

# Überführung Bernstrasse: Nationalstrasse N20.1, Nordwestumfahrung Zürich

Autor(en): **Schurter, Ueli**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **103 (1985)**

Heft 27/28

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-75844>

## **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.

# Überführung Bernstrasse

## Nationalstrasse N20.1, Nordwestumfahrung Zürich

Von Ueli Schurter, Zürich

Die Überführung Bernstrasse über die N20.1, Nordwestumfahrung Zürich, ist als Vollplattenbrücke ausgebildet und hat eine totale Oberfläche von mehr als 3200 m<sup>2</sup>. Der Werdegang dieses Bauwerkes mit seiner eigenwilligen Bauform, die anspruchsvollen statischen Probleme des Überbaus sowie der Pfählung, der Stützen und der Widerlager werden im vorliegenden Artikel näher beleuchtet.

### Allgemeines

Im Autobahnhalbring N20.1, Abschnitt Katzenssee-Urdorf musste die Bern-

strasse (Verbindung Schlieren-Bremgarten) mit den beiden Abzweigern Richtung Birmensdorf und Dietikon unterquert werden (Bild 1). Zur Aufrechterhaltung der Verkehrswege wur-

Bild 1. Übersicht. Unten das Bauwerk Überführung Bernstrasse, im oberen Bildteil das Anschlussbauwerk Limmattüberquerung (SIA 1981, Heft 8, Seite 166). Foto Swissair



de eine flächenartige Überführung geplant, wobei die Position der Stützen und der Widerlager durch die vorgeschriebene Geometrie der Nationalstrasse sowie ihrer Zu- und Wegfahrten im Bereich des geplanten Bauwerkes weitgehend vorgegeben waren (Bild 2).

### Gesamtkonzept

Die Brücke wird als Vollplatte ausgebildet und hat eine totale Oberfläche von mehr als 3200 m<sup>2</sup>. Die Spannweiten der Brücke variieren wegen der vorgegebenen Anordnung der Stützen und der Widerlager zwischen 13,0 m und 32,5 m. Das Normalprofil der Brücke im Bereich der Bernstrasse weist je eine Fahrspur Richtung Schlieren von 6,50 m, eine solche Richtung Bremgarten einschliesslich Linksabbiegespur von 9,50 m sowie einen kombinierten Rad-/Gehweg mit Trennstreifen von 5,50 m, eine Mittelinsel von 1,50 m und ein Schrammbord von 0,75 m auf. Somit beträgt die gesamte Breite des Normalprofils zwischen den Randkonsolen 23,75 m (Bild 3 oben). Die beiden Fahrspuren Abzweiger Birmensdorf erweitern sich im Bereich der Brücke von 5,0 m auf 7,50 m bzw. von 8,50 m auf 12,0 m (Bild 3 unten). Das grösste Längsgefälle beträgt 3,8%, das grösste Quergefälle 3,2%.

Die Brückenplatte ist mit insgesamt 117 Kabeln vorgespannt (Bild 4). Die 10 zentral angelegten Stützen sind mit dem Überbau monolithisch verbunden. Bei den restlichen Stützen ruht die Brücke auf Punktkipplagern. Auf den Widerlagern sind alle Auflager allseitig beweglich ausgebildet, mit Ausnahme des Lagers in der Mitte der langen Auflagerbank des Widerlagers West, das eine einseitige Führung erhielt. Damit soll ein Verdrehen der gesamten Brückenplatte um das Bewegungszentrum verhindert werden (Bild 5).

### Baugrundverhältnisse

Die breite, flache Talsohle des untersten Teils des Urdorfes Tals bildet gegen die rund 15 m tiefer liegende Sohle des Limmattales eine Terrasse. Die Überführung Bernstrasse kommt nahe an den Rand der Terrasse zu liegen.

Das Gebiet ist oberflächlich durch eiszeitliche Schottervorkommen gekennzeichnet, die früher in verschiedenen Kiesgruben ausgebeutet wurden und daher an der heutigen Terrainoberfläche nur noch lokal anzutreffen sind. Die Kiesgruben wurden nachträglich wieder eingedeckt, so dass heute an der

Oberfläche vor allem künstliche Auffüllungen liegen. Direkt unter den übriggebliebenen Schottern liegen eiszeitliche, randliche Seeablagerungen, deren Untergrenze in nördlicher Richtung gegen die Limmat abfällt. Die 10 bis 20 m mächtigen Seeablagerungen aus Lehm, Silt und Feinsand nehmen gegen die Limmat gleichmässig zu und sind im Bereich der Überführung Bernstrasse von einer wenige Meter mächtigen Moränenschicht unterlagert, die ihrerseits direkt auf dem mit 11% gegen NNE abfallenden Felsuntergrund aus Molasse liegt.

