

Das Bauverfahren »Freier Vorbau«



Adalbert KOBERG, Dipl.-Ing. Dr. techn., ist Professor und Vorstand des Institutes für Stahlbeton und Massivbau an der TU Graz. Jahrgang 1923, Studienbeginn an der Deutschen Techn. Hochschule in Prag, seit Kriegsende in Graz. Wesentlicher Anteil an der Entwicklung des Großbrückenbaues im Bereich der Baufirma Mayreder-Graz (Steiermark, Kärnten, südl. Burgenland). Seit 1980 an der TU Graz.

Die Entwicklung des Brückenbaues ist zwar einerseits geprägt durch die Erkenntnisse und Vervollkommnungen der Statik und Festigkeitslehre, andererseits aber auch entscheidend bestimmt durch die Erfindung neuer Bauverfahren und Technologien. Im folgenden wird eine der wichtigsten Entwicklungen der letzten 25 Jahre besprochen.

Wohl bereits seit Beginn des Brückenbaues mit Eisen bzw. Stahl wurden Tragwerke im Freien Vorbau, also ohne fest gegründete Unterstützung, hergestellt; man denke z.B. an die berühmte Firth of Forth-Brücke (1896).

Bei Stahlbetontragwerken standen jedoch zahlreiche Werkstoffeigenschaften einer solchen Bauweise entgegen, wie das hohe Gewicht der Bauteile, die relativ lange Erhärtungszeit und auch die Unsicherheiten des durch Dehnungsrisse beeinflussten elastischen Verhaltens.

So wurde zwar (einer mündlichen Mitteilung nach) in Brasilien eine Eisenbetonbrücke in freiem Vorbau hergestellt, doch blieb — von dieser Ausnahme abgesehen — die volle Rüstung die typische Technologie des Betonbaues. Erst die umfangreiche Entwicklungsarbeit der Fa. Dyckerhoff & Widmann, die in Zusammenarbeit mit den Krupp-Stahlwerken einen Spannstaht, ein zugehöriges Spannverfahren und unter

Verwendung der damit ermöglichten baustellengerechten Spannbetonbauweise unter Leitung von Dr. Ulrich Finsterwalder ein Vorbauverfahren erarbeiten konnte, brachte den Durchbruch zum Freien Vorbau der Spannbetontragwerke. Dieser war dann über die lange Laufzeit des dafür erteilten Patentes weltweit eine Domäne des Markenzeichens D&W und der beteiligten Lizenznehmer.

Der dadurch erzielte Fortschritt lag auf mehreren Ebenen: Zunächst brachte das Spannbetontragwerk die Vorteile dieses Konstruktionsprinzipes ein, also geringere Stahlmenge (infolge hoher ausnützbarer Stahlspannungen), praktisch beliebig lange Stahleinlagen, damit Wegfall von Stößen mit Schweißung und Überlappung; als Folge geringere Betonabmessungen zur Unterbringung der Bewehrung und damit geringere Massen und Eigengewichte, die wiederum in allen Bereichen Einsparungen ermöglichen. Hier ist auch

an die gleichzeitigen Erfolge der Bonttechnologie zu denken, die weitere wesentliche Massenminderungen ermöglichten.

Die durchgreifende Rationalisierung gab den Anstoß zur Entwicklung zahlreicher anderer Bauverfahren.

Die Möglichkeit, auf das Lehrgerüst zu verzichten, brachte nicht nur die Einsparung dieser aufwendigen Hilfskonstruktion (— der ja die Anschaffung und Beistellung des Vorbaugerätes gegenübersteht —), sondern die oft entscheidenden Vorteile des Entfalles der Gründungs-, Genauigkeits- und Bestandsrisiken (Hochwasser!) des Gerüsts, die praktisch ungestörte Durchfahrt während der Bauzeit und meist noch einen Zeitgewinn für die Gesamtbauzeit. Als ganz wesentlicher Fortschritt der Technologie ist jedoch die Umwandlung der bisher einmalig aufeinanderfolgenden Großeinsätze unterschiedlicher Arbeitsgruppen — Gerüster, Schaler, Eisenbieger, Betonierer — in eine stetig wiederholte, in der gleichbleibenden Arbeitsstelle des

