

Auswirkungen des Taktschiebeverfahrens auf den Entwurf langer Brücken

Autor(en): **Baur, W.**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **9 (1972)**

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-9603>

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.

IV

Auswirkungen des Taktschiebeverfahrens auf den Entwurf langer Brücken

Effect of the "Taktschiebeverfahren" on the Design of Long Bridges

Influence de la méthode de lancement sur le projet de ponts longs

W. BAUR

Bauingenieur

Partner des Ingenieurbüros Leonhardt und André
Stuttgart, BRD

Der sprunghaft anwachsende Automobilverkehr macht zügig geführte Fernstrassen mit zum Teil viele hundert Meter langen Talbrücken notwendig. Um bei den heutigen hohen Löhnen solche Brücken wirtschaftlich bauen zu können, müssen mechanisierte, lohnsparende Bauweisen angewendet werden. Die Entwicklung begann mit dem Einsatz von grossformatigen Schaltafeln und leicht umsetzbaren Lehrgerüsten. Parallel dazu wird die Fertigteilbauweise mit nebeneinandergestellten Einzelträgern oder hintereinander aufgereihten Brückenteilen angewendet. Für lange Brücken mit hohen Pfeilern wurden Vorschubrüstungen konstruiert, während man Brücken über Flüsse mit grossen Spannweiten vorwiegend im Freivorbau ausführt. Mit dem Taktschiebeverfahren wurde eine neue, vollkommen gerüstlose Bauweise entwickelt, die nachstehend näher erläutert wird.

