Verbreiterung der Aarebrücken Ruppoldingen

Autor(en): **Dauner, Hans-Gerhard / Stucki, Dieter / Schibli, Hansjörg**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **118 (2000)**

Heft 9

PDF erstellt am: **19.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-79882

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Hans-Gerhard Dauner, Dieter Stucki, Aigle, Hansjörg Schibli, Olten

Verbreiterung der Aarebrücken Ruppoldingen

Zwei aus den 60er Jahren stammende Autobahnbrücken über die Aare wurden weitgehend ohne Verkehrsbeeinträchtigung und ohne Flussbaustelle verbreitert und gleichzeitig statisch saniert.

Die Autobahn A1 überquert an dieser Stelle sowohl die Aare selbst als auch den Aarekanal. Dafür wurden in den Jahren 1965–67 dreifeldrige Balkenbrücken mit der Bezeichnung Z66 über den Aarekanal und Z67 über die Aare (Bild 1) gebaut. Z66 besteht aus Spannbetonbrücken mit voller Vorspannung und Kastenquerschnitten, Z67 aus zweistegigen Verbundbrücken. Sie sind schief gelagert. Bei allen fehlte der Standstreifen.

Nach Vorgabe des Bauherrn sollten diese Brücken jeweils um einen Standstreifen verbreitert werden. Die Verbreiterungsarbeiten hatten so zu erfolgen dass, wir zitieren: «die Behinderung des Verkehrs unabhängig der Bauzeit auf ein Minimum beschränkt bleibt.» Dieses Ziel sollte durch eine gut durchdachte Organisation der Bauarbeiten, konzentrierten Einsatz der Mittel, Verlängerung der Arbeitszeiten (Mehrschichtenbetrieb), Optimierung der konstruktiven Ausbildung (Unternehmervarianten) oder andere Massnahmen erreicht werden. Um den Unternehmer zu motivieren wurden ihm Behinderungen auf der vorhandenen Verkehrsfläche als Miete mit den folgenden Tagesäquivalenten für drei verschiedene Regimes aufgerechnet:

- Keine Änderung der bestehenden Fahrbahnen, jedoch seitliche Abschrankung auf den Randstreifen: Fr. 900.–/Tag
- Verkehrsführung 3/1: Fr. 9000.–/Tag
- Verkehrsführung 4/0: Fr. 15 500.–/Tag

Überschlägige Kalkulationen ergaben sehr schnell, dass die Mietkosten Millionenbeträge erreichen, so dass sich Lösungen mit einem ausgedehnten ersten Regime aufdrängten. Daneben machte der Bauherr in seiner Ausschreibung folgende Angaben:

- Da die bestehende Spannbetonbrücke Z66 bezüglich Schub kritisch ist, jedoch auf Verstärkungen verzichtet werden sollte, durfte aus der Verbreiterung keine Mehrbelastung, sondern eher eine Entlastung resultieren.
- Die Zusatzbelastung der mittels Konsolen verbreiterten bestehenden Pfeiler musste von diesen und deren Fundamenten aufgenommen werden können, um eine Flussbaustelle zu vermeiden.
- Es war eine Minimierung der differentiellen Durchbiegung der alten und neuen Brückenträger im Gebrauchszustand anzustreben, um Risse in der Fahrbahnplatte zu vermeiden.

Kontrolle der bestehenden Brücken

Während die Verbundbrücken die gültigen Normen erfüllten, konnte dies bei den Spannbetonbrücken in Bezug auf die Schubbeanspruchungen nicht ohne weiteres gesagt werden. Eine in Auftrag gegebene Expertise[1] vom 23.10.1997 kam zu folgendem Ergebnis, wir zitieren: «Die normative Schubtragfähigkeit der bestehenden Brücke ist an einer Stelle nicht ganz erfüllt. Diese örtliche Unterschreitung kann toleriert werden. Eine positive Entlastung dieses kritischen Schnittes kann nicht mit der Verbreiterung erreicht werden.»

Um diese Aussage zu verstehen, muss man wissen, dass die örtliche Schubschwäche auf der der Verbreiterung abgelegenen Seite liegt und ein noch so steifer, mit vielen Querträgern angeschlossener Kastenträger nicht ausreicht, eine positive Hebelwirkung auszuüben, um diese Schubschwäche zu beheben. Dies liegt nicht zuletzt an der schiefen Lagerung der bestehenden Brücke und der geringen Rahmensteifigkeit des Kastenträgers. Der Experte schreibt: «Der innere Steg, welcher als Auflager für die Hebelwirkung dienen soll, ist an dieser Stelle viel weicher (grösserer Abstand vom Auflager) als der äussere Steg.»