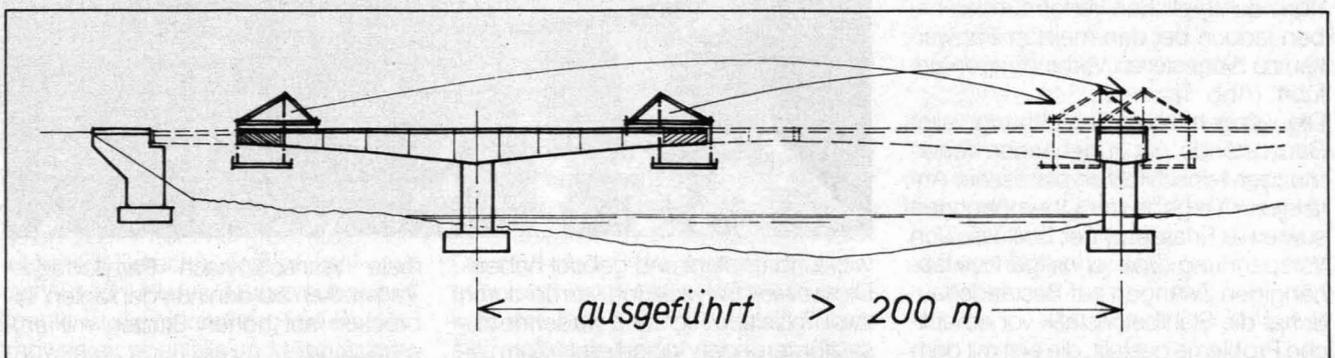


Abb. 1: Freier Vorbau.

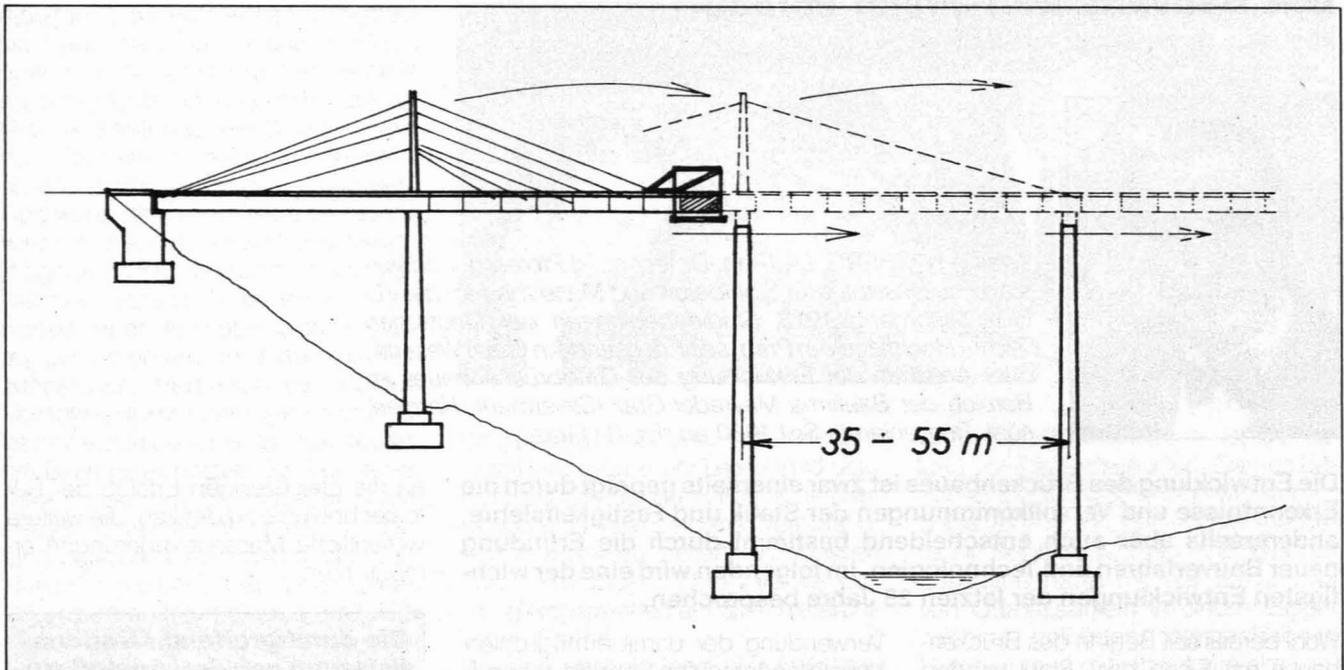


Abb. 2: Abgespannter freier Vorbau.