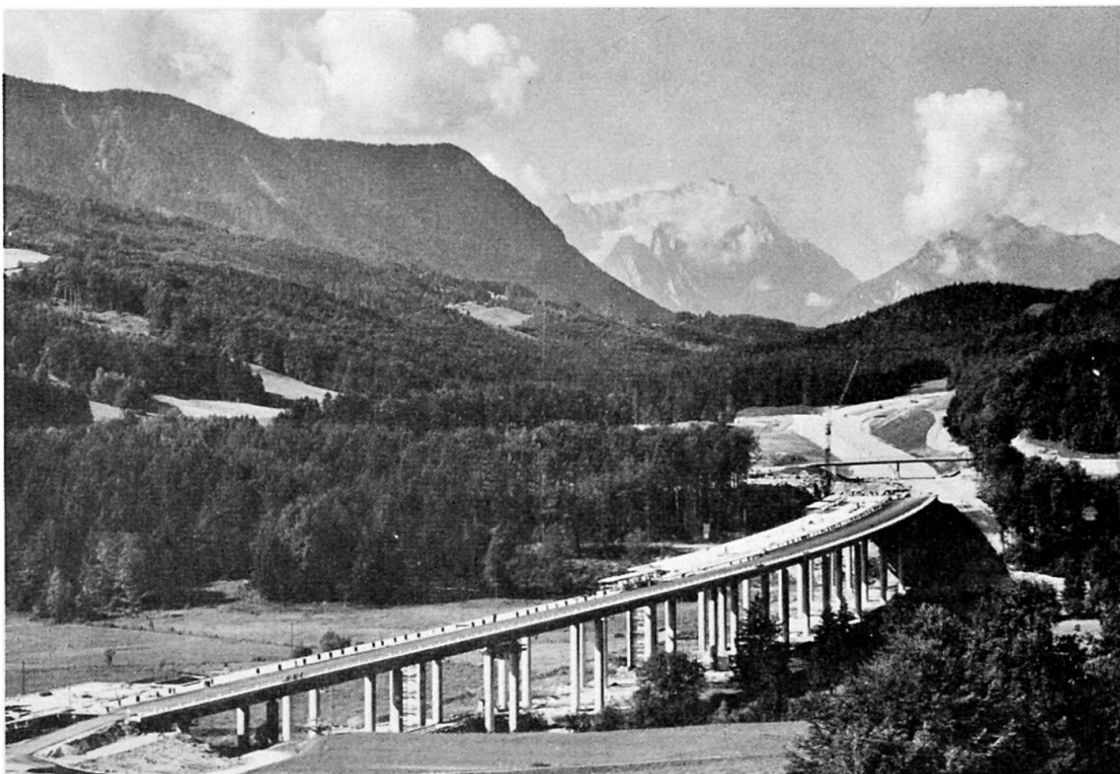


Bild 1 Loisachtalbrücke Grossweil

Zuvor sollen jedoch einige, für die wirtschaftliche Anwendung der meisten dieser mechanischen Verfahren wichtige Voraussetzungen genannt werden. Jedes Verfahren hat zwar seine eigenen Gesetze, der Planer kann nicht in jedem Fall voraussehen, welche Herstellungsart für ein bestimmtes Bauwerk am wirtschaftlichsten ist. Es gibt jedoch eine Reihe von Gesichtspunkten, die Voraussetzung für die wirtschaftliche Anwendung der meisten Verfahren sind und deshalb schon in der Vorplanung berücksichtigt werden sollten.

Nachstehend die wichtigsten dieser Bedingungen:

1. Es ist grundsätzlich einfacher, gerade Brücken zu bauen als gekrümmte.
2. Bei langen Brücken ist es meist unvermeidlich, sie im Grundriss und im Aufriss zu krümmen. Wenn möglich, sollte man versuchen, die ganze Brücke mit einem gleichmässigen Krümmungsradius zu planen und die Übergangsbögen in die daran anschliessenden Strecken zu legen.
3. Gleiche Stützweiten, ggf. mit Ausnahme der Endfelder, bieten für das Berechnen, das Konstruieren und das Ausführen von Brücken grosse Vorteile. Es sollte überlegt werden, ob man nicht einfacher eine untergeordnete Strasse bzw. einen kleinen Wasserlauf verlegt, um dieser Forderung gerecht zu werden. Wünschenswert wäre auch, bei verschiedenen Brücken immer wieder dieselben Spannweiten zu verwenden. Diese Forderung bereitet jedoch, wenn man auf wichtige Verkehrswege und Wasserläufe Rücksicht nehmen muss, in manchen Fällen Schwierigkeiten. Man könnte sich jedoch vorstellen, dass man die Spannweiten in Abstufungen von 3,00 m normt.
4. Spannweiten bis zu 50 m können mit den meisten Verfahren ohne Hilfsunterstützungen ausgeführt werden. Bei Brücken mit 20 - 35 m hohen Stützen ergibt sich bei diesen Spannweiten ein gutes Verhältnis von Spannweite zu lichter Höhe.
5. Die meisten Fernstrassen haben dieselbe Nutzbreite. Es sollte deshalb versucht werden, die Querschnittsausbildung weitgehend zu vereinheitlichen.
6. Mit Rücksicht auf niedrige zulässige Schubspannungen werden in Stützennähe in der Regel voutenförmige Verdickungen der Stege erforderlich. Dies kompliziert die Schalungen. Durch Versuche wurde längst nachgewiesen, dass sehr viel höhere Schubspannungen zugelassen werden können, so dass auf eine Verdickung der Stege in der Regel verzichtet werden kann. Die Berechnungsvorschriften sollten entsprechend geändert werden, indem nicht die schiefen Hauptzugspannungen, sondern die schiefen Hauptdruckspannungen für die Ermittlung der Stegdicken massgebend gemacht werden. Fast alle mechanisierten Herstellungsverfahren würden dadurch vereinfacht und somit würden sich die Kosten vermindern lassen.
7. Mit einheitlichen Belastungs- und Berechnungsvorschriften für ganze Ländergruppen könnte das Planen und Konstruieren solcher Brücken weiterhin beträchtlich vereinfacht werden.