Der Grundwasserspiegel liegt teilweise knapp unter der Oberfläche der künftigen Nationalstrasse N20.1. Die jahreszeitlichen Schwankungen betragen 1,0 bis 2,0 m. Die Seeablagerungen sind setzungsempfindlich und eignen sich schlecht zur oberflächlichen Aufnahme grosser und ungleicher Lasten, wie sie beim Brückenbau vorkommen.

**Fundation**

Relativ rasch zeigte sich, dass für den Überbau nur eine Vollplatte eine wirtschaftlich günstige Lösung versprach. Die Vollplatte ist aber relativ empfindlich auf differentielle Setzungen benachbarter Abstützungen. Daher musste von einer Flachfundation abgesehen werden. Als technisch einwandfreie Lösung bot sich eine Tieffundation mittels Pfählen an, die bis in die unverwitterte Molasse reichen mussten. Dies ergab Pfahlängen für die Pfähle Ø 116 cm von 11,6 bis 17,9 m, für die Grossbohrpfähle Ø 150 cm von 16,0 bis 24,3 m. Bei der Dimensionierung der Pfähle musste wegen des Baugrundes davon ausgegangen werden, dass die Pfähle praktisch nur über den Spitzendruck tragen. Auf das Einführen einer negativen Mantelreibung wurde verzichtet, da der Boden im Bereich der neuen Brückenplatte durch die Schüttungen für die alte Kantonsstrasse relativ stark vorbelastet worden war.

**Stützen**

Sämtliche Stützen sind als Rundstützen (Durchmesser 1,00 m) ausgebildet und mit dem darunter stehenden Pfahl (Durchmesser 1,50 m) monolithisch verbunden (Bild 6). Der Oberbau ist in horizontaler Richtung schwimmend gelagert. Für die nicht monolithisch mit dem Überbau verbundenen Stützen zeigten die Berechnungen deutlich, dass allseitig gehaltene Lager eine wirtschaftlichere Lösung als allseitig beweg-