Vorbaugerätes ablaufende Taktarbeit einer rasch eingespielten, gleichbleibenden Vorbaumannschaft zu werten, wodurch der Gesamtstundenaufwand drastisch gesenkt und gleichzeitig gut kalkulierbar wurde. Man kann wohl annehmen, daß es dieses ins Auge springende Beispiel einer durchgreifenden Rationalisierung war, das den Anstoß zur Entwicklung zahlreicher anderer Verfahren der Bauherstellung gegeben hat.

Das statische Prinzip des Freien Vorbaus, also die schrittweise Herstellung von Kragträgern, die dann miteinander gekoppelt werden, wird am besten von zur Stütze hin stark gevouteten Trägern erfüllt, wobei die Koppelung statisch zweckmäßig durch ein (in Längsrichtung verschiebliches) Querkraftgelenk erfolgt. Schwierigkeiten mit der dann erforderlichen Fugenkonstruktion und den nachträglichen Verformungen haben jedoch bei den meisten Tragwerken zu biegesteifen Verbindungen geführt. (Abb. 1)

Die eingehende Berechnung aller Bauzustände, der zugehörigen Verformungen (einschließlich plastischer Anteile) zur Vorgabe der Überhöhungen sowie die Erfassung der Einflüsse von Vorspannung und sonstigen zeitabhängigen Zwängen auf Bestandsdauer hat die Stahlbetonstatik vor erhebliche Probleme gestellt, die erst mit dem Einsatz elektronischer programmier-

barer Rechner zufriedenstellend gelöst werden konnten. Um so höher ist allerdings die Kunst der Ingenieure zu werten, die auch ohne diese Hilfsmittel die heute noch voll entsprechenden Bauten der frühen Phase dieser Ent-

wicklungen schafften. Die Entwicklung der vielfeldigen Tragwerken — die Umrüstzeiten und Kosten für Rückfahren, Abmontieren, Transport zum nächsten Pfeiler und Wiederaufbau der Vorbaugeräte (von 40 — 60 t Gewicht) als zu hoch; zum anderen war auch der for-



wicklung geplant und gebaut haben. Die weitere Entwicklung wurde durch zwei in gleiche Richtung weisende Zusatzforderungen eingeleitet: Zum einen erschienen — insbesondere bei

male Wunsch nach Parallelträger-Tragwerken bei den nun geplanten Talbrücken auf hohen Stützen mit entscheidend.

Die Entwicklung brachte mehrere Lö-



sungen. Es wurden Vorschubträger entwickelt, die die Vorbauwagen ohne Umbau zum nächsten Pfeiler trugen, wodurch auch die Ankoppelung des Schalgerüsts an den jeweils letzten Abschnitt entlastet und das Vorbaugerüst selbst wesentlich leichter gestaltet werden konnte. Insgesamt liegt jedoch der Bedarf an Rüstmaterial merklich über dem bisherigen Ansatz.

Eine andere Lösung, bei der der Vorbauwagen unverändert übernommen werden kann, verwendet Abspannungen, um den vorgebauten Kragarm bis über die nächste Stütze zu tragen und so eine ununterbrochene Tragwerks-herstellung von Widerlager zu Widerlager zu ermöglichen. (Abb. 2)

Es wird hierbei auch nur ein Vorbauwagen benötigt, doch fällt nun das Vorhalten, Aufbauen und Umsetzen des hochbeanspruchten Pylons und der Abspannungen ins Gewicht. Insgesamt hat sich dieses Verfahren jedoch bei zahlreichen Anwendungen bewährt.