Nach diesen allgemeingültigen Hinweisen soll nun auf die Besonderheiten des Taktschiebeverfahrens eingegangen werden. Brücken nach diesem Verfahren werden in Abschnitten (Takten) von 10 bis 30 m Länge hinter dem Widerlager in ortsfester Schalung hergestellt und abschnittsweise vorgeschoben, wobei die Abschnitte direkt aneinander betoniert werden. [Bild 2]

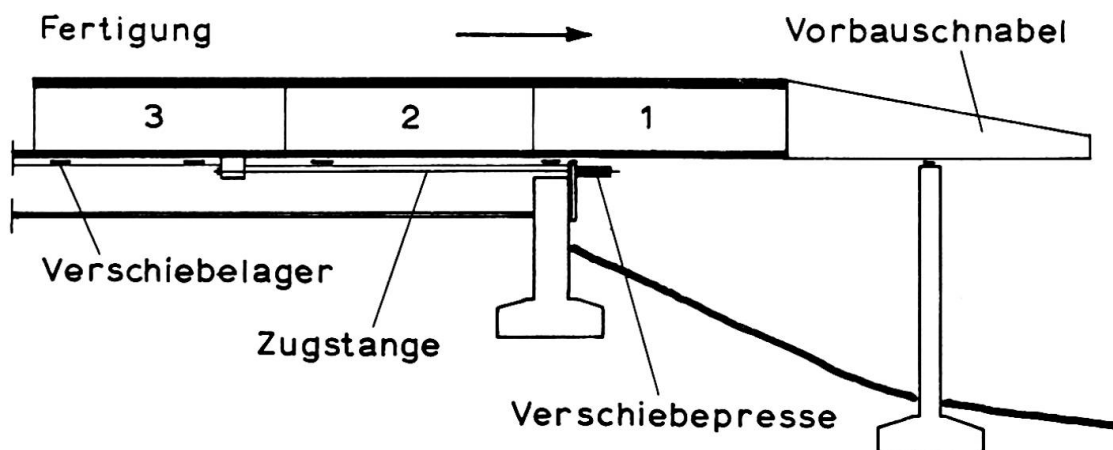


Bild 2

In den meisten Fällen wählt man als Taktlänge die halbe Spannweite eines Normalfeldes. Es ist statisch und konstruktiv vorteilhaft, die Fugen zwischen den einzelnen Takten nicht in Feldmitte und über der Stütze anzuordnen, sondern in den Viertelpunkten. Aus diesem Grund empfiehlt es sich, die Spannweiten der Randfelder zu 75 % der Spannweiten der Mittelfelder zu wählen, so dass das erste und das letzte Feld aus 1 1/2 Takten und die übrigen Felder aus 2 Takten bestehen. Kürzere Randfelder geben meist ein gutes Bild und sind statisch günstig. Man kann mit derselben Fertigungseinrichtung auch einzelne Felder mit grösseren Spannweiten herstellen. Dabei muss entweder die Länge der Schalung für ein solches grosses Feld bemessen werden, was unwirtschaftlich ist, oder es müssen kürzere Zwischentakten eingefügt werden, was Planung und Bauablauf stört. Also, wenn irgendetmöglich, sollte man Mittelfelder mit gleichen Spannweiten vorsehen. Die Endfelder können kürzer als 75 % eines Normalfeldes sein, möglichst aber nicht länger. [Bild 3]

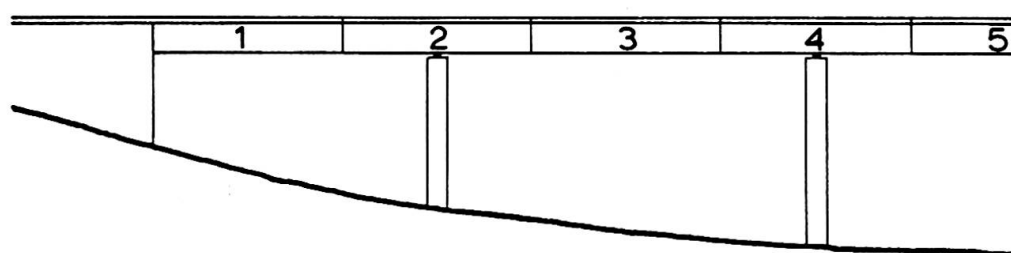


Bild 3

Brücken bis zu rd. 500 m Länge kann man von einer Seite aus vorschieben. Je nach den Gefällsverhältnissen wird man bei noch längeren Brücken von Fall zu Fall entscheiden, ob man mit einer

starken Verschiebeeinrichtung weiterhin von einer Seite arbeitet, evtl. über den Stützen noch Verschiebepressen ansetzt, oder ob man an beiden Brückenden fertigt und die beiden Teile etwa in Brückenmitte über einem Pfeiler biegesteif stösst. Die beiden Brückenteile werden durch nachträglich einzufädelnde Spannglieder im Bereich der Fahrbahnplatte biegesteif miteinander verbunden, wobei die Momentenlinie des ungestossenen Durchlaufträgers erzeugt wird.

