

Zur Entwicklung des Brückenbaus in der Schweiz: Massnahmen zur Verbesserung der Dauerhaftigkeit

Autor(en): **Donzel, Michel / Schuler, Willi**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

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

Heft 18

PDF erstellt am: **08.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-77412>

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.

Zur Entwicklung des Brückenbaus in der Schweiz

Massnahmen zur Verbesserung der Dauerhaftigkeit

Brücken sind starken Einwirkungen (Verkehr, Tausalz und Bewitterung) ausgesetzt und bedürfen eines regelmässigen Unterhaltes. Die Unterhaltsarbeiten sind mit hohen Kosten und oft mit Verkehrsbehinderungen verbunden. Deshalb wird von den Brücken und ihren Bauteilen eine besonders gute Dauerhaftigkeit gefordert. Es wird insbesondere auf jene Möglichkeiten hingewiesen, die eine wesentliche Verbesserung der Dauerhaftigkeit versprechen und die auch relativ kurzfristig auf breiter Basis zur Anwendung gelangen können.

Die über 3000 Brücken der schweizerischen Nationalstrassen stellen einen beträchtlichen volkswirtschaftlichen Wert

VON MICHEL DONZEL UND
WILLI SCHULER,
BERN

mit einer langen planerischen Nutzungsdauer dar. Ihr Alter beträgt heute im Durchschnitt 18 und im Maximum rund 30 Jahre. Dadurch erreichen immer mehr Brücken ein Alter, bei welchem aufwendigere Unterhaltsarbeiten notwendig werden. Dazu zählen die Instandsetzungsarbeiten (z.B. von Anstrichen oder von Betonoberflächen) und der Ersatz von Verschleissteilen wie Belag, Abdichtung, Fahrbahnübergänge, Lager usw.

Bei der Beurteilung der Neubauprojekte müssen u.a. sowohl die Erstellungs- als auch die Unterhaltskosten über die ganze geplante Nutzungsdauer berücksichtigt werden. Eine Voraussage über den zu erwartenden Unterhaltsaufwand ist allerdings schwierig, und im Quervergleich können meist nur Tendenzen zugunsten der einen oder anderen Lösung festgestellt werden. Bei den heutigen Verkehrsdichten müssen auch die Auswirkungen der Unterhaltsarbeiten auf den Betrieb der Verkehrswege (und umgekehrt) miteinbezogen werden.

Alle diese Tatsachen verdeutlichen die Bedeutung der Dauerhaftigkeit. Je wichtiger die Funktion, je schwieriger und teurer der Unterhalt oder der Austausch, desto dauerhafter sollte ein Bauteil oder ein ganzes Bauwerk sein.

Qualität

Die wichtigsten Merkmale der Qualität eines Bauwerkes sind nachfolgend aufgezählt:

- An erster Stelle steht als Ziel des Bauvorhabens die *Funktion*, also eine bestimmte Zweckerfüllung. Dazu gehören die Sicherheit und die Gebrauchstauglichkeit (z.B. der Komfort der Benützer).
- Die *Dauerhaftigkeit* soll die Funktion mindestens über die vereinbarte Zeitdauer sicherstellen.
- Die *Umweltverträglichkeit* zielt auf die ästhetische Qualität des Objekts und dessen Einordnung und Auswirkung in bzw. auf seine Umgebung.
- Die *Wirtschaftlichkeit* über die geplante Nutzungsdauer, obwohl hier an letzter Stelle genannt, sollte weiterhin ein wichtiger Bestandteil der Ingenieurkunst bleiben. Der verschwenderische Umgang mit Materialien und Massnahmen mit zweifelhafter Qualitätsverbesserung ist letztlich der Umwelt auch abträglich.

Dauerhaftigkeit

Besonders im Nationalstrassenbau ist die Dauerhaftigkeit der Brückenbauwerke von besonderer Wichtigkeit. Unterhaltsarbeiten an den Kunstbauten müssen dort meist unter erschwerten Bedingungen durchgeführt werden und bedeuten sowohl für die Verkehrsteilnehmer als auch für die mit den Arbeiten betrauten Personen ein gewisses Risiko. In stark frequentierten Abschnitten ist zudem mit Verkehrsbehinderungen (Staus) zu rechnen.

Zweifellos haben in der Schweiz die notwendig gewordenen Unterhaltsarbeiten an den Brücken das Qualitätsdenken bei den Projektierenden gefördert und damit die Bedeutung der Dauerhaftigkeit ins Zentrum gerückt. Die Möglichkeiten zur Verbesserung der Dauerhaftigkeit sind vielfältig und betreffen den ganzen Bereich von der Planungs- und Entwurfsphase bis und mit der Nutzungsphase. Es gilt, aus der

Fülle und Art der aufgetretenen Schäden die richtigen Schlüsse zu ziehen, also tendenziell schlechte Lösungen auszumerzen, Bewährtes beizubehalten und neue Lösungsmöglichkeiten zu verfolgen. Nur wenn bei allen Beteiligten im Projektablauf die notwendige Sorgfalt und Erfahrung vorhanden ist, kann man bezüglich Dauerhaftigkeit befriedigende Resultate erwarten. Der Zeitdruck ist in allen Belangen wohl der grösste Feind von qualitativ guter Arbeit.

