28 Tagefestigkeit festgestellt.

Grundsätzlich unterschiedliche Auffassungen gibt es auch zur erforderlichen Betonfestigkeit zum Zeitpunkt der Eintragung der Vorspannung bei Fertigteilen mit sofortigem Verbund. Die Vorschriften /12/ /13/ fordern generell 80 % der 28 Tagefestigkeit als Mindestwert, die Vorschrift der UdSSR /14/ verlangt ausgehend von der Sicherheit des Verbundes in Abhängigkeit von den Stahlarten und der Betonklasse eine Mindestfestigkeit von 140 bis 300 kp/cm² und die Vorschrift der USA /15/ schreibt die erforderliche Umspannfestig-

keit indirekt vor,indem zulässige Zug- und Druckbeanspruchungen als Funktion der tatsächlich vorhandene Umspannfestigkeit vorgegeben werden. Die zulässige Druckbeanspruchung ist dabei mit 0,6 Rp der Umspannfestigkeit relativ höher als die nach Aufbringen aller Lasten mit 0,45 Rp. Ausgehend von den zulässigen Spannungen in /12/ und der Beachtung der Festigkeitsstreuung des Betons, ist in der DDR eine Umspannfestigkeit von 0,62 bis 0,70 R_{28} als Mindestwert bei statistischer Qualitätskontrolle zugelassen.

Damit ergeben sich folgende diskussionswerte Probleme:

Auf welches Minimum kann der Sicherheitsabstand zwischen den speziellen Beanspruchungen der Betonfertigteile im Herstellungsprozeß und der von den zeit- und prozeßabhängigen Betonfestigkeiten bestimmten Tragfähigkeit reduziert werden, um damit einen wirtschaftlich optimalen Fertigungsprozeß zu gestalten ?

Welche Umspannfestigkeiten sind für Betonfertigteile aus sicherheitstheoretischer und wirtschaftlicher Sicht optimal ?

2.2. Beim Transport und der Lagerung

Die Beanspruchung, die Betonfertigteile während des Transportes oder bei der Lagerung erfahren,sind durch folgende Besonderheiten charakterisiert:

- Die Betonfestigkeit hat vielfach noch nicht den 28-Tage-Normwert erreicht.
- Der Angriff der Einzelkräfte aus den Anschlagmitteln erfolgt an anderen Stellen und in einer anderen Art wie die Stütz- und Verbindungskräfte im eingebauten Zustand des Fertigteiles.
- Die Lage der Fertigteile und damit die Wirkung der Eigengewichtslasten ist häufig stark abweichend vom Einbauzustand ebenso wie die Stützkräfte der Transportfahrzeuge und bei der Zwischenlagerung.
- Der Beanspruchungszustand ist stets relativ kurz aber durch dynamische Kräfte beeinflußt.

Diesen besonderen Beanspruchungen muß bei ausreichender Sicherheit unter Beachtung der folgenden Prämisse entsprochen werden:

- Frühestmöglicher Transport, um die Formen und Fertigungslinien optimal auszunutzen.
- Möglichst keine zusätzlichen Bewehrungen vorsehen, die nur für den kurzfristigen Transport und Lagerprozeß erforderlich sind.

Das Anschlagen der Betonfertigteile und die Form der Anschlagmittel sind ganz entscheidend für die Beanspruchung bei bestimmten Transportvorgängen. Bekannt sind einbetonierte Transportösen, speziell angeordnete Aussparungen für den Transport, einbetonierte Schraubhülsen oder andere Verbindungsmittel und das Anschlagen mit Klemmzangen, Vakuumhebern und anderen Transportmitteln, die keinerlei zusätzliche konstruktive Ausbildungen für den Transport am Betonfertigteil erforderlich machen. Greifen wir als Beispiel die Tragöse heraus. Wie muß eine solche Tragöse ausgebildet sein und nach welchen Gesichtspunkten kann sie berechnet werden. In der DDR wurden als Grundlage der Vorschrift über Tragösen /16/ Versuche entsprechend Bild 2 durchgeführt und als Kriterium zur Festlegung der zulässigen Last einschließlich eines Massenkraftfaktors die bleibende Verformung des Schenkelabstandes gewählt.

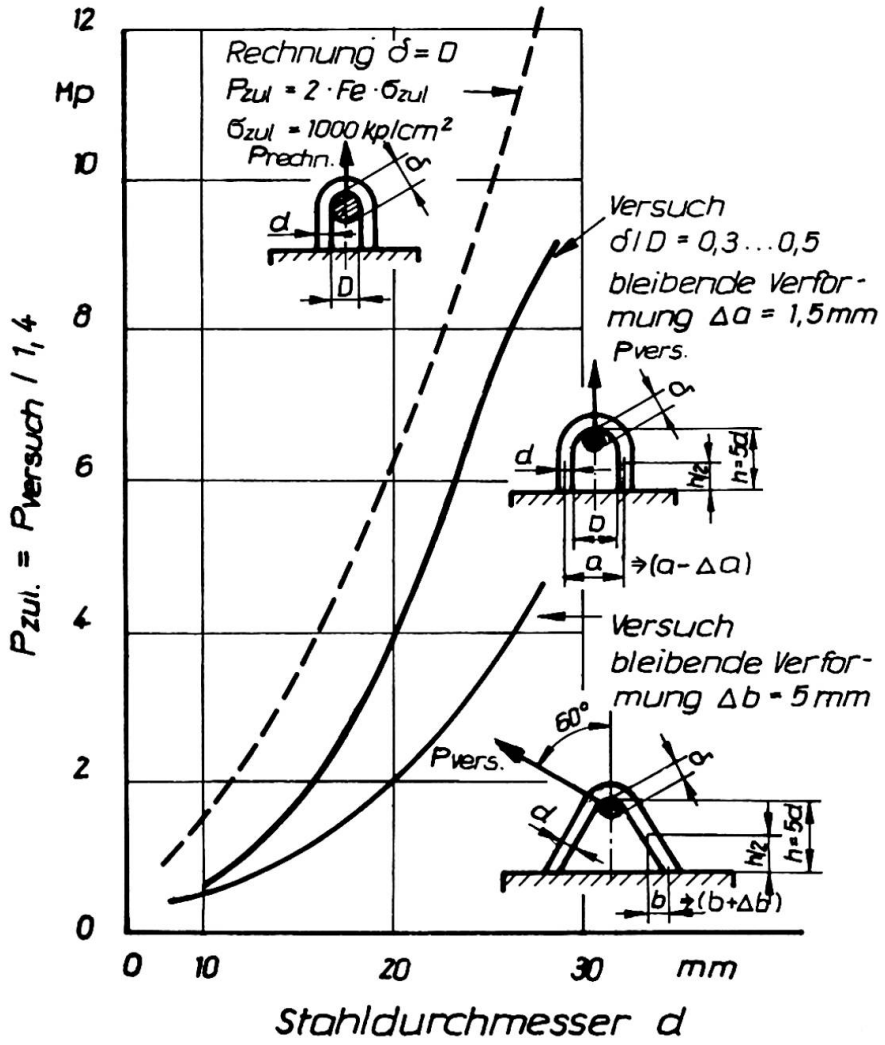

Bild 2

Zulässige Traglasten für Tragösen nach /16/ als Funktion der bleibenden Verformung der Schenkel (Versuchsergebnisse) St A I mit σ_s=2400 kp/cm^2