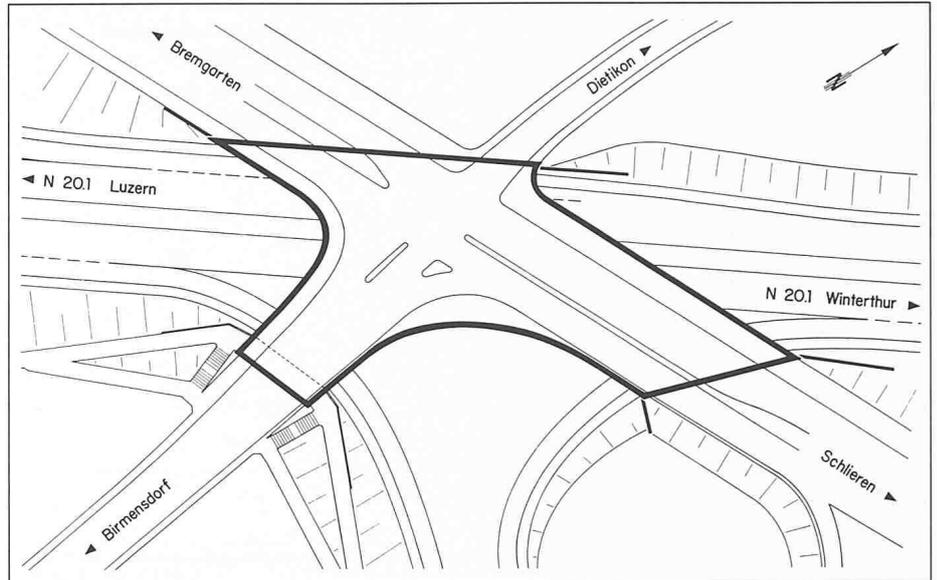


Bild 2. Lage der Überführung Bernstrasse

Bild 3. Brückenquerschnitte und Details

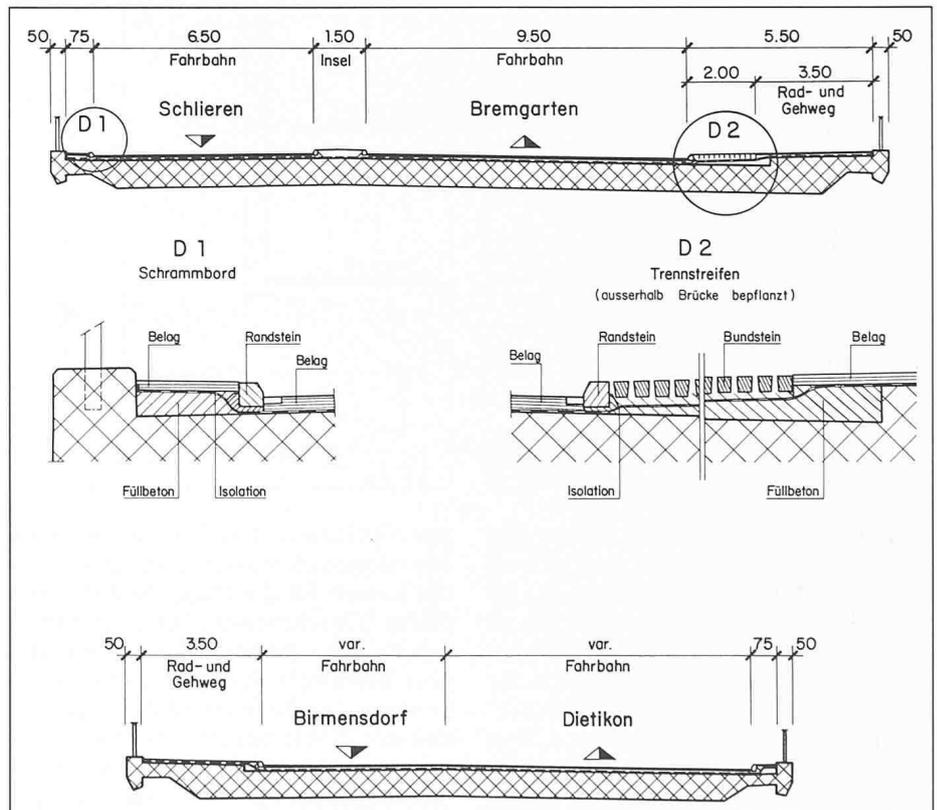
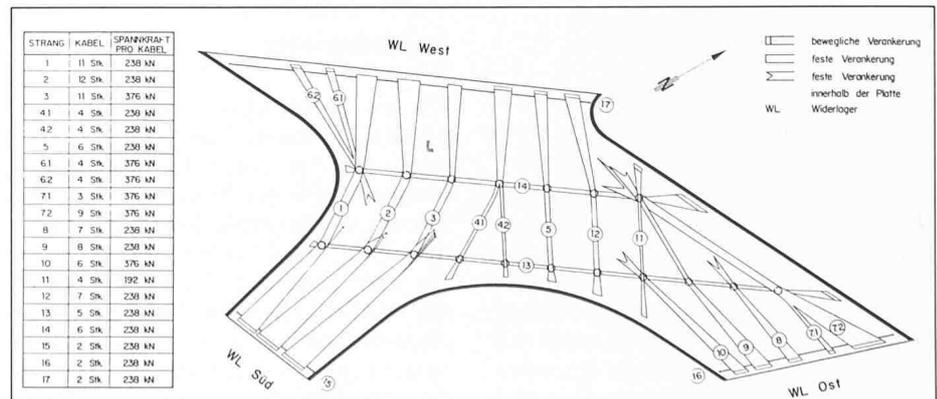


Bild 4. Schematische Darstellung der Vorspannmierung



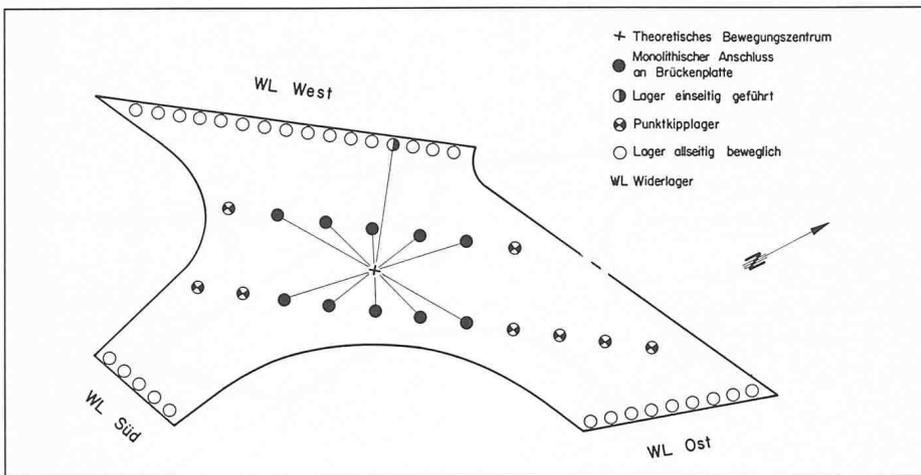
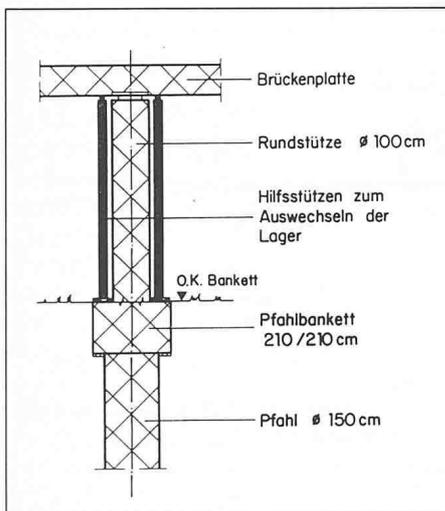


