Zeitschrift: IABSE reports = Rapports AIPC = IVBH Berichte
Band: 57/1/57/2 (1989)

Artikel: Untersuchungen an freibewitterten 20 Jahre alten Spannbetonträgern
Autor: Plauk, Günther
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-44235

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: 05.09.2025

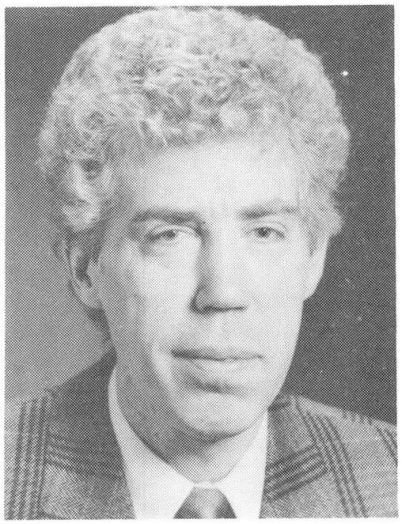
ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Untersuchungen an freibewitterten 20 Jahre alten Spannbetonträgern

Tests on Prestressed Girders after 20 Years of Weather Exposure

Essais de poutres précontraintes après 20 ans d'exposition aux intempéries

Günther PLAUK
Dr.-Ing.
BAM
Berlin (West)



Günther Plauk, geboren 1940, Studium und Promotion an der Technischen Universität Berlin. Nach 3 Jahren als Entwicklungsingenieur in der Raumfahrt, seit 1970 als wissenschaftlicher Mitarbeiter und Sachverständiger in der BAM tätig. Ab 1978 Leiter des Laboratoriums für Baukonstruktionen des Massivbaues.

ZUSAMMENFASSUNG

An vorgespannten Riegeln von Schilderbrücken der Berliner Stadtautobahn wurden umfangreiche Materialuntersuchungen durchgeführt und die noch vorhandene Tragfähigkeit ermittelt. Während der Belastungsversuche konnte mit Hilfe eines neu entwickelten zerstörungsfreien, dynamischen Prüfverfahrens, das ebenfalls zur Untersuchung von Bauwerken geeignet ist, die zunehmende Schädigung der Träger durch eine fortschreitende Rissbildung sicher nachgewiesen werden.

SUMMARY

The prestressed girders of three traffic sign bridges of the Berlin freeway were tested after 20 years of service. An extensive testing programme was initiated to determine material properties, the extent of corrosion of the reinforcement and the tendons, the penetration of chloride as well as the ultimate load of the girders. In order to detect possible alteration of structures and for future application a non-destructive test method was developed and used during loading tests to show the loss of stiffness due to cracking.

RÉSUMÉ

De nombreux essais sur des poutres en béton précontraint, de portiques de signalisation de l'autoroute urbaine de Berlin, ont été effectués en vue de déterminer leur stabilité résiduelle 20 ans après leur mise en service. Pendant les essais de chargement on a pu démontrer à l'aide d'une nouvelle méthode d'essais dynamique non destructive, pouvant être utilisée également pour les structures, une détérioration croissante des poutres due à la fissuration.

1. EINLEITUNG

Der Abbau einzelner Schilderbrücken des Berliner Stadtautobahnringes (Fig. 1) eröffnete die Möglichkeit einer eingehenden Untersuchung der in den Jahren 1962/63 in Spannbetonbauweise mit Stützweiten bis zu rd. 18,0 m hergestellten Brückenriegel [1]. In Anbetracht der in letzter Zeit vermehrt an Spannbetonkonstruktionen beobachteten Schäden bestand ein erhebliches Interesse, den baulichen Gesamtzustand dieser Tragglieder sowie die noch vorhandene Tragfähigkeit nach einer mehr als 20jährigen Nutzung und intensiven Beanspruchung durch eine freie Bewitterung und schädigende Umwelteinflüsse, wie Chloride, festzustellen.

Für die vorgesehenen Prüfungen standen zwei ausgebaute Brückenriegel sowie ein dritter zum gleichen Zeitpunkt hergestellter, jedoch seither in unmittelbarer Nähe der Stadtautobahn eingelagerter Riegel zur Verfügung. Die konstruktive Ausbildung der Bauteile ist aus Fig. 2 zu ersehen.

