

# Die Viadukte von Chillon: Vortrag

Autor(en): **Piguet, Jean-Claude**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **87 (1969)**

Heft 18: **Generalversammlung SIA Montreux 9.-11.5.1969**

PDF erstellt am: **19.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-70665>

## **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.

# Die Viadukte von Chillon

DK 624.21:624.012.47

Von Jean-Claude Piguet, dipl. Ing., Prof. an der ETH Lausanne

Vortrag (mit Ergänzungen), gehalten an der Studientagung der FGBH über aktuelle Ingenieurprobleme vom 18. und 19. Oktober 1968 in Zürich (Übersetzung)

Am 13. Juli 1966 wurden einer Arbeitsgemeinschaft von Unternehmern die gesamten Bauarbeiten für die Viadukte von Chillon (Bild 1) zugeschlagen. Knapp zwei Jahre später, am 9. Oktober 1968, war die erste Brücke von 2150 m Länge und 13 m Breite vollendet. Am 13. März 1969 waren von insgesamt 22 Öffnungen der zweiten Brücke bereits 7 gebaut. Dies ist im Hinblick auf die Termine eine grosse Leistung, war aber wegen der Dringlichkeit der Inbetriebnahme der N9 auch notwendig. Wenn man den heutigen Verkehr berücksichtigt, ist der Ausbau dieser Autobahn wirklich besonders dringend. Denn jeder Monat Verzögerung bringt nicht nur ernstliche Unannehmlichkeiten und Einbussen für die Volkswirtschaft, sondern erhöht auch das Unfallrisiko.

Im allgemeinen Programm der Arbeiten des Autobahnbüros des Kantons Waadt war die Durchfahrung des Engpasses bei Chillon eine der dornenvollsten Aufgaben. Gebieterisch war die Aufgabe gestellt, eine Lösung zu finden, die möglichst rasch verwirklicht werden konnte.

Ohne auf die Rationalisierung und Normalisierung der Studien und Arbeiten für ein so umfangreiches Projekt näher einzugehen, war es für das Einhalten der Fristen sozusagen unvermeidlich, die Vorfabrikation vorzusehen. Vorfabrikation nicht nur für die Ausführung, auch für die Einrichtung der Baustelle, ohne dabei die Notwendigkeit des raschen Versetzens der einzelnen Elemente zu vernachlässigen.

Entsprechend dem Grundprojekt handelte es sich darum, Querschnittselemente zu fabrizieren, die zu ganzen Serien von Auskragungen in verschiedener Geometrie zusammgebaut werden können. Die erste Bedingung war, den technischen Gegeben-

heiten entsprechend rasch vorzugehen, was unter anderem bedeutete, dass rund eine Mio. Fr. pro Monat während der ganzen Vertragszeit zu verbauen war. Um diese Bedingung einzuhalten, mussten Fabrikation und Konstruktion möglichst vereinfacht, die Schalungsarbeiten mechanisiert und der ganze Arbeitsablauf industriell konzipiert werden. Für das Versetzen erwies es sich als nötig, zwischen den Elementen schmale Fugen, die rasch geschlossen werden können, und eine entsprechende Nachspannung vorzusehen. Die beiden Themen, Vorfabrikation und Versetzen, werden in diesem Aufsatz behandelt. Viele Ingenieure haben an der Studientagung der FGBH im Frühjahr 1968 in Lausanne teilgenommen und den Bauplatz der Viadukte ob Chillon besucht. Sie haben allgemeine Informationen erhalten und sich über die angewandten Methoden Rechenschaft geben können. Ein Heft mit allgemeinen Orientierungen wurde verteilt; wenige hatten aber Gelegenheit, dem Versetzen eines Elementes zusehen zu können. Andere Publikationen behandeln besondere Probleme, wie zum Beispiel die Berechnungsmethode für die Viadukte, Theorien über diese von uns entwickelte Bauart, Fundationsfragen, die wir zu lösen hatten, und andere Probleme mehr, unabhängig von dieser spezifischen Arbeitsweise.

Ein ganz besonderer und selten behandelter Punkt ist die Ausregulierung der vorfabrizierten Elemente im Hinblick auf die Geometrie der Brücken, sowohl im Stadium der Fabrikation wie während dem Versetzen. Das zu lösende Hauptproblem bestand darin, für diese Kunstbauten, deren Linienführung in allen Richtungen variiert, im Prinzip und in der allgemeinen Form ähnliche Elemente zu fabrizieren (Bilder 2

und 3). Wir fanden uns vor geometrische Aufgaben gestellt, deren Grundlagen gegeben waren, woraus sich wiederum die Notwendigkeit der Einzelanfertigung jedes Stückes ergab. Die Gegebenheiten waren die Folgenden: Die Form der Brücke, das heisst, zwei im Freivorbau system von den Pfeilern aus symmetrisch eingebaute Konsoltypen mit variablem Querschnitt, welche drei verschiedene Spannweiten ermöglichen. Material: Beton P 350, gewärmt und getrocknet im Winter, mit allen Einflüssen des Schwindens, Kriechens und der Temperaturschwankungen; die Geometrie der Axe; die Deformation aus Eigengewicht, aus dem Zusammenbau und aus dem Kriechen. Eine solche Fabrikation erfordert eine sehr genaue Baustelleneinrichtung, begrenzt durch Zeit und räumliche Möglichkeiten, immer ausgerichtet auf die vorgeschriebenen Fristen jeder einzelnen Bauphase.