Ein weiteres Problem ist somit:

Welche Forderungen hinsichtlich konstruktiver Durchbildung und notwendiger Sicherheiten sind an die Einbauteile zu stellen, die speziell für den Transport vorgesehen sind ?

Von Bedeutung ist dabei, ob z.B. mittels einer Traverse nur vertikale Kräfte angreifen oder ob mittels Schrägseilzug auch horizontale Kräfte das Betonfertigteil beanspruchen, wie überhaupt Angriffspunkt und -richtung die Sicherheit entscheidend beeinflussen. Untersuchungen über den Stabilitätszustand von Betonfertigteilen im Transportzustand sind deshalb für viele Fälle unbedingt erforderlich. So ist das Problem des Knickens, Kippens und Beulens von schlanken, hohen oder großflächigen Fertigteilen gerade für die Transportvorgänge zur Beurteilung der Sicherheit von allergrößtem Interesse. Der Bereitstellung von Berechnungsmethoden zur Seitenstabilität von stabförmigen Baugliedern wird daher in letzter Zeit erhöhte Aufmerksamkeit geschenkt /17/ /18/ /19/ /20/ /21/ /22/. Dabei besteht auch hier die Problematik in der Festlegung der erforderlichen Sicherheit bei fortschreitender Kenntnis des Werkstoffverhaltens. Gleichzeitig werden Maßnahmen z.B. Montageverspannung /23/ und Hilfstraversen /24/ zur Beherrschung dieses kritischen Zustandes ohne zusätzliche Aufwendungen am Bauelement vorgeschlagen.

Hieraus läßt sich folgende Frage ableiten:

Welche Festlegungen und Sicherheitsforderungen sind auf Grund welcher Untersuchungen zum Knicken, Kippen und Beulen von Betonfertigteilen im Transportzustand in die Bauvorschriften aufgenommen worden oder welche theoretischen oder Versuchsergebnisse können in einer für die praktische Anwendung aufbereiteten Form dazu bereitgestellt werden ?

Der rollende Transport auf Schiene oder Straße erzeugt Schwingungen und Stöße, die insbesondere beim Rangieren oder auf der unebenen Baustraße beachtliche Größen erreichen. Ledderboge und Danilow /25/ geben bei loser Zweipunktauflagerung von Balken eine Erhöhung des Biegemomentes um das 3,5-fache an. In der Praxis wird daher die dynamische Transportbeanspruchung durch elastische Zwischenlagen, Verspannungen oder spezielle Pufferkonstruktionen /26/ reduziert. Allgemein werden diese Beanspruchungen im Entwurf nur grob abgeschätzt und nach Durchführung des Transportes erfolgt eine augenscheinliche Beurteilung hinsichtlich aufgetretener Risse oder anderer ungewollter Beschädigungen /27/.

Es wird deshalb die Frage nach quantitativen Meßwerten über derartige Transportbeanspruchungen, die als Grundlage einer genaueren Bemessung dienen können, gestellt.

2.3. Bei der Montage

Der Montagezustand verlangt eine besonders sorgfältige Durchdringung aller möglichen Beanspruchungszustände unter Beachtung einer ausreichenden Standsicherheit der einzelnen Abschnitte bis zur Fertigstellung des Gesamtbauwerkes. Im Gegensatz zur monolithischen Bauweise, mit ihren kontinuierlichen festen Verbindungen der Bauwerksteile, ist die Fertigteilbauweise durch Verbindungen der Einzelelemente charakterisiert, die im Montagezustand oft anders wirken als im späteren Gebrauchszustand oder die prinzipiell beweglich ausgebildet sind. Hierbei ist zu beachten, daß die Beanspruchungen infolge Wind und die Wirkung nur der Eigenmasse zu ungünstigen Lastkombinationen führen können, worauf Tümler /28/ hinweist. Grundsätzlich ist der Montageaussteifung besondere Aufmerksamkeit zu schenken.

Unter der Voraussetzung, daß das gewählte statische System und die angenommenen einwirkenden Kräfte während der einzelnen Montageabschnitte zutreffend sind, ist die Frage zu stellen, ob die rechnerische Sicherheit, konkret das Verhältnis des unteren Grenzwertes des Widerstandes zum oberen Grenzwert der Beanspruchung, kleiner als im Gebrauchszustand sein kann, da der Montagezustand relativ kurz (keine Einflüsse aus der Dauerbeständigkeit) und die Auswirkungen einer unvorhergesehenen Unterschreitung dieser Sicherheit in der Regel geringer als im Gebrauchszustand sind. Durch früher erkennbare größere Verformungen oder Rißbildungen können mögliche Bruchgefahren beseitigt, einzelne Fertigteile noch ausgewechselt oder verstärkt werden. Dies ist für die wirtschaftliche Durchführung der Montage z.B. mit besonderen Montageaussteifungen u.a. vorübergehender Maßnahmen von großer Wichtigkeit. Vielfach wird diese Frage von vornherein verneint mit der Begründung, daß im Bau- und Gebrauchszustand grundsätzlich die gleichen Sicherheiten gegen eine Gefährdung von Menschenleben gelten müssen. In einigen Vorschriften sind solche Festlegungen getroffen, wie z.B. in der DIN 1045 /29/, wo der Sicherheitsbei-

wert γ_M für den Montagezustand bei Biegung und Biegung mit Längskraft auf 1,3 abgemindert werden kann. Die internationalen Richtlinien zur Berechnung und Ausführung von Bauwerken des CEB-FIP /30/ sehen prinzipiell auch diese Möglichkeit vor.