Bild 5. Anordnung der Lager

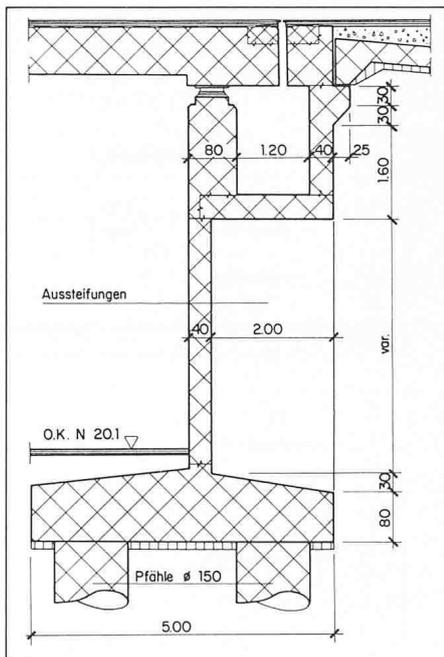
Bild 7. Anordnung der Stützen und der Hilfsstützen zum Auswechseln der Lager



liche Lager darstellten (einfachere Abtragung der horizontalen Anprallkraft von 1000 kN). Um die Stützen aus ästhetischen Gründen nicht unnötig zu verbreitern, wurde neben den Neotopflägern kein Platz für Hubpressen zur Auswechslung der Lager vorgesehen. Die Höhe der Stützen von etwa 5,50 m erlaubt das Anordnen von Podesten am Stützenfuss. Der Zugang zu den Lagerkonstruktionen ist somit über temporäre Stahlstützen gewährleistet, die auf diesen Podesten abgestellt werden können (Bild 7).

### Widerlager

Die Widerlagerkonstruktion bildet eine Winkelstützmauer mit Aussteifungsrippen (Bild 8). Die Form der Brücke bedingt im Vergleich zu den Dimensionen extrem lange Widerlager (westlich: Länge über 74,50 m). Dies wiederum bringt sehr hohe horizontale Beanspruchung der Konstruktion im Vergleich



zur vertikalen, was bei Brückenkonstruktionen eher ungewöhnlich ist. Daher kamen für die Pfählung nur Bohrpfähle (Durchmesser 116 cm) in Frage, welche die grossen Horizontalkräfte über Biegung in den Untergrund leiten konnten. Da die horizontale Tragfähigkeit der Pfähle bei sinkender Vertikalbelastung abnehmen, wurden in einzelnen Bereichen der Widerlager zusätzliche Bohrpfähle erforderlich.

### Brückenplatte

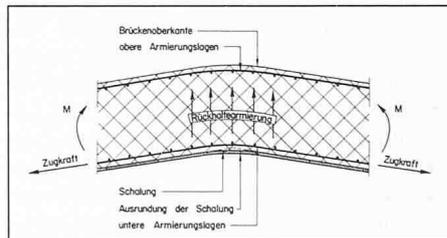
Für die Konstruktion des Überbaues wurden mehrere Tragsysteme untersucht. Bedingt durch die bestehenden Normalprofile der Bernstrasse und der Birmensdorferstrasse sowie die zusätzlich unter der Überführung liegenden Zu- und Abfahrten der Brücke waren die Möglichkeiten von Anfang an stark eingeschränkt. Die variierenden Spannweiten von 13,0 bis 32,5 m sowie die grösstmögliche nutzbare Quer-



Bild 6. Stützen vorne: mit dem Überbau monolithisch verbunden hinten: zur Aufnahme der Punktkipplager

Bild 8 (links). Widerlagerkonstruktion

Bild 9. Schematische Darstellung der Ablenkarmierung



schnittshöhe von 1,50 m zeigten bald, dass eine vorgespannte Vollplatte mit einer Dicke von 80 cm die günstigste Lösung für den Überbau darstellte. Die geplante Vollplatte erlaubte auch, mit den Vorspannkabeln den Hauptspannungstrajektorien möglichst genau zu folgen und damit die Lasten auf dem kürzesten - und wirtschaftlichsten - Weg in die Unterkonstruktion abzuleiten.

### Schalung der Brückenplatte

Für die Wahl der Brückenschalung standen prinzipiell zwei Lösungen zur Diskussion:

#### Variante 1

Gerade bzw. einfach geneigte Schalung:

#### Vorteile

- einfache Schalarbeiten

**Nachteile**

- aufwendige Betonierarbeiten, da die Stärke der Platte an jedem Punkt verschieden ist
- grössere Betonkubaturen und damit erheblich höheres Eigengewicht
- stark unterschiedliche Höhen der Distanzhalter für die obere Armierung
- unübersichtliche Berechnung der Vorspannkraft, da die Exzentrizität in jedem Schnitt mit der Stärke der Platte variiert; erschwertes Verlegen der Vorspannkabel.

**Variante 2**

Auf die Brückenoberkante abgestimmte Schalung (d. h. durchgehende Plattenstärke von 80 cm):

**Vorteile**

- einfachste Betonierarbeiten (wichtig für das rasche Einbringen von grossen Kubaturen)
- einfaches Verlegen der oberen Lagen der Armierung
- einfache Festlegung der Vorspannarmerung und rasches Einbringen der Vorspannkabel

**Nachteile**

- aufwendigere Schalarbeiten
- Ablenkarmierung im Bereich der Bruchkanten der Brückenplatte (Bild 9 und 10).

