

**Zeitschrift:** Schweizer Ingenieur und Architekt  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 104 (1986)  
**Heft:** 50

**Artikel:** Rheinbrücke Kaiserstuhl-Hohentengen: Sanierung mit neuen vorgespannten Stahlverbund-Überbau  
**Autor:** Woywod, Ernst / Lazic, Branislav / Bosshard, Max  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-76334>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

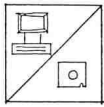
### **Terms of use**

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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 30.01.2025

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

schäftsleitung einen hohen Stellenwert hat und dass bei den Kaderleuten ein innovatives Klima geschaffen werden kann.



**Informatik im Betrieb:** Die Informatik spielt im Betrieb eine immer wichtigere Rolle. Die Unternehmungen sind darauf angewiesen, über zweckmässige Hilfsmittel und entsprechende Einsatzstrukturen zu verfügen. Wegen der enormen technischen Entwicklung und den grossen Investitionsrisiken und Personalanforderungen muss Informatik ein Dauerthema bleiben. Gegebenenfalls empfiehlt es sich, mit interessierten Fachleuten verschiedener Firmenteile oder -abteilungen in einer ad-hoc-Arbeitsgruppe Grundlagenwissen zusammenzufassen, da hiermit die Kommunikation zwischen den ausgesprochenen EDV-Spezialisten und den Praktikern erleichtert wird.

## Ausblick

Die vorliegenden Ausführungen lassen sich im wesentlichen wie folgt zusammenfassen:

- Bedenkenswerte Prognosen und Erfahrungen können für eine Unternehmung einen Innovationszwang darstellen; sie können aber auch mithelfen, unternehmerische Probleme und Chancen rechtzeitig zu erkennen.
- Innovative Erfolge bedingen geeignete innerbetriebliche Voraussetzungen; die aufgezeigten Hinweise und Fragen sollen mithelfen, innerbetriebliche Konsequenzen zu erkennen und entsprechende Massnahmen rechtzeitig einzuleiten.
- Die neun Innovationsthesen (siehe Kasten) sollen mithelfen, die Zeichen der Zeit zu erkennen, aus der Erfah-

rung zu lernen und zweckmässige, zukunftsorientierte Unternehmerentscheidungen zu treffen.

Wir alle müssen zur Kenntnis nehmen, dass beschränkte Ressourcen nicht verträglich sind mit unbegrenztem Wachstum. Deshalb haben alle Produkte, Verfahren, Methoden oder Dienstleistungen, die dieser Tatsache Rechnung tragen, längerfristig bessere Marktchancen – auch im Bauwesen.

Adresse des Verfassers: Kurt Meier, dipl. Ing. ETH/SIA, Basler & Hofmann, Ingenieure und Planer AG, Forchstrasse 395, 8029 Zürich.

Kurzfassung des am 13. November 1985 im Rahmen der IGW-Tagung über «Flexibilität – Überlebensvoraussetzung für die Bauunternehmung» gehaltenen Referates.

# Rheinbrücke Kaiserstuhl-Hohentengen

## Sanierung mit neuem vorgespannten Stahlverbund-Überbau

Von Ernst Woywod, Buchs, Branislav Lazic, Aarau, und Max Bosshard, Zürich

Nach umfangreichen Vorbereitungen und Diskussionen konnte 1984–85 die obengenannte Brücke als letzte von 5 Rheinbrücken zwischen dem Aargau und Baden-Württemberg saniert werden. Dabei wurde die auffällige Fachwerkbrücke aus Schweisseisen (Baujahr 1885–91) mit ihrer nur 5 m breiten Zoreisenfahrbahn durch eine moderne, der historischen Umgebung angepasste Stahlverbundbrücke ersetzt. Die mit der Holzbrücke 1824 erstellten gemauerten Widerlager mit ihren bogenförmigen Flutöffnungen und der 1891 auf Caisson gegründete Mittelpfeiler wurden angepasst und sorgfältig saniert. Auf ein aufwendiges Lehrgerüst konnte verzichtet werden, indem die neuen Stahlträger seitlich der bestehenden Brücke montiert und verschweisst wurden. Nach Abbruch der alten Brücke erfolgte der Querverschub der neuen Träger. Im Bestreben, die Lebensdauer der extrem beanspruchten Fahrbauteile zu erhöhen, wurde die Betonplatte mittels Kabel und Montagemaassnahmen längs vorgespannt.

## Vorgeschichte

Als die alte, 1824 erbaute Holzbrücke Kaiserstuhl mit ihren hölzernen Jochen 1876 durch ein Hochwasser weggespült wurde, blieben die Widerlager mit ihren gemauerten Seitenöffnungen (Bild 1) stehen und konnten um rund 1,00 m erhöht beim Bau der ersten hochwasserfreien Stahlbrücke 1885–91 wieder verwendet werden. Für die beiden je 43.40 m weit gespannten, genieteten Stahlfachwerkträger wurde ein neuer, auf einem Stahlcaisson gegründeter, massiv gemauerter Mittelpfeiler erstellt. Die Hauptträger ragten mit ih-

ren parabolisch gekrümmten Obergurten über die 5,00 m breite Zoreisenfahrbahn (Bilder 2 und 3). Die Brücke, welche bis 1972 zu  $\frac{1}{4}$  der Stadt Kaiserstuhl und zu  $\frac{1}{4}$  der Gemeinde Fisibach gehörte, hatte keine Gehwege. Auf der einen Seite ist die unter eidgenössischem Schutz stehende Altstadt von Kaiserstuhl mit einem rund 4,5 m breiten Engpass beim Zoll (Bild 3), auf der anderen Seite das ebenfalls historische Schloss Rötteln und der deutsche Zoll (Bild 4).

Im Zuge des Programms für die Kontrolle und Sanierung der gemeinsamen Rheinbrücken sind die Überbauten der

Rheinbrücke B-001, Kaiserstuhl-Hohentengen erneuert und die zugehörigen Unterbauten saniert worden. Tab. 1 gibt eine Übersicht über die in Zusammenarbeit mit unseren deutschen Partnern realisierten Massnahmen, auf die bereits in [3] näher eingegangen wurde.