Im folgenden wird auf jene Möglichkeiten eingegangen, die den Verfassern bezüglich der Dauerhaftigkeit besonders wichtig erscheinen oder die als technische Erneuerung in der Schweiz noch beschränkte Anwendung finden. Dabei kommen im wesentlichen die Planung und Projektierung zur Sprache.

Planung und Konzept

Mit der Wahl des Gesamtkonzeptes wird das spätere Verhalten eines Bauwerkes im Gebrauchszustand entscheidend festgelegt. Es müssen daher alle wichtigen Einflussgrössen von Anfang an mitberücksichtigt werden. Neben der Topographie prägen die Baugrundverhältnisse sowohl die Art der Brückenkonstruktion als auch die Wahl des statischen Systems, die Lagerungsart und die Querschnittsgestaltung. Grundsätzlich werden heute robuste Systeme, die gegen Umwelteinflüsse und Ausführungsungenauigkeiten möglichst unempfindlich sind, bevorzugt. In diesem Sinne sind einfache, kompakte Querschnitte mit einer geringen spezifischen Oberfläche vorteilhafter als feingliedrige, aufgelöste Querschnitte.

Wo der Baugrund und das statische System es zulassen, sind Brückenlager und Fahrbahnübergänge auf das Minimum zu beschränken. Alle Vorkehrungen, die die Inspektion und den Unterhalt erleichtern, müssen bereits bei der Konzeption eingeplant werden. Hohlräume und Inspektionskammern müssen leicht zugänglich und genügend gross sein.

Die sogenannten Verschleissteile wie Lager, Fahrbahnübergänge, Leiteinrichtungen und Entwässerungssysteme müssen möglichst einfach kontrollierbar, auswechselbar oder reparierbar sein, ohne den Verkehr wesentlich zu behindern. Entwässerungsleitungen sollten grundsätzlich nicht einbetoniert

werden; bei Betondurchdringungen sind Futterrohre zu verwenden. Bei Brücken von grosser verkehrstechnischer Bedeutung sind nicht brennbare Leitungen zu verwenden.

In dieser Phase sollte bei vorgespannten Brücken bereits das Konzept der Vorspannung ausgearbeitet werden.

Konventionelle Vorspannung mit nachträglichem Verbund

Allgemeines

Die Vorspannung ist ein unersetzliches Element des heutigen Massivbrückenbaus. Bei richtiger Anwendung ist sie ein geeignetes Mittel zur günstigen Beeinflussung der Dauerhaftigkeit.

Im Jahre 1968 wurde in der Schweiz durch die SIA Norm 162 die teilweise Vorspannung eingeführt. Der grösste Teil der Strassenbrücken wurde seither nach diesen Regeln bemessen. Die bei teilweiser Vorspannung kräftiger ausfallende schlaffe Armierung ist sicher mit ein Grund dafür, dass die Erfahrungen sehr positiv ausgefallen sind. Es sind in der Schweiz keine Schäden bekannt, die auf die Anwendung der teilweisen Vorspannung zurückzuführen sind.

Bei zweckmässigen Spannngliedführungen bewirken die erzeugten Axial- und Umlenkkräfte ein günstiges Verhalten im Gebrauchszustand bezüglich Verformungen, Rissbildung und Ermüdung. Je nach Brückenquerschnitt, Spannweite und Schlankheit wird man etwa 60–100% der ständigen Lasten durch die Umlenkkräfte kompensieren. Bei einer hundertprozentigen Kompensation wird eine formtreue Vorspannung erreicht; der Träger erfährt keine Verformungen unter ständiger Last. Zusammen mit der nach Norm SIA 162 geforderten Minimalbewehrung werden anschliessend die Trag sicherheiten überprüft und allfällige Korrekturen an der Vorspannung und/oder der schlaffen Armierung vorgenommen.

Das Konzept der Vorspannung soll dank den Möglichkeiten der teilweisen Vorspannung einfach sein. Da an Einleit- und Umlenkstellen besonders von grösseren Spannngliedern beträchtliche Spannungskonzentrationen auftreten, ist die Grösse der Spannkabeleinheiten auf die Querschnittsabmessungen abzustimmen. In der Regel sind bei den üblichen Brückenquerschnitten mindestens zwei, besser drei bis vier Spannkabel pro Längsträger zu verwenden. Zulagekabel sind auf das Minimum zu beschränken. Die Krafteinleitung innerhalb eines Trägers führt oft zu groben Rissen.

Hüllrohre

Die Spannkabel gehören zu den Haupttragelementen der Brücken. Sie sind aber weder optimal gegen Korrosion geschützt, noch kontrollierbar. Die üblicherweise verwendeten Stahlblechrohre sind dünn und oft undicht. Der Zustand der Spannkabel im fertigen Bauwerk kann bisher mit keiner Prüfmethode zerstörungsfrei festgestellt werden.