Sorgfältiges Abwägen aller Vor- und Nachteile ergab die Wahl von Variante 2 (Bild 11). Dank moderner Geräte der Unternehmung (Nivellierung mit Laserstrahl) konnten ganze Schalebenen mit einer einzigen Instrumenteneinstellung festgelegt werden, was den Aufwand für die Schalarbeiten wiederum stark reduzierte.

**Statische Berechnungen**

**Belastungen**

Die Brücke liegt an einem Verzweigungspunkt der schweizerischen Ver-

sorgungsrouten erster Klasse. Neben den üblichen Lasten gemäss den SIA-Normen mussten auch noch Spezialtransporte von  $2 \times 2400 \text{ kN} = 4800 \text{ kN}$  auf der Hauptverbindung Zürich-Bremgarten sowie auf dem Abzweiger Richtung Birmensdorf berücksichtigt werden (SIA-Norm 160.1).

**Materialien**

Die vorgeschriebenen Materialien sind in der Tabelle 1 zusammengestellt.

Tabelle 1. Vorgeschriebene Materialien

<b>Unterbau und Fundation</b>	
<i>Betonpfähle</i>	
Ø 116 cm und	
Ø 150 cm:	BN, PC = 350 kg/m <sup>3</sup>
<i>Beton Widerlager</i>	
	BS, PC = 300 kg/m <sup>3</sup>
	f <sub>cw</sub> = 37,5 N/mm <sup>2</sup>
<i>Betonstützen</i>	
	BS, PC = 300 kg/m <sup>3</sup>
	f <sub>cw</sub> = 42,5 N/mm <sup>2</sup>
<i>Armierung</i>	
	Stahl III
	f <sub>sy</sub> = 460 N/mm <sup>2</sup>
<b>Überbau</b>	
<i>Beton</i>	
	BS, PC = 300 kg/m <sup>3</sup>
	f <sub>cw</sub> = 42,5 N/mm <sup>2</sup>
<i>Vorspannung</i>	
	Drähte Ø 7 mm
	f <sub>pt</sub> = 1700 N/mm <sup>2</sup>
<i>Armierung</i>	
	Stahl III
	f <sub>sy</sub> = 460 N/mm <sup>2</sup>

**Statische Systeme**

Für die Ermittlung der Schnittgrössen wurde die Platte mit Hilfe von Computerprogrammen, basierend auf der Methode der finiten Elemente (FLASH / Cedrus) wie folgt berechnet:

- als Vollplatte zur Bestimmung der elastischen und plastischen Grenzwertmomente (Bild 12). Bei der Berechnung der elastischen Grenzwertmomente wurde die Vorspannung mit Hilfe der Methode der Umlenkkräfte knotenweise eingegeben;
- als Scheibe zur Ermittlung der vorhandenen Normalkräfte.

**Berechnungen**

Mit Hilfe von kleinen, selbstgeschrie-

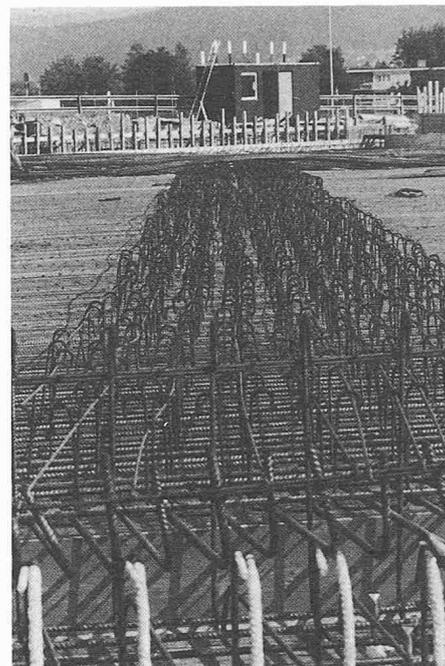


Bild 10. Ablenkarmierung

benen Computerprogrammen wurde über die gesamte Platte mit vorgegebenen, genau aufeinander abgestimmten Armierungsgehalten sowie den durch die Scheibenberechnung erhaltenen Normalkräften (bzw. Vordehnungen für die plastische Berechnung) flächenweise die Armierung über den gesamten Brückenquerschnitt festgelegt. Viel Interpretationsspielraum liess dabei die Bestimmung der mitwirkenden Breite der Vorspannkabel offen, doch mit globalen Betrachtungen an der Gesamtplatte konnte der Nachweis für die Einhaltung der vorgegebenen zulässigen Spannungen bzw. des verlangten Sicherheitsfaktors gegen Biegebruch überall erbracht werden.