Erwähnen wir zur Erinnerung den Bauplatz für die Fundamente und die Erstellung der Pfeiler, der eine Einheit für sich mit eigener Betonfabrik und Transportmitteln bildete, und verweilen wir ganz besonders bei den Einrichtungen für die Fabrikation und das Versetzen der Elemente. Welches war die Lösung für die Herstellung des Brückenquerschnitts? Es gab die drei folgenden Möglichkeiten: Aufbau eines vollständigen Gerüsts vom Boden aus (dieses System wurde beim Viadukt von Oléron angewendet), Fabrikation jedes Teiles in einer Typenschalung oder Vorfabrikation der Teile durch Zusammensetzen von einzelnen Elementen.

Die gewählte Lösung umfasste 5 Schalgruben, jede mit verstellbarer Stahlschalung ausgerüstet, in denen das Betonieren eines Elementes immer gegen die Stirn-

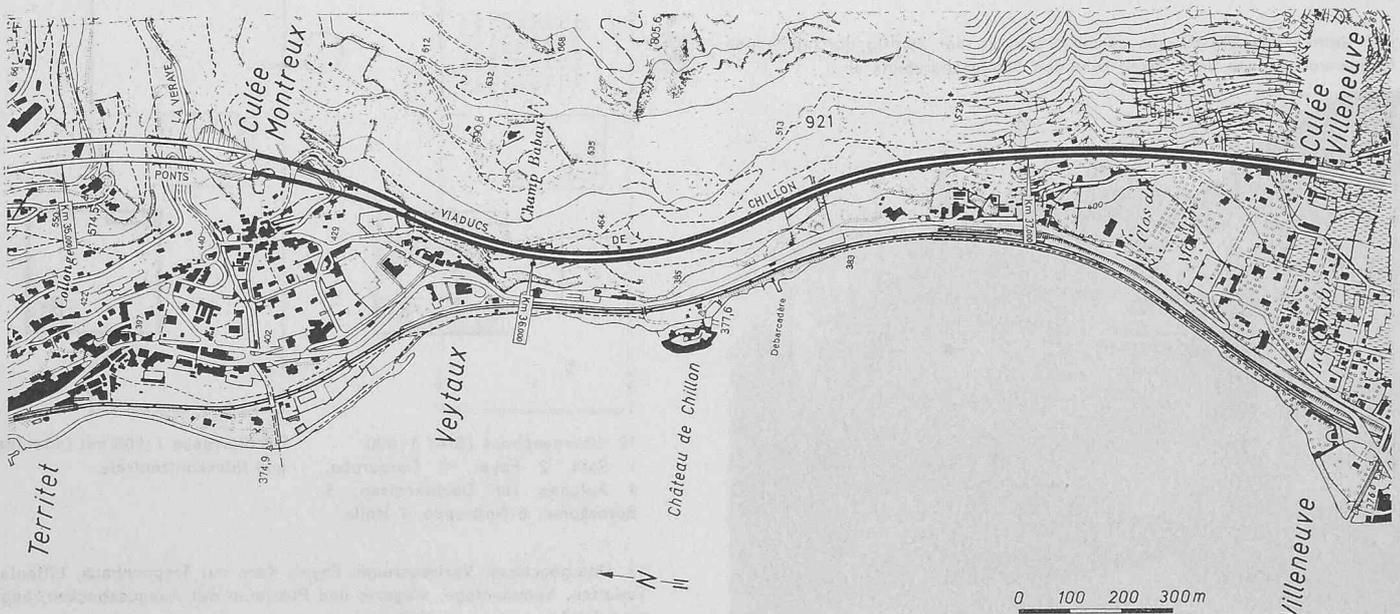


Bild 1. Lageplan 1:15 000

seite des soeben betonierten Elementes erfolgte, das seinerseits automatisch in die richtige Lage gebracht wurde. Der Bau- platz für die Herstellung der Elemente wurde also wie eine ausserhalb stehende Fabrik eingerichtet, mit eigener Betonzu- fuhr und eigenen mechan. Ausrüstungen (Bild 4). Diese Fabrik musste auf alle Fälle in der Lage sein, in abwechselndem Arbeitsgang 22 bis 25 Elemente in der Woche zu fertigen. Jedes Element stellt ein 3,2 m langes Stück des Brückenquerschnitts mit einem Gewicht von 45 bis 75 t dar. Die mittlere der 5 erwähnten Schalgruben dien- te dem Betonieren der «Richtelemente» über jedem Pfeiler, während zwei Gruben für die hohen und zwei Gruben für die niedrigen Elemente der Brücke dienen (Bil- der 5, 6 u. 7). Die gefertigten Brückenteile werden ungefähr 3 bis 4 Wochen gelagert. Die für den Bau benötigten Stücke werden mit einem mobilen Portal-Kran von 80 t Tragkraft vom Lager auf einen Rollwagen gehoben; mit diesem gleisgebundenen Roll- wagen werden die einzelnen Elemente an die vorderste Arbeitsstelle der Brücke transportiert. Hier werden die Elemente von einem besonders für diesen Zweck konstruierten Versetzträger an ihren end- gültigen Platz verbracht (Bilder 8 und 9).