Eine weitere Entwicklung, die von den guten Erfahrungen mit diesem Freivor-

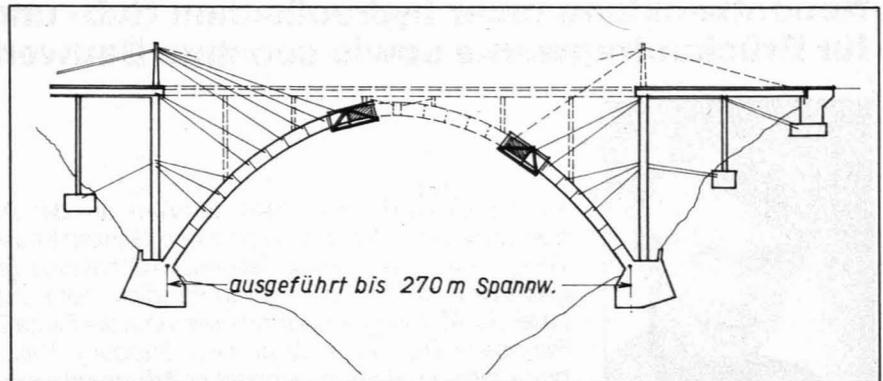


Abb. 3: Freier Vorbau von Bogentragwerken.

Bogenbrücken sollen in ihrem Haupttragglied, dem Bogen, keine oder nur untergeordnete Zugspannungen erzeugen, da sonst die Gefahr des Bogenknickens (hervorgerufen durch unetstetige Biegesteifigkeit) schwer abschätzbar wird. Alle bisherigen Herstellungsverfahren erzeugen jedoch in ihren verschiedenen Bauzuständen planmäßige, außerdem durch kaum vorhersehbare Gerüstverformungen auch unvorhersehbare Biegebeanspruchungen im Bogen, die in vielen

hälften und erzeugt zudem einen solchen Tragzustand vor dem Zusammenschluß, daß der fertiggestellte Bogen sogleich — ohne nachträgliche Formänderung durch Absenken des Gerüsts, Kriechumlagerung zwischen Bogenteilen unterschiedlichen Alters und Erhärtungsgrades oder Kraftumlagerungen im Widerlagerbereich — in seiner Endform und -beanspruchung (vor Aufbau der Überbauten) dasteht (Abb. 3). Auch die Wechsellasten infolge der Bauzustände werden voll durch die Abspannungen ausgeglichen, sodaß sogar der für ungestützte Bogen undenkbare Lastfall eines einseitig im Taktschiebverfahren vorgebauten schweren Überbaues schadlos aufgenommen werden kann (Brücke Neckarburg der Stuttgart-Bodensee-Autobahn; Bogenstützweite 155 m).

Neben den besprochenen Freivorbaufahren wurden noch zahlreiche weitere Methoden des Brückenbaues — u. a. das eben genannte Taktschieben — entwickelt und ausgeführt; sie alle können bei bestimmten Randbedingungen Vorteile gegenüber dem Freivorbau erreichen lassen. Diesem ist jedoch anzurechnen, daß er

1. von der Brückengeometrie (Krümmung, Querneigung, Voutung) weitgehend unabhängig ist,
2. technisch kaum einer Stützweitenbegrenzung unterliegt,
3. relativ geringe Geräteanschaffungskosten benötigt.

Aus diesen Ursachen ist zu erwarten, daß auch in Zukunft Ausführungen in den beschriebenen Bauweisen zweckmäßig sein werden.



bau mit Abspannung, insbesondere mit der durch Messungen überprüften guten Übereinstimmung der hierfür entwickelten Berechnungsverfahren mit der Wirklichkeit des Bauens ausgehen konnte, ist die Herstellung von Bogentragwerken ebenfalls im freien Vorbau mit Abspannung.

Fällen die Zugfestigkeit des Betons überschreiten und nur durch Bewehrung aufgenommen werden können. Die mit hoher Genauigkeit berechenbare und einstellbare Verankerungskraft der Abspannungen erlaubt nun eine praktisch biegungsfreie, maßgenaue Herstellung der beiden Bogen-