**Armierungsgehalt**

Der Armierungsgehalt der Platte liegt bei etwa 130 kg/m<sup>3</sup> schlaffe Armierung und rund 30 kg/m<sup>3</sup> Vorspannarmerung (Bild 13). Der relativ hohe Gehalt an schlaffer Armierung ist auf folgende Punkte zurückzuführen:

Bild 11. Schalung der Plattenebene und des Konsolbereiches

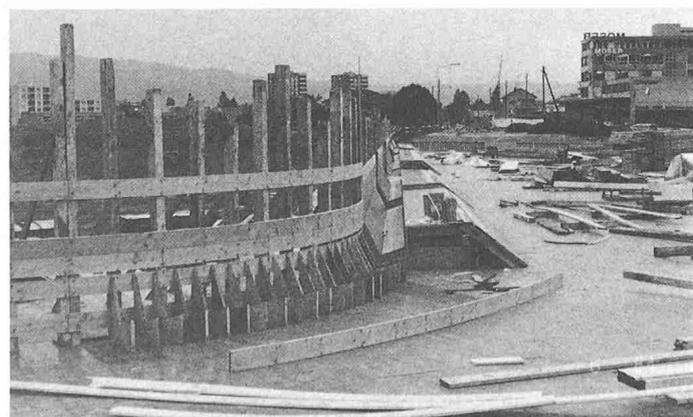
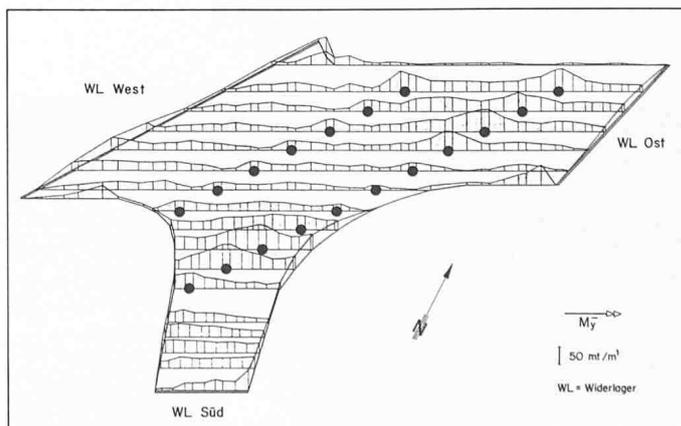


Bild 12. Beispiel einer Grenzwertlinie (Gebrauchszustand)



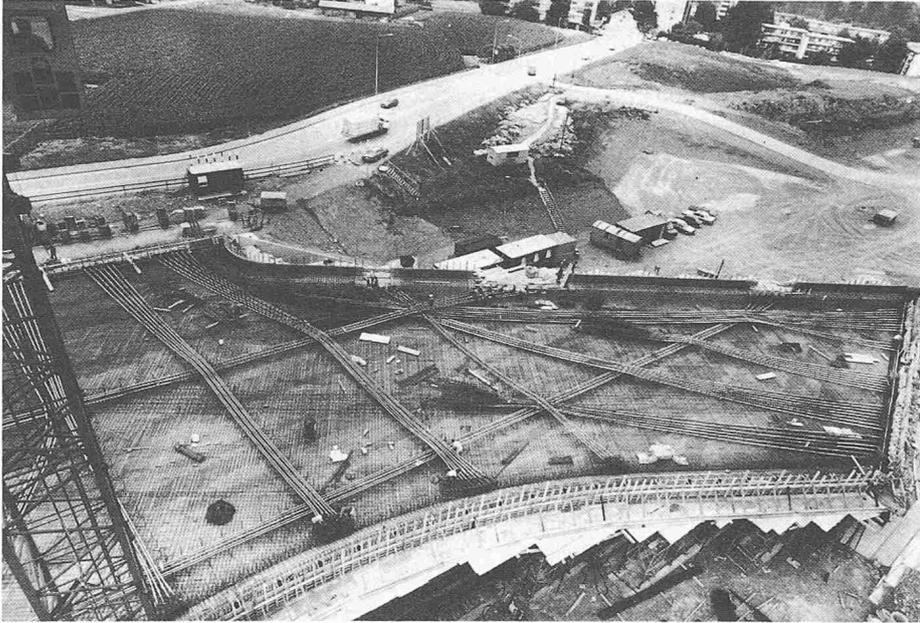


Bild 13. Vorspannarmierung und untere schlaaffe Bewehrung

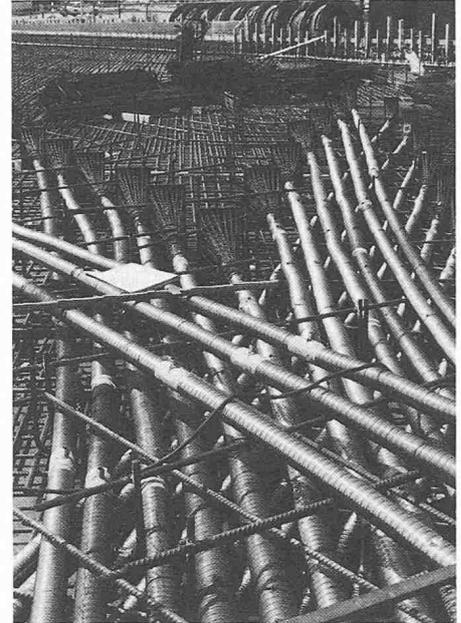


Bild 14. Im Plattenbereich abgespannte Kabel (ohne schlaaffe Verankerungsbewehrung)