Es soll deshalb hier die folgende Frage zur Diskussion gestellt werden:

> Können die rechnerischen Sicherheiten im Montagezustand für einzelne Elemente, Abschnitte und das gesamte Bauwerk geringer angesetzt werden als für den späteren Gebrauchszustand?

Die Verbindungen der Fertigteile erfordern bereits im Montageablauf eine sorgfältige Einschätzung ihrer Wirkungsweise, weil häufig nur eine stufenweise Herstellung dieser erst im Gebrauchszustand voll funktionierenden Verbindungen erfolgt. Bekannt sind die übergreifenden Anschlußeisen, die erst mittels Ortbeton eine kraftschlüssige Verbindung herstellen; Schweißverbindungen mit speziell einbetonierten Anschlußteilen oder Verschraubungen, die sofort voll oder teilweise tragfähig ausgeführt werden können; Verbindungen mittels Spanngliedern und andere, eine Übersicht hierzu gibt Rehm /31/.

Will man die Tragfähigkeit der Betonfertigteile im Bau voll ausschöpfen, so dürfen die Verbindungen nicht als "schwache Stellen" der Konstruktion diesem Bestreben entgegenwirken. Es folgt daraus, daß die Sicherheit und Wirtschaftlichkeit eines Bauwerkes aus Betonfertigteilen sehr entscheidend von der zweckmäßigsten Konstruktion dieser Verbindungen und ihrer unkomplizierten Ausführbarkeit bei der Montage abhängig sind. Die Einflüsse auf die Widerstandsfähigkeit dieser Fertigteilverbindungen während der Montage sind vielfältig. Es sind dies die Produktions- und Montageungenauigkeiten, die Festigkeiten des Vergußbetons oder anderer Vergußmassen, die Qualität der Schweiß- und anderer sofort kraftschlüssiger Verbindungen und die Witterungseinflüsse. Gleichzeitig gewinnen Verbindungslösungen bei der Herstellung von Fertigteilen aus verschiedenen Baustoffen wie z.B. Mehrschichtwandplatten an Bedeutung /32/ /33/. Für die Verbindungen gibt es in den einzelnen Ländern auf der Grundlage umfangreiche experimenteller Arbeiten z.B. /34/ /35/ /36/ /37/ (siehe auch Bild 3) eine Vielzahl von Zulassungen und Vorschriften z.B. /38/. In den meisten Fällen werden die experimentellen Ergebnisse durch Division mit einem Sicherheitsbeiwert zwischen $\gamma = 3$ und 5 für die Praxis in Form zulässiger Werte aufbereitet /39/.

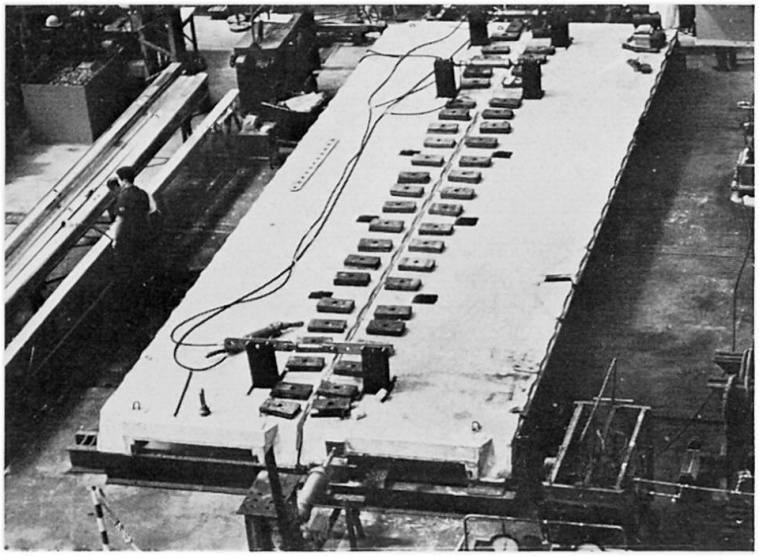

Bild 3

Erprobung der Scherfestigkeit der Fugen von 2,25 x 12 m π-Dachplatten /40/ zwecks Anwendung als schubsteife Dachscheibe /41/

Für die Weiterentwicklung der Verbindungen im Hinblick auf die Sicherheit des Gesamtbauwerkes erscheint es notwendig, daß auch für dieses wichtige Konstruktionsdetail auf statistischer Grundlage beruhende Sicherheitsbetrachtungen(z.B. Beck /42/ und Struck /43/)angestellt werden.

Folgende Frage wird deshalb gestellt:

Welche Untersuchungsergebnisse an ausgeführten Bauwerken zur Wirkungsweise im Montage- und Gebrauchszustand und zur Dauerbeständigkeit der Fertigteilverbindungen können zur Qualifizierung der Sicherheitsbeurteilung mitgeteilt werden ?

3. Sicherheit und Stabilität von Bauwerken aus Betonfertigteilen

Die in den letzten Jahrzehnten mit dem Bauen von Betonfertigteilen gewonnenen Erkenntnisse erlauben die Feststellung, daß die Bauwerke aus Betonfertigteilen bei Nutzung dieser vorliegenden Erfahrungen in gleicher Weise sicher hergestellt werden können, wie Ortbetonkonstruktionen. Man hat gelernt, die Bauelemente derart zu einem Ganzen zusammenzufügen, daß die anfänglichen Befürchtungen, die "schwachen Verbindungen" könnten zu einer Stabilitätsminderung führen, die eine größere Unsicherheit hervorruft, nahezu ausgeräumt werden konnten. Für verschiedene Bauwerksarten haben sich bestimmte in der Praxis bewährte statisch-konstruktive Systeme herausgebildet, die erfahrungsgemäß eine ausreichende Sicherheit gewährleisten.

Über die mit diesen Systemen gesammelten verallgemeinerungsfähigen positiven und negativen Erfahrungen, wie sie beispielsweise für eine Auswahl in den folgenden Abschnitten angedeutet werden, soll im Rahmen dieses Unterthemas berichtet und beraten werden.

3.1. Eingeschossige Gebäude

Die Hauptelemente, die den Hallenkonstruktionen die Standsicherheit gewährleisten, sind in der Regel: in Hülsenfundamente eingespannte Stützen in Verbindung mit gelenkig aufgelagerten Bindern, Dach- und Wandscheiben sowie gesondert angeordnete Portale zur Längsaussteifung insbesondere bei Kranbahnen in Industriehallen.