[Bild 4]

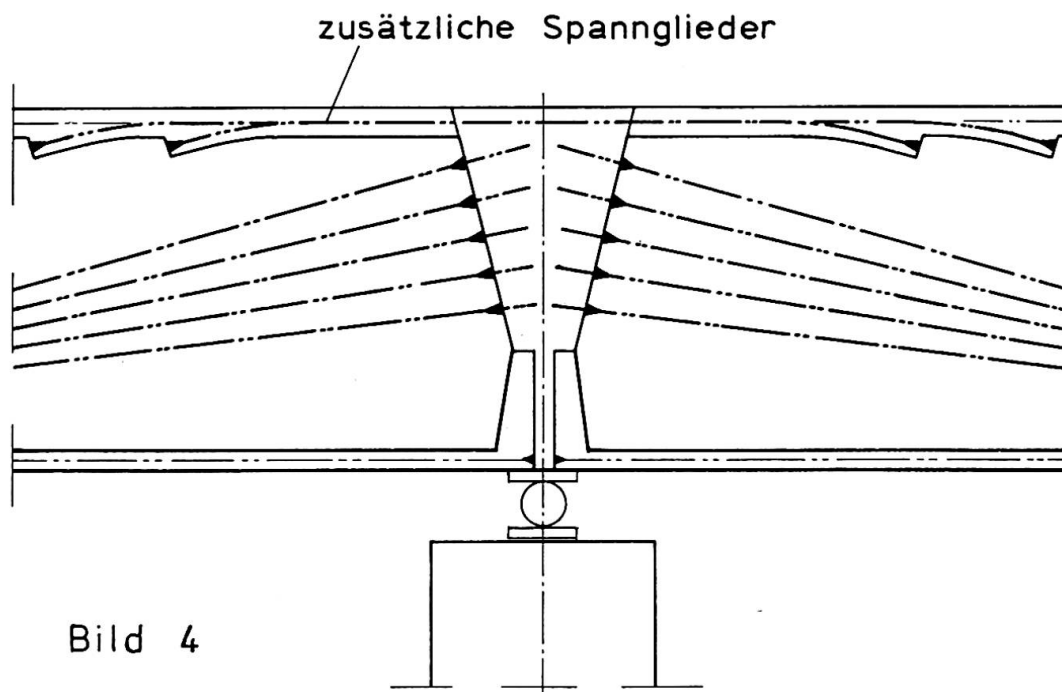


Bild 4

Für Brücken mit Längsgefälle wird die Fertigungseinrichtung in der Regel über dem höhergelegenen Widerlager angeordnet und die Brücke bergab geschoben. Bei einem Längsgefälle von mehr als 1,5 ‰ muss ausser der Verschiebeeinrichtung noch eine Bremsvorrichtung vorgesehen werden, weil die Gleitlager auf den Pfeilern, bei denen teflonbeschichtete und stahlarmierte Neoprenplatten auf Chrom-Nickelstahlblechen gleiten, sehr niedrige Reibungswerte aufweisen. Sofern man bei stärkerem Gefälle bergab schiebt, könnte man auch daran denken, ein Gleitmittel mit höherer spezifischer Reibung, z.B. glasfasergefülltes Teflon, zu verwenden und dann auf das Bremsen zu verzichten. Dabei entstehen jedoch grössere Horizontalkräfte auf den Pfeilern, die sich, namentlich bei hohen Pfeilern, auf ihre Dimensionierung ungünstig auswirken. Kurze Brücken mit starkem Längsgefälle schiebt man zweckmässigerweise bergauf, da eine