Fig. 1 Schilderbrücken der Berliner Stadtautobahn; vorn Neukonstruktion aus Stahl

2. ÄUSSERE BESCHAFFENHEIT UND AUSFÜHRUNG

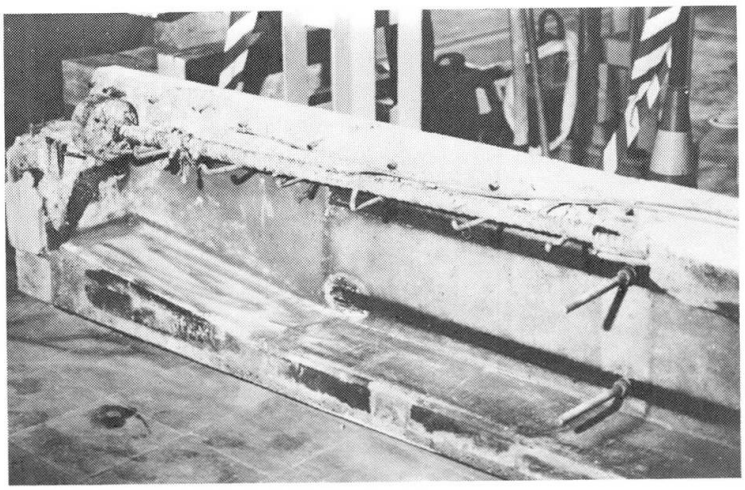
Die zu untersuchenden Spannbetonträger befanden sich in einem guten äußeren Zustand. Auf Grund der jahrzehntelangen freien Bewitterung war es jedoch an den außenliegenden Oberflächen und den Stegunterseiten zu Auswaschungen gekommen, die zu einer rauhen Oberflächenstruktur geführt hatten. Im Gegensatz zu den Außenflächen wiesen die geschützter liegenden Innenseiten nahezu Sichtbetonqualität auf. Durch Korrosion der schlaffen Bewehrung verursachte Betonschäden hatten sich nur in geringem Umfang eingestellt. Lediglich an Stellen, an denen die Bügel beim Betonieren die Schalung punktuell berührt hatten, waren kleinere Absprengungen, in einem Fall ein größerer Riß, entstanden.

Die Ausführung der schlaffen Bewehrung entsprach weitgehend dem Entwurf. Als wesentlicher baulicher Mangel wurde bei allen drei Trägern eine stellenweise sehr geringe Überdeckung der Bügel bedingt durch fehlende Abstandshalter, festgestellt. Trotz der

häufig vorgefundenen geringen Betondeckung und der an diesen Stellen ggf. vorhandenen hohen Chloridkonzentration ist bisher eine Korrosion der schlaffen Bewehrung weitgehend ausgeblieben. Grund hierfür dürfte die ausgezeichnete Qualität des eingebauten Betons sein, der hier als Korrosionsbremse fungiert.

Die Anordnung der Spannglieder in den Stegen entsprach ebenfalls den Planungsunterlagen. Bis auf ein Spannglied beim Träger A3 sind alle anderen voll verpreßt vorgefunden worden. Die Hüllrohre wiesen keine nennenswerten Korrosionseffekte auf. Gleiches gilt für die Spannstähle der Träger A1 und A2. Beim Träger A3 wurde am Spannstahl des verpreßten Spanngliedes eine leichte Oberflächenkorrosion festgestellt. Der Spannstahl im unverpreßten Hüllrohr war über die gesamte Länge gleichmäßig angerostet. Eine Querschnittsminderung konnte jedoch nicht festgestellt werden.

Trägerlänge: A1 = 1750; A2 = 1367; A3 = 1884 cm



Mittenquerschnitt

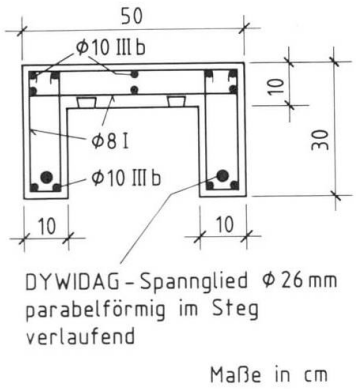


Fig. 2 Abmessungen und Bewehrung sowie Verankerung der Spannglieder

3. MATERIALUNTERSUCHUNGEN

Die an entnommenen Bohrkernen festgestellte Betondruckfestigkeit lag mit Mittelwerten zwischen $\overline{\beta}_W$ = 67,5 bis 75,5 N/mm² sehr hoch und übertraf damit den Sollwert von β_W = 45 N/mm². Der Beton war zudem gut verdichtet und wies eine gleichmäßige Kornstruktur auf. Die Karbonatisierung hielt sich in engen Grenzen und war mit 1-3 mm an den Außenseiten und bis zu 10 mm an den Innenseiten gering. Die chemische Analyse von Betonproben aus verschiedenen Trägerbereichen ergab für alle drei Probekörper eine vergleichbare Beanspruchung durch Chloride. In den bis zu einer Tiefe von 30 mm hin untersuchten Querschnitten erreichten die Chloridkonzentrationen mit 0,05 bis 0,95 % (in Einzelfällen bis 2,44 %), bezogen auf das Zementgewicht, relativ hohe Werte. Die Chloridkonzentration nahm in der Regel von außen nach innen hin ab. In einzelnen Bereichen war jedoch in tieferliegenden Schichten eine größere Anreicherung von Chloriden als an der jeweiligen Oberfläche festzustellen.