Die Ausbildung einer schubsteifen Dachscheibe, wie dies in einfacher Weise mit großflächigen mit den Obergurten der Binder verbundenen Dachplatten möglich ist, verleiht diesen Konstruktionen eine relativ große Stabilität. Die Einbindung der Außenwände in die Längsaussteifung ist nichtso einfach, da die von den einzelnen Wandelementen infolge Temperaturänderungen hervorgerufenen relativen Bewegungen eine starre Verbindung mit den Stützen ausschließen. Die diesen Fertigteilkonstruktionen innewohnenden Systemreserven werden zur Verfeinerung der Berechnung immer besser genutzt. Auf der Basis der Arbeit von Benkert /44/ kann nach der DDR-Vorschrift TGL 0-1045 /45/ die Knicklänge von eingespannten Hallenstützen entsprechend Bild 4 um 25 % verringert werden, wenn die Dachbinder mittels Mörtelfuge $\leq$ 25 mm Dicke auf den Stützenköpfen verlegt sind.

Die Abweichung der Lagerungsbedingungen von den Annahmen der Statik hinsichtlich der Lasteintragung und der Beweglichkeit können dagegen zum Abbau der Sicherheit führen. Hierbei wirken sich vor allen Dingen Verformungen aus Temperatur, Schwinden und Kriechen negativ aus und bedingen Auflagerschäden /46/ oder Schäden an den angrenzenden Bauteilen.

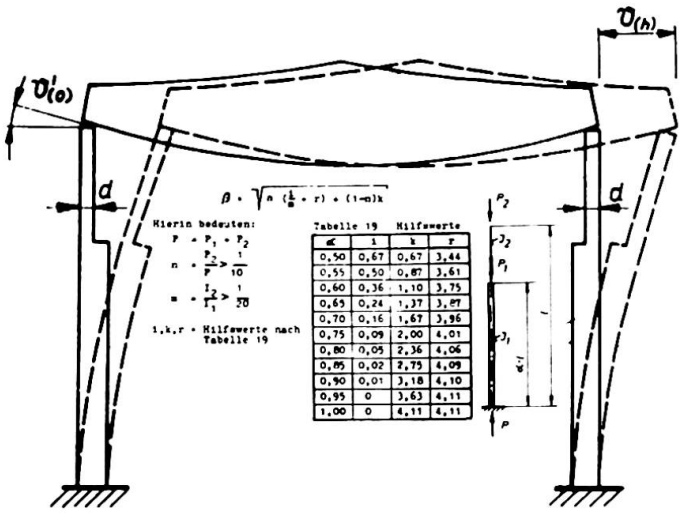

Bild 4
Ermittlung der Knicklänge eingespannter Hallenstützen /45/

Zur Diskussion ergeben sich folgende Probleme:

Welche Berechnungsmethoden werden zur Erfassung der Systemreserven von eingeschossigen Gebäuden benutzt ?

Können Meßergebnisse über praktische Abweichungen von definierten Lagerbedingungen und daraus abgeleitete Verallgemeinerungen zur Qualifizierung der Berechnung mitgeteilt werden ?

3.2. Mehrgeschossige Gebäude

Für mehrgeschossige Gebäude aus Betonfertigteilen existieren eine große Anzahl von statisch-konstruktiven Systemen. Grundsätzlich kann in Skelett- und Wandbauweise getrennt werden jenachdem, ob die stabförmigen Stützen- und Riegelelemente in Verbindung mit den Deckenplatten das tragende Gerüst bilden oder ob vertikale Wandscheiben zusammen mit horizontalen Deckenscheiben die Aussteifung und Lastabtragung übernehmen. Da sich diese beiden Bauweisen in ihrer Gestaltung der Fertigteile und ihrer Verbindungen wesentlich unterscheiden,werden sie getrennt behandelt, obwohl auch Beispiele bekannt sind, bei denen in einem Bauwerk beide Systeme gekoppelt wurden.

3.2.1. Skelettbauweise

Die Ausbildung biegesteifer Knoten, wie dies im Ortbeton der Regelfall ist, führt in der Fertigteilbauweise zu großen Aufwendungen. Es wurden deshalb Systeme für die statisch-konstruktive Durchbildung gewählt, die weitgehend gelenkige Verbindungen erlauben. Als Grundprinzip hat sich die Ausbildung von steifen Wandscheiben in Quer- und Längsrichtung oder zusammengefaßt zu einem biegesteifen Kern herausgeschält. An diese meist im Inneren des Gebäudes angeordneten Aussteifungen werden die ringsherum angeordneten Bauwerksteile in Form von steifen Deckenscheiben, gelenkigen Riegeln und Stützen angebunden. Vielfach werden auch Stützen als Fertigteile über mehrere Geschosse durchgehend angeordnet. Es ist einleuchtend, daß die Stabilität und Sicherheit eines solchen mehrgeschossigen Skelettbaues von der zweckmäßigen Wahl des statischen Systems und der konstruktiven Durchbildung der Verbindungen entscheidend abhängt.

Schäfer /47/ hat erste Ergebnisse einer allgemeinen Schadensanalyse im Stahlbeton dargelegt. Als häufigste primäre Schadensur-

sachen wurden u.a.zu hohe Beanspruchung durch Temperatur, Schwinden und Kriechen des Betons und Bewegungsbehinderung durch unwirksame Gleitschichten und Dehnungsfugen festgestellt. Dies trifft auch auf den Fertigteilbau zu, wie dies langjährige Anwendungserfahrungen in der DDR bestätigen (Bild 5). Grundsätzlich sind die Auswirkungen einer nicht idealen Lagerung der Fertigteile (Auflagertiefe, Verdrehungsbehinderung, Eintragung von Zugkräften, Dehnungsbehinderung) und die Auswirkungen der Schnittkräfte aus der Systemwirkung des Gebäudes zu untersuchen. Dabei ist der Anordnung der Dehnfugen unter Berücksichtigung der Starrheit der Aussteifungskerne besondere Aufmerksamkeit zu schenken.