Die Untersuchungen des Experten wurden auf der Basis von Spannungs- und Schnittkraftermittlungen eines Finite-Elemente-Programms[2] durchgeführt.

IABSE-Kongress 2000 in Luzern

MG. Der vorliegende Artikel erschien in englischer Sprache im Februar auch im «Structural Engineering International». Die Publikationen dienen unter anderem dem Hinweis auf den diesjährigen Kongress der International Association for Bridge and Structural Engineering (IABSE), der vom 18. bis 21. September 2000 in Luzern stattfindet.

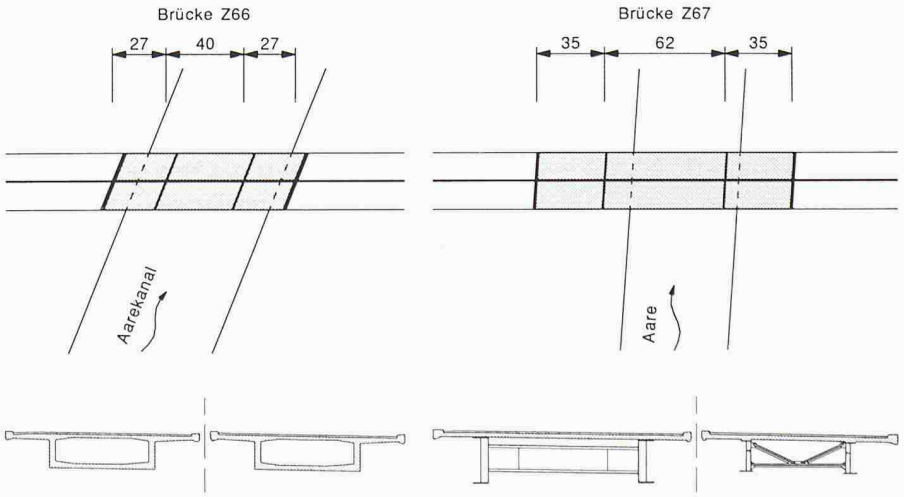
Lösungsvorschläge

Der Ausschreibungsentwurf

Der Ausschreibungsentwurf sah folgende Lösungen für die Verbreiterungen vor (Bild 2):

- Bei Z66 mit einem längs vorgespannten offenen Stahlkasten, der teilweise unter die bestehende Fahrbahnauskragung zu liegen kommt – daher Abbrucharbeiten in die Fahrbahn hinein und Schwierigkeiten bei der Schalung im Kasteninneren.
- Bei Z67 Beistellen eines Doppel-T-Trägers neben den Konsolkopf, der erst nach dem Anschluss über die Querträger kippstabil wird und bei den Abbrucharbeiten eher hinderlich ist.

1
Spannweiten und Querschnitte der bestehenden Brücken



Die Unternehmervariante

Die Unternehmervariante richtete sich nach folgenden Grundsätzen:

- Die neuen Stahlträger werden von Hilfsbrücken aus ohne jegliche Behinderung des Verkehrs neben den bestehenden Brücken eingebaut.
- Sie müssen genügend biege- und torsionssteif sein, um auch ohne Feldquerträger stabil zu sein, so dass sie schnell vom Kranhaken genommen werden können.
- Von den beigestellten Stahlträgern als Arbeitsbühnen aus wird nur der Konsolkopf abgebrochen, und zwar ohne Behinderung des Verkehrs.
- Die Schalungsarbeiten für die Verbreiterung der Betonplatte müssen erleichtert und von den neuen beigestellten Trägern alleine getragen werden, so dass der Verformungsausgleich zwischen neuen und alten Tragteilen leicht möglich wird.

