

Konzeptionelle Aspekte beim Entwurf von Bogenbrücken

Autor(en): **Figi, Heinrich**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **105 (1987)**

Heft 12

PDF erstellt am: **13.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-76533>

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.

Konzeptionelle Aspekte beim Entwurf von Bogenbrücken

Von Heinrich Figi, Chur

In seinem Buch «Stahlbetonbrücken» geht Prof. Dr. C. Menn ausführlich auf konzeptionelle Aspekte beim Entwurf von Brücken ein. Mit dem vorliegenden Artikel wird versucht, einige Aspekte anhand der von ihm projektierten Bogenbrücken zu veranschaulichen.

Einleitung

Die von Prof. Menn projektierten Bogenbrücken dürfen zu den bemerkenswertesten Brückenbauten im Kanton Graubünden gezählt werden. Bauwerke wie die *Zwillingsbrücken Nanin* und *Cascella* im Misox (Bild 1) oder die *Rheinbrücke Tamins* (Bild 11) verdienen die Bezeichnung «Kunstbauten».

Im Bild 2 sind die Standorte der von Prof. Menn projektierten und im Zeitraum zwischen 1958 und 1968 gebauten Bogenbrücken eingezeichnet. Die Tabelle 1 enthält die wichtigsten Kenngrößen dieser Brücken. Die 1965 im Rahmen eines Wettbewerbes projektierten Reussbrücken Wassen wurden aus Kostengründen nicht realisiert.

Die statische Wirkungsweise einer Bogenbrücke soll vorerst anhand des im Bild 3 skizzierten Systems kurz umrissen werden.

Die Bogenachse wird in der Regel so gewählt, dass sie der Stützlinie für ständige Belastung entspricht. Da der Bogen dann vor allem durch Normalkräfte beansprucht wird, muss bei der Ermittlung der Schrittkräfte der Einfluss zweiter Ordnung beachtet werden. Der bei den Kämpfern auftretende Horizontalschub infolge ständiger Belastung ergibt sich näherungsweise zu

$$H = \frac{g_m \cdot l^2}{8 \cdot f} = \frac{1}{8} \cdot \frac{l}{f} \cdot g_m \cdot l$$

Bei einem Pfeilverhältnis $f:l = 1:5$ resultiert demnach ein Horizontalschub in der Größenordnung von 60% des Brückengewichtes im Bogenbereich.

Der Fahrbahnträger ist schwimmend gelagert mit dem Bewegungszentrum im Bogenscheitel. Bei ständiger Belastung wirkt er primär als durchlaufender Balken. Unter einseitiger Verkehrslast entstehen Rahmenmomente, die sich im wesentlichen der Steifigkeit ent-

sprechend auf Bogen und Fahrbahnträger verteilen. Die durch die Verformung des Bogens infolge Normalkraft verursachten Zwängungsmomente müssen ebenfalls von Bogen und Träger gemeinsam aufgenommen werden. Diese Zwangsbeanspruchung ist vor allem bei flachen Bogen von Bedeutung.

Bei Trägerspannweiten im Bogenbereich von über etwa 12 m ist es zweckmässig, den Fahrbahnträger teilweise vorzuspannen. Da durch die Vorspannung die Biegesteifigkeit des Trägers erhöht wird, sind geringere Verformungen und somit auch kleinere Momente zweiter Ordnung zu erwarten.

In Querrichtung wirken Bogen, Stützen und Fahrbahnträger zusammen als Trägerrost. Bei schmalen und weitgespannten Bogen, aber insbesondere bei über den Kämpferstützen dilatiertem Fahrbahnträger, treten im Kämpferbereich infolge Querbelastung (Wind, Erdbeben) beachtliche Biegemomente auf. Zur Aufnahme dieser Seitenkräfte ist es vorteilhaft, das Gewölbe im Kämpfer zu verbreitern.

Topographie, Baugrundverhältnisse

Beim Entwurf ist eine sorgfältige Beachtung der geometrischen und geolo-

Bild 1. Cascella und Naninbrücke der N13 im Misox



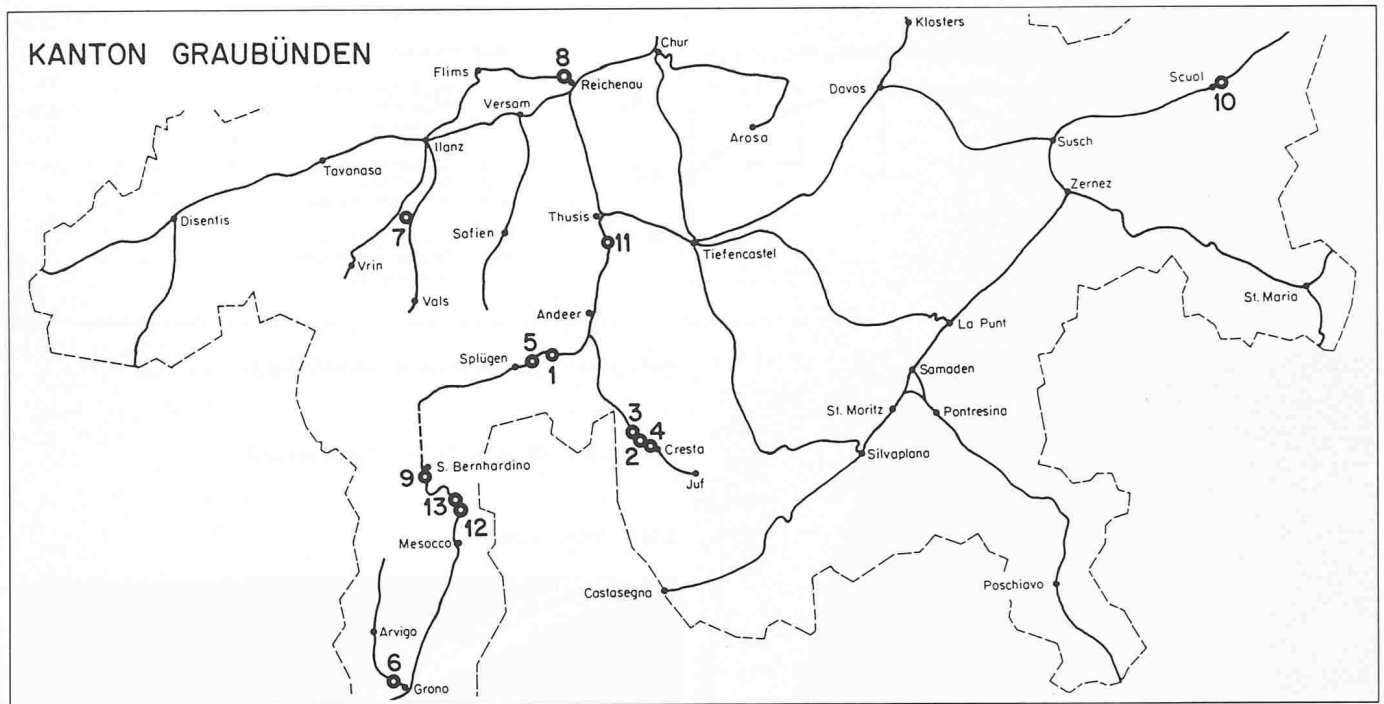


Bild 2. Standorte der von Prof. Ch. Menn projektierten Bogenbrücken (Die Ziffern entsprechen der Numerierung in Tabelle 1)