4. BELASTUNGSVERSUCHE UND ERMITTLUNG DER RESTVORSPANNUNG

Die Ermittlung der Tragfähigkeit der Spannbetonträger erfolgte durch Belastungsversuche (Fig. 3). Es zeigte sich, daß alle drei untersuchten Träger bei einer durch Einzellasten simulierten Gleichlast ein weitgehend ähnliches Trag- und Verformungsverhalten aufweisen. Der Beginn der Rißbildung erfolgte bei den Trägern A1 und A3 bei verhältnismäßig niedrigen Lasten, etwa bei $p = 0{,}5\ p_0$ bzw. $1{,}5\ p_0$ der mit $p_0 = 0{,}66$ kN/m (A1 und A2) bzw. $p_0 = 0{,}77$ kN/m (A3) angesetzten Gebrauchslast (Gewicht der Schilder plus Schneelast). Bei dem wesentlich kürzeren Träger A2 wurden erste Risse bei einer Last von ca. $p/p_0 = 3{,}5$ beobachtet. Mit zunehmender Belastung stellten sich ganz erhebliche Durchbiegungen ein, die bei Versuchsende ca. 450 bis 650 mm betrugen. Erreicht wurde jedoch immer das in der statischen Berechnung ausgewiesene Bruchmoment. Das Versagen der Träger war gekennzeichnet durch eine zunehmende Durchbiegung (Fig. 4), ohne weitere Lastaufnahme infolge einer

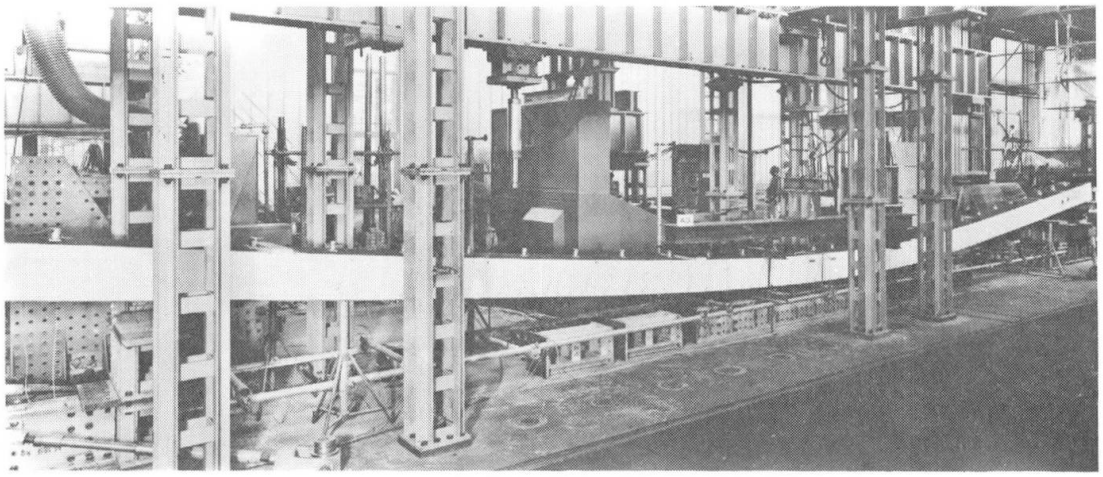


Fig. 3 Spannbetonträger A3 im Prüfstand mit einer Durchbiegung von w = 65 cm in der Mitte