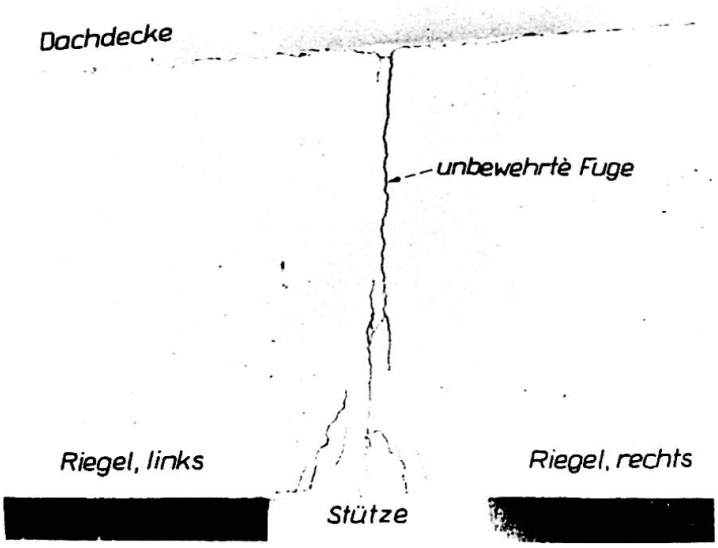

Bild 5 Rißbildung am Knoten Stütze-Riegel durch Temperatur und Dehnungsbehinderung

Für den Skelettbau wird infolge des plastischen Verformungsvermögens des Stahlbetons mit steigender statischer Unbestimmtheit die Versagenswahrscheinlichkeit reduziert /48/. Im Fertigteilskelettbau ist in der Regel die statische Unbestimmtheit durch die zweckmäßige Ausbildung von gelenkigen bzw. nur teileingespannten Verbindungen im Vergleich zum monolithischen Betonbau wesentlich geringer und damit diese Systemreserve nur bedingt nutzbar. Dem steht eine höhere Fertigungsqualität der Einzelelemente positiv entgegen. Für die Schnittkraftermittlung sind jedoch Abweichungen von den Idealisierungen des statischen Systems, z.B.außerplanmässige Abweichungen der Stützen von der Systemlinie /49/, teilweise Einspannung der Stützen u.a. zu berücksichtigen.

Zur Diskussion werden damit folgende Fragen aufgeworfen:

Mit welchen sicherheitstheoretischen Methoden werden Abweichungen vom zugrunde gelegten idealisierten statischen System im Fertigteilskelettbau erfaßt ?

Welche Erfahrungen liegen hinsichtlich der Erfassung der Wirkungen von Schwinden und Kriechen sowie Temperaturänderungen im Fertigteilskelettbau vor ?

3.2.2. Wandbauweise

Die hauptsächlich für den industriellen Wohnungsbau entwickelte Wandbauweise, anfänglich für 5-geschossige Gebäude entwickelt, wird heute für Gebäude mit über 20 Geschossen angewendet (Bild 6).

Die aussteifenden Quer- und Längswände verleihen diesen Bauwerken in Verbindung mit den Deckenscheiben eine relativ große Stabilität, wenn die Verbindungen der einzelnen Wand- und Deckenelemente miteinander und untereinander ausreichend sicher konstruiert und ausgeführt werden.

Bild 6 Wohnhochhaus mit 24 Geschossen in Plattenbauweise /50/

Der Massencharakter dieser Gebäudekategorie hat dazu geführt, die Berechnung ständig zu verfeinern, um bei ausreichender Sicherheit geringsten Materialeinsatz für die tragenden und aussteifenden großflächigen Betonfertigteile zu ermöglichen. So ist deutlich der Trend erkennbar, die räumliche Tragwirkung dieser Zellengebilde der statischen Untersuchung zugrunde zu legen. Bekannt sind die Berechnungen mit dem Ersatzsystem nach Rosmann /51/, die Methode mit äquivalenten Rahmen oder Stabsystemen /52/ und neuerdings die Anwendung der finiten Elemente /53/. Die Genauigkeit dieser Berechnungsmethoden, d.h. wie wirklichkeitsnah die danach ermittelten Schnittkräfte und Verformungen sind, wird entscheidend von den getroffenen Annahmen über die Wirkungsweise der Fugen bestimmt. Ein besonderes Problem ist hierbei die Vertikalscheibenausbildung und -wirkungsweise. Die Ausbildung von profilierten Vertikalfugen gestattet die Betrachtung der Wandscheibe als monolithisches Bauteil, während bei glatter Fuge jeder Einzelstreifen nur für sich wirkt. Hierzu wurden zahlreiche Versuche und theoretische Untersuchungen durchgeführt, u.a. /54//55/ /56/ /35/ /36/. Für die Einbeziehung der nichtliniaren Einflüsse, die bei diesen räumlichen Faltwerken erst zur Beschreibung der wirklichen Verhältnisse führen, sind noch weitere Grundlagen über die plastischen Verformungen, das Rißverhalten und die Interaktionsbeziehungen zwischen Schub- und Normalkräften in den Fugen bereitzustellen.

Daraus folgt die Fragestellung:

Mit welchen Berechnungsmethoden auf der Basis welcher experimenteller Ergebnisse wird der wirkliche Spannungs-, Verformungs- und Bruchzustand des aus Decken- und Wandelementen mit Durchbrüchen zusammengefügten Bauwerkes als Grundlage der Sicherheitsbetrachtung mit der größten Annäherung ermittelt ?

Wieweit stehen Grundlagen bereit, um eine umfassende Berechnung dieser Raumzellengebäude nach der nichtliniaren Theorie mit Erfolg durchführen zu können ?

Für die praktische Berechnung der Plattenbausysteme wurden in den einzelnen Ländern spezielle Vorschriften aufgestellt u.a./57/ /58/ /59/, die neben gesicherten Annahmen für die Berechnung auch konstruktive Maßnahmen zur Sicherung einer großen Dauerbeständigkeit umfassen. Das Europäische Betonkomitee -CEB- hat gleichfalls erste Empfehlungen für Großtafelbauten erarbeitet /60/ /61/. Das Einsturzunglück am Ronan Point, einem 22-stöckigen Plattenbau, in London 1968 infolge einer Gasexplosion hat die Frage der Kettenreaktion bei Ausfall eines Baugliedes als spezielle Fragestellung der Sicherheit und Stabilität aufgeworfen und zu einer Reihe von Änderungen der nationalen Vorschriften geführt, die Manleitner /59/ andeutet. Grundsätzlich besteht Übereinstimmung, daß eine fort-

schreitende Zerstörung durch Bruch eines Wandelementes möglichst auszuschließen bzw. ihre Auswirkung klein zu halten ist.

Hieraus ergibt sich die Frage:

Ist im rechnerischen Standsicherheitsnachweis generell der Ausfall einer oder mehrerer Wandplatten zu berücksichtigen oder reichen gegebenenfalls experimentell erprobte konstruktive Maßnahmen (z.B. Anordnung von Verbindungsbewehrungen) zur Vermeidung von Kettenreaktionen aus ?