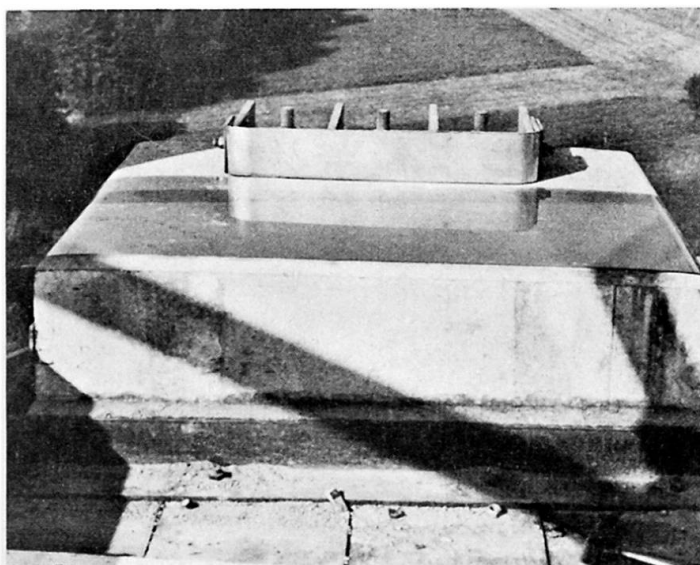


Bild 5 Verschiebelager

etwas stärkere Verschiebeeinrichtung wirtschaftlicher ist als eine kombinierte Brems- und Verschiebeeinrichtung.

Taktschiebebrücken kann man entweder als Plattenbalken, besser jedoch mit hohlkastenförmigem Querschnitt ausführen. Die Verschiebelager müssen jedoch in jedem Fall unter den Trägerstegen angeordnet werden, da die unteren Platten von Hohlkästen normalerweise nicht in der Lage sind, die beim Verschieben auftretenden Auflagerkräfte zu übertragen. Am einfachsten ist es, die Pfeiler etwas breiter zu machen als die untere Platte der Hohlkästen bzw. als die Aussenkanten der Stege bei Plattenbalken. In der Regel be-

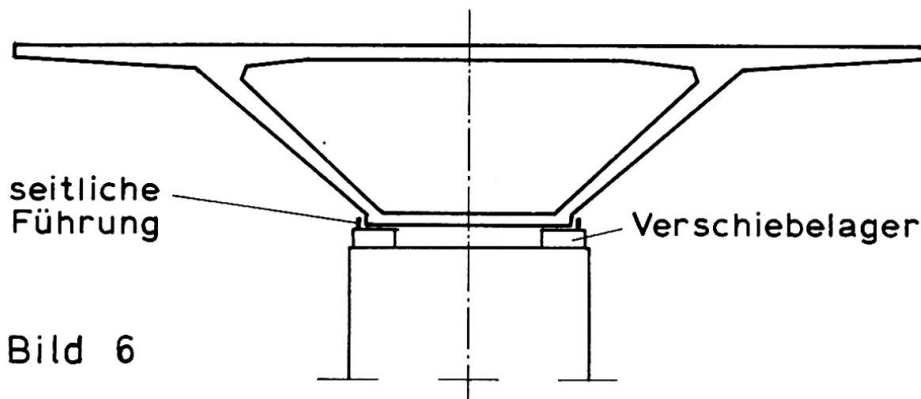


Bild 6

steht bei Talbrücken der berechtigte Wunsch, die Pfeiler möglichst schmal zu halten, damit der freie Durchblick durch das Tal, namentlich in Schrägrichtung, nicht zu sehr gestört wird. Um solche schmalen Pfeiler zu erhalten, empfiehlt es sich, den Stegen von Hohlkästen eine verhältnismässig starke Neigung zu geben, damit die untere Platte schmal wird [Bild 6]. Bei sehr breiten Brücken sind auch Einzelstützen unter jedem der beiden Hauptträger möglich. Man kann auch seitlich über die Pfeiler auskragende Verschiebelager bauen. Sie werden jedoch schwer und teuer und ihre Montage und Demontage ist umständlich.