Ähnliche, jedoch weniger leistungsfähige Geräte wurden schon früher gebaut, sie dienten aber nur einem geradlinigen Ver- setzen auf ebener Unterlage. In unserem Fall bietet aber die Brücke Kurven, Gegen- kurven und erhebliches Quergefälle der Fahr- bahn. Man könnte sich deshalb fragen, ob es wirklich angebracht sei, eine solche Einrichtung zu verwenden und ob man damit in die Lage versetzt werde, die Kurven und das Quergefälle zu bewältigen. Eine besondere Studie dieser Bedingungen führte uns zur Entwicklung einer vollstän- dig neuartigen Konstruktion, bei der die letzten Erkenntnisse der Fördertechnik be- rücksichtigt wurden. Ein hydraul. System ermöglichte es, den Träger trotz den ver- schiedenen Quergefällen immer vertikal zu halten. Die seitlichen Verschiebungen des Trägers auf seinem mittleren Fuss löste das Problem des Versetzens in Kurven. Diese Bewegungen werden vom mittleren Fuss aus synchron gesteuert. Dieser Portal- Kran erlaubt somit den Transport der Ele- mente vom Rollwagen in die Lage, in der sie verklebt werden. Er erlaubt Anheben und Verschieben, wenn nötig auch Drehen der Elemente, so dass das Versetzen von 10 Stück im Tag möglich ist (Bild 10).

Im ganzen gesehen besteht das Haupt- problem darin, Elemente zu betonieren, die tatsächlich so zueinander passen, dass sie unter Berücksichtigung der Überhöhungen, des Kriechens, des Schwindens und der Temperatureinflüsse die gewünschte Form der Brücke ergeben. Der Zusammenbau beider Brückenteile muss mit einer minima- len Lücke in horizontaler wie vertikaler Richtung geschehen. Zwei Hauptprobleme stellten sich: Die Genauigkeit der Elemente und das Versetzen dieser Elemente.

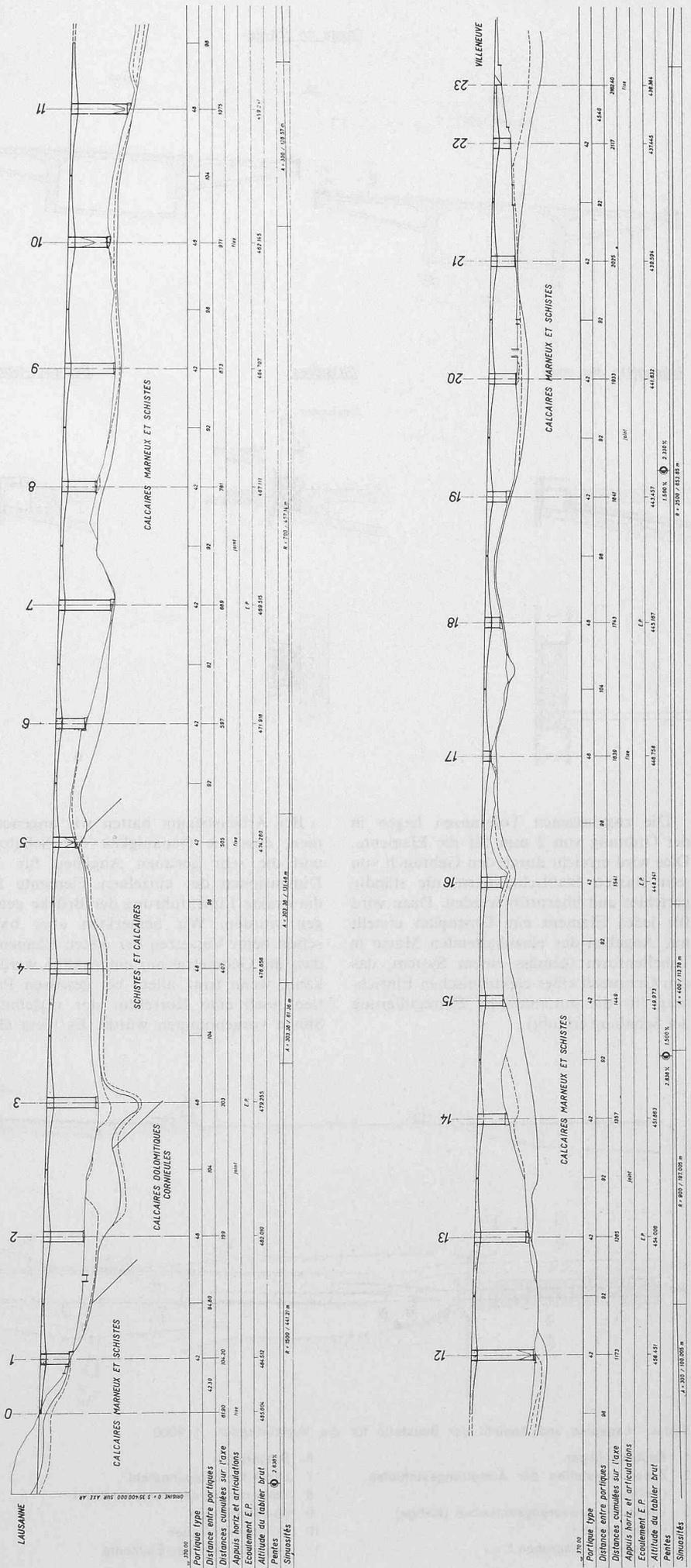


Bild 2. Längenprofil der talseitigen Brücke mit geologischen Angaben

Coupe en travée

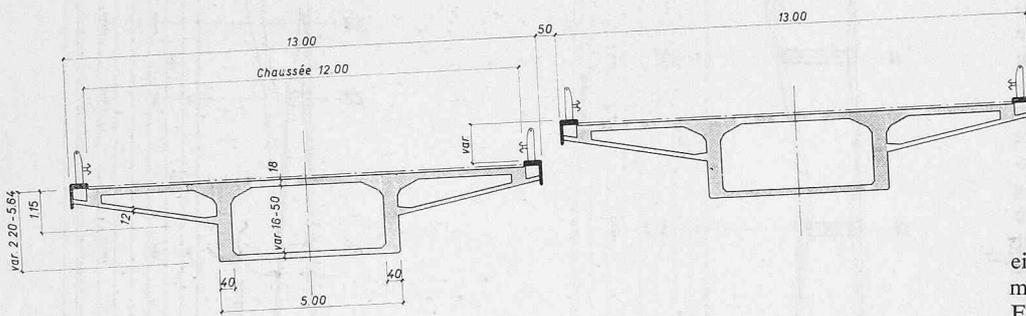
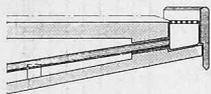
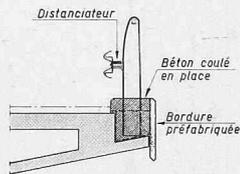