3.3. Brücken

Für Brückenbauwerke aus Stahl- und Spannbetonfertigteilen sind folgende zwei Ausführungen typisch

- Balken über die gesamte Stützweite, die nebeneinanderliegend die Brückenbreite bilden und
- einzelne Querschnittssektionen, die im freien Vorbau oder in selteneren Fällen auf Hilfsrüstungen aneinandergespannt die Brückenlänge ergeben.

Brücken, die mittels ein Feld überspannender Fertigteilträger ausgeführt werden, bedürfen eines sorgfältigen Nachweises hinsichtlich der Querverteilung der Lasten und ihrer Wirkungen /62/. Häufig wird deshalb eine Ortbetonplatte, die gleichzeitig als Fahrbahnplatte dient, ausgeführt /63/ /64/ bzw. werden die einzelnen Balken durch Quervorspannung, insbesondere für Eisenbahnbrücken, zusammengefügt /65/ oder die Querverteilung erfolgt nur durch spezielle Längsfugenausbildungen /66/. Die dynamischen Verkehrslasten und die klimatischen Umwelteinflüsse, die bei einem Brückenbauwerk nahezu auf alle Tragglieder direkt einwirken, erfordern zur Aufrechterhaltung der Sicherheit und Stabilität eine dauerbeständige Verbindung der Fertigteile. Mit der Wirkungsweise verschiedener Fugenausbildungen bei Anwendung von Quervorspannung und ohne Quervorspannung für Balkenreihenbrücken bei statischer und dynamischer Belastung hat sich Spaethe /66/ experimentell auseinandergesetzt. Neben konstruktiven allgemeingültigen Schlußfolgerungen stellt Spaethe fest, daß ein zuverlässiger Nachweis der Tragfähigkeit infolge der komplizierten Spannungsverhältnisse nur experimentell möglich ist. Bei ausreichend erprobten Verbindungslösungen im Fertigteilbrückenbau gibt es, wenn man von den im Abschnitt 2 behandelten Problemen absieht, keine anderen Sicherheits- und Stabilitätsprobleme, als bei ganz aus Ortbeton hergestellten Brücken.

Es wird deshalb folgende Frage gestellt:

Können positive und negative Erfahrungen über die Dauerbeständigkeit des die Lastverteilung in Querrichtung sichernden Verbundes der Fertigteilträger angegeben werden ?

Für Brücken, die mittels Querschnittssektionen im Freivorbau oder auf Hilfsrüstungen hergestellt werden, werfen die Fugen zwischen diesen Fertigteilsektionen eine zusätzliche Frage zur Sicherheit in Ergänzung der allgemeinen Sicherheits- und Stabilitätsbetrachtungen monolithisch ausgeführter Brücken auf. Über die Ausbildung dieser Querfugen sind u.a. in /67/ /68/ /69/ Ausführungen enthalten. Es stellt sich nach jahrelangem praktischen Einsatz die Frage, ob sich die Annahmen über die dauerbeständige Wirkung dieser Querfugen in Brücken voll bestätigt haben.

Es wird deshalb gefragt:

Können Untersuchungsergebnisse mitgeteilt werden über die Dauerbeständigkeit der Wirkung von Querfugen zwischen solchen Brückenfertigteilen, die als Querschnittssektionen montiert wurden.

3.4. Sonstige Bauwerke

Die Fertigteilbauweise kommt weiter im Wasserbau /70/, im Tiefbau, bei Sportbauten /71/ /72/ und bei vielen anderen Bauaufgaben häufig zur Anwendung. Jede dieser Fertigteilkonstruktionen hat spezifische Sicherheits- und Stabilitätsbedingungen zu erfüllen. Es werden deshalb Beiträge erwartet, die verallgemeinerungswürdige Erfahrungen über die Sicherheits- und Stabilitätsprobleme solcher Fertigteilbauwerke mitteilen.

Literaturverzeichnis

/ 1/ Vor- und Schlußbericht zum VIII. Kongreß der IVBH New York 1968. Zürich: Sekretariat der IVBH.

/ 2/ Vor- und Schlußbericht zum Symposium "Über neue Aspekte der Tragwerksicherheit und ihre Berücksichtigung in der Bemessung". London 1969. Zürich: Sekretariat der IVBH

/ 3/ Einführungs-, Vor- und Schlußbericht zum Symposium "Bemessung und Sicherheit von Stahlbeton-Druckgliedern". Québec 1974. Zürich: Sekretariat der IVBH.

/ 4/ Schneider, J.: Grundsätzliches zum Sicherheitsbegriff sowie Elemente einer Sicherheitsnorm für Tragwerke. Bericht Nr. 51. Basel/Stuttgart: Birkhäuser-Verlag 1974.

/ 5/ Internationaler Standard ISO 2394 General principles for the verification of the safety of structures. First edition 1973.02.15. Genf 1973

/ 6/ ASMW-Vorschrift Warenprüfung 1184/01-/06 Qualitätssicherung in der Betonfertigteilindustrie. Ausg. Juni 1974. Amt für Standardisierung, Meßwesen und Warenprüfung, Berlin

/ 7/ Wahl, G.: Probleme der Qualitätskontrolle konstruktiver Betonerzeugnisse. Baustoffindustrie. Reihe B, Berlin (1972) 4

/ 8/ DIN 1084 Güteüberwachung im Beton- und Stahlbetonbau. Ausg. 1973. Beuth-Vertrieb, Berlin (W)/Köln/Frankfurt(M)

/ 9/ Grimm, G.: Die Güteüberwachung im Betonwerk. Betonwerk u. Fertigteiltechnik, Wiesbaden (1973) 11

/10/ DAMW-Vorschrift Warenprüfung 968 Nachweis der Druckfestigkeit bei Beton. Ausg.1969 Amt für Standardisierung, Meßwesen und Warenprüfung, Berlin

/11/ Neumann, H.: Auswertung sowjetischer Literatur über die Anwendung von Kontrollständen zur Qualitätsüberwachung von Stahlbetonfertigteilen. Baustoffindustrie, Ausg.B, Berlin (1972) 3.

/12/ TGL 0-4227 Spannbeton; Berechnung und Ausführung. Ausg. 1964. Staatsverlag der DDR, Berlin.

/13/ Richtlinien für Bemessung und Ausführung von Spannbetonbauteilen -Fassung Juni 1973- unter Berücksichtigung von DIN 1045, Ausg. Jan. 1972, als vorläufiger Ersatz von DIN 4227, Ausg. 1953. in: Betonkalender 1974. Berlin(W): Ernst & Sohn 1974.