Bei Taktschiebebrücken ist es wichtig, dass sie sowohl im Grundriss als auch im Aufriss gerade bzw. gleichmässig gekrümmt sind. Auch gleichmässige Verwindungen in Längsrichtung sind möglich. Sofern etwa eine an einen Kreisbogen anschliessende Klothoide noch in die Brücke hineinragt, wird der Hohlkasten trotzdem in Kreisform hergestellt. Die klothoidenförmigen Fahrbahn-ränder werden dann durch unterschiedliche Kragweite der Fahrbahnplatte erzeugt. Die Abweichung zwischen dem Kreisbogen und der Klothoide soll jedoch nicht grösser als etwa 50 cm sein.

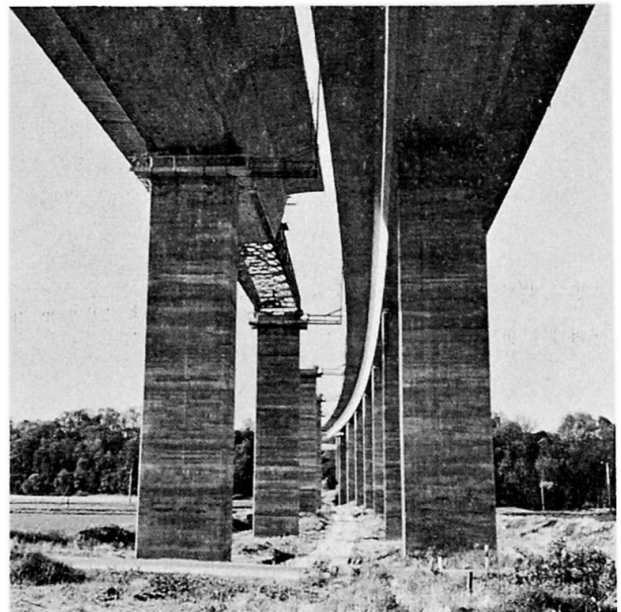


Bild 7 Kochertalbrücke bei Neuenstadt

Beim Verschieben müssen die Brücken seitlich geführt werden, auch um Windkräfte aufnehmen zu können. Entsprechende Vorrichtungen werden zweckmässigerweise an den Verschiebelagern befestigt. Bei horizontalen Trägerunterflächen sind solche Führungen auf beiden Seiten erforderlich. Gibt man jedoch der unteren Platte des Hohlkastens ein Quergefälle, z.B. das Quergefälle der Fahrbahnplatte, so genügt eine einseitige Führung. Man erhält dadurch auch gleiche Steghöhen, was mit Rücksicht auf die Spanngliedführung günstig ist.

Vom volkswirtschaftlichen Standpunkt aus ist es wichtig, dass die Bauarbeiten ohne Rücksicht auf Jahreszeit und Witterung in geschützten Räumen ablaufen können. Man erzielt dadurch kurze Bauzeiten und macht die Bauberufe attraktiver. Beim Taktschiebeverfahren können die Fertigungseinrichtungen mit verhältnismässig geringem Aufwand winterfest gemacht werden, so dass auch hier die Vorteile der Ort beton- und der Fertigteilbauweise genutzt werden können, ohne deren Nachteile in Kauf nehmen zu müssen. [Bild 8]