Verbesserungen in dieser Hinsicht werden in der Schweiz durch die Verwendung von Kunststoffhüllrohren aus Hartpolyäthylen angestrebt. Erste versuchsweise Anwendungen von PE-Hüllrohren für die Quervorspannung der Fahrbahnplatte sind geplant.

An einem Fahrbahnausschnitt im Massstab 1:1 wird gegenwärtig an der EMPA in Dübendorf die Handhabung der PE-Rohre unter extremen Bedingungen, insbesondere grossen Temperaturschwankungen vor dem Betonieren, untersucht. Ferner soll das Problem der Ablösung der noch nicht injizierten Rohre vom Beton bei tiefen Temperaturen abgeklärt werden.

Der Einsatz von PE-Hüllrohren bringt wesentliche Verbesserungen bezüglich Korrosionsschutz und Ermüdungsfestigkeit (Reibkorrosion). Zusätzlich werden die Injizierbarkeit und der Reibungskoeffizient günstig beeinflusst.

Nach Abklärung einiger weiterer Probleme wie z.B. das Durchreiben der Rohrwandung bei engen Krümmungen und grossen Spannweiten und der Entwicklung geeigneter Rohrprofilierungen sollte der Einsatz von PE-Hüllrohren auch bei grösseren Spannngliedern möglichst bald zur Standardlösung werden. Auch das einwandfreie, baustellenreife, dichte Anschliessen an die Verankerungen und Kupplungen bedarf noch einer gewissen Entwicklung. Für den Anschluss an das Hüllrohr und das nachträglich dichte Verschliessen der Injektions- und Entlüftungsröhrchen müssen ebenfalls zuverlässige Lösungen gefunden werden. Die Vorspannfirmer müssen bemüht sein, in allen Belangen robuste Systemlösungen anzubieten. Gleichzeitig sind auch geeignete Prüfmethode zu vereinbaren.

Bei Verwendung von PE-Hüllrohren und entsprechender Ausbildung der Verankerungen (Beschichtung, Zugänglichkeit) entsteht ein elektrisch isoliertes Spannnglied. Dadurch werden bessere Voraussetzungen geschaffen, um den Zustand einbetonierter Spannnglieder kontrollieren zu können (z.B. mittels elektrischer Widerstandsmessung oder reflektometrischer Impulsmessung). Unter diesen Bedingungen erbringen diese zerstörungsfreien Prüf-

methoden vielleicht in Zukunft aussagekräftige Resultate bezüglich Fehlstellen (Hohlräume im Injektionsgut, Korrosion und Drahtbrüche). Sie bedürfen jedoch noch weiterer Untersuchungen und Entwicklungsarbeit bis zur Anwendungsreife [1].

Qualitätssicherung

Mängel an Spannkabeln können längerfristig schwerwiegende Folgen für das ganze Brückenbauwerk haben. Die erwähnten Schwierigkeiten der Überprüfung der Spannnglieder im eingebauten Zustand erfordern deshalb besonders sorgfältige Massnahmen zur Qualitätssicherung in der Planungs- und auch in der Ausführungsphase. Die von den neuen Normen SIA 162 und SIA 162/1 geforderten Qualitäten sind konsequent zu verlangen und die entsprechenden Qualitätskontrollen durchzuführen. Dabei ist der Qualitätsüberwachung der Spannsysteme und den Injektionsarbeiten besondere Beachtung zu schenken. Für eine eingehende Kontrolle der verlegten Spannnglieder bezüglich Geometrie, Stabilität, Dichtigkeit aller Anschlüsse und Betonierlücken ist in jedem Falle ausreichend Zeit zu reservieren.

Externe Vorspannung

Die externe Vorspannung ist ein wesentlicher Entwicklungsschritt auf dem Gebiet der Vorspannung. Seit mehr als 10 Jahren zeichnet sich in einigen Ländern eine Tendenz zur Anwendung der äusseren Vorspannung ab, wobei die Hauptimpulse von französischen Ingenieuren (Müller und Virlogeux) ausgingen. Dieser Trend wurde auch durch die fortschreitende Entwicklung der Vorspanntechnik zu grösseren Kabeleinheiten und verbessertem Korrosionsschutz gefördert. Zudem wurden laufend wertvolle Erfahrungen bei der Verstärkung bestehender Brücken mit externer Vorspannung verfügbar.

In diesem Zusammenhang sind auch die Fortschritte im Bau von Schrägseilbrücken zu erwähnen. Die Schrägseile, die ähnliche Anforderungen wie die externe Vorspannung zu erfüllen haben, sind ähnlich aufgebaut, so dass ein gewisser Erfahrungsaustausch möglich ist.

In der Schweiz kommt die externe Vorspannung bei Neubauten erstmals bei den Brücken *Preonzo-Claro* im Tessin (Bild 1) [2] und *Bois de Rosset* bei Avenches (Bild 2) zur Anwendung.

