

Fugenlose Spannbetonbauten

Autor(en): **Walther, René / Maier, Jürg**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **108 (1990)**

Heft 46

PDF erstellt am: **19.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-77557>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

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

Fugenlose Spannbetonbauten

Bekanntlich stellen mechanische Fugen- und Lager-Konstruktionen immer Schwachstellen der Bauwerke dar, die oft schadenanfällig sind und einen entsprechenden Aufwand an Wartung oder gar Sanierung erfordern. Es erscheint daher sowohl technisch wie auch wirtschaftlich von Vorteil, solche mechanische Fremdkörper auf das absolut notwendige Minimum zu beschränken oder wo möglich sogar ganz zu vermeiden. Dieses Prinzip lässt sich oft verwirklichen, wenn man einerseits die Erkenntnisse moderner Bemessungskriterien geschickt anwendet und andererseits das probate Mittel der Vorspannung vor allem auch im Hochbau mehr als bisher einsetzt.

Moderne Bemessungskriterien

Weltweit hat sich die Erkenntnis weitgehend durchgesetzt, dass für die sinnvolle und sachgerechte Bemessung von Bauwerken eine klare Unterscheidung zwischen den Anforderungen der *Tragsicherheit* und denjenigen der *Gebrauchstauglichkeit* getroffen werden muss. Die meisten modernen Regelwerke, so die neuen SIA-Normen 160, 161 (zurzeit in Neubearbeitung) und 162, wie auch der CEB/FIP Model Code tragen denn auch diesem Umstand Rechnung.

VON RENÉ WALTHER,
LAUSANNE, UND
JÜRIG MAIER,
BASEL

Das früher übliche, ausschliesslich auf der Elastizitätstheorie basierende Bemessungskonzept der zulässigen Spannungen hatte den Nachteil, dass im allgemeinen mit extremen Lastkombinationen gerechnet werden musste, die zwar für die Sicherheit, nicht aber für den Gebrauchszustand relevant sind, und dass aber andererseits Einflüsse wie Schwinden, Kriechen, Temperaturänderungen und Setzungen zu berücksichtigen waren, die wohl für die Gebrauchstauglichkeit entscheidend sein können, die aber die Tragsicherheit meist nicht oder nur wenig tangieren. Man hat zwar versucht, diese Inkonsistenz durch unterschiedliche Spannungsgrenzen für Haupt- und Zusatzlasten etwas abzumildern, was aber nicht befriedigend gelingen konnte, da die zugrundeliegenden physikalischen Phänomene damit nicht ursächlich erfasst wurden.

So kam es oft dazu, dass der projektierende Ingenieur eigentlich unnötige Fugen und Lager vorsehen musste, nur

um die stipulierten zulässigen Spannungen rechnerisch einhalten zu können.

Dank der genannten Unterscheidung zwischen Erfordernissen der Tragsicherheit und der Gebrauchstauglichkeit, die von versierten Fachleuten schon seit langem intuitiv berücksichtigt worden ist, die aber erst seit kurzem Eingang in die Regelwerke gefunden hat, können heute viele Bauwerke konstruktiv zweckmässiger konzipiert werden als früher. Vor allem ist es oft möglich, ohne die früher häufig angeordneten Fugen und Lager auszukommen.

Es ist in diesem Zusammenhang von entscheidender Bedeutung, von der Tatsache Gebrauch zu machen, dass Eigenspannungszustände aus Schwinden, Kriechen, Temperaturänderungen und Setzungen im allgemeinen keinen Einfluss auf die Tragsicherheit ausüben, wie dies aus den heute für den entsprechenden Hauptnachweis empfohlenen Traglastverfahren (z.B. Plastizitätstheorie) eindeutig hervorgeht. Die durch derartige Phänomene erzeugten Beanspruchungen und Verformungen beeinflussen die Tragsicherheit im wesentlichen nur bei sogenannten Problemen 2. Ordnung (z.B. aufgezwungene Verschiebungen bei schlanken Druckgliedern) oder wenn sie die plastische Verformbarkeit bereits aufgezehrt haben (z.B. bei grossen, unvorhergesehenen Setzungen).

Daraus folgt, dass Fugen und mechanische Lager in der Regel keine Erhöhung der Tragsicherheit bringen (meist ist das Gegenteil der Fall) und dass sich solche aufwendige Hilfsmassnahmen aus dieser Sicht nicht rechtfertigen lassen.

Es sind daher in erster Linie Kriterien der Gebrauchstauglichkeit, die dafür massgebend sind ob Fugen- und Lagerkonstruktion notwendig sind, oder ob sie vermieden werden können. Anders

als bei Sicherheitsbetrachtungen muss aber dabei nicht von hypothetischen Extremaleinwirkungen ausgegangen werden, sondern solchen, die bei normalem Gebrauch auch wirklich zu erwarten sind. Die genannten neuen Normen tragen diesem Umstand Rechnung und unterscheiden richtigerweise auch zwischen Lang- und Kurzzeiteinflüssen.