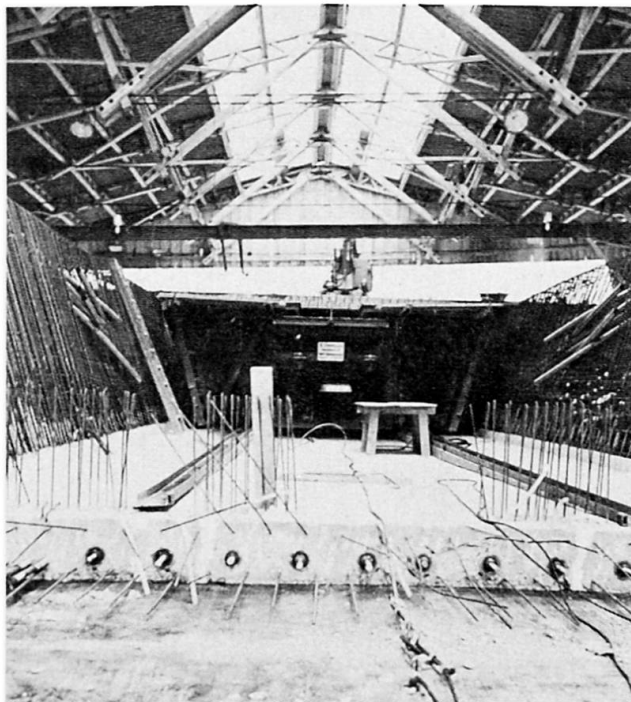


Bild 8 Fertigung Loisachtalbrücke

Ein Punkt, bei dem sich Statik, Wirtschaftlichkeit und Ästhetik berühren ist die Wahl der zweckmässigsten Bauhöhe der Überbauten. Bei einem Verhältnis von Spannweite zu Bauhöhe, also einer Schlankheit von 12 bis 15, kann man ohne Hilfspfeiler verschieben. Spannweiten zwischen 40 und 50 m ergeben Bauhöhen zwischen 2,70 m und 4,20 m. In der Regel wird man bei einer Schlankheit von etwa 14 statisch und damit auch wirtschaftlich noch in einem günstigen Bereich liegen und gleichzeitig mit Bauhöhen zwischen 2,90 und 3,60 m ein gutes Aussehen erhalten. Brücken mit stark geneigten Stegen, wie dies im Hinblick auf schmale Pfeiler erwünscht ist, wirken bei gleicher Bauhöhe schlanker als solche mit steilen oder senkrechten Stegen.

Müssen Brücken schlanker als 15 gebaut werden, was bei niedrigen Flussbrücken meist der Fall ist, so werden Hilfsstützen angeordnet. Normalerweise stellt man eine Stütze in jedem Feld, bei extrem schlanken Brücken können auch zwei Hilfsstützen je Feld wirtschaftlich sein.

Zum Schluss noch eine Anmerkung über Festigkeit, Haltbarkeit und Sicherheit von Taktschiebebrücken.

Bei durchlaufenden Spannbetonbrücken treten ausser den Beanspruchungen durch äussere Lasten und Vorspannung auch solche aus Abbindewärme, Temperatur, Schwinden, Stützensenkungen usw. auf. Die Spannglieder werden normalerweise so geführt, dass bei Belastungen gemäss den massgebenden Vorschriften die zulässigen Zug- und Druck-

spannungen im Beton nicht überschritten werden. Trotz verfeinerter Rechenverfahren waren aber an manchen Brücken Risse beobachtet worden, d.h. es treten nicht bekannte, bzw. nicht erfasste Beanspruchungen auf, die solche Risse verursachen, hauptsächlich in den breiten Platten. Die üblichen gekrümmt geführten Spannglieder liegen auf grosse Strecken im Mittelbereich der Stege, während die Platten der Ober- und Untergurte nur eine schwache Längsbewehrung erhalten. Die vorgenannten zusätzlichen Beanspruchungen können hier zu den beobachteten Rissen führen.

Taktschiebebrücken erhalten dagegen mit Rücksicht auf die beim Verschieben auftretenden Beanspruchungen geradlinig durchgehende Längsspannglieder in der oberen und in der unteren Platte. Auch die schlaaffe Bewehrung in Längsrichtung ist verhältnismässig reichlich. Diese vorgespannte und schlaaffe Bewehrung ist im fertigen Bauwerk rechnerisch nur zu einem geringen Teil erforderlich. Sie scheint deshalb unproduktiv, in Wirklichkeit erhöht sie die Widerstandsfähigkeit der Brücke gegen auftretende, aber nach Vorschrift nicht nachzuweisende Beanspruchungen. Dadurch erhalten diese Bauwerke eine zusätzliche Sicherheit.

Lehr- oder Vorschubrüstungen verformen sich unter dem Einfluss des Gewichts des frischen Betons, sowie infolge von Temperatureinflüssen meist beträchtlich. Der abbindende, schwach bewehrte Beton kann diese Verformungen in vielen Fällen nicht rissefrei ertragen. Taktschiebebrücken dagegen werden in einer unverschieblichen, meist überdachten Fertigungseinrichtung hergestellt und erleiden erst Verformungen, nachdem der Beton ausreichend erhärtet und vorgespannt ist.