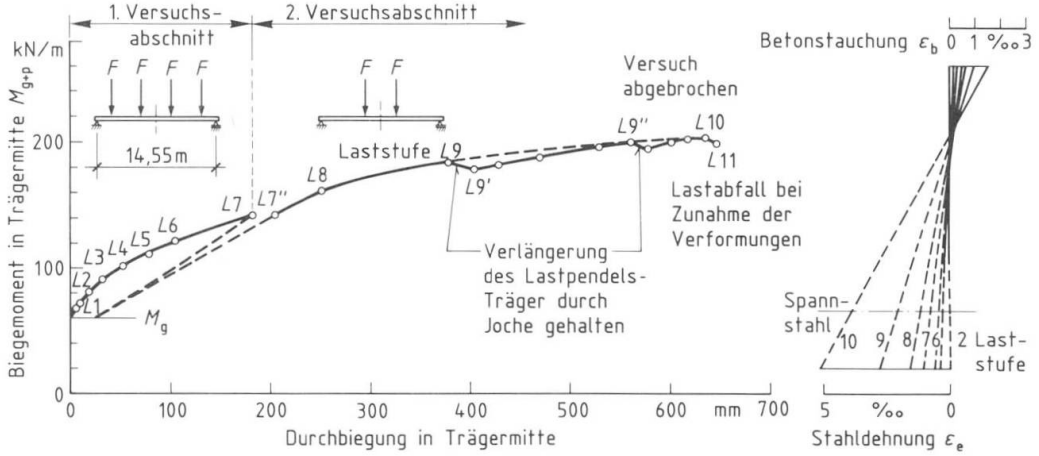


Fig. 4 Versuchsergebnisse für den Spannbetonträger A3 - Biegemoment - Durchbiegung (links) und Dehnungsverteilung über die Querschnittshöhe (rechts)

plastischen Dehnung des Spannstahls und zusätzlich beim Träger A2 durch eine Zerstörung der Druckzone. Ein Reißen der Spannstähle ist nicht eingetreten. Als Ursache für die niedrige Rißlast bei den Trägern A1 und A3 wurde die zum Zeitpunkt der Prüfung vorhandene geringe Vorspannung ermittelt. Durch Trennen der Spannstähle nach den Belastungsversuchen konnte aus der Rückdehnung die noch vorhandene Vorspannung rechnerisch ermittelt werden. Es ergab sich ein Spannkraftabfall gegenüber dem Sollwert der Vorspannung zwischen 23 % bei A2 - eingelagerter Träger - und 45 % bzw. 42 % bei A1 bzw. A3. Gründe für den eingetretenen großen Spannkraftverlust können nicht angegeben werden Ähnlich große Spannkraftverluste an Spannbetonträgern sind in der Literatur [2-4] aufgeführt.

5. ZERSTÖRUNGSFREIE ERFASSUNG DES SCHÄDIGUNGSZUSTANDES

Um zukünftig den baulichen Zustand einfacher vorgespannter Tragelemente leichter erfassen zu können, wurde der Träger A3 zusätzlich mit Hilfe eines zerstörungsfreien, auf Schwingungsmessungen basierenden Prüfungsverfahrens [5] untersucht (Fig. 5). Im vorliegenden Fall konnte die zunehmende Schädigung des Trägers und damit die Abnahme der Tragfähigkeit gut aus den gemessenen Antwortspektren abgelesen werden (Fig. 6). Berechnet man aus den Eigenfrequenzveränderungen die Steifigkeitsreduzierung des Gesamtsystems, so ergibt sich in Übereinstimmung mit den Ergebnissen des statischen Versuchs nach dem 1. Versuchsabschnitt ein Wert von ca. 11 % und nach dem 2. Versuchsabschnitt ein Wert von ca. 35-40 %.

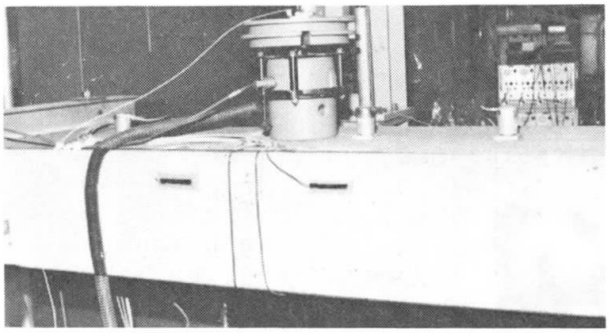
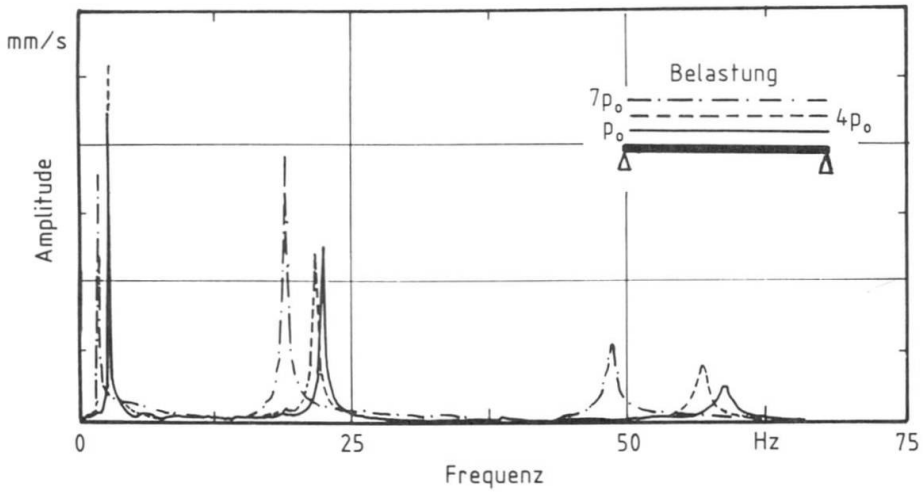