In bezug auf die Tragwerksicherheit und die Dauerhaftigkeit bringt die äussere Vorspannung folgende Vorteile:

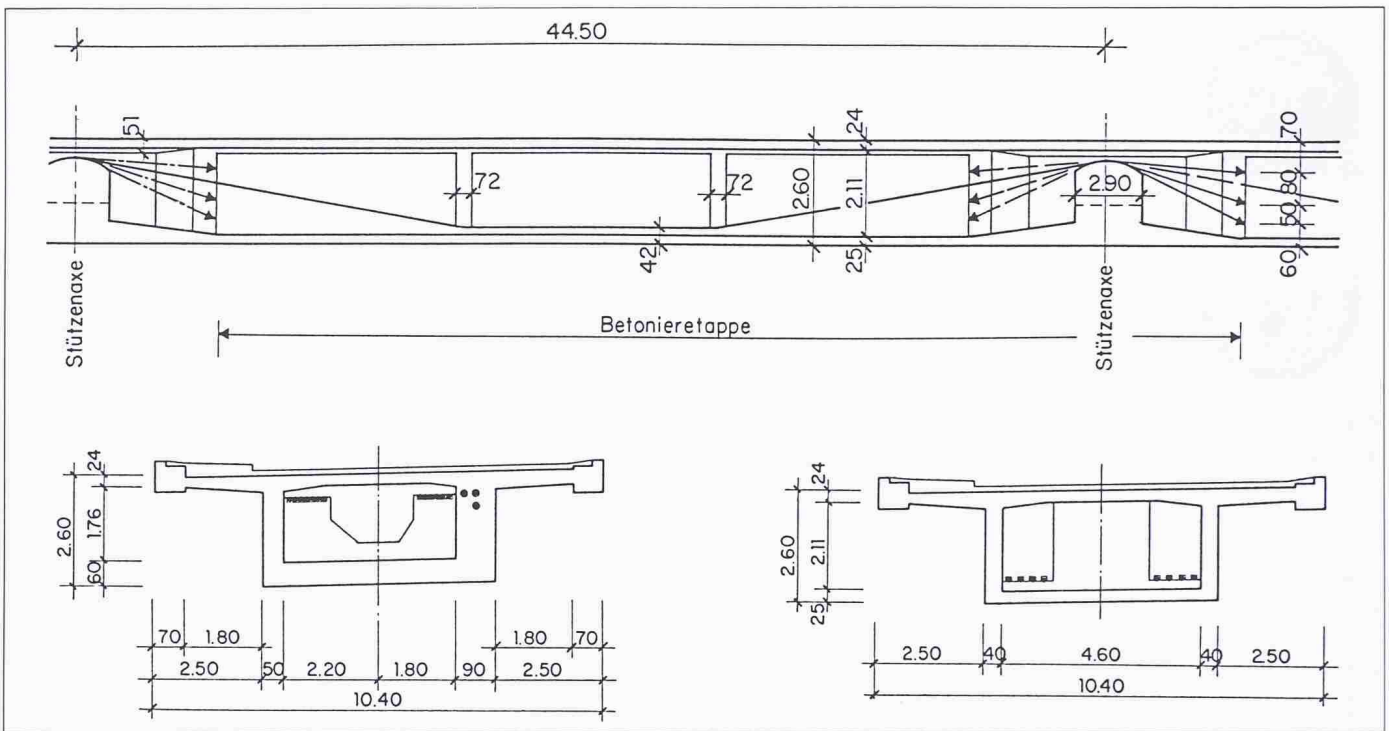


Bild 1. Der Viadukt Preonzo-Claro. Längsschnitt Normalfeld und typische Querschnitte