Lange Brücken werden meist felderweise hergestellt, wobei in den Arbeitsfugen, die etwa in den Fünftelpunkten liegen, meist sämtliche Spannglieder durch Kopplung gestossen werden. Der Ehrgeiz, sehr schlanke Brücken zu bauen, erfordert eine Vielzahl von Spanngliedern. Damit ihre Kopplungen ordnungsgemäss untergebracht werden können, müssen die Stege in diesen Arbeitsfugen oft beträchtlich verdickt werden. Solche Querschnittssprünge sind statisch und in der Fertigung unschön, Koppelfugen sind schwache Punkte einer Konstruktion. Bei Taktschiebebrücken werden die geraden Längsspannglieder in den Platten nur in jeder 2. bzw. in jeder 3. Arbeitsfuge abwechslungsweise gekoppelt. [Bild 9] Die

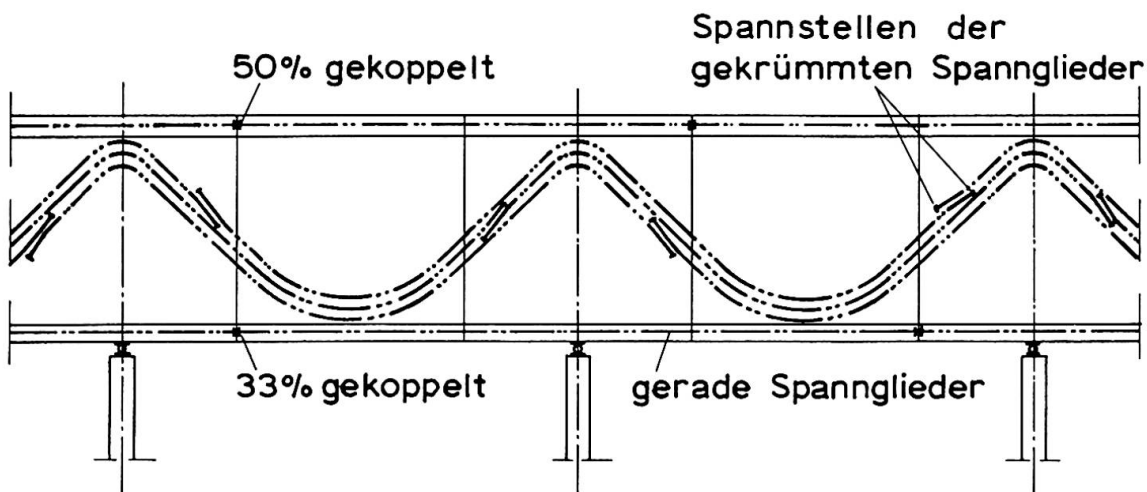


Bild 9

Übergreifungsstöße der gekrümmten Spannglieder liegen ausserhalb der Taktfugen, jeweils mindestens die Hälfte dieser Spannglieder läuft dort ungestossen durch. Man erreicht dadurch, dass an keiner Stelle mehr als 20 bis 30 % der Spannglieder gestossen werden. Durch die Aufteilung der Spannglieder auf die obere und auf die untere Platte sowie auf die beiden Stege tritt an keiner Stelle eine Spanngliedhäufung mit den damit verbundenen Nachteilen auf.

Die vorstehenden Ausführungen sollen zeigen, wie bei richtiger Vorplanung hochwertige Spannbetonbrücken mit einem stark mechanisierten Verfahren mit baustellengerechten Mitteln wirtschaftlich hergestellt werden können.

Zusammenfassung

Zunächst werden allgemeingültige Grundsätze für die Planung grosser Talbrücken aus der Sicht einer rationellen Fertigung bekanntgegeben. Dann wird erläutert, welche Gesichtspunkte bei der Anwendung des Taktschiebeverfahrens bei Entwurf und Ausführung zu beachten sind, wobei auch auf die Grenzen seiner Verwertbarkeit eingegangen wird. Zum Schluss werden die technischen und wirtschaftlichen Merkmale des Verfahrens behandelt, das die Vorteile der Fertigteil- und der Ortbetonbauweise weitgehend in sich vereint.