Umfangreiche Untersuchungen der fast 100jährigen Brücke durch das Ingenieurbüro Derron, Zofingen, ergaben 1969 folgendes:

- Die Tragkonstruktion war stark verrostet, zu grosse Nietabstände in den Hauptträgergurten hatten den Rost tief zwischen die Lamellen eindringen lassen (Bild 8 in [2]).
- Die gegenseitigen Deformationen der stark verrosteten Zoreisen führten ständig zu Rissen im Belag, durch die Salz und Wasser eindringen konnte und damit das Rosten beschleunigte (Bild 9 in [2]).
- Nachdem die statische Nachprüfung gezeigt hatte, dass Längs- und Querträger für die heute nach dem Strassenverkehrsgesetz zugelassenen Fahrzeuge zu schwach sind, musste die Tragfähigkeit der Brücke auf 16 t beschränkt werden.
- Die Stahlkonstruktion war, dem damaligen Stand der Technik entsprechend, aus geschichtetem Schweisseisen. Nachdem dies später angezweifelt wurde, hat die Eidgenössische Materialprüfungs- und Versuchsanstalt (EMPA), Dübendorf, die Brücke 1981 untersucht und im EMPA-Bericht

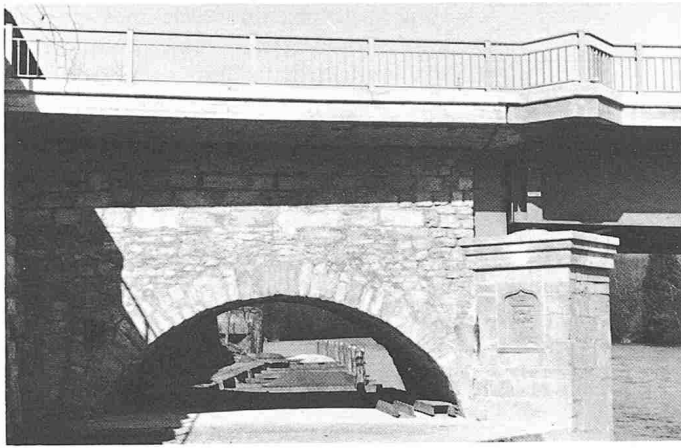


Bild 1. Das renovierte Schweizer Widerlager mit der wieder geöffneten Seitenöffnung und dem reproduzierten Relief

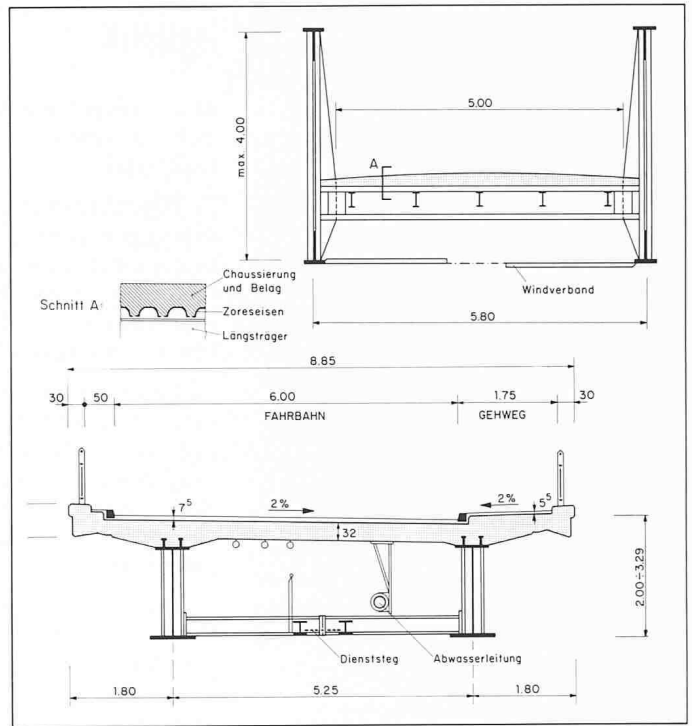


Bild 2 (rechts). Querschnitte der alten (oben) und neuen Brücke (unten)



Bild 3. Entfernen von Chaussierung und Belag der Zoreisenfahrbahn 1984. Im Hintergrund die Altstadt von Kaiserstuhl mit dem Engpass beim Zoll

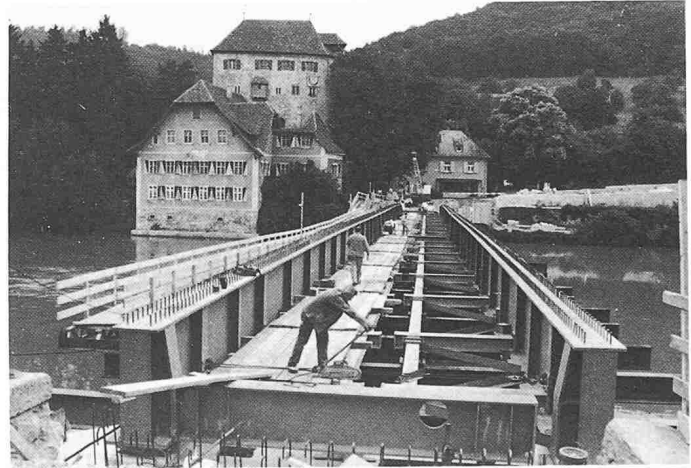


Bild 4. Querverschub kurz vor dem Zusammenschluss. Im Hintergrund Schloss Rötteln und der deutsche Zoll

Tabelle 1. Übersicht Sanierung Rheinbrücken Aargau/Baden-Württemberg

Bauwerk Nr. (AG)	Gemeinden		Baujahr	Neubau/Sanierung	Federführung	Literatur	Beschreibung	Brückenschmuck a: alt b: erneuert c: neu
	CH Kanton Aargau	D Baden-Württemberg						
B-001	Kaiserstuhl	Hohentengen	1891	1984/85	CH		Neuer Stahlverbundüberbau	b. Nepumuk
B-002	Zurzach	Küssaberg	1904	1977	D		Neuer Stahlverbundüberbau	c. Hl. Verena
B-003	Koblentz	Waldshut	1931	1981	CH	[2]	Neue Stahlbetonfahrbahn	-
B-004	Laufenburg		1911	1982	CH	[3]	Neue Stahlbetonfahrbahn und Brüstung	b. Nepumuk
B-005	Stein	Bad Säckingen	1870*	1980	D		Alte Holzbrücke nur noch Rad- und Gehweg	b. Nepumuk usw.
B-015	Stein	Bad Säckingen	-	1977/79	CH	[1]	2spurige Spannbetonbrücke, Neubau	c. Hl. Fridolin

\* Letzte Erneuerung von Überbauten einer ganzen Öffnung, jetzt im Eigentum der Stadt Bad Säckingen

D = Bundesrepublik Deutschland, Land Baden-Württemberg, Reg. Präs. Freiburg

CH = Schweiz, Kanton Aargau, Baudepartement, Aarau

Nr. 45576 nochmals bestätigt, dass an der Brücke nicht geschweisst werden darf.