Bild 15. Kopfplatte zur Vergrößerung des Durchstanzkegels

- hoher Anteil an Überlappungsstößen infolge der allseitig schiefwinkligen Brückenkonstruktion,
- teilweise doppelte Führung der Armierung infolge der vielen Versätze in der Brückenplatte im Bereich der Konsolen und der Gehwege,
- relativ restriktive Bestimmung, dass im gesamten vorgespannten Brückenbereich die Bedingung  $\Delta\sigma_e < 150 \text{ N/mm}^2$  (teilweise Vorspannung) eingehalten werden muss,
- gründliche Verankerung der innerhalb der Brückenplatte abgespannten Kabel (Bild 14).

*Durchstanzen*

Zur Verhinderung des Durchstanzens mussten die konzentrierten Umlenkkräfte der Vorspannung innerhalb des Durchstanzkegels über den Stützen abgegeben oder eine starke Schubarmierung in diesem Bereich eingelegt wer-

den. Optimierende Berechnungen zeigten, dass die Vergrößerung der Kopfplatte auf  $1000 \times 1000 \text{ mm}$  bedeutend kleinere Kosten ergab als eine zusätzliche Armierung des Durchstanzbereiches (Bild 15).

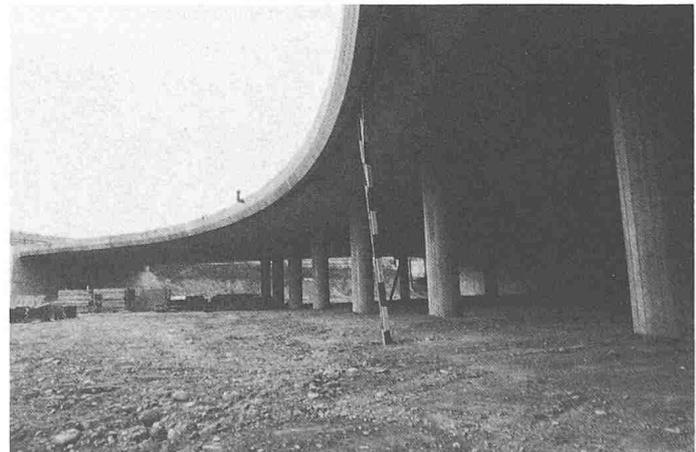
**Beständigkeit des Bauwerkes**

Zur Erhöhung der Beständigkeit des Bauwerkes sind alle aufgehenden Teile aus frosttausalzbeständigem Beton ausgeführt. Die Überdeckung der Armierungseisen wurde von Anfang an mit mindestens 4 cm anstelle der vom Bauherrn ursprünglich geforderten 3 cm festgelegt, um zu vermeiden, dass bei der Schwarzräumung die hohe Tausalzbelastung nicht zu Schäden an den Tragwerkteilen führen kann. Neueste Erkenntnisse auf dem Gebiet der Be-

Bild 16. Die fertige Brücke von oben



Bild 17. Teilansicht der Brücke von unten



tontechnologie scheinen die vom Projektverfasser selbst gewählten erhöhten Anforderungen zu bewahrheiten.

## Bauablauf

Nach der Ausschreibung des Bauwerkes im Juli 1982 erfolgte die Arbeitsvergebung im Mai 1983 und der Arbeitsbeginn im August 1983. Bis Ende 1983 waren alle Arbeiten an den Bohrpfehlen sowie ein grösserer Teil der Widerlagerkonstruktionen erstellt. Kleine Verzögerungen am Bau entstanden durch archäologisch interessante Funde im Bereich des Widerlagers Süd (Richtung Birmensdorf). Start zum Bau des Lehrgerüsts war April 1984. Die aufwendige Konstruktion der Brückenschalung erforderte grosse Anstrengungen seitens der Zimmerleute. Im Juli 1984 begann die Unternehmung mit dem Verlegen der Armierung und dem Versetzen der Spannkabel. Nach Abschluss dieser Arbeiten konnte Ende August 1984 die Brückenplatte betoniert werden. Durch sorgfältige Planung und Arbeiten in zwei Schichten wurden die rund 3000 m<sup>3</sup> Beton der Brückenplatte innerhalb einer Woche eingebracht. Über Nacht musste der Betoniervorgang eingestellt werden, was eine Verzögerung des Abbindebeginns im Beton an den Etappenrändern um jeweils etwa 20

Stunden verlangte. Zum Schutz des Betons vor dem Austrocknen wurde die Betonoberfläche sofort nach Fertigstellung mit einem Nachbehandlungsmittel (Curing) besprüht und nachher mit Isolationsmatten ganzflächig abgedeckt.