Der Nachweis der Gebrauchstauglichkeit wird denn in der Regel auch nicht mehr über mehr oder weniger willkürliche Spannungsbegrenzungen geführt, sondern es sind Bedingungen bezüglich der Rissbeschränkung, der Verformungen (i.a. Durchbiegungen) und gegebenenfalls Schwingungen einzuhalten. Dies kann aber oft besser und direkter durch geeignete konstruktive Massnahmen erreicht werden als durch die Anordnung von Fugen und Lagern, die sich demnach auch aus dieser Sicht oft vorteilhaft vermeiden lassen. Neben der äusserst wichtigen Bewehrungsanordnung stellt vor allem auch die Vorspannung ein sehr effizientes Mittel zur Verbesserung der Gebrauchstauglichkeit dar, worauf im folgenden eingegangen wird.

Ausnützung der Vorspannung

Im Gegensatz zum modernen Brückenbau, bei dem die Vorspanntechnik seit langem auf breiter Basis zur Anwendung kommt, wird dieses vorzügliche Mittel zur Qualitätsverbesserung im Hochbau zu Unrecht auch heute noch viel zu wenig genutzt.

Dies dürfte zum grossen Teil auf eine gewisse Unbeweglichkeit und Bequemlichkeit von Projektierenden und Ausführenden zurückzuführen sein. Als Rechtfertigung wird dann oft angeführt, das Vorspannen im Hochbau kompliziere und verteuere die Projektierung und Bauausführung. Dies ist aber bei Lichte besehen meist nicht der Fall.

Bei grossen, weitgespannten Brückenbauwerken werden die Zugkräfte im allgemeinen zur Hauptsache durch grosse, konzentrierte Spannglieder von mehreren tausend kN Kapazität aufgenommen. Der Umgang mit derart grossen Kräften erfordert verständlicherweise äusserste Sorgfalt und einen entsprechenden Aufwand sowohl bei der Projektierung wie auch bei der Ausführung. Im Hochbau dagegen, insbeson-