Tabelle 1. Wichtigste Kenngrößen der von Prof. Ch. Menn projektierten Bogenbrücken

Nr	Name Ort Baujahr	Brückenlänge Bogenspannweite	Pfeilhöhe Pfeilverhältnis	Trägerquerschnitt Bogenquerschnitt	Brückenbreite Bogenbreite	Trägerhöhe Bogenstärke	Statisches System Besonderes	Bild Nr.
1	Crestawaldbrücke Sufers 1958	124.00	14.25 1: 5.0	Plattenbalken Platte	9.40	1.30 0.50 - 0.90	Zweigelenkbogen Träger mit Fugen über den Kämpferstützen	13 14
		71.50			6.40			
2	Averserrheinbrücke Letziwald 1959	66.50	6.80 1: 9.6	Plattenbalken Plattenbalken	5.70	1.40 0.20 - 0.30	Dreigelenkbogen mit seitlichen Scheiben	7
		65.00			4.30			
3	Averserrheinbrücke Crät 1959	91.00	14.20 1: 4.6	Plattenbalken Platte	5.70	1.50 0.35	Stabbogen mit über Kämpferstützen durchlaufendem Träger	6
		66.00			3.50 - 3.90			
4	Brücke Unter Platta Nr. 3 1960	51.60	5.00 1: 7.9	Plattenbalken Platte	4.80	1.30 0.26	Stabbogen Träger mit Fugen über den Kämpferstützen	12
		39.60			3.20 - 3.60			
5	Grünebrücke Splügen 1961	88.00	9.75 1: 5.1	Platte Platte	9.40	0.42 0.50 - 1.00	Träger, Stützen und Bogen als monolithisches Rahmensystem	4 15
		49.75			4.00			
6	Calanascabrücke Grano/Castaneda 1962	143.00	19.50 1: 4.4	Platte mit Konsolen Rippen	6.70	0.50 1.00 - 1.60	Rippenbogen mit Einzelstützen; Träger mit Fugen über den Kämpferstützen	17 18
		86.00			3.20 - 4.20			
7	Valserrheinbrücke Uors/Surcasti 1962	142.00	19.35 1: 4.4	Platte mit Konsolen Platte	4.60	0.50 0.75 - 0.95	Träger, Stützen und Bogen als monolithisches Rahmensystem	16
		86.00			2.00 - 3.20			
8	Rheinbrücke Tamins 1963	158.00	21.30 1: 4.7	Kasten mit Konsolen Platte	8.40	1.00 0.80 - 1.15	Träger, Stützen und Bogen als monolithisches Rahmensystem. Träger vorgespannt	11
		100.00			4.00 - 5.20			
9	Isolabrücke San Bernardino 1964	71.50	9.50 1: 5.2	Platte Platte	9.90 - 10.20	0.40 0.60 - 0.80	Träger, Stützen und Bogen als monolithisches Rahmensystem	19
		49.50			4.00 - 5.50			
10	Clozzatobelbrücke Scuol 1965	79.00	9.75 1: 4.4	Platte Platte	10.40	0.40 0.40 - 0.80	Träger, Stützen und Bogen als monolithisches Rahmensystem	10
		42.70			4.40			
11	Viamalabrücke Zillis 1966	180.00	12.60 1: 7.6	Kasten mit Konsolen Platte	10.40	1.00 0.80 - 1.15	Träger, Stützen und Bogen als monolithisches Rahmensystem. Träger vorgespannt	5
		96.00			4.00 - 5.40			
12	Naninbrücke Mesocco 1967	192.00	24.45 1: 4.6	Kasten mit Konsolen Platte	9.90	1.00 0.90 - 1.30	Träger, Stützen und Bogen als monolithisches Rahmensystem. Träger vorgespannt	1 8
		112.00			4.00 - 5.50			
13	Casellobrücke Mesocco 1968	173.00	20.00 1: 4.8	Kasten mit Konsolen Platte	9.90	1.00 0.90 - 1.20	Träger, Stützen und Bogen als monolithisches Rahmensystem. Träger vorgespannt	1 8
		96.00			4.00 - 5.50			
14	Reussbrücken Wassen 1965 (Wettbewerb)	231.60 / 196.85	22.50 1: 4.3	Plattenbalken Plattenbalken	10.08 / 12.36	1.80 0.40 - 0.50	Träger, Stützen und Bogen als monolithisches Rahmensystem. Träger vorgespannt	9
		96.60 / 97.50			2.60 - 5.20			