□ Mängel und Sanierung der Unterbauten wurden bereits in [2] beschrieben.

Zunächst wurden nun verschiedene Varianten mit neuer Fahrbahnplatte aus Stahlbeton oder als Stahlleichtfahrbahn (orthotrope Platte) mit und ohne zusätzlichen Gehwegkonsolen untersucht. Da nachträgliche Verstärkungen das Eigengewicht der jeweils vorhandenen Konstruktion nicht mittragen, zeigte es sich, dass eine Vergrößerung der Hauptträgerquerschnitte um 100% und mehr notwendig gewesen wäre. Es kam daher nur ein neuer Überbau in Frage.

Einem Begehren der Gemeinden aus dem Jahre 1956 entsprechend wurde die Rheinbrücke nach Inkrafttreten des neuen Baugesetzes 1972 vom Kanton Aargau übernommen. Kaiserstuhl blieb aber gemäss Kantonsstrassendeckret für die Brücke als Bestandteil der Kantonsstrasse K 430 innerorts (I.O.) beitragspflichtig.

Die weitere Planung erfolgte im Einvernehmen mit der Brückenabteilung des Regierungspräsidiums Freiburg, denn das Land Baden-Württemberg hatte eine hälftige Kostenteilung, wie nach Wegfall von Brückenzoll heute üblich, in Aussicht gestellt.

Abklärungen mit den beidseits des Rheins zuständigen Denkmalschutzbehörden ergaben, dass die Brücke nicht unter Schutz steht. Bei Erhaltung von Pfeiler und Widerlagern wurde eine Neukonstruktion ohne über die Fahrbahn ragende Bauteile, die die Sicht auf die geschützten Bauwerke beidseits des Rheins beeinträchtigen, begrusst.

Das von der Unterabteilung Brückenbau des Baudepartements Aargau ausgearbeitete Vorprojekt 1974 sah daher einen 2x43 m weit gespannten Stahlverbund-Zweifeldträger mit polygonalen Vouten über dem Mittelpfeiler, vertikalen Steifen und oberliegender Fahrbahn von 7,00 m Breite mit beidseitigen Gehwegen von 1,75 m vor. Die Form entsprach bereits der ausgeführten Brücke (Bild 5 und 6).

Ausschlaggebend für die Wahl der Verbundbauweise war neben der bei Wiederverwendung der Unterbauten erforderlichen Gewichtseinsparung auch der Umstand, dass auf ein aufwendiges Lehrgerüst, das den Abfluss des Hochwassers beeinträchtigt hätte, verzichtet werden konnte.

Nachdem alle Beteiligten inkl. die Stadt Kaiserstuhl dem Vorprojekt 1974 zugestimmt hatten, nahm der Grosse Rat

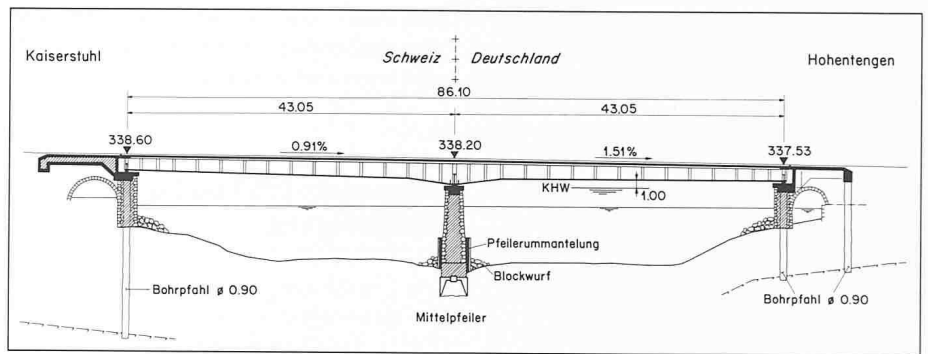
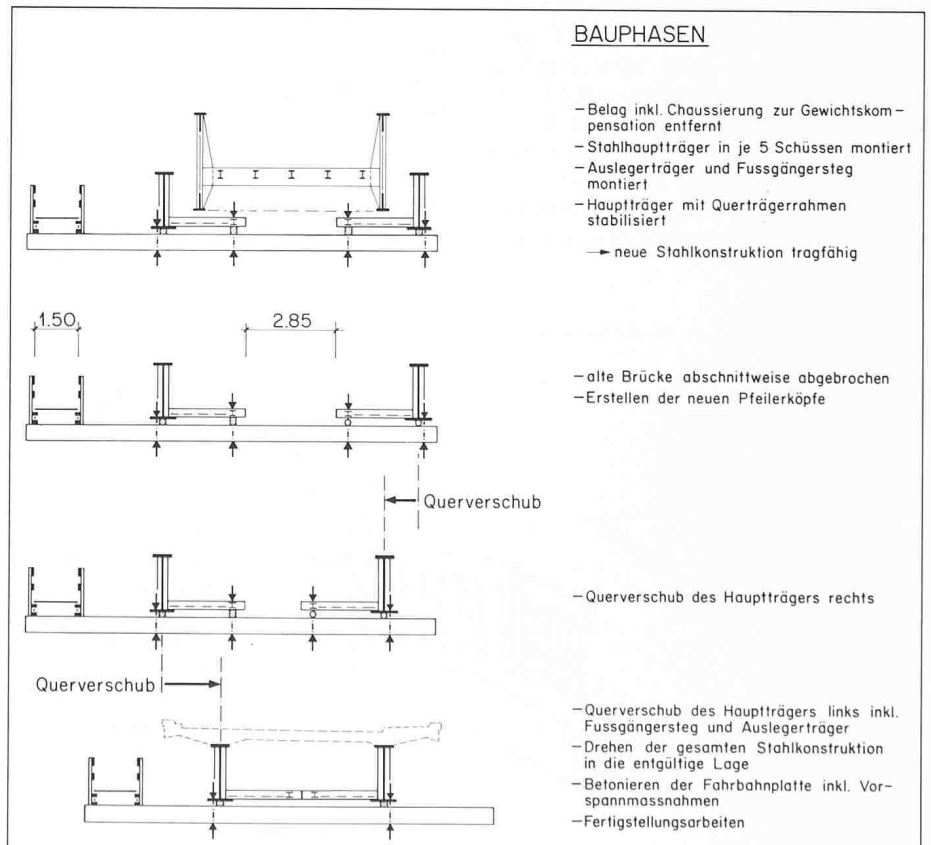