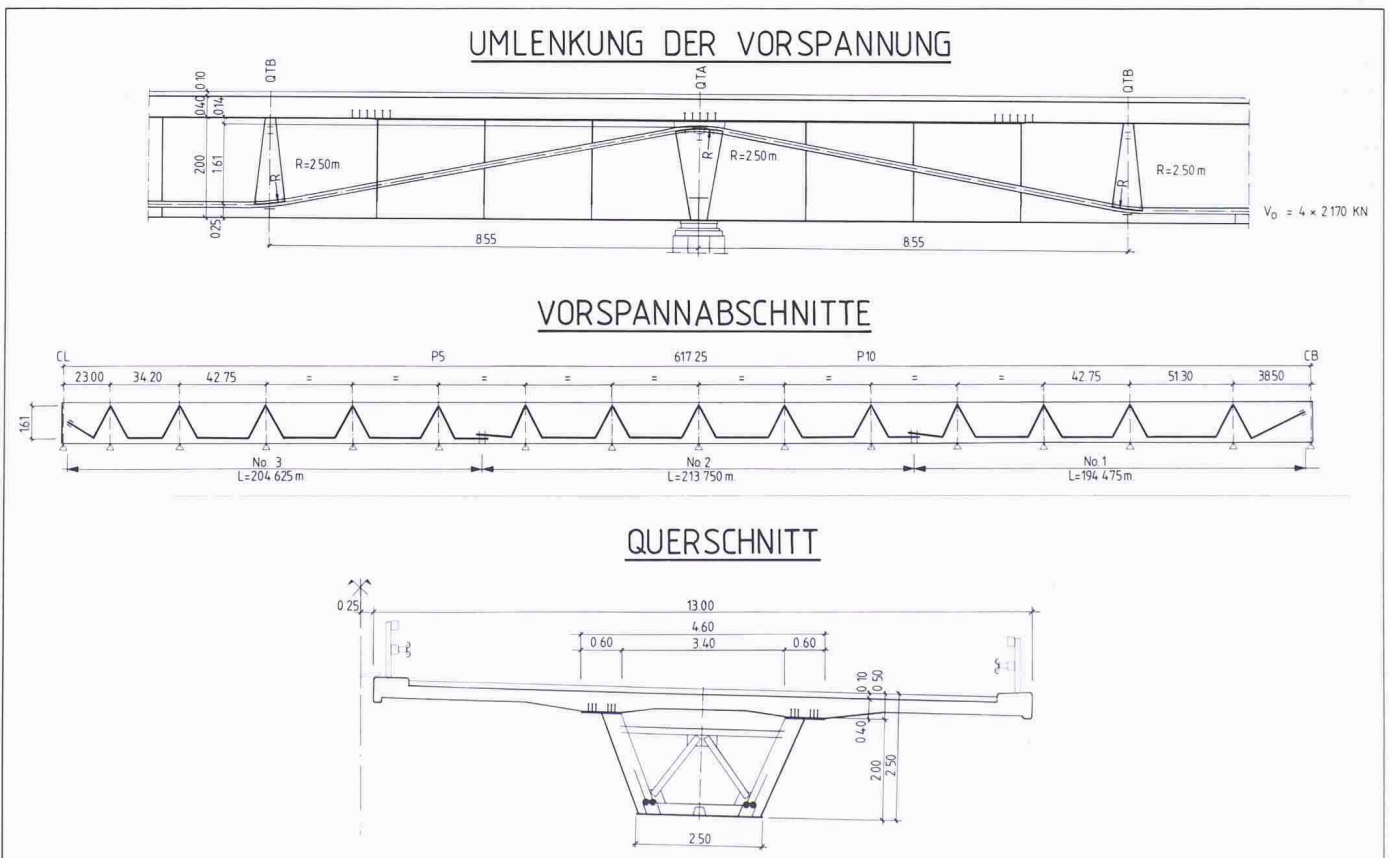


Bild 2. Viadukt Bois de Rosset. Umlenkung der Vorspannung, Vorspannabschnitte und typischer Querschnitt

- Spannglieder jederzeit kontrollierbar und bei entsprechender Ausbildung nachspannbar
- Spannglieder bei entsprechender Projektierung unter Verkehr auswechselbar
- Besserer Korrosionsschutz
- Dünnere Stege möglich

- Einfacheres Betonieren
- Keine verstopften Hüllrohre
- Nur sehr kleine Schwingbreiten der Spannglieder aus Verkehrslasten
- Sehr kleine Reibungsverluste beim Spannen
- Keine Reibkorrosion.

Es müssen auch einige Nachteile be-

rücksichtigt werden. Neben einem kleineren Hebelarm der Vorspannkraft ist auch der Spannungszuwachs - als Folge des fehlenden Verbundes - nach der Rissbildung bis zum Bruchzustand je nach Konzept der Spanngliederführung und Anordnung der Nutzlast meist nur sehr gering. Nach Erreichen der Riss-

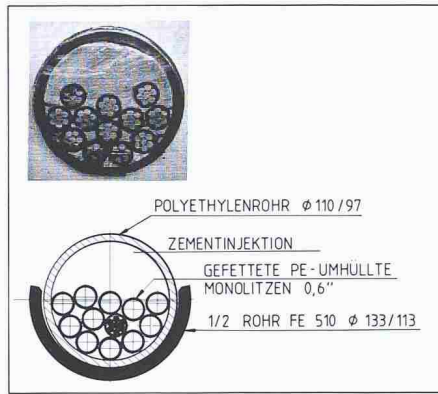


Bild 3. Querschnitt durch Litzenspannglied für externe Vorspannung im Bereich eines Umlenksattels

last ist somit keine bedeutende Laststeigerung mehr möglich. Diese Nachteile müssen durch eine Erhöhung der Vorspannung und/oder der schlaffen Bewehrung kompensiert werden. Zusätzlich fallen bei der externen Vorspannung neben den aufwendigen Umlenksättel und Verankerungsstellen auch der wesentlich höhere Laufmeterpreis der Kabel ins Gewicht.