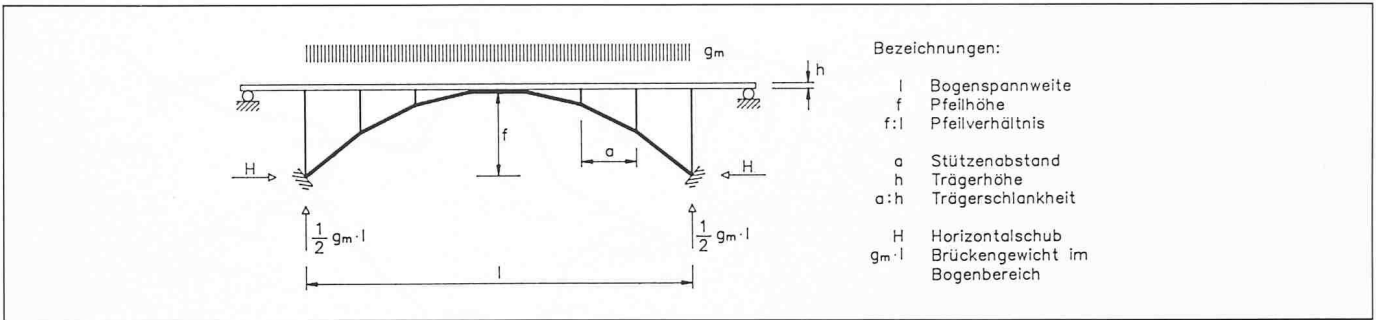


Bild 3 (oben). Statisches System einer Bogenbrücke

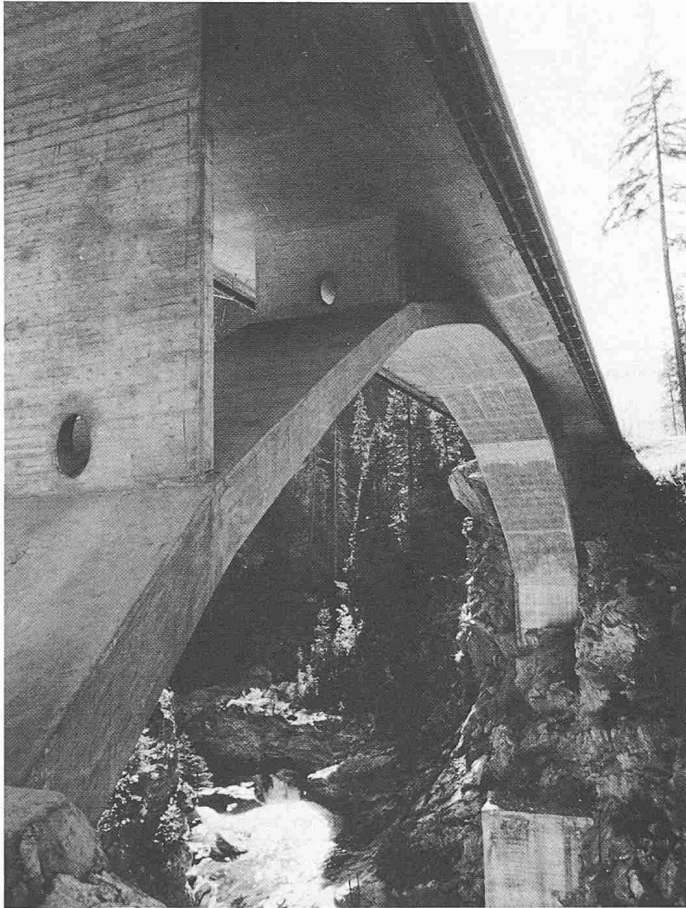


Bild 4 (links). Grünebrücke der N13 im Rheinwald

Bild 5. Viamalabrücke

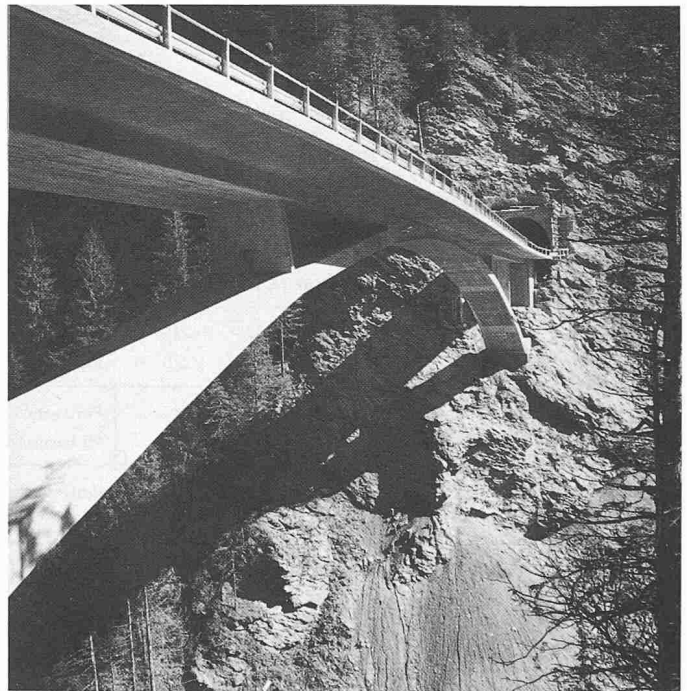


Bild 6. Averserrheinbrücke Cröt



gischen Randbedingungen oft von grosser Tragweite. Im Rahmen des Strassenbaus für die Kraftwerke Hinterrhein AG im Avers sowie beim Bau der N13 boten die topographischen und geologischen Verhältnisse immer wieder Gelegenheit, den Bogen sinnvoll zum Einsatz zu bringen. Besonders gut eignet er sich für die stützenfreie Überbrückung von markanten Taleinschnitten mit stabilen Flanken.

Grünebrücke

Zwischen Sufers und Splügen überquert die Grünebrücke (Bild 4) die etwa 40 m tiefe Schlucht des Hinterrheins. Strassenachse und Flusslauf schneiden sich unter einem Winkel von etwa 60°. Da im oberen Teil der Schlucht die Niveaulinien des Geländes fast rechtwinklig zur Brückenachse verlaufen, erwies sich eine Bogenbrücke als sehr vorteilhaft. Die zur Brückenachse