Bild 5. Längsschnitt der neuen Stahlverbundbrücke mit dem 1979 sanierten Mittelpfeiler von 1891 und den alten Widerlagern der Holzbrücke von 1824

Bild 6. Ansicht (stromabwärts) der neuen Stahlverbundbrücke mit Blick auf Kaiserstuhl



Bild 7. Bauphasenschema Querverschub



die Sanierung der Rheinbrücke Kaiserstuhl mit den obengenannten Abmessungen am 14. Januar 1975 in das Mehrjahresprogramm für den Ausbau der Kantonsstrassen im Aargau auf. Auch auf der deutschen Seite war dem Projekt zugestimmt und die entsprechenden Kredite bereitgestellt worden.

Anschliessend wurde die Ingenieurgemeinschaft H. Zumbach, Aarau (Strassenbau)/E. Studer, Zürich (Brücke) beauftragt, ein Behördenprojekt «Neuer Überbau mit Zufahrtsstrassen» zu erarbeiten, das auf unerwarteten Widerstand im Vernehmlassungsverfahren stiess. Obwohl sich der Gemeinderat von Kaiserstuhl mit Protokoll vom 12. Oktober 1978 grundsätzlich mit einem Brückenneubau unter gewissen Bedingungen einverstanden erklärt hatte, konnten die diesbezüglichen Verhandlungen zunächst nicht abgeschlossen werden. Auch auf der deutschen Seite musste das laufende Planfeststellungsverfahren daher vorübergehend sistiert werden.

### Vorzeitige Sanierung der Unterbauten 1979

Der bereits in [2] beschriebene Zustand der Unterbauten war so schlecht, dass die Sanierung von Pfeiler und Widerlagern infolge der Verzögerung nun aus Sicherheitsgründen vorgezogen werden musste. Die Arbeiten umfassten beim Mittelpfeiler eine Ummantelung mit Spundbohlen, Ausbetonieren des Zwischenraumes und der offenen Fugen, Abbrennen der Bohlen unter Niedrigwasserstand mit anschliessender Injektion der Hohlräume sowie die Blockwürfe zum Ausgleich der erodierten Flusssohle im Bereich von Pfeiler und Widerlagern. Um spätere Schwierigkeiten infolge der Steinpackungen auszu-

schliessen, waren vorher die für die Verschiebbahnen erforderlichen Stahlpfähle gerammt worden.

### Bauprojekt 1981 und seine Genehmigung

Zur Erarbeitung eines ausführungsfähigen Bauprojektes wurde nun mit Vertretern der Gemeinden, der Bauherren, des Denkmal- und Naturschutzes von beiden Seiten des Rheins sowie dem Projektverfasser und Herrn Burkard als beratendem Architekten eine internationale Arbeitsgruppe gebildet. Dabei zeigte sich erneut, dass es unter den gegebenen Verhältnissen keine Alternative zur Stahlverbund-Lösung gab. Aus den verschiedenen Möglichkeiten, wie z. B. geschwungene oder polygonale Vouten mit oder ohne Steifen, ist schliesslich die des Vorprojektes 1974 mit Aussensteifen unverändert (Bild 5 und 6) ausgewählt worden.

Die Fahrbahnbreite wurde nun auf das Minimum von 6,00 m und einen 1,75 m breiten oberwasserseitigen Gehweg (Bild 2) reduziert. Da die Trägerschüsse von der alten Brücke aus montiert werden sollten, musste infolge dieser Reduktion der nutzbaren Gesamtbreite von ursprünglich 10,5 auf 8,25 m ein Zusammenschieben (Bild 7) der Brückenträger mit zusätzlichem Aufwand an Zeit, Installationen und Kosten in Kauf genommen werden.

Bei der Gestaltung wurden die Studien von Architekt Burkard und das von ihm in Zusammenarbeit mit der Brückenabteilung Aargau erarbeitete rustikale Geländer (Bild 8) berücksichtigt.

Das Projekt sah vor, die Widerlager mit einer leicht auskragenden Stahlbetonplatte abzudecken, wobei für die relativ kleinen Bögen auf eine Trennung zwi-

schen Platte und Bogen verzichtet werden konnte. Wunschgemäss sollte der Bogen am Schweizer Ufer wieder geöffnet werden (Bild 1). Entsprechend den neuen Koten mussten Pfeiler und Widerlager neue Auflagerbänke erhalten. Zudem sollten die beiden auf Höhe der Flusssohle flach gegründeten Uferpfeiler mit je 2 Pfählen  $\varnothing 90$  cm (Bild 5) verstärkt werden.

Bei der Planaufgabe auf Schweizer Seite waren viele Einsprachen zu behandeln. Einem grossen Teil der Begehren, die eine Zunahme des Schwerverkehrs im Städtchen abwenden wollten, konnte mit Rücksicht auf die unter Denkmalschutz stehende Altstadt und den Engpass beim Schweizer Zoll entsprochen werden, indem die zulässigen Lasten wie bei der alten Brücke auf 16 t (bzw. 28 t mit Anhänger) beschränkt werden. Andererseits mussten jedoch alle Begehren auf eine weitere Reduktion der Brückenbreite oder Sanierung der alten Brücke abgewiesen werden.

Nachdem am 23. Februar 1983 der neue Staatsvertrag über Bau und Unterhalt zwischen dem Land Baden-Württemberg und dem Kanton Aargau besiegelt war, hat der aarg. Regierungsrat den Kredit bewilligt und die Brücke vom Innerort (I.O.) ins Ausserort (A.O.) transferiert, so dass die Gemeinde Kaiserstuhl keine Beiträge an Brückenbau und Unterhalt mehr zu leisten hat.