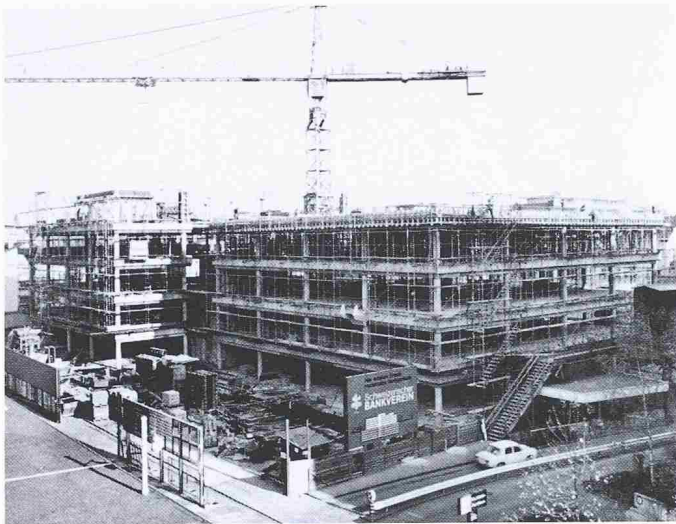


Bild 1. Rohbau Bürogebäude Schweizerischer Bankverein

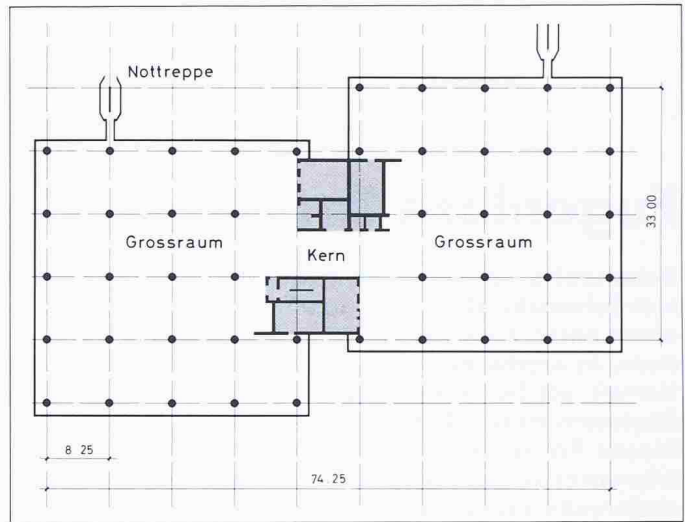


Bild 2. SBV, Grundriss Obergeschoss

dere bei den vielen dort anfallenden Deckenkonstruktionen, wird die gegebenenfalls vorzusehende Vorspannung i.a. mit verhältnismässig kleinen Spanngliedern realisiert, und die dadurch im Beton geweckten Eigenspannungen bleiben im Vergleich zu seiner Festigkeit sehr bescheiden. Es erscheint daher durchaus vertretbar, hier mit der Behandlung dieses Lastfalles weit grosszügiger zu verfahren als im Brückenbau, so dass damit gegenüber reinen Stahlbetonkonstruktionen kein nennenswerter Planungs-Mehraufwand entsteht.

Falls der mechanische Vorspanngrad

$$\lambda = \frac{A_p f_{yp}}{A_p f_{yp} + A_g f_y}$$

A_p ; A_s Querschnittfläche des Spann- bzw. des Bewehrungs-Stahls

f_{yp} ; f_y Rechenwert der Streckgrenze von Spann- bzw. Bewehrungs-Stahl

kleiner als etwa $\lambda = 0,6$ gewährt wird, wenn also – wie in der Schweiz üblich und konstruktiv sinnvoll – die Vorspannung durch eine reichliche schlaffe Bewehrung ergänzt wird, so können derart vorgespannte Decken nach den Re-

geln des konventionellen Stahlbetons berechnet werden.

Was die Wirtschaftlichkeit betrifft, so ist zunächst festzustellen, dass das Verhältnis Festigkeit zu Kosten

$$\frac{f_y}{k} = \frac{460}{2} = 230 \cong \frac{1670}{7} = 239$$

schlaffe Bewehrung Spannglieder

der schlaffen Bewehrung (Annahme: 2 Fr./kg fertig verlegt) und der Spannglieder (Annahme 7 Fr./kg, inkl. Verlegen, Verankerungen, Hüllrohre, Vorspannen und Injizieren) etwa gleich ausfällt; diesbezüglich sind die beiden Bauweisen also praktisch kostenneutral. Berücksichtigt man aber die potentiellen indirekten Einsparungen, wie die Möglichkeiten schlanker zu bauen und früher auszuschalen, und allfällige Folgekosten, so erweisen sich vorgespannte Hochbaudecken im allgemeinen nicht nur als wirtschaftlicher, sondern auch qualitativ (Risse- und Durchbiegungs-Beschränkung) solchen aus Stahlbeton bei weitem überlegen.

Vor allem aber kann bei geeigneter Anwendung der Vorspannung in vielen Fällen auf schadenanfällige und betrieblich störende Dilatationsfugen ver-

zichtet werden, ein Vorteil, der mehr als bisher genutzt werden sollte.

Anwendungsbeispiele

Bürogebäude in Basel

Das in den Jahren 1972-74 in Basel errichtete Bürogebäude (Bild 1) des SBV besteht aus zwei beinahe quadratischen Gebäudetrakten, die durch Treppen- und Liftkerne miteinander verbunden sind (Bild 2).

Durch eine geschickte Kombination von statischem System, Bauvorgang und teilweiser Vorspannung war es möglich, den ganzen Oberbau trotz seiner Länge von 75 m fugenlos auszubilden.

Die beiden Haupttrakte für Grossraumbüros wurden jeweils einige Wochen vor dem Kern hochgezogen. Während dieser Zeit konnten die Flachdecken unbehindert schwinden und die fahrbaren Schalungstische von einem Trakt zum andern verschoben werden. Die Arbeitsfugen zwischen Decken und Kern wurden durch Spannglieder, die im Kernbereich in die dortigen Wände weitergeführt wurden, überdrückt, um lästige Dilatationsfugen vermeiden zu können.

Die hier angewandte teilweise Vorspannung mit uninjizierten Einlitzenkabeln (Bild 3) hat sich konstruktiv und wirtschaftlich als sehr günstig erwiesen. Insbesondere die kurzen Ausschaltfristen haben den ursprünglich skeptisch eingestellten Unternehmer von den Vorteilen der damals neuartigen Bauweise überzeugt.