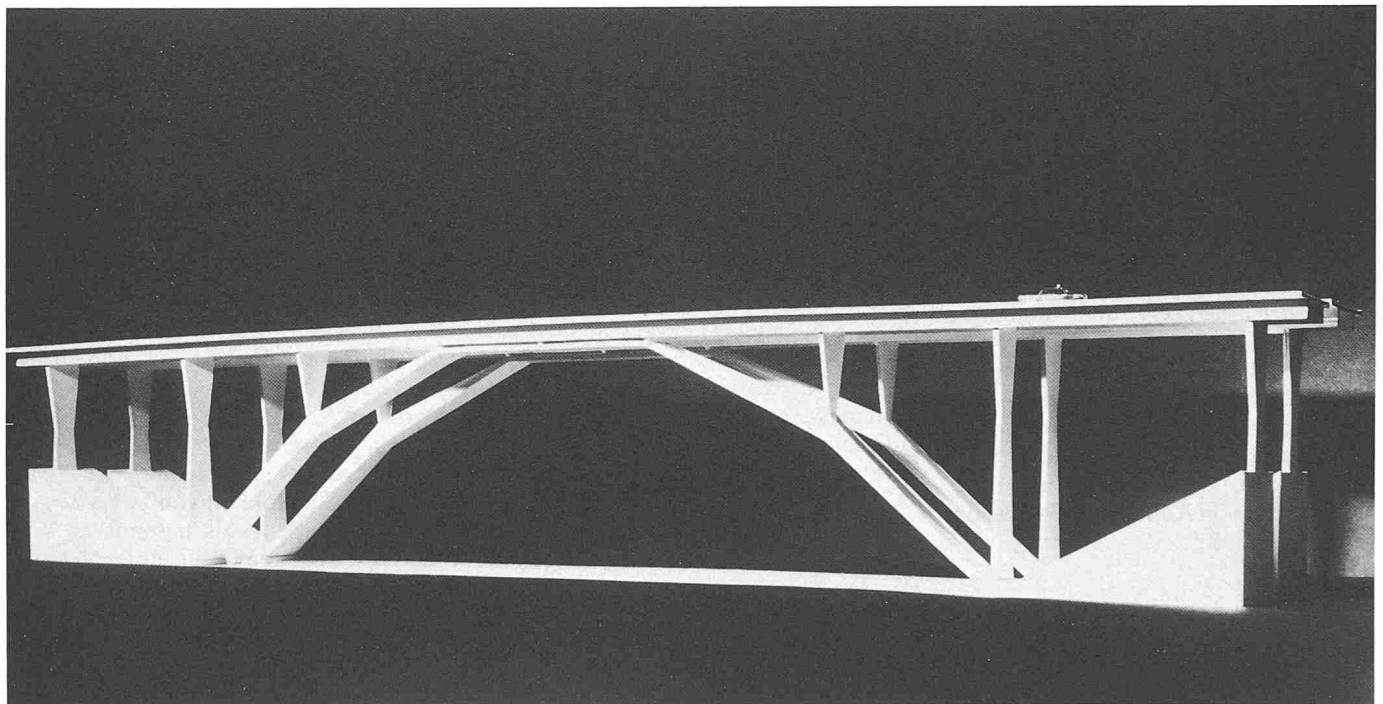


Bild 7. Averserrheinbrücke Letziwald



Bild 8. Lehrgerüst der Cascellabücke; im Hintergrund die Naninbrücke

Bild 9. Modell der nicht realisierten Reussbrücken Wassen



schief einfallenden Talflanken werden überspannt und der schmale Bogen erfordert nur kleine Widerlager.

Viamalabrücke

Die Viamalabrücke (Bild 5) überquert die Rheinschlucht mit einem sehr flachen Bogen. Bei einem Pfeilverhältnis von nahezu 1:8 ergibt sich unter ständiger Last ein Horizontalschub in der Grössenordnung des Brückengewichtes. Dank des guten Baugrundes bei den Talflanken können diese grossen Horizontalkräfte einwandfrei aufgenommen werden. Es wäre allerdings verfehlt zu glauben, in einer Gebirgsgegend seien die Brücken immer problemlos auf Fels zu fundieren.

Das Schicksal der von *Robert Maillart* projektierten RhB-Brücke in Klosters, deren Bogen infolge Kriechbewegung des Hanges stark beschädigt wurde, blieb den Bogenbrücken von Prof.

Menn glücklicherweise erspart. Für die zwischen Thusis und Tiefencastel liegende Caselertobelbrücke war ursprünglich eine Bogenbrücke vorgesehen. Nachdem Hangbewegungen festgestellt wurden, musste dieses Konzept verlassen werden, und das Bauwerk wurde als weniger zwangsempfindliche Balkenbrücke mit nachstellbaren Auflagern ausgeführt.

Herstellung, statische Wirkungsweise, konstruktive Ausbildung

Im Folgenden soll nun auf einige Bogenbrücken von Prof. Menn etwas näher eingetreten werden. Dabei werden insbesondere die Herstellung, die statische Wirkungsweise und die konstruktive Ausbildung betrachtet.

Averserrheinbrücke Cröt

Das statische System der Averserrheinbrücke Cröt (Bild 6) ist ein Stabbogen mit Versteifungsträger. Die Knicksicherheit der Bogensegmente zwischen den Stützen ist mit der geringen Plattenstärke von nur 35 cm gewährleistet. Dieser Querschnitt hat den Vorteil, dass für die Herstellung des Bogens ein leichtes Lehrgerüst genügt. Die Biegemomente infolge Verkehrslast und Zwängungen müssen vom Fahrbahnträger allein aufgenommen werden, da die Biegesteifigkeit von Stützen und Bogen vernachlässigbar klein ist. Für ein Stahlbetontragwerk ist der Stabbogen mit Versteifungsträger eigentlich nicht optimal, weil die natürliche Vorspannung infolge Bogennormalkraft für die Aufnahme von Biegemomenten ungenützt bleibt. Es ist daher nicht verwunderlich, dass der Stabbogen nur bei zwei Brücken zur Anwendung gelangt ist.