Bild 3. Querschnitte mit Details

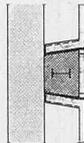
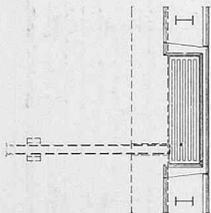
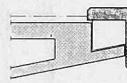
Evacuation des eaux



Glissières



Bordure - type



Die zugelassenen Toleranzen liegen in der Ordnung von 2 mm für die Elemente. Dies wird erreicht durch den Gebrauch von sehr starren Stahlschalungen, die ständig gerichtet und überprüft werden. Dazu wird für jedes Element ein Typenplan erstellt mit Angaben der einzuhaltenden Masse in Tabellenform (gemäss einem System, das den Gebrauch einer elektronischen Einrichtung für die automatische Einregulierung der Schalung erlaubt).

Bei Arbeitsbeginn hatten wir angenommen, dass die Genauigkeit der Schalung und die sehr genauen Angaben für die Dimensionen der einzelnen Elemente für die exakte Linienführung der Brücke genügen würden. Wir bemerkten aber bald, schon beim Versetzen der ersten Elemente, dass die Geometrie nur eingehalten werden kann, wenn trotz allem bei gewissen Partien noch eine Korrektur der verleimten Stösse vorgenommen wurde. Es hiess also

eine Theorie entwickeln, die es erlaubte, messbare Abweichungen bereits bei der Fabrikation zu korrigieren. Eine allgemeine Theorie wurde ausgearbeitet, die es möglich machte, die geometrische Entwicklung jedes Teilstücks von der Fabrikation bis zum Versetzen vorauszusehen. Das System beruht auf Verschiebung und Drehung eines jedem Element zugeordneten dreiflächigen Körpers, der verbunden ist mit einem äusseren Bezugssystem. Dies erlaubt eine kurze Rechnung auf der Baustelle, da es darum geht, die räumliche Linienführung mit einer ständigen Veränderung des erwähnten Körpers einzuhalten, was durch eine programmierte Rechnung mit einer elektronischen Büromaschine auf Magnetbändern erreicht wird (Bilder 11 bis 13). Dieses Kontroll- und Regulierungssystem gleicht in der Tat dem Problem, einen Weltraumflugkörper in der richtigen Flugbahn zu halten — allerdings mit ganz andern Massstäben in bezug auf Zeiten und Strecken.

Wir haben tatsächlich eine Kontrolle der Linienführung bereits beim Betonieren, indem wir die voraussichtlichen Verformungen berücksichtigen und die entsprechenden Korrekturen sofort bei der Fabrikation anbringen. Das Resultat wird beim Versetzen überprüft. Abgesehen von Missgeschicken, die immer vorkommen können, erreicht man eine Abweichung von etwa 5 cm beim Gewölbeschluss, je nach der Genauigkeit des Beginnes beim Kämpfer. Das bedingt ein peinliches Zusammensetzen, da jeder noch so kleine Fehler sich bis zur Mitte der Spannweite verstärkt auswirkt.