Möbelhaus IKEA, Itingen

Das schwedische Möbelhaus IKEA erstellte in Itingen BL ein Auslieferungslager bestehend aus Hochregal-, Regal- und Blocklager (Bilder 4, 5, 6). Das Ein-

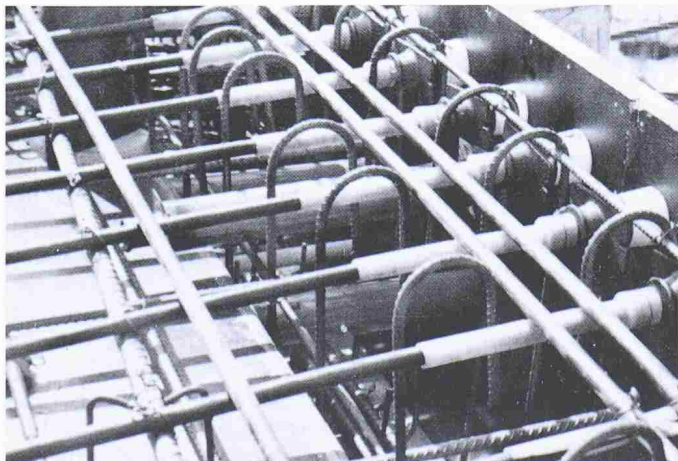


Bild 3. SBV, Detail Vorspannung

und Auslagern der Ware erfolgt auf IKEA- beziehungsweise auf Europaletten mittels einer Vielzahl von Hubstaplern. Für diese, wie aber auch für den Betrieb und Unterhalt ganz allgemein, wären die früher üblichen Dilatationsfugen sehr lästig gewesen. Trotz den grossen Abmessungen dieses Gebäudes von 186 m Länge und 72 m Breite entschloss man sich, die ganze Deckenkonstruktion fugenlos auszubilden.

Aus der umfangreichen Evaluation für das Tragsystem des Blocklagers ging eine fugenlose, in Längs- und Querrichtung vorgespannte Rippendecke mit folgenden Abmessungen hervor:

Deckenstärke: 18 cm

Unterzüge: Breite 150 cm; Höhe 60 bzw. 85 cm

Die Rippen sind mit Hilfe von 3 bis 5 1000-KN-Vorspannkabeln teilweise vorgespannt. Die konstruktive Längsvorspannung besteht aus 0,6"-Monolitzen, die im Abstand von $e = 1,50$ m verlegt sind (Bild 6).

Die Längs- und Quervorspannung wurde drei Tage nach dem Betonieren einer Deckenplatte aufgebracht. Dies ermöglichte ein frühzeitiges Absenken und Verschieben der Grossflächenschalung. Nach dem Überwinden von einigen Anfangsschwierigkeiten erstellte die Bauunternehmung pro Woche einen Deckenabschnitt von 12×72 m.

Um die beträchtlichen Verformungen der Decken infolge Vorspannung, Schwinden, Kriechen und Temperaturänderungen nicht zu behindern, wurden Gebäudequerwände als Pendelwände zum Teil mit Betongelenken, zum Teil mit verschieblichen Deckenverankerungen ausgebildet. Die nahe dem Bewegungszentrum angeordneten Längswände sind mit der Decke monolithisch verbunden, weiter entfernte mit Hilfe von Hochbaulagern von dieser getrennt.



Bild 4. IKEA, Lager Itingen

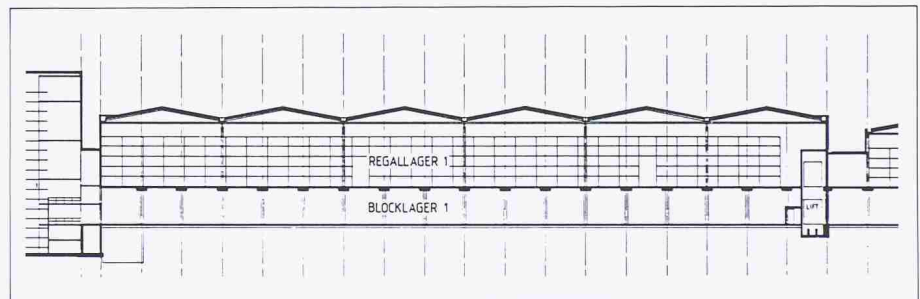


Bild 5. IKEA, Längsschnitt, Regal- und Blocklager

Alle Stützen mit den Abmessungen von 45×45 cm sind monolithisch mit der Decke verbunden. Die weit vom Bewegungszentrum entfernten Stützen wurden als formgleiche Zwillingstützen ausgebildet, um die Zwängungskräfte zu reduzieren.

Das Lager ist nun seit vier Jahren in Betrieb, und das konstruktive Konzept hat sich bestens bewährt. Schäden an Wänden und Stützen, verursacht durch Ver-

formungen, sind keine aufgetreten, und auch die Deckendurchbiegungen liegen dank der Vorspannung weit unter den zulässigen Werten.

Adressen der Verfasser: Prof. Dr. René Walther, EPFL Lausanne; Jürg Maier, dipl. Bauing. ETH, 4148 Pfeffingen BL.



Bild 6. IKEA, vorgespannte Rippen



Bild 7. IKEA, Rohbau Blocklager