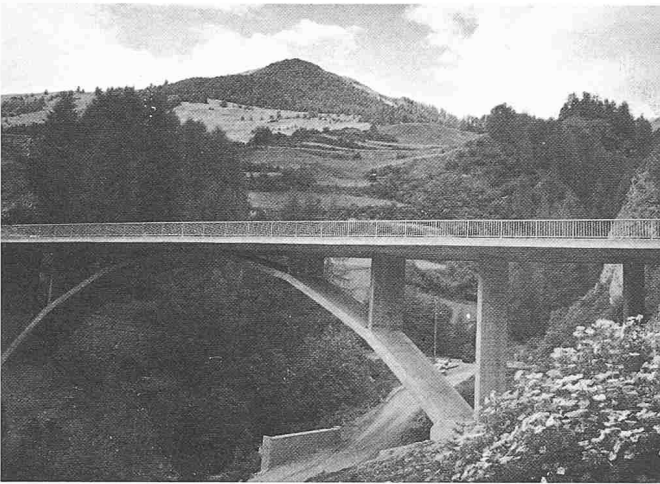


Bild 10. Clozzatobelbrücke im Unterengadin

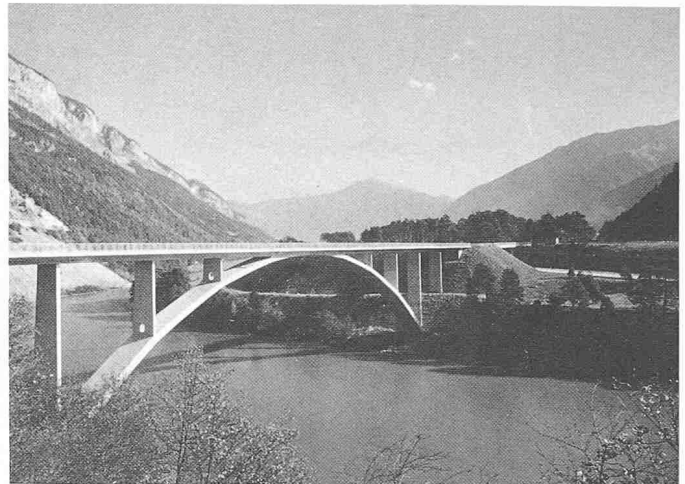


Bild 11. Rheinbrücke zwischen Reichenau und Tamins

Averserrheinbrücke Letziwald

Für die Averserrheinbrücke Letziwald (Bild 7) wurde ein sehr flacher Bogen gewählt. Die Bogenfundamente konnten so ohne teure Gerüstungen von oben her erstellt werden. Bei dem sehr kleinen Pfeilverhältnis von nahezu 1:10 erwies sich wegen der zu erwartenden Zwangsbeanspruchung ein Dreigelenkbogen als zweckmässig. Im mittleren Bereich der Brücke bilden die Stege des Fahrbahnträgers und diejenigen des Bogens durchgehende seitliche Scheiben, die das an sich verformungsempfindliche System wirksam aussteifen. Das mit diesen Scheiben speziell gestaltete Bauwerk erinnert an die Tavanasa- oder die Salginatobelbrücke; der Einfluss von Robert Maillart ist unverkennbar.

Grünebrücke

Das bei der Grünebrücke (Bild 4) erstmals angewendete Konzept, bei dem Bogen, Stützen und Fahrbahnträger ein monolithisches Rahmensystem bilden, hat Prof. Menn bei allen später projektierten Brücken beibehalten. Ein erster Entwurf einer solchen Brücke mag etwa aufgrund der folgenden Überlegungen entstehen. Die Bogenspannweite ist in der Regel durch die Topographie gegeben. Der Stützenabstand wird so gewählt, dass im Bogenbereich fünf oder mehr Felder entstehen. Die Querschnittsabmessungen werden dann derart festgelegt, dass sich die Biegemomente infolge ungleichmässig verteilter Verkehrslast zu annähernd gleichen Teilen auf Bogen und Fahrbahnträger verteilen.

Brücken Cascella und Nanin

Mit Ausnahme der Calancascabrücke weisen alle nach 1961 gebauten Bogenbrücken ein Plattengewölbe auf. In statischer Hinsicht sind diese Gewölbe eher ungünstig. Mit dem flachen Rechteckquerschnitt ist für die Erreichung einer angemessenen Steifigkeit ein er-

heblicher Materialaufwand und folglich auch ein kräftiges Lehrgerüst notwendig. Bild 8 zeigt das Gerüst für den Bogen der Cascella-Brücke. Dieses Fächergerüst ist für sich ein beachtliches Bauwerk. Es verwundert nicht, dass ein solches Bauhilfsmittel Kosten verursacht, welche die Wirtschaftlichkeit einer Bogenbrücke in Frage stellen könnten. Es ist ungewiss, ob die beiden Brücken Nanin und Cascella als Bogenbrücken gebaut worden wären, wenn nicht das gleiche Lehrgerüst für beide Brücken hätte verwendet werden können. In neuerer Zeit ist verschiedentlich versucht worden, die Gerüstkosten zu reduzieren. In der Schweiz sind bereits mehrere Bogen im Freivorbau mit Abspannung realisiert worden. Diese Herstellungsmethode wird bei grossen Bogenspannweiten günstiger, da die Kosten des Vorbaugerüsts bei zunehmender Anzahl Etappen weniger ins Gewicht fallen. Eine eher unkonventionelle Herstellungsmethode ist im benachbarten Ausland zur Anwendung gelangt: der Bogen ist mit einer Gleitschalung «stehend» betoniert und anschliessend abgeklappt worden.

Calancascabrücke

Der bei der Calancascabrücke (Bild 18) gewählte Rippenbogen hat gegenüber dem Plattengewölbe eindeutig wirtschaftliche Vorteile. Bei geringerer Querschnittsfläche weist er ein grösseres Widerstandsmoment auf. Für die Herstellung genügt ein leichteres Gerüst, und wegen der grösseren Vorspannung infolge Bogennormalkraft können zusätzlich Einsparungen an Bogenarmierung erzielt werden. Im weiteren ist die für einen Teil der Bogenoberseite erforderliche Konterschaltung einfach ausführbar.

Reussbrücken Wassen

Die Bogen der Reussbrücken Wassen (Bild 9) wurden als zweistufige Plattenbalken projektiert, die am Kämpfer

und im Scheitel in Rechteckplatten auslaufen. Durch die Variation von Plattenbreite und Rippenhöhe kann der Querschnitt sowohl der Normalkraft als auch den Biegemomenten angepasst werden. Die Herstellung der Rippen erfolgt erst nach dem Erhärten der Bogenplatte, weshalb das Lehrgerüst nur für die Platte allein dimensioniert werden muss.

Clozzatobelbrücke

Die Brücken mit Bogenspannweiten um 50 m wie z. B. die Clozzatobelbrücke (Bild 10) weisen Stützenabstände zwischen 5,50 m und 9 m auf. Bei derart kurzen Spannweiten kann der Fahrbahnträger als schlaff bewehrte Platte mit einer Schlankheit von 15 bis 20 ausgebildet werden. Als besonderer Vorzug dieser Lösung ist die einfache Fahrbahnplattenschalung zu nennen.

Rheinbrücke Tamins

Bei der Rheinbrücke Tamins (Bild 11) überspannt der Bogen den Rhein mit einer Spannweite von 100 m. Acht Felder im Bogenbereich ergeben Träger-spannweiten um 13 m. Bei diesen Gegebenheiten muss der Fahrbahnträger eine beachtliche Steifigkeit aufweisen, wenn er dem Bogen bei der Aufnahme der Rahmenmomente wirksam helfen soll. Da positive und negative Rahmenmomente in der gleichen Grössenordnung auftreten, eignet sich ein vorgespannter Kastenträger statisch besonders gut. Wegen der geringen Trägerhöhe hat dieser Querschnitt jedoch bedeutende Nachteile. Die Innenschalung ist schwierig auszubauen, und der Unterhalt ist bei der schlechten Begehbarkeit höchst problematisch. Als bedeutende Neuerung wurde bei dieser Brücke bereits im Jahre 1962 der Fahrbahnträger teilweise vorgespannt. Für volle Vorspannung müsste wegen der etwa gleich grossen positiven und negativen Momente eine hohe zentrische Vorspannung vorhanden sein. Bei teilweiser