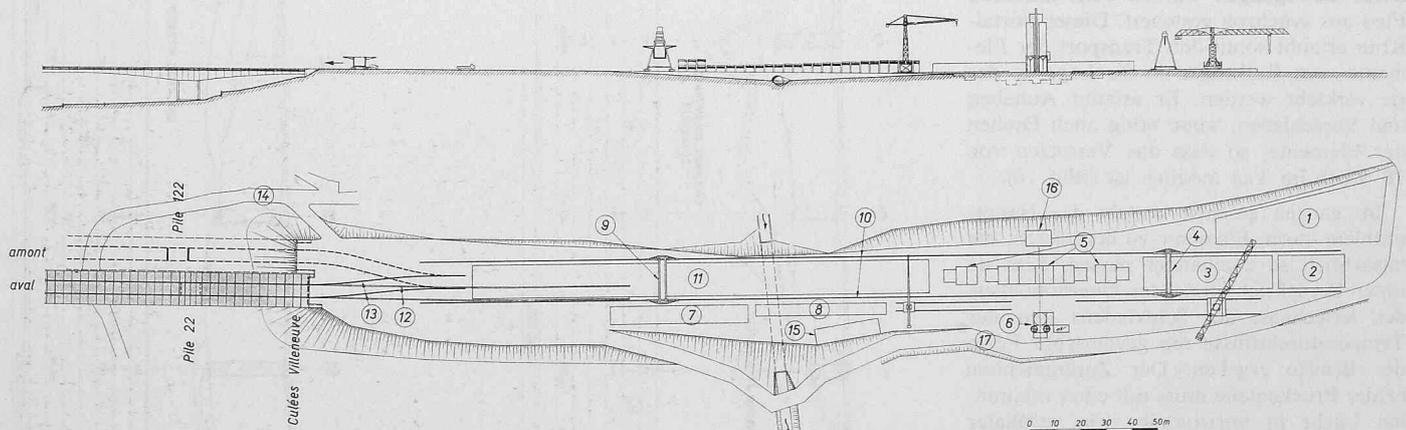


Bild 4. Lageplan und Ansicht der Baustelle für die Vorfabrikation, 1:2000

- |  |                                  |   |
|--|----------------------------------|---|
| 1 Baustahl-Lager                                   | 6 Betonfabrik                    | 12 Geleise für den Versetzkran          |
| 2 Zusammenstellen der Armierungseinheiten (Käfige) | 7 Lager für Vorspannstahl        | 13 Geleise für das Vorfahren der Träger |
| 3 Lager der Armierungseinheiten (Käfige)           | 8 Vorbereitung der Vorspannkabel | 14 Zufahrt zur Baustelle                |
| 4 Portalkran, 5 t                                  | 9 80-t-Portalkran                | 15 Magazin                              |
| 5 Vorfabrikationsgruben                            | 10 Kranbahnschienen              | 16 Bureau                               |
|  | 11 Lager der fertigen Elemente   | 17 Werkstrasse                          |

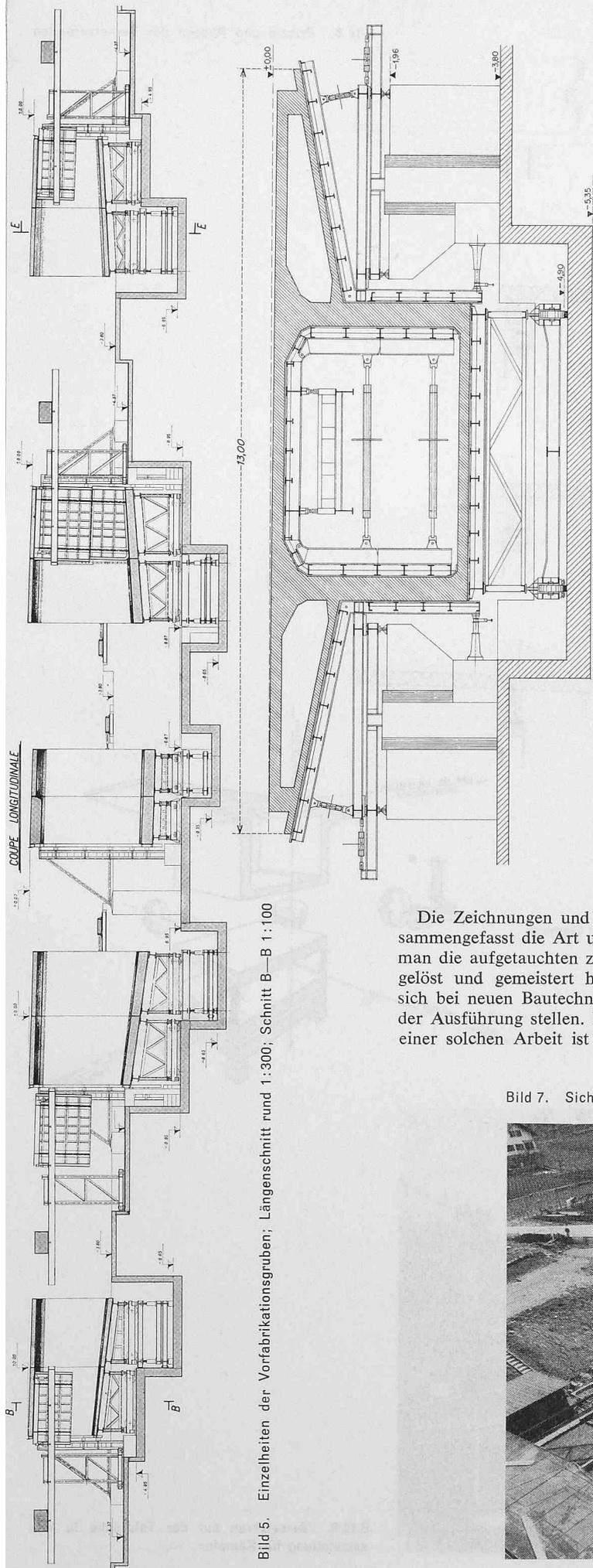


Bild 5. Einzelheiten der Vorfabrikationsgruben; Längenschnitt rund 1:300; Schnitt B—B 1:100