/14/ SNiP II-C.1-62 Beton-, Stahlbeton-und Spannbetonkonstruktionen; Projektierungsnormen (russ.) Ausg. 1962. Strojizdat, Moskva.

/15/ ACI-Standard 318-71 Building Code Requirements for Reinforced Concrete. Hrsg.:American Concrete Institute, Detroit 1971.

/16/ TGL 24777 Tragösen für Fertigteile aus bewehrtem und unbewehrtem Beton. Ausg.1971. Staatsverlag der DDR, Berlin.

/17/ Rafla, K.: Hilfsdiagramme zur Vereinfachung der Kippuntersuchung von Stahlbetonbalken Beton- u. Stahlbetonbau, Berlin(W) (1973) 2.

/18/ Rafla, K.: Vereinfachter Kippsicherheitsnachweis profilierter Stahlbetonbinder Bautechnik, Berlin(W) (1973) 5.

/19/ Mehlhorn, G.: Näherungsverfahren zur Abschätzung der Kippstabilität vorgespannter Träger. Beton- u. Stahlbetonbau, Berlin(W) (1974) 1.

/20/ Stiglat, K.: Näherungsberechnung der kritischen Kipplasten von Stahlbetonbalken. Bautechnik, Berlin(W) (1971) 3.

/21/ Unger, H.: Zum Nachweis von Spannbetonträgern beim Befördern. in: Beitr. zur Arbeitstagung "Sicherheit von Betonbauten". Hrsg.: Deutscher Betonverein E.V., Wiesbaden: Eigenverl. 1973.

/22/ Beck, H.; Schack, R.: Bauen mit Beton- und Stahlbetonfertigteilen. in: Betonkalender 1972. Berlin(W): Ernst & Sohn 1972.

/23/ Graße, W.: Vorspannen des Obergurtes weitgespannter Träger zur Kippsicherung bei der Montage. Bauplanung-Bautechnik, Berlin (1968) 3.

/24/ Rühle, H. u.a.: Faltwerkdach für eine Tunnelofenhalle aus vorgefertigten, zusammengespannten Stahlbetonelementen. Bauplanung-Bautechnik, Berlin (1963) 3.

/25/ Ledderboge, H.; Danilow, N.N.: Montage von Beton- und Stahlbetonfertigteilen. Berlin: Verlag für Bauwesen 1964.

/26/ Tkačev, S.M.; Semenova, T.M.: Verminderung der dynamischen Einwirkung von Straßenunebenheiten auf Stahlbetonkonstruktionen bei Straßentransport (russ.). Izv. vuzov, Stroit. i arch., Novosibirsk (1974) 6.

/27/ Sandhagen, H.: Entwicklung und Erprobung einer Transporteinheit für Spannbetonbinder bis 24 m Länge. Bauplanung-Bautechnik, Berlin (1971) 6