### Statische Berechnung

Zur Erfassung des Zusammenwirkens von Stahl und Beton sind bei Verbundkonstruktionen ausführliche und umfangreiche statische Untersuchungen erforderlich. Das Gebrauchsverhalten der Betonplatte im Bereich von negativen Momenten ist dabei von besonde-

Bild 8. Die Gestaltung von Abschlüssen und Geländer

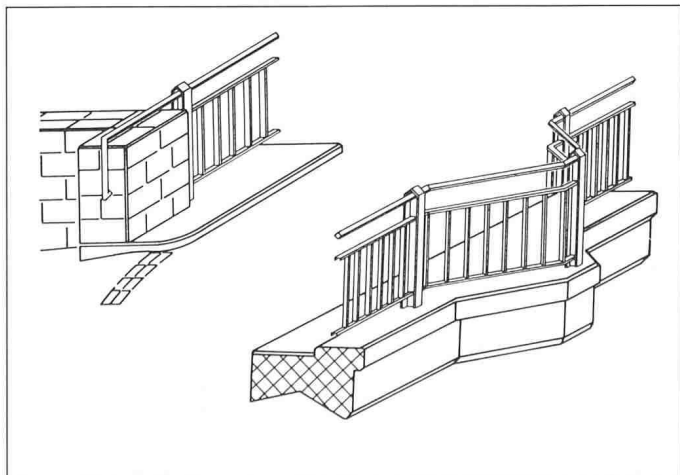
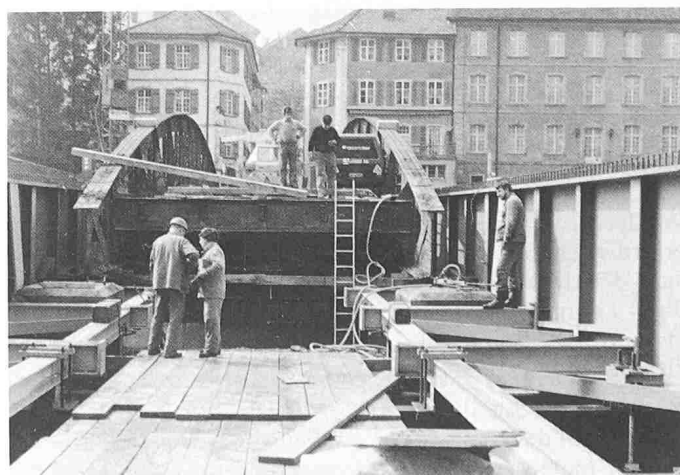


Bild 9. Abbruch der alten Fachwerkbrücke. Die neuen, mit Montageverbänden und Querriegeln ausgesteiften Vollwandträger dienen als Gerüst



rer Bedeutung. Um die Rissbildung in der Betonplatte, die bei aufgeklebten Isolationen besonders gefährlich ist, zu beschränken oder zu vermeiden und insbesondere für Wettbewerbe gleiche Qualitätsmassstäbe für Beton- und Stahlbrücken festzulegen, wurden in [4] detaillierte Richtlinien für die Berechnung und Bemessung von Strassenbrücken ausgearbeitet.

Für die zweifeldrige Verbundbrücke in Kaiserstuhl ist eine kombinierte Vorspannung gewählt worden. Mit einer Montagevorspannung, durch Anheben der Stahlkonstruktion (ohne Betonplatte) und Absenken des Verbundträgers beim Mittelpfeiler um 20 cm, konnte das bei Kabelvorspannung unvermeidliche Abwandern der Normalspannungen in die Stahlträger sowie die Längsschubspannungen reduziert und eine für Zweifeldträger äusserst wirksame Vorspannung erzielt werden. Damit nicht zu grosse Vorspannverluste infolge Kriechen und Schwinden des Betons entstehen, wurde dieser Absenkvorgang erst nach 28 Tagen ausgeführt. Dank dieser Montagevorspannung und der günstigen Trägerform genügten 4 Kabel à 810 kN im Feld und infolge Überlappung insgesamt 8 Kabel im Pfeilerbereich, um im Stützenbereich eine volle Vorspannung der Fahrbrücke zu erhalten.

Zur Vermeidung einer Rissbildung im Frühstadium wurden die Kabel bereits nach 4 Tagen auf 50% vorgespannt. Die endgültige Vorspannung auf 100% erfolgte nach dem Absenkvorgang.

Leider lässt sich diese Art Montagevorspannung nur bei Zwei- und Dreifeldträgern so einfach anwenden. Zur Erzielung einer im Gebrauchszustand effektiven Vorspannung für mehrfeldrige Brücken empfiehlt sich neben dem nachträglichen Verbund die in [5] und [6] beschriebene bewährte Methode.

Die Berechnungen für den Verbundträger der Rheinbrücke Kaiserstuhl wurden mit dem Programm Pontifex durchgeführt, welches am Institut für Baustatik und Stahlbau an der ETH Zürich entwickelt wurde. Mit diesem Programm war es möglich, den gesamten Bauablauf mit der entsprechenden Belastungsgeschichte sowie die sich ändernden Materialeigenschaften zu simulieren.

## Submission und Bauausführung

Nachdem bei den Kunstbauten in jüngster Zeit unerwartet hohe Kosten für den baulichen Unterhalt und Erneuerungen sowie die ersten Probleme infolge Verkehrsbehinderungen mit Rück-

stau entstanden sind, ist das Verständnis für gute Qualität zu einem vernünftigen Preis allgemein gestiegen.

Um dem Bauherrn die Wahl der bestgeeigneten Systeme und Produkte zu ermöglichen, wurden daher auch bei der Rheinbrücke B-001 für Vorspannung, Lager, Fahrbrückenübergänge, Abdichtung und Belag sowie Lieferung und Montage der Geländer beschränkte Vorsubmissionen durchgeführt. Bei der öffentlichen Submission der Hauptarbeiten, an der Firmen aus Deutschland und der Schweiz teilnehmen konnten, wurden dann die ausgewählten Offerten der Vorsubmissionen den Bietern zur Verfügung gestellt. In jedem Fall konnten die Preise in Fr. oder DM offeriert werden, beim Vergleich wurden die DM nach offiziellem Schweizer Kurs am Tage der Offerteröffnung in Fr. umgerechnet. Interessant war, dass keine rein deutschen Offerten eingingen. Da die deutsch-schweizerischen Arbeitsgemeinschaften wesentlich teurer waren, ging der Auftrag mit Zustimmung der zuständigen deutschen Behörden an ein rein schweizerisches Konsortium.