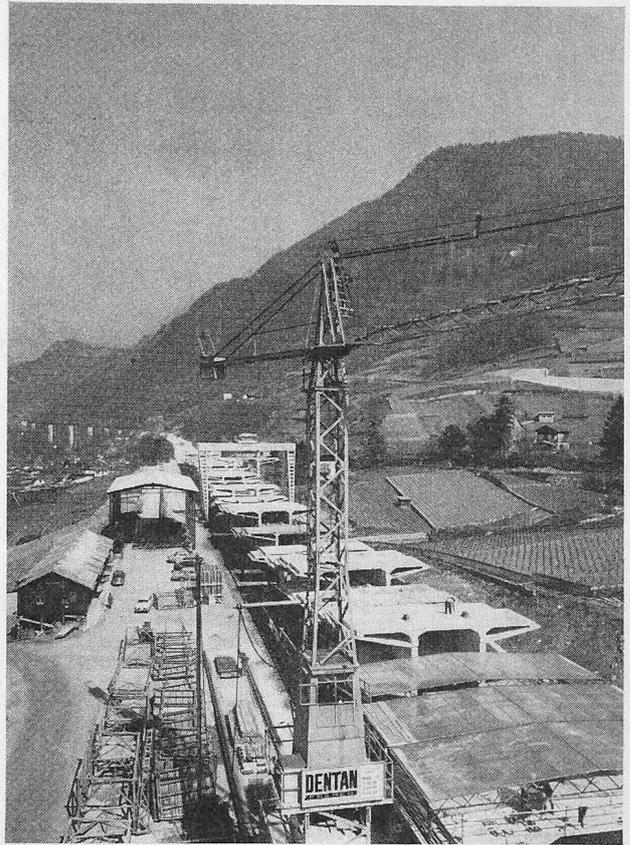


Bild 6. Sicht auf die Vorfabrikation und auf das Elementenlager

Die Zeichnungen und Photos zeigen zusammengefasst die Art und Weise, mit der man die aufgetauchten zahllosen Probleme gelöst und gemeistert hat. Probleme, die sich bei neuen Bautechniken oft im Laufe der Ausführung stellen. Die Durchführung einer solchen Arbeit ist nur mit einer gut

eingespielten Mannschaft möglich. Es braucht eine enge, gemeinsame Arbeit des Ingenieurbüros mit dem ausführenden Unternehmer.

Risiken sind natürlich vorhanden, sie wurden jedoch in voller Kenntnis der Sachlage übernommen, und zwar sowohl vom