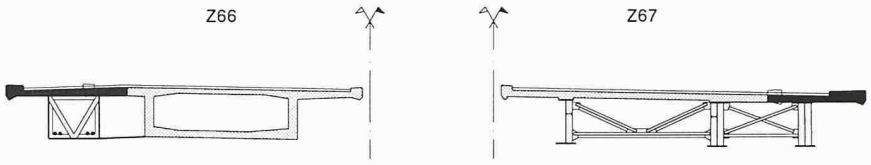
Auf diesen Grundlagen aufbauend, wurde die folgende zur Ausführung gekommene Unternehmervariante entwickelt (Bild 3): Sowohl der Spannbetonbrücke Z66 als auch der Verbundbrücke Z67 werden Stahlverbundträger mit einem Dreiecksquerschnitt beiseite gestellt. Diese zusätzlichen Träger ruhen auf allseitig beweglichen Lagern und sind mittels weniger Querträger (Quersträgerabstand 10–12 m) so mit den bestehenden Brücken verbunden, dass deren Ent- und Belastung ohne Fahrbahnplattenbiegung erfolgen kann. Diese Lösung erfüllte alle aufgezählten Grundsätze, kam mit einer minimalen Anzahl von Lagern aus und beschränkte die notwendige Konsolbreite der Brückenpfeiler.

Konstruktion

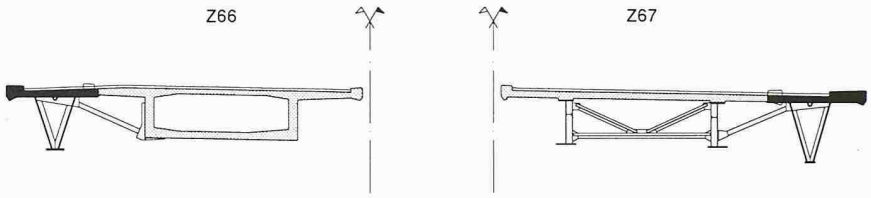
Der Stahlträger

Der Stahlträger wurde als torsionssteifer Dreieckträger ohne Querschotten ausgebildet; die Beulsteifen erbringen bei dem fast geschlossenen Dreieck eine genügende Rahmensteifigkeit. Der Kasten kann begangen werden. Die Systemwahl mit Dreieckträgern findet ihre Begründung wie folgt (Bild 4):

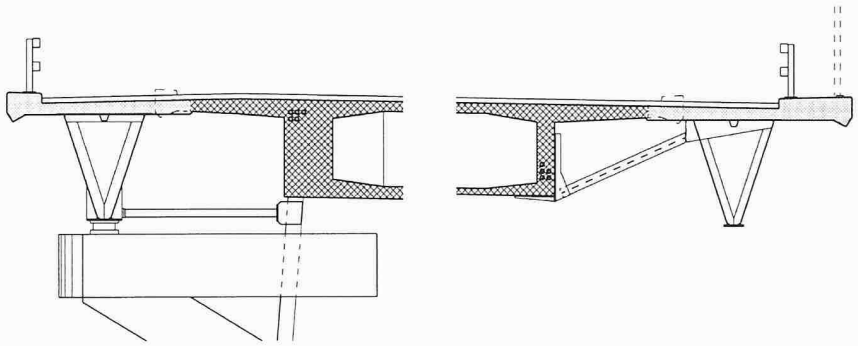
- bei der Trägermontage: wegen der Stabilität der Dreieckträger
- beim Konsolenabbruch: wegen der Dreieckträger als Arbeitsbühne
- beim Betonieren der exzentrischen Fahrbahnplatte: wegen der Torsionssteifigkeit der Dreieckträger
- für die Schalung: wegen der Reduktion der Schalfläche im Obergurt



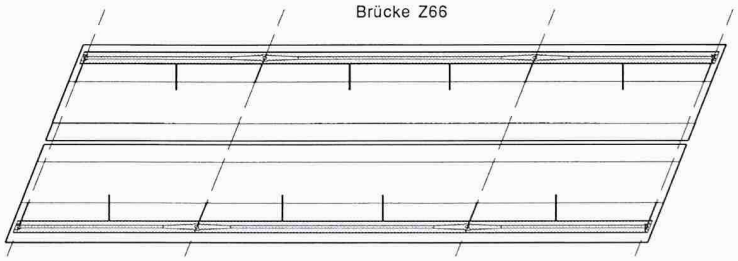
2
Brückenverbreiterungen – Ausschreibungsentwürfe