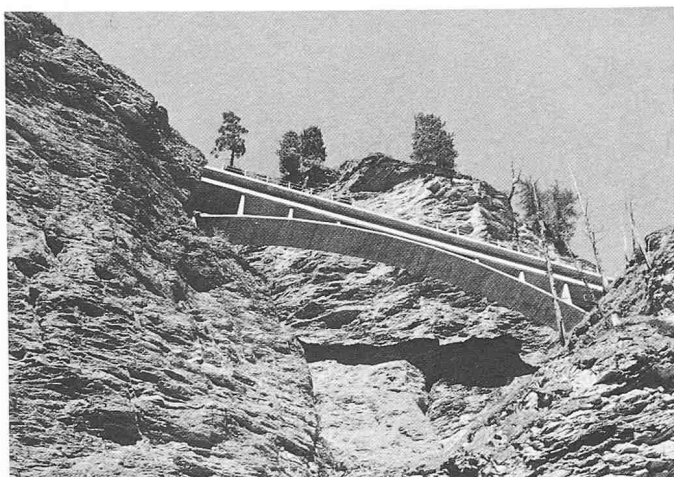


Bild 12. Brücke «Unter Platta Nr. 3» im Avers



Bild 13. Crestawaldbrücke in der Ansicht

Vorspannung können erhebliche Einsparungen erzielt werden, indem die Vorspannkraft so bemessen wird, dass unter ständiger Last keine Betonzugspannungen auftreten bzw. Spann- und Minimalbewehrung zusammen gerade ausreichen, damit in den Bereichen mit kleinster Beanspruchung die Bruch-sicherheit gewährleistet ist. Die höher beanspruchten Bereiche werden durch zusätzliche schlaffe Bewehrung verstärkt.

Aesthetik

Es sind meistens die ästhetischen Belange, die heute die Ausführung einer Bogenbrücke noch rechtfertigen können. Dabei sind zwei Aspekte zu beachten, nämlich die Einpassung des Bauwerkes in die Landschaft und die Gestaltung des Tragwerkes an sich.

Brücke «Unter Platta Nr. 3»

Der Landschaftscharakter soll sich im Tragwerk wiederspiegeln. Mit der Brücke «Unter Platta Nr. 3» (Bild 12) ist das besonders gut geglückt. Die feingliedrigen Elemente des Bauwerkes stehen in eindrucksvoller Wechselbeziehung mit den Felsstrukturen der Averserrheinschlucht.

Bei der eigentlichen Gestaltung einer Brücke empfiehlt es sich, Formgebung und Kraftfluss miteinander in Übereinstimmung zu bringen, d. h. die statische Wirkungsweise soll visuell zum Ausdruck kommen. Eine regelmässige Form des Tragwerkes ist aus technischen und ästhetischen Gründen erwünscht; diese Regelmässigkeit äussert sich konkret durch gleiche Neigungen, gleichmässige Spannweiten und gleichbleibende Querschnittsformen. Minimaler Aufwand an Energie und Material vermittelt den Eindruck von Ausgewogenheit. Schlanke und symmetrische Tragsysteme werden daher meistens als

«schön» empfunden. Im weiteren ist die Transparenz eines Bauwerkes für das räumliche Erscheinungsbild von grosser Bedeutung.

Crestawaldbrücke

Bild 13 zeigt die Crestawaldbrücke in der Ansicht. Die Einpassung des Bauwerkes in die Landschaft ist gut gelungen. Der Taleinschnitt des Hinterrheins wird durch den Zweigelenkbogen grosszügig überspannt. Durch die Wahl der Bogenabmessungen wird das statische System sichtbar; der Materialeinsatz ist auf das statisch Notwendige beschränkt. Im Bild 14 wirkt dieselbe Brücke eher schwer. Weil Bogen, Stützen und Fahrbahnräger nahezu gleich breit sind, wird die Transparenz bereits bei geringer Schrägsicht stark beeinträchtigt.

Grünebrücke

Wie aus dem technischen Bericht hervorgeht, hat Prof. Menn bei der Grüne-

brücke (Bild 15) dank der topographischen Verhältnisse eine neue Form gefunden: «Der sehr schmale Bogen und die weitauskragende Fahrbahn stellen eine etwas neuartige und ungewohnte Konstruktion dar. Richtungsweisend für den Entwurf des gesamten Tragwerkes waren immer nur wirtschaftliche Überlegungen, und das vorgesehene Projekt gab deshalb bezüglich der Ästhetik zu einigen Bedenken Anlass. Aus diesen Gründen wurde ein massstäbliches Modell zur Beurteilung des räumlichen Eindruckes hergestellt. Dieses hat gezeigt, dass die erwähnten Bedenken unbegründet sind; gerade durch den schmalen Bogen und die schmalen Stützen wirkt die Brücke ausserordentlich leicht.»

Das Konzept mit schmalen Bogen und weit auskragender Fahrbahn wurde bei allen später projektierten Bogenbrücken beibehalten. Das Verhältnis zwischen Brückenbreite und Bogenbreite