Bild 7. Sicht auf die Vorfabrikationsgruben und vorbereitete Armierungseinheiten

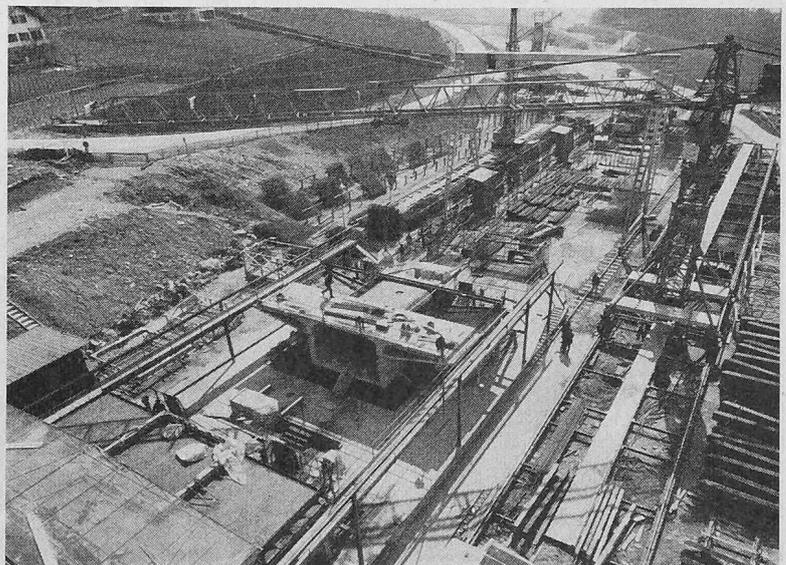


Bild 8. Prinzip und Phasen der Versetzarbeiten

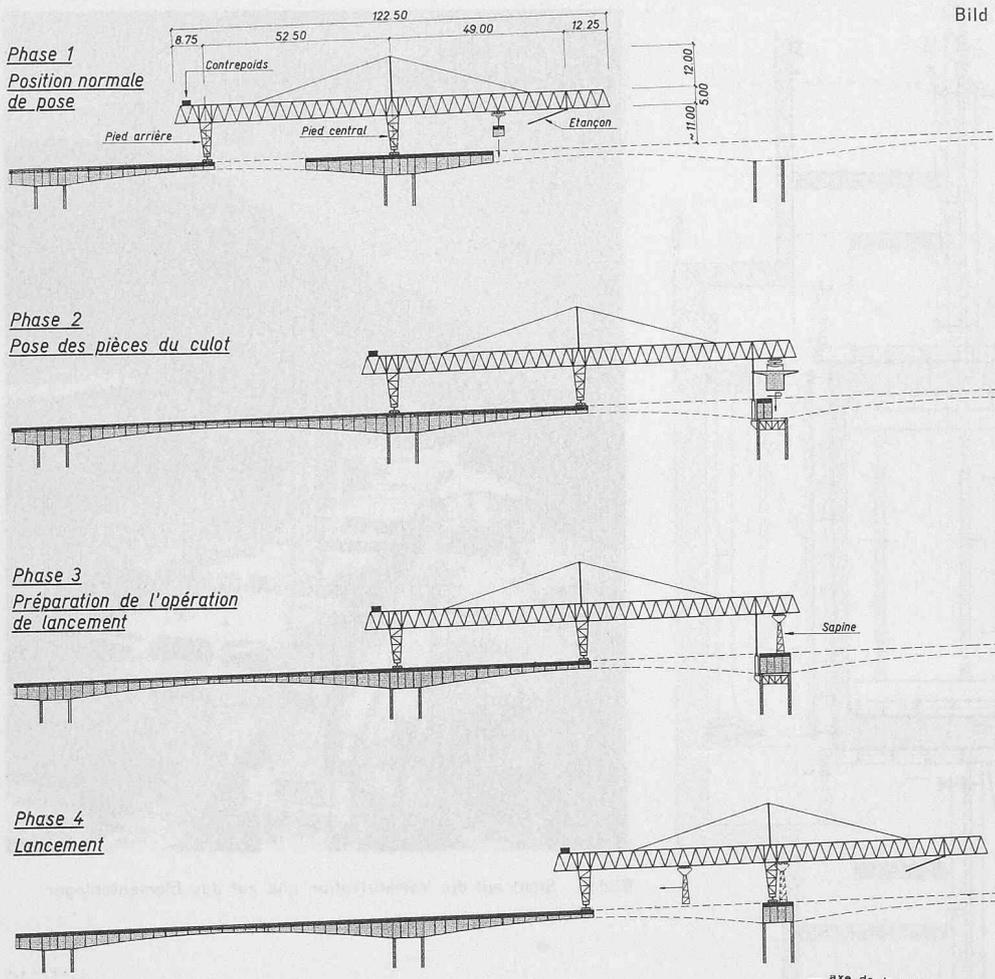


Bild 13. Prinzip der Orientierung einer Elementeschalung

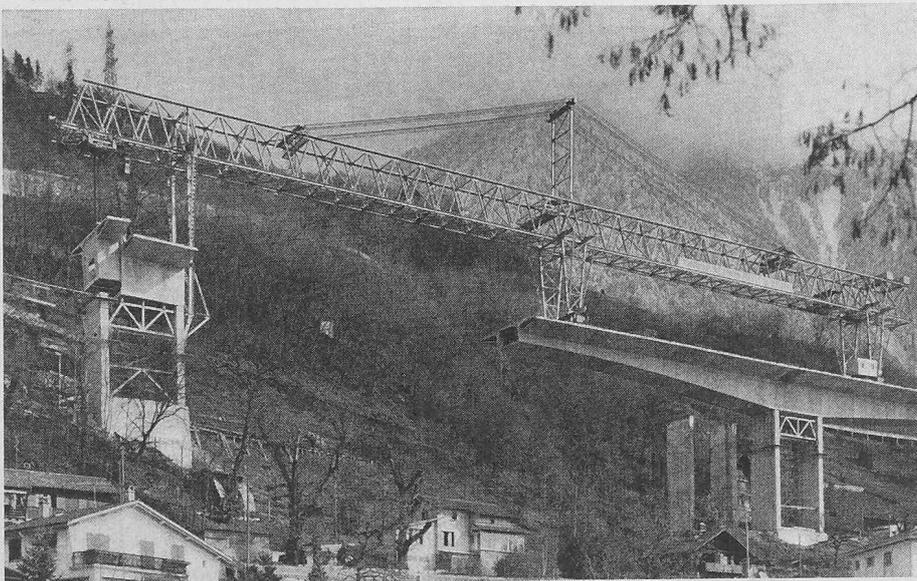
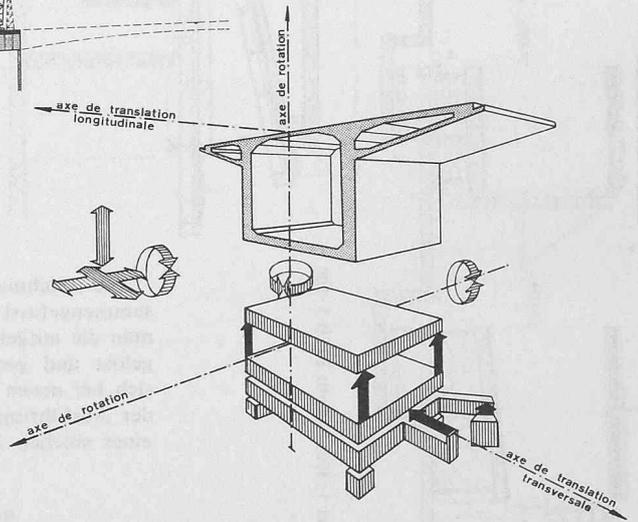


Bild 9. Versetzkran auf der Talbrücke in Versetzstellung für Kämpfer

Bauherrn, der das Prinzip der Ausführung gutgeheissen hatte, wie auch vom Unternehmer, der nie zuvor eine solche Arbeit ausgeführt hatte, und auch vom Ingenieur, der neue Methoden vorschlug. Die Leistungen des Ingenieurs beschränken sich nicht lediglich auf die Theorien der Berechnungen, der Materialeigenschaften und der Statik; sie müssen sich auch erstrecken auf die Fragen der Fabrikation und Ausführung des von ihm geplanten Werkes.

Das Konzept, das Studium und die Ausführung der Fabrik für die Vorfabrikation und das Versetzgerät haben uns beinahe ebenso viele Probleme gestellt wie die Brücken selbst. Im Gebiet des Baues grosser Brücken wird der Ingenieur mehr und mehr aufgerufen, seine schöpferischen Gaben und seinen Erfindergeist im Rahmen neuer Techniken zu entwickeln, damit das hohe Niveau unserer schweizerischen Ausführungen gewahrt werden kann.

Adresse des Verfassers: Professor J.-C. Piguet, 1000 Lausanne, 38bis, avenue de Mousquines.

#### Literatur

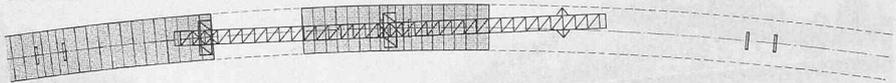
Aufsatz aus «La Route et la circulation», Nr. 7, Juli 1967.

Aufsatz aus «Vorfabrikation», Nr. 58, 59, 1968.

Broschüre «Construction des viaducs de Chillon» éditée par le bureau de construction des autoroutes vaudoises, le bureau technique Piguet et le Consortium des viaducs de Chillon.