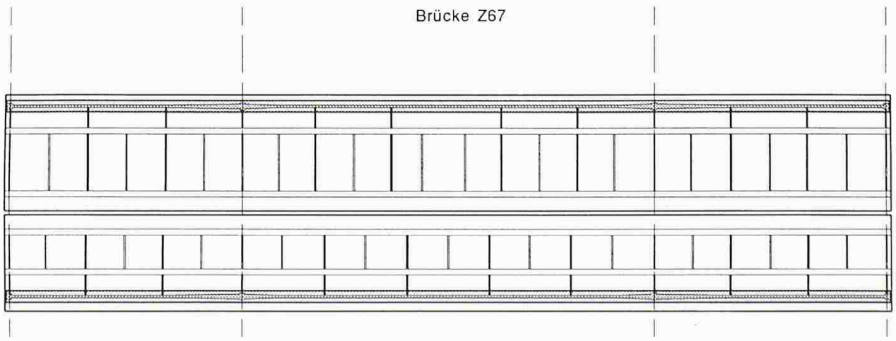
3
Brückenverbreiterung – Unternehmervariante



4
Verbreiterungsträger am Beispiel von Z66 über der Pfeilerkonsole und im Feld



5
System im Grundriss bei Z66

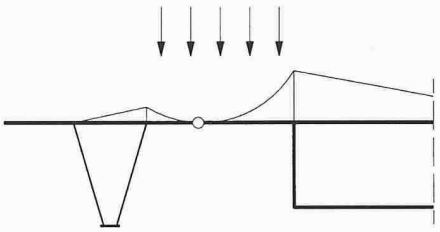


6
System im Grundriss bei Z67

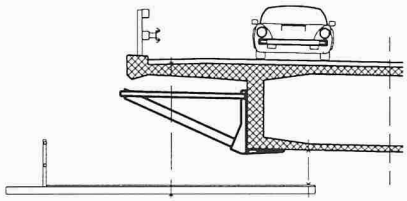


7
Pfeilerkonsole (links)

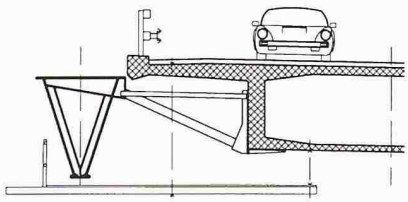
8
Traglastmodell der Fahrbahnplatte (unten)



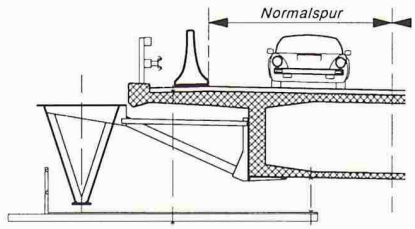
Phase 1:
Montage der Feldquerträger an die bestehende Brücke



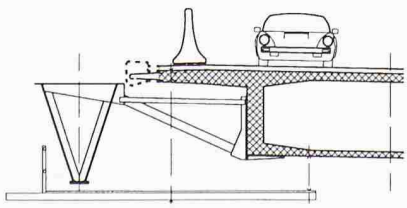
Phase 2:
Montage der Stahlträger neben der bestehenden Brücke



Phase 3:
Versetzen von Tric-Bloc-Elementen auf dem Bankett

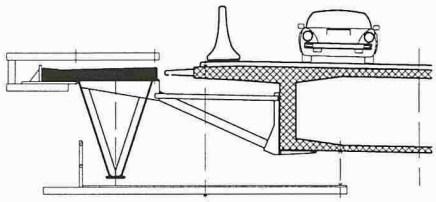


Phase 4:
Abbruch des Konsolkopfs ab dem als Arbeitsbühne dienenden Dreieckträger unter Belassung der Bewehrung

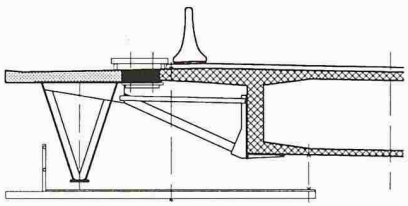


9
Bauablauf

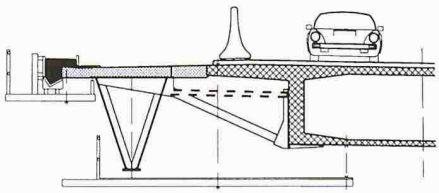
Phase 5:
Armieren und betonieren der Fahrbahnplatte mit Hilfe eines Schalwagens. Die vertikal gelösten Querträger gestatten die unabhängige Verformung des Dreieckträgers