Die Entfernung von Belag und Chausseierung auf der Zoresisenfahrbahn der alten Brücke (Bild 3) und die damit verbundene Entlastung ermöglichte es, dass die neuen Stahlhauptträger beidseitig in je 5 Schüssen seitlich an die alten Fachwerk-Hauptträger angehängt, ausgerichtet und verschweisst werden konnten. Die quer zu den Hauptträgern im Abstand von je 3,10 m am Untergurt befestigten 12 m langen Stahlträger dienten sowohl als Unterkonstruktion für den auf der Unterwasserseite zu erstellenden Fussgängersteg als auch zur Kippstabilisierung der beiden Hauptträger im Montagezustand. Nach erfolgter Aussteifung mit Querträgerrahmen und provisorischem Windverband (Bild 7) wurde die gesamte neue Stahlkonstruktion auf insgesamt 4 vorgängig erstellte Verschiebbahnen abgesetzt. Auf die nun tragfähige Konstruktion konnte die alte Brücke abgestützt und etappenweise abgebrochen werden (Bild 9).

Die aus Natursteinen und einem Kern aus Konglomeratbeton aufgebauten Pfeiler mussten für die Ausführung der Bohrpfähle mit einer «Korsettierung» geschützt werden, um ein Verschieben der Steinquader zu vermeiden. Zwischen einem bis zur Flusssohle reichenden ausgesteiften Kanaldielen-Kasten und dem Pfeiler wurde ein Spalt von etwa 15–20 cm mit Beton aufgefüllt, wobei eine vorgängig ausgelegte Plastikfolie als Trennschicht diente. Als zusätzliche Vorsichtsmassnahme entschied man sich, den Ausbruch im

Pfeilerkern bis auf den Wasserspiegel mit dem Kompressor von Hand auszuführen. Erst ab dieser Kote wurde mit der Bohrmaschine gearbeitet, nachdem vorgängig im oberen Pfeilerbereich ein Doppelrohr als Führung einbetoniert war.

Nachdem die Auflagerbänke erstellt waren, musste der Achsabstand der Hauptträger mittels gegenseitigem Querverschub um 2,85 m auf das Endmass von 5,25 m reduziert werden (Bild 7). Zu diesem Zweck wurden zwischen dem oberwasserseitigen Hauptträger und den zur Kippstabilisierung montierten Stahlträgern Panzerrollen eingebaut. Mit insgesamt 4 Habeggerzügen war es so möglich, in einer ersten Phase den oberwasserseitigen Hauptträger in die Sollage zu verschieben und auf den Verschiebbahnen zu arretieren. In der zweiten Phase erfolgte dann der Querverschub des unterwasserseitigen Hauptträgers mitsamt dem Fussgängersteg (Bild 4).

Nach dem Verschrauben sämtlicher Querträgerrahmen konnte schliesslich mit einer Drehung um den Mittelpfeiler die Stahlkonstruktion in die endgültige Lage gebracht werden. Insgesamt musste der Fussgängersteg nur für einen Tag gesperrt werden, für diese Zeit wurde ein Fährbetrieb eingerichtet.

Der Entscheid, die gesamte Fahrbrücke inklusive Konsolköpfe in einer Etappe zu betonieren, hatte mehrere Gründe. Die Spannungen infolge Schwinden und Temperatur sind primär von den Querschnittsverhältnissen abhängig. Durch das Betonieren in einer Etappe konnten aber bereits im Frühstadium Vorspannmassnahmen gegen Rissebildung ergriffen werden.

Das gleichzeitige Betonieren der Konsolköpfe ermöglichte es ferner, diese optimal vorzuspannen und so ein möglichst günstiges Gebrauchsverhalten zu erwirken. Die erforderliche hohe Betonierleistung bedingte den Einsatz von Pumpbeton. Mit je einer Pumpe wurde der Beton gleichzeitig von beiden Widerlagern aus Richtung Mittelpfeiler eingebracht. Grosse Aufmerksamkeit galt der anschliessenden Betonnachbehandlung, um so ein frühzeitiges Austrocknen und grössere Temperaturschwankungen zu vermeiden zu können. Für die endgültige Betonrezeptur wurden Vorversuche beim Betonieren der Pfeilerköpfe durchgeführt. Es ging dabei hauptsächlich darum, bei Gewährleistung der Pumpfähigkeit das Plastifizierungsmittel und den für die Frosttausalz-Beständigkeit erforderlichen Luftporenbildner aufeinander abzustimmen.

Da eine einwandfreie Betonoberfläche bei Brücken und speziell als Grundlage für geklebte Abdichtungen ausserordentlich wichtig ist, wurde dem Abziehen und Abtalschieren besondere Sorgfalt geschenkt.

Um einen wirksamen Unterhalt zu gewährleisten, ist ausser dem von deutscher und Schweizer Seite leicht zugänglichen Dienststeg ein gemeinsamer, in der Höhe verstellbarer Besichtigungswagen für Kontrollen und kleinere Reparaturen von aussen vorhanden, der in einer zwischen alter und neuer Widerlagermauer auf der deutschen Seite angeordneten Garage untergebracht wird.

Tabelle 2. Hauptkubaturen

Aushub	600	m <sup>2</sup>
Bohrpfähle Ø 90 cm	80	m <sup>1</sup>
Beton	700	m <sup>3</sup>
Schalung	1700	m <sup>2</sup>
Armierung	75	t
Vorspannung	2,3	t
Stahl	170	t
Korrosionsschutz	1700	m <sup>2</sup>

### Abdichtung und Belag

Das System für Abdichtung und Belag sollte jeweils frühzeitig festgelegt werden, um so die konstruktiven Details optimal lösen zu können [8]. Um unnötigen Aufwand zu vermeiden, ist es zweckmässig, für sich wiederholende Details bewährte Lösungen in Normblättern festzulegen [7]. Schon beim Strassenprojekt ist darauf zu achten,

dass im Brückenbereich genügend Längs- und Quergefälle vorhanden sind.

Bei der Wahl von Abdichtung und Belag für die Rheinbrücke B-001 war davon auszugehen, dass hier der Verkehr zwar gering, der von Lastwagen sogar unbedeutend ist, aber infolge der beidseitigen Zollabfertigung mit stehenden Kolonnen und häufigem Anhalten und Anfahren zu rechnen ist. Die Wahl für die Abdichtung fiel daher wie seinerzeit bei der Rheinbrücke Laufenburg [3] auf eine aufgeflämmte aluminiumkaschierte Bitumendichtungsbahn.