/28/ Tümler, D.: Sicherheit im Montagezustand bei Bauten aus Spannbeton- und Stahlbetonfertigteilen. in: Beitr. zur Arbeitstagung "Sicherheit von Betonbauten". Hrsg.: Deutscher Betonverein E.V., Wiesbaden: Eigenverl. 1973
/29/ DIN 1045 Beton- und Stahlbetonbau; Bemessung und Ausführung. Ausg. Jan. 1972. Beuth-Vertrieb, Berlin(W)/Köln/Frankfurt(M).
/30/ CEB/FIP Internationale Richtlinie zur Berechnung und Ausführung von Betonbauwerken. London: CCA 1970.
/31/ Rehm, G.; Martin. H.: Biegefeste Verbindung von Stahlbetonfertigteilen. Betonstein-Zeitung, Wiesbaden (1970) 7
/32/ Utescher, G.: Der Tragsicherheitsnachweis für dreischichtige Außenwandplatten aus Stahlbeton. Bautechnik, Berlin(W) (1973) 5
/33/ Utescher, G.: Tragfähigkeitsnachweis von Fassadenverankerungen. Element u. Fertigbau, München (1973) 2.
/34/ Pume, D.: Der Spannungszustand und die Tragfähigkeit der Verbindungen von vollen Wand- und Deckenelementen. Bautechnik, Berlin (W) (1970) 12.
/35/ Pommeret, M.: La résistance aux efforts tangents des joints verticaux entre grand panneaux préfabriqués coplanaires. 3.Rumänische Betonkonferenz Cluj 1970.
/36/ Fouré, B.: Joints verticaux résistant aux efforts tangents entre grands panneaux perpendiculaires. 3.Rumänische Betonkonferenz Cluij 1970.
/37/ Cholmjansky, M.M. u.a.: Typisierung der Einlegeteile von Stahlbetonfertigteilen für Großplattenwohngebäude (russ.). Beton i železobeton, Moskva (1964) 4.
/38/ TGL 112-0792 Stahlbetonstützen-Verbindung; Steckstoß. Ausg. 1965. Staatsverlag der DDR, Berlin.
/39/ Manleitner, S.: Bauaufsichtliche Gesichtspunkte zur Verankerung von Fassademelementen. Element u. Fertigbau, München (1973) 2.
/40/ o.V.: Versuche zur Ermittlung der Scherfestigkeit von Dachplattenfugen. Unveröffentl. Institut für Leichtbau, Dresden. 1967.
/41/ Bartel, W.: Pfettenlose Verbunddächer. Berlin: Bauinformation 1974. (Schriftenr. Bauforsch., R. Industriebau, H. 33)
/42/ Beck, F.; Seghezzi, H.D.: Sicherheit von Dübelbefestigungen im Betonbau. in: Beitr. zur Arbeitstagung "Sicherheit von Betonbauten". Hrsg.:Deutscher Betonverein E.V., Wiesbaden: Eigenverl. 1973.
/43/ Struck, W.: Zur Frage der Sicherheit bei der Beurteilung von Bauteilen nach Versuchsergebnissen. Bautechnik, Berlin(W) (1971) 6.
/44/ Benkert, H.-H.: Knicklängenbeiwerte von Hallenstützen aus Stahlbeton. Bauplanung-Bautechnik, Berlin (1970) 12.
/45/ TGL 0-1045 Bauwerke aus Stahlbeton; Projektierung und Ausführung. Ausg. 1972. Staatsverlag der DDR, Berlin.
/46/ Radebach, A.; Graser, E.: Auflagerschäden an Zwischendeckenbalken. Bauplanung-Bautechnik, Berlin (1971) 8.
/47/ Schäfer, H.: Versagensursachen und Folgerungen für die Sicherheitstheorie. in: Beitr. zur Arbeitstagung "Sicherheit von Betonbauten". Hrsg.: Deutscher Betonverein E.V., Wiesbaden: Eigenverl. 1973.
/48/ Tichý, M.; Rákosnik, J.: Kräfteumlagerung in Stahlbetontragwerken. Berlin: Verlag für Bauwesen 1973.
/49/ Birkeland, P.W.; Westhoff, L.: Dimensional Tolerances in a Tall Concrete Building. ACI-Journal, Detroit (1971) 8.
/50/ Mehlan, H.: Der Leninplatz in Berlin. Deutsche Architektur, Berlin (1971) 6.
/51/ Rösman, R.: Statik und Dynamik der Scheibensysteme des Hochbaus. Berlin: Springer 1968.
/52/ Goschy, B.: Räumliche Stabilität von Großtafelbauten. Bautechnik, Berlin(W) (1970) 12
/53/ Schwing, H.; Mehlhorn, G.: Zum Tragverhalten von Wänden aus Fertigteiltafeln. Betonwerk u. Fertigteiltechnik, Wiesbaden (1974) 5.
/54/ Schwing, H.: Sicherheitsprobleme bei Fertigteilscheiben, die zur Aussteifung von Gebäuden herangezogen werden. in: Beitr. zur Arbeitstagung "Sicherheit von Betonbauten". Hrsg.: Deutscher Betonverein E.V., Wiesbaden: Eigenverl. 1973
/55/ Beck, H. u.a.: Zusammenwirken von einzelnen Fertigteilen als großflächige Scheibe. Berlin(W): Ernst & Sohn 1973.
/56/ Pume, D.: Scherfestigkeit senkrechter Stöße zwischen Betonwandelementen. Bauplanung-Bautechnik, Berlin (1967) 5.
/57/ GOST 11309-65 In Großplattenbauweise errichtete Wohnhäuser (russ.). Ausg. 1965. Izd. stand., Moskva.
SNiP II-L.1-71 Wohngebäude. Projektierungsnormen (russ.). Ausg. 1971. Strojizdat, Moskva.
/58/ Hirschfelder, G.; Habig, H.: Bauweisen im komplexen Wohnungsbau. Bauten in Wandkonstruktionen. Berlin: Bauinformation 1968. (Schriftenr. Bauforsch., R. Hochbau, H.1) Nachtrag Nr. 1 Bauinformation, Berlin (1970) 6.
/59/ Manleitner, S.: Richtlinien und Bestimmungen der neuen DIN 1045 für Großtafelbauten. Bauwirtschaft, Wiesbaden (1973) 10.
/60/ CEB Recommandations Internationales Unifiées pour le Calcul et l'Exécution des Structures en Panneaux Assemblés de Grand Format. Ière Edition. Hrsg.: AITEC. Rome: 1969
/61/ Stiller, M.: CEB-Empfehlungen für Großtafelbauten. Beton- und Stahlbetonbau, Berlin(W) (1968) 6
/62/ Spaethe, G.: Theorie elastischer Balkenreihen. Hrsg.: Sekretariat der IVBH. Zürich: o.J. (Abhandlungen, Band 28/I)
/63/ Vek, J.; Kreibich, R.: Technische und technologische Entwicklung beim Autobahneubau in der CSSR. Die Straße, Berlin (1974) 6.
/64/ Pust, G.J.; Schuldt, O.: Betonverbundbrücken - eine neue Lösung für Fertigteilüberbauten. Die Straße, Berlin (1974) 4.
/65/ Höptner, M.; Hofmann, Ch.: Spannbeton im Eisenbahnbrückenbau der DDR. Bauplanung-Bautechnik, Berlin (1974) 3.

/66/ Spaethe, G.: Versuche an Verbindungen für Fertigteilbrücken aus Balkenreihen. Die Straße, Berlin (1971) 11
/67/ o.V.: Reconstruction du pont de Choisy-le Roi. Annales de l'Institut technique du bâtiment et des travaux publics, Paris (1964) 204.
/68/ Pschenitschnikov, u.A.: Untersuchungen im Freivorbau montierter Stahlbetonbrückenbauten mit trockenen Stößen (russ.). Avtomobil'nye dorogi, Moskva (1964) 10.
/69/ Chaudessiques, J.: Evolution de la technique de construction des ponts en encorbellement en France. Travaux, Paris (1969) 1.
/70/ Wölfel, W.: Stahlbetonfertigteile im Grund- und Wasserbau. Bd. 1 u. 2. Berlin: Verlag für Bauwesen 1965/66.
/71/ Koncz, T.: Handbuch der Fertigteilbauweise. Bd. 2., Wiesbaden: Bauverlag 1967.
/72/ Rühle, H.: Räumliche Dachtragwerke - Konstruktion und Ausführung. Bd. 1. Berlin: Verlag für Bauwesen 1969.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Betonfertigteil-Bauweise kommt im Zuge der fortschreitenden Industrialisierung des Bauwesens heute für nahezu alle Gebiete der Baukonstruktionen zum Einsatz. Ihre spezifischen Sicherheits- und Stabilitätsprobleme besitzen deshalb grosse Bedeutung. In den vorstehenden Ausführungen werden die für Elemente bei der Herstellung, während des Transportes und bei der Montage auftretenden besonderen Probleme der Sicherheit und Stabilität durch vorwiegend praktisch orientierte Fragestellungen herausgestellt. Gleiches erfolgt auch für ausgewählte Gruppen fertiggestellter Bauwerke aus Betonfertigteilen.

SUMMARY

The construction of prefabricated concrete elements is applied for nearly all spheres of civil engineering, following the industrialisation in construction. Therefore their specific problems of safety and stability are very important. In the present paper the problems of safety and stability arising on the fabrication of the elements, on the transport and assembly are put up mainly with practical considerations. The same problems are underlined for selected groups of structures completed with prefabricated elements.

RESUME

La construction par éléments préfabriqués en béton est employée dans presque tous les domaines du génie civil, par suite de l'industrialisation poussée de la construction; les problèmes de sécurité et de stabilité qui en découlent, prennent de plus en plus d'importance. Les problèmes particuliers de la sécurité et de la stabilité sont mis en évidence par des questions d'ordre pratique relatives à la fabrication des éléments, leur transport et leur montage. Ces mêmes problèmes sont posés pour des ensembles choisis de constructions en éléments préfabriqués.