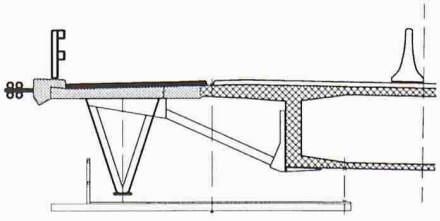
Phase 6:
Vertikales Blockieren der Dreieckträger an den Querträgern, um Vertikalverschiebungen in der Betonierfuge zu vermeiden. Nach dem Schalen und Armieren der Fuge, betonieren in einer Nachtetappe ohne Verkehr



Phase 7:
Aufbringen der Abdichtung und Betonieren des Konsolkopfs. Entfernen der Montagestäbe



Phase 8:
Einbau der Fahrbahnübergänge, der Leitplanken und des Belags im Verkehrsregime 3/1



- für die Pfeilerkonsole: wegen des kleineren Kragarms
- für die Fahrbahnplatte: wegen der erhöhten Bruchsicherheit

Die Querträger

Es wurden nur sehr wenige Feldquerträger als Verbindung zu den bestehenden Brücken eingebaut:

- bei Z66 vier, im Abstand von 12 bis 15 m (Bild 5)
- bei Z67 acht, mit Abständen von 11 bis 13 m (Bild 6).

Diese geringe Anzahl genügt, um die Biegung in der Fahrbahnplatte aus differentiellen Trägerverformungen klein zu halten. Die Querträger bestehen nur aus einer Diagonalen und der Fahrbahnplatte als Gurt. Über den Pfeilern und Widerlagern wurde nur ein Stab eingebaut, so dass die Lager dort keine Horizontalkräfte aufnehmen müssen.

Die gedankliche Konzeption der Brückenverbreiterung gründet auf dem Postulat, dass der beigestellte Träger die bestehende Brücke nicht be-, sondern entlasten soll. Darum wurde der Verbreiterungsträger eher steifer gewählt als es seine Beanspruchung unter Direktbelastung erfordert hätte.

Das Querträgerdreieck bringt zum Ausdruck, dass die anliegende Seite der alten Brücken sich anhängt. Wenn auch die abliegende Seite - wie unter «Kontrolle der bestehenden Brücken» beschrieben - davon nicht profitiert, kann doch das Tragteil unter der meist befahrenen Hauptspur so entlastet werden.

Der Verbundquerschnitt

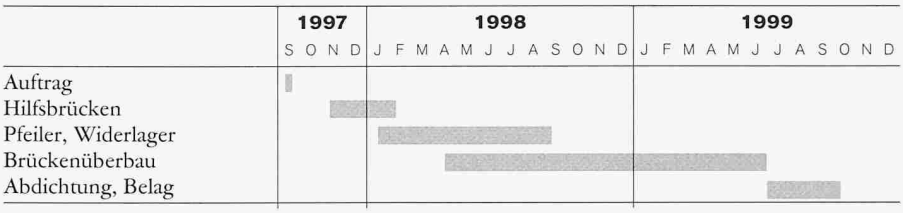
Dübel auf der Obergurtplatte stellten den Verbund zur Fahrbahn her, wobei dieser Fahrbahnteil in drei Phasen gegossen wurde: Erst der Hauptanteil ohne vertikale Behinderung durch die bzw. der bestehenden Brücke, dann der Fugenschluss und schliesslich der Konsolkopf (Bauablauf: Bild 9).

Die Brückenlagerung

Der Verbreiterungsträger wird zwängungsfrei gelagert, d.h. er hängt sich an das Lagerungs- und Stabilisierungssystem der bestehenden Brücke an. Die neuen Lager sind also allseitig beweglich.

Pfeilerkonsolen

Die bestehenden Widerlager und Pfeiler mussten den verbreiterten Brückenüberbauten angepasst werden. Die Widerlager wurden in offener Baugrube wie die vorhandenen Konstruktionen flach fundiert, während für die Pfeilerverbreiterungen aus Kostengründen eine Lösung ohne Wasserbaustelle unter Ausnützung der



10
Bauprogramm





11 und 12
Trägereinhub bei fliessendem Verkehr

Tragreserven der bestehenden Fundationen angestrebt wurde. Die Lagerung der neuen Stahlträger auf den anbetonierten Pfeilerwandkonsolen wurde so gewählt, dass die bestehenden Pfeilerquerschnitte nicht verstärkt werden mussten. Eine externe Vorspannung, die entlang der Pfeilerwände angeordnet ist und die beiden Pfeilerköpfe verbindet, nimmt die Horizontalkräfte aus den Auflagerbedingungen der verbreiterten Brückenüberbauten auf. Die Litzenkabel sind in Stahlrohren geführt und somit vor äusseren Einwirkungen geschützt (Bild 7).