Beton ist niemals vollkommen luftdicht, vielmehr will er atmen. Bei Abkühlung wird Luft angesaugt und es kann zu Kondenswasserbildung in den Poren kommen. Umgekehrt will bei Erwärmung Luft und Wasserdampf entweichen. Ist dieser Vorgang, der sich wiederholt, durch dampfdichte Schichten behindert, staut sich dahinter Feuchtigkeit und mit der Zeit können Ablösungen und Frostschäden resp. Risse im Beton entstehen, die oft erst nach Jahren bemerkt werden. Da es sich nachträglich oft nicht mehr feststellen und beweisen lässt, inwieweit eine mangelhafte Betonkonstruktion oder die Abdichtung einen Schaden verursacht hat, ist anzustreben, dass bei Bauleitung und Unternehmung Verantwortung und Garantie für Beton- und Belagsarbeiten in den gleichen Händen liegen.

Je grösser mit der Zeit die abgelöste Fläche wird, desto grösser ist die resultierende Druckkraft und damit die Gefahr der Blasenbildung, insbesondere bei relativ dünnen, von der Sonne auf-

geweichten Belägen. Um dem vorzubeugen, entschied man sich, im Gehwegbereich die B-3A-Bahnen schwimmend, d. h. nur am Rande verklebt, zu verlegen und überall Dampfdruck-Entspannungselemente (DDEE) einzubauen.

Zur Entwässerung des Mörtelbettes unter dem Randstein wurden über der Abdichtung Schienen (Bild 10) eingebaut, die in die Einlaufschächte der Brückentwässerung münden. Als Belag wählte man Gussasphalt, nämlich ausnahmsweise nur 2x35 mm im Fahrbahnbereich und für Gehweg und Freibord einen zweilagigen Belag von 2x25 mm. Die mit Rücksicht auf die deutschen Vorschriften gewählte minimale Stärke des Fahrbahnbelages konnte hier wegen des geringen Verkehrsaufkommens und der bei Stahlverbundbrücken möglichen grossen Genauigkeit der Betonoberfläche verantwortet werden. Wie in [8] dargelegt wurde, stehen den Mehrkosten des Gussasphalts im Vergleich zu Walzasphalt wesentliche Vorteile wie längere Lebensdauer usw. gegenüber.

Qualitätsanforderungen und Zusätze wie z. B. Trinidad épuré oder Naturasphaltpulver wurden bereits bei der Vorsubmission exakt vorgeschrieben.

Die Mehrkosten für die obenerwähnten Zusätze zum Gussasphalt machen sich durch die erhöhte Duktilität (Zähigkeit), die ein Reißen bei tiefen Temperaturen verhindert, bezahlt. Im Aargau sind nach dem kalten Winter 1984/85 Risse auf Brücken nur in Walzasphaltbelägen aufgetreten. Keiner der Gussasphaltbeläge mit schwimmender Ab-

Bild 10. Schnitt durch Abdichtung und Belag mit Randstein

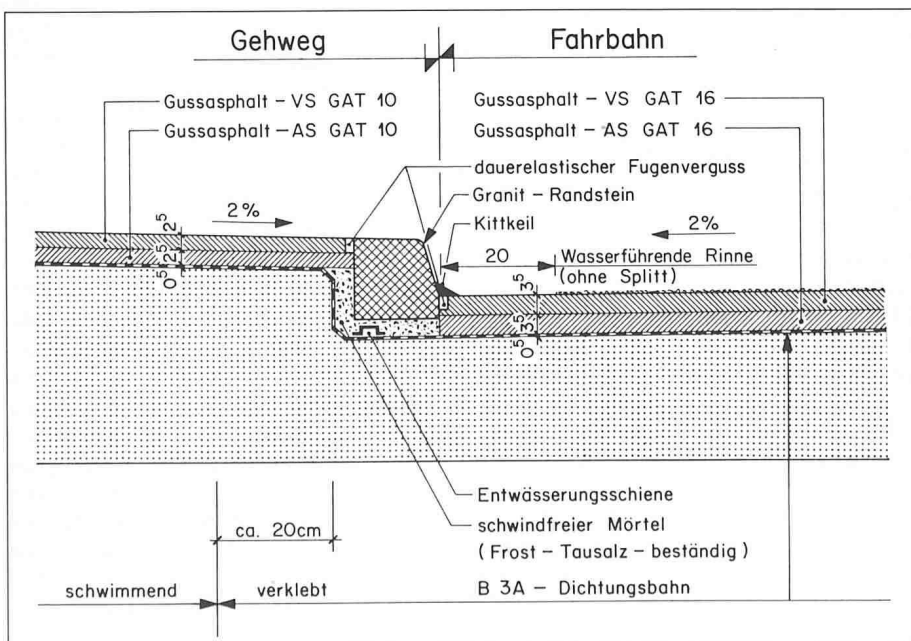


Bild 11. Der neue in Naturstein kopierte Nepomuk vor dem Schloss Rötteln



dichtung und 10 cm Gesamtstärke auf der Fahrbahn bzw. 5 cm auf den Gehwegen ist gerissen.

Für ein gutes Gelingen von aufgeklebten Abdichtungen ist eine glatte, rissfreie Betonoberfläche ohne Überzähne, ein gut ausgetrockneter, von Zementmilch befreiter Beton und eine möglichst lange Schönwetterperiode Voraussetzung. Beim Objekt B-001 wurde die gesamte Oberfläche mit Hochdruckwasserstrahl 750/800 bar gereinigt. Auf eine Versiegelung der Betonoberfläche auf Epoxydbasis zwecks Erhöhung der Haftfestigkeit wurde verzichtet, weil sie wegen der entstehenden Dampfsperre gemäss [8] umstritten ist.

Dank günstiger Witterungsbedingungen gelang es, die Abdichtungs- und Belagsarbeiten auf der Brücke im Herbst 1984 fertigzustellen. Um während der unvermeidlichen Winterpause wenigstens für Personenwagen und Fahrzeuge bis 3,5 t die neue Brücke öffnen zu können, wurde in den Widerlagerbereichen ein provisorischer Belag auf Plastikfolie eingebaut. Erst im Mai 1985 wurde die Brücke wieder gesperrt und auch hier definitiv Abdichtung und Belag bei gutem Wetter ausgeführt.

## Kosten, Brückenschmuck und Schluss

Die Aufgabe, eine neue, qualitativ einwandfreie Brücke in die historische Umgebung einzupassen und zu gestalten sowie die alten Unterbauten anzupassen und zu sanieren, war sehr reizvoll, forderte aber auch entsprechend ihren Preis.

In den Kosten nicht enthalten sind die Leitungen, die zulasten der Eigentümer gingen, sowie Ausbau bzw. Anpassung der Zufahrtsstrassen.