Fig. 5 Elektrodynamischer Schwinger zur Bauteilerregung und Geophone zur Aufnahme der Schwinggeschwindigkeit bzw. -beschleunigung

Fig. 6 Veränderung des Schwinggeschwindigkeits-Antwortspektrums in Abhängigkeit vom Grad der Schädigung



6. SCHLUSSBETRACHTUNG

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß trotz einiger Mängel bei der Herstellung, wie zu geringe Betondeckung und nicht verpreßte Spannglieder, die Tragfähigkeit der Spannbetonträger auf Grund der guten Betonqualität und der Unempfindlichkeit des Spannstahls SIGMA St 80/105 gegenüber einem Korrosionsangriff auch nach einer mehr als 20jährigen Nutzung noch uneingeschränkt gegeben ist. Die Beaufschlagung durch Chloride hatte bisher nur zu geringen Schäden geführt. Der in den Trägern aufgetretene Verlust an Vorspannung ist ebenfalls ohne Bedeutung für die Tragfähigkeit, da die Bemessungsmomente im Versuch immer erreicht wurden Die vorhandene geringe Vorspannung führt gegebenenfalls frühzeitig zu Rissen, die jedoch auch bei Überschreiten der Gebrauchslast um ein Mehrfaches lediglich Rißweiten von ca. 0,1 - 0,2 mm aufweisen und sich damit auf die Dauerhaftigkeit der Träger nur wenig auswirken dürften. Langfristig gesehen ist die Dauerhaftigkeit der Spannbetonträger jedoch durch die z. T. geringe Überdeckung der Bügel gefährdet. Bei einer Konservierung des jetzigen Zustandes und Ausbesserung stärker betroffener Stellen kann den untersuchten Bauteilen jedoch eine hohe Lebensdauer zugeschrieben werden. Die Belastungsversuche haben außerdem gezeigt, daß ein Versagen offenbar nie schlagartig eintritt, sondern sich bei einer Schädigung der Betondruckzone oder bei einem Querschnittsverlust infolge zunehmender Korrosion der Spannstähle durch zunehmend größere Verformungen ankündigt und daher frühzeitig erkannt werden kann.

LITERATURVERZEICHNIS

1 PLAUK, G., KRETSCHMANN, G., ROHRMANN, R.G., Untersuchung des baulichen Zustandes und der Tragfähigkeit vorgespannter Riegel von Verkehrszeichenbrücken der Berliner Stadtautobahn. BAM Forschungsbericht Nr 152, ISBN 3-88314-796-6, Juli 1988.

2. BÜHRER, R., MÜLLER, F., MARTIN, H., RUHNAN, J., Untersuchungen an 10 Jahre alten Spannbetonträgern der Überführung Kelzenwanger Straße über den Güterbahnhof Nürnberg. Deutscher Ausschuß für Stahlbeton, Heft 271, 1976.

3. SCHÄFER, K., SCHEEF, H., Untersuchungen an einem über 20 Jahre alten Spannbetonträger der Pliensaubrücke Esslingen am Neckar. Deutscher Ausschuß für Stahlbeton, Heft 329, 1982.

4. KORDINA, K., WAUBKE, N.V., Über den Erhaltungszustand 20 Jahre alter Spannbetonträger. Deutscher Ausschuß für Stahlbeton, Heft 212, 1970.

5. ROHRMANN-BAUMGART, R.G., Theoretische Ermittlung von Bauwerksschäden mit Hilfe dynamischer Methoden. ZfP-Bau-Symposium, Oktober 1985, Berlin.

Abschließend möchte der Autor dem Senator für Bau- und Wohnungswesen der Stadt Berlin für seine Unterstützung und Förderung des Projekts sowie den Herren G. Kretschmann, W. Theisel und B. Stoeck für die sorgfältige Vorbereitung und Durchführung der Versuche herzlichen Dank sagen.