Bei der Wahl der Vorspannungsart (konventionell oder extern) sind neben den aufgezählten Vor- und Nachteilen vor allem das Gesamtkonzept und die Baumethode der Struktur von entscheidender Bedeutung. Dabei sind auch Lösungen mit gemischter Vorspannung möglich. Besonders interessant kann dies bei Freivorbau- und Taktstriebe-

brücken sein, wobei die Beanspruchungen beim Bau durch Spannglieder mit Verbund (allenfalls mit PE-Hüllrohren) aufgenommen werden. Nach Fertigstellung der Struktur werden zusätzlich die externen Spannkabel eingebaut.

Als Querschnittsformen kommen fast ausschliesslich Hohlkasten und Plattenbalken zur Anwendung. Die Ergänzung von Stahlverbundbrücken mit Vorspanngliedern ist in zweifacher Hinsicht sinnvoll. Erstens können die Durchbiegungen besser beherrscht werden, und zweitens resultiert eine wesentliche Reduktion der unangenehmen Zugspannungen bzw. der Rissbildungen in der Betonplatte im Stützenbereich.

Zwei Schweizer Vorspannfirmer haben Systeme entwickelt, die hohen Anforderungen genügen. Die Spannkabel der Firma *Stahlton AG* bestehen aus Drähten in einem mit Fett verpressten Hüllrohr aus Hartpolyäthylen. Sie werden unter optimalen Bedingungen im Werk hergestellt und fertig auf die Baustelle gebracht. Diese Spannkabel kamen bei der schon erwähnten Brücke *Preonzo-Claro* zur Anwendung.

Bei den Spannkabeln der Firma *VSL International AG* liegt jede einzelne Litze in einem mit Fett verfüllten PE-Röhrchen. Ein Bündel solcher Monolitzen wird ebenfalls von einem Hüllrohr aus Hartpolyäthylen umschlossen (Bild 3). Nach der Montage werden die Spann-

glieder auf rund 5–10% der vollen Kraft gespannt, wodurch diese in ihre endgültige Lage gebracht werden. In diesem Zustand ist eine einwandfreie Zementinjektion auch langer Spannglieder möglich (evtl. mit zusätzlicher Vakuumunterstützung). Nach dem Erhärten bildet das Injektionsgut auch bei den Umlenkstellen, wo die Litzen exzentrisch im äusseren Schutzrohr liegen, ein Stützgerüst. Das anschliessende Spannen auf die volle Kraft geschieht selbst bei langen Spanngliedern und relativ engen Ausrundungen mit sehr kleinen Reibungsverlusten und ohne Beschädigung der Hüllrohre. Im Falle einer Beschädigung des äusseren Hüllrohres, z.B. an Umlenksätteln oder Stossstellen, ist der Spannstahl weiterhin dauerhaft geschützt.

Aufgrund der bisherigen Erfahrungen und den Auswertungen verschiedener spezifischer Versuche darf man von der aussenliegenden Vorspannung erwarten, dass sie die an sie gestellten Anforderungen und Erwartungen erfüllen wird. Auf dem Weg zu qualitativ besseren Bauwerken kann sie uns einige wichtige, aber lange nicht alle Probleme lösen. Die Anwendung der externen Vorspannung erfordert neben sorgfältigem Planen neuartige Überlegungen bezüglich der Tragsicherheit, des Rissverhaltens und der Minimalarmierung. Für den Korrosionsschutz und die Ermüdung der schlaffen Armierung, bringt die externe Vorspannung sicher keine direkten Vorteile. Die häufigsten Schäden an unseren Brücken (Korrosion der schlaffen Armierung) wären auch durch einwandfrei geschützte und allenfalls auswechselbare Spannglieder nicht verhindert worden. Zudem müssen auch, wie schon erwähnt, die Anstrengungen auf dem Gebiet der konventionellen Vorspannung mit Verbund weiter verfolgt werden.

Die externe Vorspannung wird in Zukunft zweifellos vermehrt zur Anwendung kommen. Konsequenterweise sollte dann auch eine verbundlose Quervorspannung z.B. in Form von PE-umhüllten, gefetteten Monolitzen in Erwägung gezogen werden.

Besonders geeignet ist die externe Vorspannung natürlich auch für die Verstärkung bestehender Brücken. Durch eine geschickte Spanngliederführung werden sowohl Durchbiegungen als auch Biege- und Schubspannungen wesentlich vermindert. Oft ist die externe Vorspannung das einzige wirksame Instrument, älteren Brücken die erforderliche Tragsicherheit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit zurückzugeben.