Die Fertigstellung der Brücke, insbesondere die Montage der Fahrbahnübergänge, dauert im Moment noch an. Im Frühjahr 1985 ist das Einbringen der Isolation und des Schwarzbelags vorgesehen.

## Schlussbetrachtung

Die Zielsetzung, eine dauerhafte, wirtschaftliche und ansprechende Brückenkonstruktion (Bilder 16 und 17) zu schaffen, konnte dank gutem Zusammenwirken aller Beteiligten erreicht werden. Die komplizierte Form der Brückenplatte verlangte grossen Aufwand, der im Projektierungsbüro nur mittels Computern sowie in intensiver Zusammenarbeit von Ingenieur und Konstrukteur befriedigend gelöst werden konnte.

Die Probleme der Schalung, Armierung und das Betonieren der Brückenplatte verlangten vom Unternehmer viel handwerkliches Können, ebenso das Verlegen der Vorspannkabel, wo

mit relativ geringem Aufwand eine grosse Leistung vollbracht werden konnte. Besonderer Dank gebührt der Oberbauleitung, die dem Projektverfasser den grösstmöglichen Handlungsspielraum in der Planung gewährte, sowie der Bauleitung, die den Projektverfasser in jeder Phase des Bauablaufs tatkräftig unterstützte.

Adresse des Verfassers: Ulrich Schurter, dipl. Bauing. ETH/SIA, c/o ACSS AG, Gubelstr. 28, 8050 Zürich.

### Am Bau Beteiligte

#### Oberbauleitung:

Tiefbaumt des Kantons Zürich

#### Projekt:

ACSS AG (Altorfer, Cogliatti, Schellenberg)  
Beratende Ingenieure, Zürich

#### Bauleitung:

Bachmann, Gander + Co, Zürich

#### Unternehmer:

ARGE Fietz + Leuthold AG/Zschokke AG  
Fietz + Leuthold AG, Eisenbetonarbeiten  
Zschokke AG Pfähling

#### Unterlieferanten:

C. Kern AG, Regensdorf, Lehrgerüst  
Stahlton AG, Zürich, Vorspannkabel  
Fertigbeton AG, Schlieren, Beton  
Sika AG, Zürich, Betonzusatzmittel  
Rowatec AG, Volketswil, Entwässerung

#### Lager:

H. Stöcklin AG, Stäfa

#### Fahrbahnübergänge:

Mageba AG, Bülach

## CAD-Praxis im Architekturbüro (VI):

# Marktübersicht 1. Teil: Kleinsysteme

Von Jürg Bernet, Zug

Im Einvernehmen mit dem «Schweizer Ingenieur und Architekt» wurde im 1. Quartal 1985 eine Marktstudie über die in der Schweiz erhältlichen CAD-Systeme für den Architekten durchgeführt.

Der vorliegende Beitrag berichtet über den generellen Rahmen der Marktuntersuchung und über die erste Gruppe der analysierten Systeme. In zwei nachfolgenden Heften werden dann zwei weitere Gruppen von CAD-Systemen vorgestellt.

## Zielsetzung

Weltweit werden heute mehr als 250 verschiedene CAD-Systeme angeboten. Der Grossteil dieser Systeme wird laufend weiterentwickelt, und mehrmals jährlich werden neue Versionen von Geräten und Programmen auf den

Markt gebracht (Bild 1). Angesichts dieser stürmischen Entwicklung ist es dem interessierten Architekten heute kaum mehr möglich, sich selbst einen repräsentativen Überblick über die Vielfalt der angebotenen Produkte zu verschaffen.

Vor diesem Hintergrund wurde im Einvernehmen mit dem «Schweizer Inge-

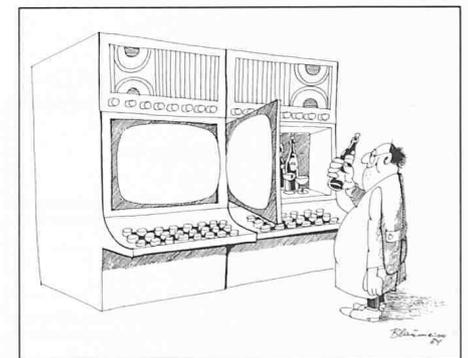


Bild 1. Den Herstellern von CAD-Systemen gelingt es immer wieder, neue, willkommene Verbesserungen ihrer Geräte und Programme zu erreichen

nieur und Architekt» im 1. Quartal 1985 eine entsprechende Marktstudie durchgeführt. Das Ziel der Studie war, zu recherchieren und zu berichten,

- welche CAD-Systeme heute in der Schweiz für die Anwendung im Architekturbüro angeboten werden und
- welches die charakteristischen Merkmale dieser Produkte sind.