#### Réalisation de la courbure en plan

##### Phase 1



#### Réalisation de la courbure en plan

##### Phase 2

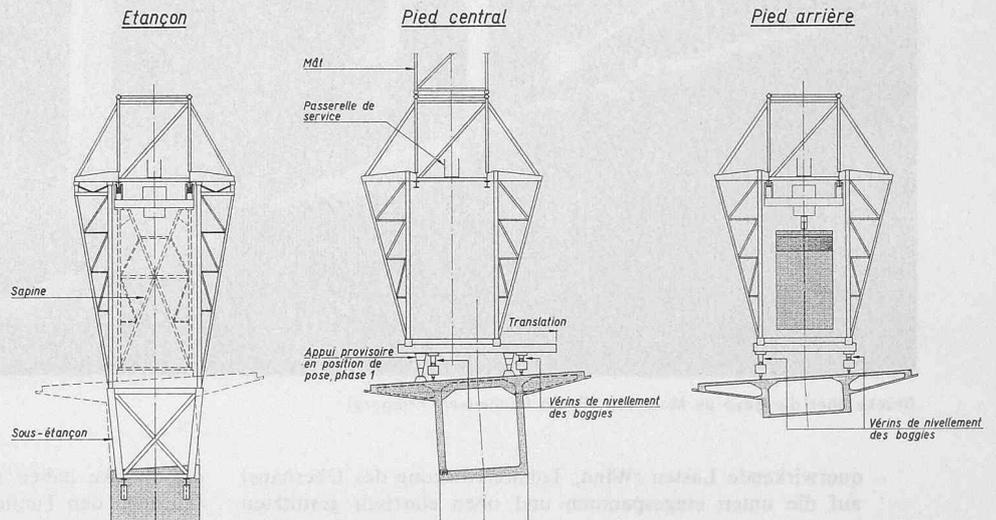
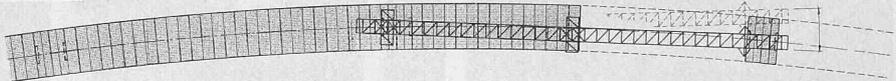


Bild 12. Versetzkran mit veränderlicher Geometrie

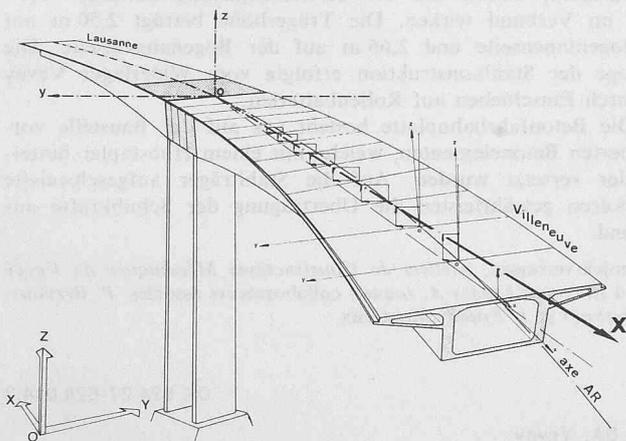


Bild 11. Doppelkonsoltyp mit veränderlicher Geometrie, Definition der Axensysteme

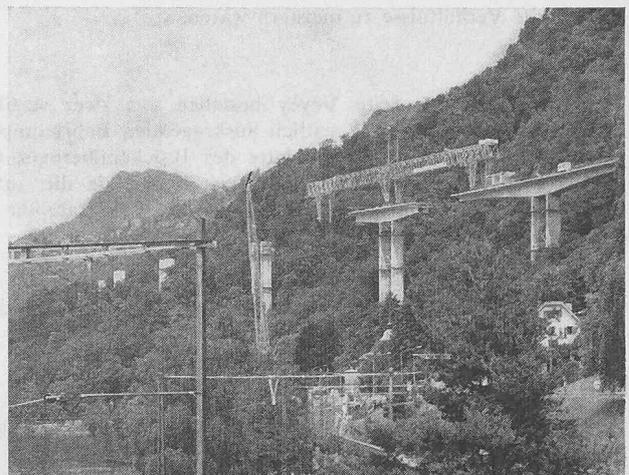


Bild 10. Sicht von Veytaux auf die Talbrücke

## Die Autobahnbrücke über die Baye de Montreux

DK 624.27:624.014.2

Von A. Boon, Ateliers de Constructions Mécaniques de Vevey SA, und P. Bernoux, Bureau d'Etudes A. Jaquet, Montreux

In den Hängen über Montreux verläuft die «autoroute du Léman» auf nach Fahrtrichtung gestaffeltem Niveau. Zwischen einem bei Pertit gelegenen Rastplatz und den Portalen der Tunneln von Glion überquert sie das tief eingeschnittene Tal der Baye de Montreux auf zwei nach Fahrtrichtung getrennten, nebeneinander liegenden Brücken. Die Spannweiten betragen  $47 + 3 \times 60 + 47$  m, die Krümmungsradien im Grundriss 1485 m für das talseitige und 1123 m für das bergseitige Bauwerk. Der Überbau ist eine Verbundkonstruktion, bestehend aus stählernen Hauptträgern und Betonfahrbahnplatte.

#### Pfeiler

Die 40 bis 80 m hohen Pfeiler haben einen Hohlkastenquer-

schnitt von  $8,3 \times 2,2$  m; ihre Wandstärke beträgt längs 22 cm und stirnseitig 50 cm. Die Foundationen mit vollem Querschnitt erreichen Tiefen zwischen 8 und 17 m.

Für die Berechnung der Pfeiler waren folgende Belastungsfälle zu berücksichtigen:

- Bauzustand; Längs- und Querwind auf die unten eingespannten und oben freien Pfeiler,
- Endgültiger Zustand; Den Belastungen aus Eigengewicht und Nutzlast überlagern sich folgende Beanspruchungen:
  - längswirkende Lasten (Fliesen, Kriechen, Temperatur, Bremskräfte, Wind) auf die unten eingespannten und oben gelenkig gehaltenen Pfeiler