Bild 14. Crestawaldbrücke bei geringer Schrägsicht



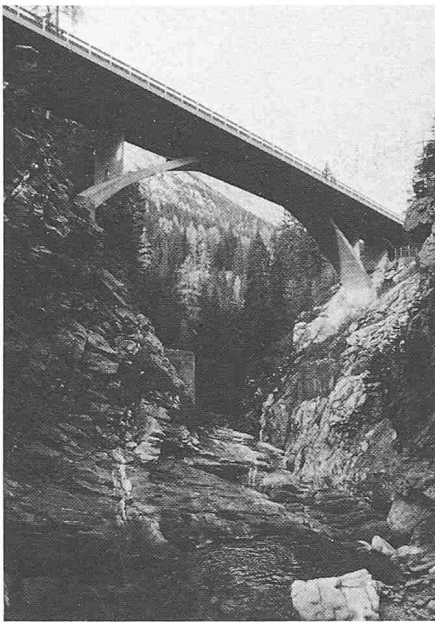


Bild 15. Grünebrücke

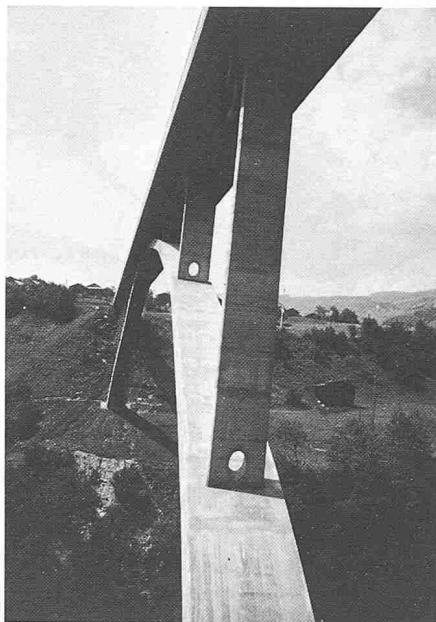


Bild 16. Valserrheinbrücke zwischen Uors und Surcasti

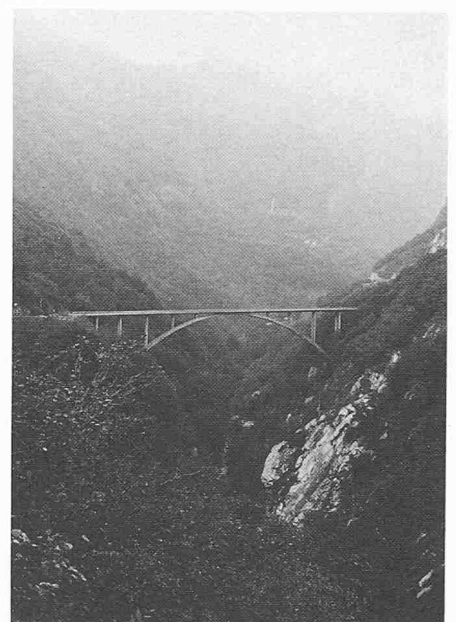


Bild 17. Calancascabrücke in der Ansicht

im Scheitel variiert dabei zwischen 2.1 und 2.5.

Valserrheinbrücke

Bild 16 zeigt die Valserrheinbrücke zwischen Uors und Surcasti. Der 4,60 m breite Fahrbahnträger ist als 2 m breite und 50 cm starke Vollplatte mit seitlichen Konsolen ausgebildet. Der Bogen ist im Scheitel ebenfalls 2 m breit. Die zur Gewährleistung der Querstabilität erforderliche Verbreiterung des Bogens gegen die Kämpfer hin ist gut sichtbar. Dieser sich nach oben verjüngende Bogen, die als schmale Wandscheiben ausgebildeten Stützen und der profilierte Fahrbahnträger ergeben ein Bauwerk

von hoher visueller Schlankheit, das auch bei ausgeprägter Schrägsicht leicht und elegant erscheint.

Calancascabrücke

Rippenbogen, Einzelstützen und Fahrbahnträger als Vollplatte mit seitlichen Konsolen, das sind die charakteristischen Konstruktionselemente der Calancascabrücke. Die Gestaltung einer solchen Struktur ist ausserordentlich schwierig. Während die Brücke in der Ansicht (Bild 17) ein ruhiges, ausgewogenes Bild vermittelt, entsteht bei Schrägsicht (Bild 18) eher ein ungeordneter Gesamteindruck. Gerade mit Einzelstützen und einem Rippenbogen,

der zudem aus statischen Gründen gegen die Kämpfer hin gespreizt wird, ist es natürlich völlig unmöglich, eine Form zu finden, die gleiche oder nur wenig verschiedenartige Neigungen aufweist. Wie dem technischen Bericht zu entnehmen ist, hätte Prof. Menn einer Variante mit Plattengewölbe und Wandstützen den Vorzug gegeben.

Isolabrücke

Bei der Isolabrücke (Bild 19) ist die Fahrbahn im Grundriss gekrümmt. Die durch die Krümmung verursachten speziellen Formgebungsprobleme wurden elegant gelöst. Die Form des Gewölbes wurde unter Bewahrung der

Bild 18. Calancascabrücke in der Schrägsicht

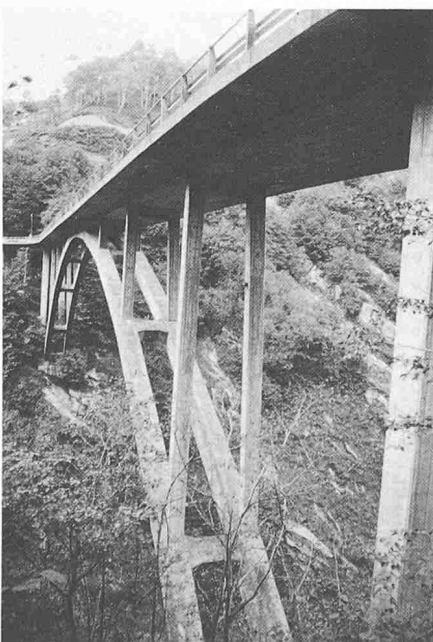
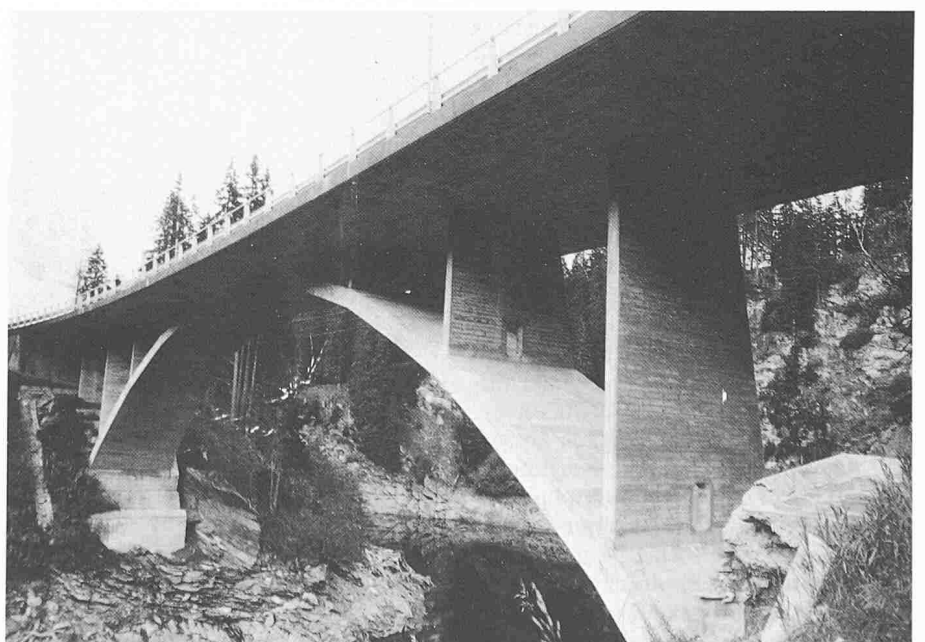


Bild 19. Isolabrücke der N13 bei San Bernardino



Symmetrie so festgelegt, dass der Rand auf der Kurveninnenseite im Grundriss parallel zum Fahrbahnrand verläuft; dadurch sind die Wandstützen auf der Kurveninnenseite senkrecht und auf der Aussenseite gleichmässig geneigt. Da bei der verhältnismässig kleinen Bogen Spannweite und der breiten Fahrbahnplatte das Tragwerk eher gedrun-gen wirkt, sind die durch den Anzug schlank erscheinenden Stützen besonders willkommen. Die Ausbildung des Gewölbes als Platte und der Stützen als Wandscheiben erweist sich als vorteilhaft; trotz der unterschiedlichen Richtungen der einzelnen Elemente wirkt die Brücke ruhig und elegant.