Als interessanter Einsatz der externen Vorspannung sei noch die am Institut

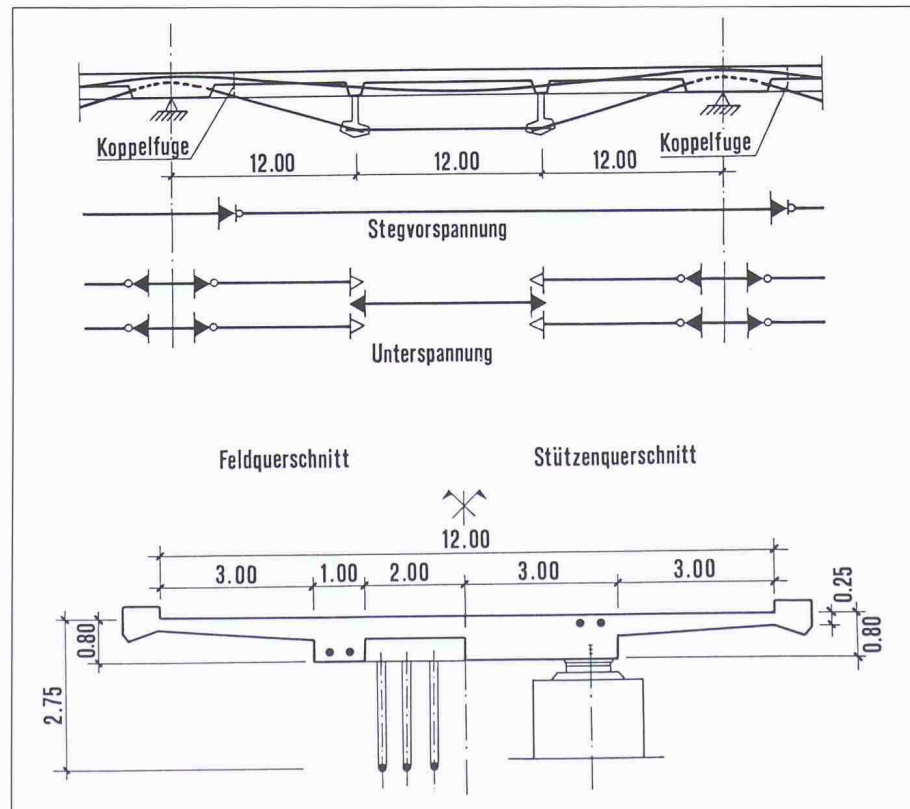


Bild 4. Unterspannte Plattenbrücke, Längsschnitt, Kabelschemas, typische Querschnitte

für Baustatik und Konstruktion an der ETH Zürich unter der Leitung von Prof. Ch. Menn entwickelte, unterspannte Plattenbrücke erwähnt. Neu an diesem Konzept ist der schlanke, einfach herzustellende Betonquerschnitt mit Umlenkstellen in den Drittelpunkten (Bild 4). Die feldweise zu erstellende Durchlaufplatte sollte für Spannweiten von 30–40 m praktische Anwendungen finden. Ein Modell über zwei Felder im Massstab 1:3 wurde einem eingehenden Versuchsprogramm unterzogen. Die Resultate waren sowohl bezüglich der Gebrauchstauglichkeit als auch der Tragfähigkeit durchwegs befriedigend. Als etwas nachteilig sind allerdings die zahlreichen Verankerungs- und Kupplungsstellen der Unterspannung zu erwähnen.

Weitere Schutzmassnahmen

Ausgeprägte Korrosionsangriffe an Armierungstäählen treten auf, wenn Wasser, Sauerstoff und Chloride bzw. die Karbonatisierungsfront bis an die Stahloberfläche vordringen können. Am ungünstigsten sind oft wechselnde Bewitterungsverhältnisse von nass und trocken. Besonders gefährdet sind also die Bauteile im Bereich von chloridhaltigem Spritz- oder Standwasser wie Konsolköpfe, Leitmauern oder Fahrbahnplatten von Brücken ohne Abdichtung.

Eine reichliche Betonüberdeckung der Bewehrung (40–50 mm) und ein dichter Beton besonders auch in den oberflächennahen Zonen sind die geeignetsten Mittel zur Gewährleistung einer guten Dauerhaftigkeit.

Bei Neubauten und Sanierungen ist die Fahrbahnplatte grundsätzlich mit einer Abdichtung zu versehen, weil diese nicht mehr kontrollierbar ist und weil daran Sanierungsarbeiten besonders aufwendig sind. Man hat weiter festgestellt, dass auch eine reichliche Betonüberdeckung kein dauerhafter Korrosionsschutz der Bewehrung garantiert, wenn stehendes Salzwasser einwirkt. Den Randanschlüssen der Abdichtung ist besondere Aufmerksamkeit zu schenken.

Wo eine extreme Gefährdung der Betonstäähle durch aggressive Medien – insbesondere Tausalze – vorliegt, kann die Anwendung von *epoxidharz-beschichteten Stählen* als zusätzliche Schutzmassnahme gegen Korrosion sinnvoll sein. Dazu gehören grundsätzlich alle Betonoberflächen, die sich im Spritzwasserbereich von Fahrbahnen befinden und auch die Oberseite von Fundamenten unter dem Fahrbahnbereich.