Zusammenfassend kann man sagen, dass nach umfangreichen Diskussionen und Studien eine sehr schöne, technisch ausgereifte Stahlverbundbrücke entstand. Dabei wurde viel Sorgfalt der Erneuerung des künstlerischen Schmucks gewidmet. So wurden einige Reliefplatten neu in Kunststein erstellt und eingebaut (Bild 1). Schliesslich wurde wieder

ein neuer, in Naturstein gehauener Nepomuk in Brückenmitte (Bild 11) aufgestellt.

Die Sanierung der Rheinbrücken war aber auch ein Beispiel für eine gute internationale Zusammenarbeit und ermöglichte den Erfahrungsaustausch über die Grenzen hinweg. Wir danken allen, die in irgendeiner Form mitgewirkt und mitgemacht haben, insbesondere auch unserem Oberbauleiter Herrn Veuve, für ihren Einsatz.

Am Samstag, den 1. Juni 1985 fand die feierliche Einweihung von Brücke und Nepomuk statt. Wer das von den Bürgern von Kaiserstuhl und Hohentengen organisierte Volksfest miterlebt hat, konnte deutlich spüren, mit wieviel Stolz und Begeisterung die Bevölkerung von beiden Seiten des Rheins ihre neue Brücke in Besitz genommen hat.

Adressen der Verfasser: *E. Woywod*, dipl. Ing. SIA, Brückeningenieur i.R., Fluhweg 23, 5033 Buchs, B. *Lazic*, dipl. Ing. SIA, Sektionschef, Aarg. Baudept., Unterabteilung Brückenbau, Buchenhof, 5001 Aarau, *M. Bosshard*, dipl. Bauing. ETH/SIA, Ingenieurbüro Studer & Bosshard, Richard-Wagner-Str. 19, 8002 Zürich.

### Literatur

- [1] *Milosavljevic, M., et al.*: «Die neue Rheinbrücke Stein-Bad Säckingen», Schweizer Ingenieur und Architekt, Heft 38/79
- [2] *Woywod, E., Milosavljevic, M. und Lazic, B.*: «Überwachung und Unterhalt von Kunstbauten», Schweizer Ingenieur und Architekt, Heft 22/82
- [3] *Woywod, E., Lazic, B.*: «Sanierung der Maillart-Bogenbrücke über den Rhein in Laufenburg», Schweizer Ingenieur und Architekt, Heft 29/83
- [4] *Aarg. Baudepartement, Abt. Tiefbau*: «Weisungen für Kunstbauten, Band I, Projektierung», Oktober 1981
- [5] *Woywod, E.*: «Erfahrungen beim Brückenbau, neue Vorspannmethode für Verbundbrücken», Strasse und Verkehr, Heft 10/67
- [6] *Roshardt, W., et al.*: «Die Stahlverbundbrücke, Objekt 418 u. a., der Brückenbau im Abschnitt Lenzburg-Neuenhof der N1», Strasse und Verkehr, Heft 9/70
- [7] *Aarg. Baudepartement, Abt. Tiefbau*: «Normalien II, Brückenbau», Blatt 60-65, Aarau 1985
- [8] *Woywod, E.*: «Abdichtung und Belag im europäischen Brückenbau», Strasse und Verkehr, Heft 1/85

### Baukosten (in SFr.)

- Sanierungskosten, einschliesslich Verwaltungskosten des Kantons Aargau	3 127 000.-
- Vorstudien und Untersuchungen (1969/75)	95 000.-
- Brückenschmuck	63 000.-
<b>Gesamte Baukosten</b>	<b>3 285 000.-</b>
- Zulasten Kt. Aargau (inkl. OBL & Wust)	1 764 000.-
- Zulasten Land Baden-Württemberg (ohne MWSt)	1 521 000.-
Sanierungskosten pro m <sup>2</sup>	3 120.-
<i>OBL - Oberbauleitung</i>	
<i>Wust - Warenumsatzsteuer CH</i>	
<i>MWSt - Mehrwertsteuer D</i>	

### Am Bau Beteiligte

#### Gesamtleitung:

Aarg. Baudepartement, Abt. Tiefbau, Unterabteilung Brückenbau, CH-5000 Aarau

#### Deutsche Partner:

Regierungspräsidium D-7800 Freiburg (Projekt), Strassenbauamt, D-7800 Bad Säckingen (Bauleitung)

#### Projekt und örtliche Bauleitung:

Ingenieurgemeinschaft H. Zumbach, Aarau/E. Studer, Zürich

#### Architektonische Beratung:

U. Burkard, Architekt, Kaiserstuhl

#### Kanalisationsprojekt:

Gebr. Hunziker AG, Winterthur

#### Prüfingenieur:

Eglin, Ristic AG, Stein AG

#### Brückenschmuck:

R. Galizia, eidg. dipl. Bildhauermeister, Muri (Kopie Nepomuk)  
J. Ineichen, Bildhauer und Restaurateur, Niederlenz (Kopie Wappen)

#### Sanierung der Unterbauten:

Firma Locher & Cie. AG, Baden

#### Hauptunternehmer:

Arbeitsgemeinschaft Zschokke-Wartmann AG (Stahlbau)/Jäggi AG (Stahlbeton), beide Brugg

#### Subunternehmer:

- Mageba SA, Bülach Lager
- Spanncon AG, Vorspannung Lyssach
- H. Stöcklin, Stäfa GHH-Fahrbahnübergänge
- Arge Atag/Büchler, Abdichtung und Belag Seon
- A. Hasler, Stein Geländer
- Fietz + Leuthold, Bohrpfähle AG, Zürich
- Lederer + Eisenhut, Korrosionsschutz Oensingen

## Die Strasse als Gestaltungsaufgabe

(Ho) Im Heft 4/86 des Schweizerischen «Heimatschutz» wird die Strasse zum Schwerpunktthema. Verschiedene Arti-

kel befassen sich mit ihr als öffentlichem Raum, als Lebensraum, mit Problemen der Verkehrsberuhigung und Grundsätzen der Strassenprojektierung. Im Bild werden unsere Strassen einst und heute einander gegenübergestellt.

«Die Strassen in alten Ortskernen sind Räume mit menschlichem Massstab, nicht weil die Ingenieure früher menschenfreundlicher waren, sondern weil es keine Autos gab», heisst es im Editorial. Probleme schaffen uns die Verkehrswege seither genau.