Statische Berechnung

Der Verbreiterungsträger

Der Verbreiterungsträger wurde als einfacher Durchlaufträger gerechnet und so bemessen, dass er sich und seinen vollen Verkehrslastanteil nach Norm SIA 160 selbst tragen kann. Er wurde steifer als die bestehenden Brückenträger ausgeführt.

Die Tragsicherheit wurde am Verbundträger n-frei nach der Methode EER ermittelt, wobei jeweils der ungünstigste der beiden Zustände, gerissen oder ungerissen, massgebend war. Die Gebrauchstauglichkeit wurde mit Spannungsüberlagerungen aus dem Histogramm unter Berücksichtigung aller Eigenspannungen geprüft.

Die Querträger

Die Querträger wurden wie folgt berechnet:

- Handstatik am Trägerrost mit jeweils drei Hauptträgern und linearer Quereinflusslinie
- Für Z67 Trägerrostberechnung mit einem Stabwerkprogramm
- Für Z66 mit einem FE-Programm[2] für Platten, Scheiben und Stäbe.

Dabei lagen die Bemessungswerte aus der elektronischen Berechnung um rund 40% unter denen der Handstatik.

Die Fahrbahnplatte

Es ist jeweils ein Problem, wenn als Kragarm gerechnete und bewehrte Fahrbahnplattenteile nach der Verbreiterung zum Randfeldträger umfunktioniert werden. Für die Traglastkontrolle wurde das in Bild 8 gezeigte Modell angesetzt.

Für die Überprüfung der Gebrauchstauglichkeit wurden die Spannungen in der unteren Bewehrung elektronisch[2] bestimmt.

Bauausführung

Bauablauf

Sowohl die Stahlbaumontagen als auch das Heranführen des Betons wurden von einer seitlichen Hilfsbrücke aus vorgenommen. Es ist ersichtlich, dass mit dieser Lösung Behinderungen auf den Normalspuren weitgehend vermieden werden konnten. Bild 9 zeigt die einzelnen Phasen, Bild 10 den zeitlichen Ablauf.

Baukosten

Die Baukosten samt Belägen, Leitschranken und Entwässerung beliefen sich für beide Brücken auf 10,26 Mio. Franken. Bei einer angebauten Brückenfläche von 7016 m^2 ergibt sich ein Quadratmeterpreis von Fr. 1462.-. Dabei sind die Mietkosten mit Fr. 366.-/m^2 eingerechnet.

Zusammenfassung

Es wurde eine Lösung zur Verbreitung von Autobahnbrücken mit minimalen Verkehrsbehinderungen aufgezeigt. Auch in wirtschaftlicher Hinsicht setzte sich diese Unternehmervariante durch. Sie kam mit wenigen zusätzlichen Brückenlagern aus und erlaubte mit einer auf den Pfeilern aufgespannten Konsole wegen ihres geringen Eigengewichts eine Lösung ohne Flussbaustelle.

Adresse der Verfasser:
Hans-Gerhard Dauner, Dr.-Ing., *Dieter Stucki*, dipl. Ing. ETH, DIC SA, 1860 Aigle, *Hansjörg Schibli*, dipl. Ing. ETH, TSW AG, 4603 Olten

Anmerkungen

[1]Bänziger + Bacchetta + Partner: Brückenverbreiterung Objekt Z66. Expertenbericht über die Schubbeanspruchung, Oktober 1997

[2]MAPS - Finite-Elemente-Programm, Dr. Amar Bouberguig, Lausanne

Am Bau Beteiligte

Bauträgerschaft:
Kanton Solothurn

Projektautor und Ingenieur Oberbau:
Dr. Hans-G. Dauner, DIC, Aigle

Ingenieur Unterbau:
Trachsel, Schibli, Walder + Partner AG, Olten

Bauausführung:
Totalunternehmer als Arbeitsgemeinschaft mit Astrada AG, Solothurn ,Schenk AG, Oensingen, Vogt AG, Olten, E. Flückiger AG, Rothrist, Hallwyler Gebr. AG, Rothrist, Rothpletz, Lienhard + Cie AG, Aarau/Olten, Marti AG/STA AG, Solothurn/Olten, Zschokke-Locher AG, Zürich

Subunternehmer Stahlbau:
Zwahlen & Mayr AG, Aigle