Damit die beschichteten Bewehrungsstäähle das angestrebte, günstige Korrosionsverhalten tatsächlich aufweisen, sind bestimmte Anwendungsregeln und strenge Qualitätsanforderungen zu beachten. Das Bundesamt für Strassenbau ist dabei, Richtlinien zur Anwendung von epoxidharz-beschichteten Betonstäählen zu erarbeiten. Die Herausgabe ist im Sommer 1990 vorgesehen. Die Richtlinien wenden sich an Bauherren, projektierende Ingenieure, Hersteller und Lieferanten von Betonstahl sowie an Bauunternehmungen. Sie enthalten Empfehlungen für die Anwendung von beschichtetem Betonstahl und die materialtechnischen Anforderungen. Es sind Angaben sowohl über die Biegerolldurchmesser, Verankerungslängen und Übergreifungsstösse als auch über Schneiden, Biegen, Transport, Lagerung und Einbau zu finden. Die Verwendung von beschichteter und unbeschichteter Bewehrung im gleichen Bauteil ist nur erlaubt, wenn durch wirksame Massnahmen elektrisch-leitender Kontakt unter den Bewehrungsarten ausgeschlossen werden kann. Die Qualitätssicherung wird ebenfalls ausführlich behandelt und geregelt.

Als weitere Schutzmassnahme für Betonbauteile sei hier die *Hydrophobierung* genannt. Die Hauptwirkung einer Hydrophobierung besteht in einer starken Reduktion der kapillaren Wasseraufnahme der Betonoberfläche, wodurch die Chloriddiffusion weitgehend verhindert wird. Im weitern konnte auch eine beträchtliche Verbesserung der Frostbeständigkeit der Betonoberfläche nachgewiesen werden. Bezüglich der Dauerhaftigkeit einer Hydrophobierung können keine genauen Angaben gemacht werden. Sofern ein Betonbauteil durch diese Massnahme sicher und dauerhaft geschützt werden soll, ist die Hydrophobierung regelmässig (rund alle 5 Jahre) zu wiederholen.

Eine *Beschichtung* der Betonoberfläche ist theoretisch ein idealer Schutz der Bewehrung gegen Korrosion und des Betons gegen Frost- und Tausalz-Einwirkungen. Dieser Oberflächenschutz kann leider nicht allgemein empfohlen werden, weil noch viele ungelöste Probleme bestehen; insbesondere ist die Dauerhaftigkeit der Beschichtung selber oft ungenügend.

Zusammenfassung

Im schweizerischen Nationalstrassenbau wird heute der Dauerhaftigkeit der Brückenbauwerke besondere Aufmerksamkeit geschenkt.

Literatur

- [1] P. Matt: Zerstörungsfreie Prüfung von Spanngliedern in bestehenden Brückenbauten. Eidg. Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement, Bundesamt für Strassenbau, Forschungsauftrag Nr. 52/88, Januar 1989
- [2] Th. Vogel, K. Heer: Externe Vorspannung ohne Verbund. Schweizer Ingenieur Architekt 107 (1989) Nr. 48, S. 1312
- [3] Ch. Menn: Entwicklung eines neuen Tragsystems im Brückenbau. Schweizer Bldblatt Nr. 4, 13. Januar 1989, S. 34
- [4] Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Dokumentationen D 020 und D 021: Korrosion und Korrosionsschutz, Teil 1, Zerstörungsfreie Prüfung an Stahlbetonbauwerken, Teil 2 Schutz- und Sanierungsmethoden von Stahlbetonbauwerken. Verschiedene Autoren

Eine *sorgfältige Planung* und ein den Gegebenheiten angepasstes, *zweckmässiges Gesamtkonzept* sind notwendige Voraussetzungen für dauerhafte Brücken. Die konventionelle Vorspannung mit Verbund kann durch die *Verwendung von PE-Hüllrohren* zusammen mit *baustellentauglichen Systemlösungen* und einer konsequenten *Qualitätsüberwachung* noch wesentlich verbessert werden. Bei der *externen Vorspannung* sind vor allem die Kontrollierbarkeit und die Möglichkeit des Auswechslens einzelner Spannglieder auch unter Verkehr besonders interessante Aspekte. Obwohl ein dichter Beton zusammen mit einer genügenden Betonüberdeckung im allgemeinen einen dauerhaften Korrosionsschutz der Armierungstäähle ergibt, können zur Verminderung extremer Einwirkungen von Chloriden zusätzliche Massnahmen zweckmässig sein. Es sind dies in erster Linie die Verwendung *epoxyd-beschichteter Betonstäähle* und die *Hydrophobierung* der Betonoberfläche. Eine planerische Reduktion der Betonüberdeckung ist trotz dieser Vorkehrungen nicht zulässig.

Adresse der Verfasser: H. M. Donzel, dipl. Ing. ETH/SIA und W. Schuler, dipl. Ing. ETH/SIA, Bundesamt für Strassenbau, Monbijoustrasse 40, 3003 Bern.

Die Verfasser danken:

- Prof. Ch. Menn, ETH-Zürich
- Guzzi AG, Zürich
- Stahlton AG, Zürich
- VSL International AG, Lyssach
- Dauner H.G., Dr. Ing., Aigle

für die zur Verfügung gestellten Bildunterlagen