Schlussbemerkungen

In rein wirtschaftlicher Hinsicht sind heute Bogenbrücken nur noch bei ganz

speziellen topographischen und geologischen Verhältnissen vertretbar. Die Entwicklung in den sechziger und siebenziger Jahren war für Bogenbrücken in zweierlei Hinsicht ungünstig. Die stark ansteigenden Lohnkosten haben, vor allem wegen der sehr arbeitsintensiven Lehrgerüste, zu einer erheblichen Verteuerung geführt, und das rein technische und wirtschaftliche Zweckdenken liess gestalterische Belange als etwas Überflüssiges erscheinen. Wir Ingenieure sollten uns aber hüten, den Brückenbau als reinen Zweckbau zu betrachten.

«Denn was bleibt, ist nicht die Abrechnungssumme, sondern die Brücke in ihrer Beziehung zur Zeit und zur Landschaft, in die sie hineingebaut wurde.»

An dieses Zitat aus Prof. Menns Festvortrag anlässlich der 100-Jahr-Feier des Bündner Ingenieur- und Architektenvereins sollten wir hin und wieder

erinnern; denn unsere Bauwerke sind Teile eines Ganzen, und wir müssen versuchen, die Zusammenhänge zu sehen. Wenn wir nicht nur rechnen, berechnen und bemessen, sondern uns mit konzeptionellen Aspekten auseinandersetzen, sollten uns ansprechend gestaltete Bauwerke gelingen, die auch kostenmässig vertretbar sind – so kann der Bogen als klassisches Element für eine Überbrückung auch heute noch durchaus seine Berechtigung haben.

Adresse des Verfassers: H. Figi, dipl. Bauing. ETH/SIA, Kantonales Tiefbauamt Graubünden, 7000 Chur.

Der Massivbrückenbau im Wandel

Von Hans Wittfoht, Frankfurt am Main

Ein tiefgreifender Wandel hat sich von den Natursteinbrücken der vergangenen Jahrhunderte bis zu den Stahlbetonbrücken der neueren Zeit vollzogen, verstärkt noch, als man begann, die Stahlbewehrung vorzuspannen. Der Spannbeton eröffnete den Unternehmern neue Möglichkeiten, die sie nutzten.

Ein Unternehmer wird ja langfristig danach beurteilt «wie er baut», und zwar nach der Qualität des Bauprozesses und der Qualität des Bauwerkes als Endprodukt. Er ist selbst am meisten interessiert, eine möglichst grosse Sicherheit beim Bauvorgang zu gewährleisten. Zur Lösung seiner Bauaufgaben stehen ihm dabei als Mittel zur Verfügung: Ideen sowie Arbeitskräfte und Geräte. Dabei sind die Ideen eigentlich die wichtigsten Mittel, weil sie ermöglichen, an Aufwand zu sparen, und die richtigen Hilfsmittel auszuwählen. Ideen haben ganz entscheidend zur Entwicklung neuer Baumethoden beigetragen und damit indirekt auf die Konstruktionen Einfluss ausgeübt, weil diese auf den Bauvorgang zweckmässig abgestimmt werden mussten. Dabei lassen sich langfristige Trends ablesen, die aus einer Häufung oder Aneinanderreihung innovativer Schritte bestehen.

Vor allem mit dem Vorstoss des Spannbetons in den Bereich grösserer Brücken und grösserer Spannweiten gewinnt zunehmend der Einfluss der Bauverfahren auf die Konstruktion an Bedeutung.

Ein wesentlicher Fortschritt war die feldweise Herstellung der Balkenbrücken, wobei die Hauptspannkabel feldweise durch Anmuffen verlängert wurden. Es war damit möglich, umsetzbare oder verschiebbare Lehrgerüste einzusetzen. Die mehrfache Verwendung dieser Gerüste mit einem kontinuierlichen Bauablauf brachte eine grosse Kosteneinsparung, mehr noch, als die di-

rekte Abstützung auf dem Boden ver-lassen wurde und sich freitragende Gerüste auf die Pfeiler oder das Tragwerk selbst abstützten. Hierdurch wurde es möglich, Balken beliebiger Länge frei vom Boden zu errichten (Ortbeton- oder Segmentbauweise). Dem freien Vorbau (Bild 1) folgten die Vorschubgerüste für den feldweisen Bau (Bild 2), auch in Kombination mit dem Freivorbau für grosse Spannweiten (Bild 3).

Lässt man die Produktion am Brückenende stationär und schiebt die Brücke selbst abschnittsweise vor (Bild 4), so lassen sich die verhältnismässig hohen Kosten für die stählernen Vorschubge-

rüste einsparen. Allerdings müssen dabei die Länge und die Geometrie der Brücke geeignet sein. Ein anderer Weg, die Kosten für die Vorschubgerüste zu senken, sind neuere Vorschläge mit Rüstträgern aus Spannbeton.

Die einfachste Lösung resultiert mit zwei seitlich des Brückenüberbaus angeordneten Spannbetonträgern (die aus vorgefertigten Teilelementen zusammengesetzt sein können). Die Träger werden, wie üblich, mit Schalungsklappen verbunden (Bild 5). Geht man einen Schritt weiter und ersetzt die Schalungsklappen durch einen festen Unterboden aus Stahlbeton, so wird der ganze Vorschubträger «als Matrize» durch Absenken frei. Der Überbau bleibt separat abgestützt, bis die ganze Vorschubeinheit so weit vorgezogen ist, dass die endgültigen Lager frei werden. Gleitlager zwischen dem Matrizenboden und dem neu betonierten Feld ermöglichen das Vorziehen (Bild 6). Hier fliessen Elemente des Taktschiebens in die Verwendung der Vorschubgerüste ein. Noch deutlicher ist dies der Fall, wenn die ersten beiden Felder stärker bewehrt zugleich als Hilfsbrücke Verwendung finden und gewissermassen im Taktschiebverfahren hergestellt und vorgeschoben werden. Auf dem jeweils hinteren Feld werden in einem ganzen Stück die Felder überhöht hergestellt und nach dem Vorziehen des Hilfsträgers in ihre endgültige Lage ab-