

# Das Überwerfungsbauwerk Nord und der Tannwaldtunnel der Schweizerischen Bundesbahnen in Olten

Autor(en): **Heini, Karl / Müller, Theodor**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **98 (1980)**

Heft 18

PDF erstellt am: **25.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-74106>

## 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.

# Das Überwerfungsbauwerk Nord und der Tannwaldtunnel der Schweizerischen Bundesbahnen in Olten

Von Karl Heini, Luzern und Theodor Müller, Solothurn

Die in Ausführung begriffene sogenannte 1. Etappe des Ausbaues der Bahnanlagen im Raum Olten bezweckt die Entflechtung der Verkehrsströme auf den Haupttransversalen Ost-West und Nord-Süd sowie die Modernisierung der Sicherungsanlagen und den Bau von Fernsteuerungen. Die niveaufreie Kreuzung der Haupttransversalen erfolgt im «Überwerfungsbauwerk Nord», wobei die Linien von und nach Basel unter Terrain abgesenkt und im anschliessenden «Tannwaldtunnel» in Richtung Bahnhof Olten unterirdisch geführt werden. Auf der Decke des Tannwaldtunnels ist aus Platzgründen die Tannwaldstrasse angeordnet worden. Der Bau des Überwerfungs-Bauwerkes bot wegen der Aufrechterhaltung des Bahnbetriebes der Linien von und nach Zürich sowie wegen der knappen räumlichen Verhältnisse erhebliche Schwierigkeiten, welche die Anwendung von komplizierten Baumethoden erforderlich machten. Der im Tagbau erstellte Tannwaldtunnel schneidet den Hangfuss des Hardchopfes an. Die Felsschichten des «Effinger-Mergels» blieben bei der Bauausführung stabil, hingegen musste der Ableitung des anfallenden Hangwassers sowie der Sicherung von Kriechzonen an der Hangoberfläche Beachtung geschenkt werden. Nach 1½jähriger Bauzeit konnte die Bahnstrecke für den Einbau der Gleise freigegeben werden. Besonderer Wert wurde auf eine naturnahe Gestaltung des Hangfusses des Hardchopfes gelegt. Vom 3. bis 5. Mai 1980 wird die neue Basler Ein- und Ausfahrt zusammen mit den neuen Sicherungsanlagen in Betrieb genommen.

## Konzept des SBB-Ausbaues im Raume Olten

Olten hat eine Schlüsselstellung im schweizerischen Eisenbahnnetz. Nichts kann die verkehrspolitische Bedeutung dieses Knotenpunktes besser charakterisieren, als der an unauffälliger Stelle eingemauerte erste «Kilometerstein 0» des damaligen Eisenbahnnetzes (Bild 1). Seit 125 Jahren im Schnittpunkt der schweiz. Eisenbahnhaupttransversalen wurde die Region Olten wesentlich durch ihre verkehrsgeographische Lage geprägt.

Während die Transversalen kontinuierlich der Verkehrsentwicklung entsprechend ausgebaut und verbessert wurden, sind die baulichen Anlagen und die Sicherungstechnik im Bahnhof Olten seit den 20er Jahren im wesentlichen unverändert geblieben. Mit täglich gegen 1000 Zugfahrten und etwa 1500 Rangierfahrten wurde der Bahnhof Olten je länger je mehr zu einem Engpass mit Auswirkungen auf einen grossen Teil des schweizerischen Eisenbahnnetzes (Bild 2). Die *Schwachstellen* sind vor allem:

- die niveaugleichen Kreuzungen der Hauptlinien,
- die Überlagerung der Verkehrsströme Ost-West und Nord-Süd auf den selben Doppelspurlinien Olten-Aar-

- burg und Olten-Rapperswil, sowie
- die veralteten, dezentralen und personalintensiven Stellwerk- und Kommunikationsanlagen.

Weitere Verkehrszunahmen, wie sie durch eine auf Doppelspur ausgebaute

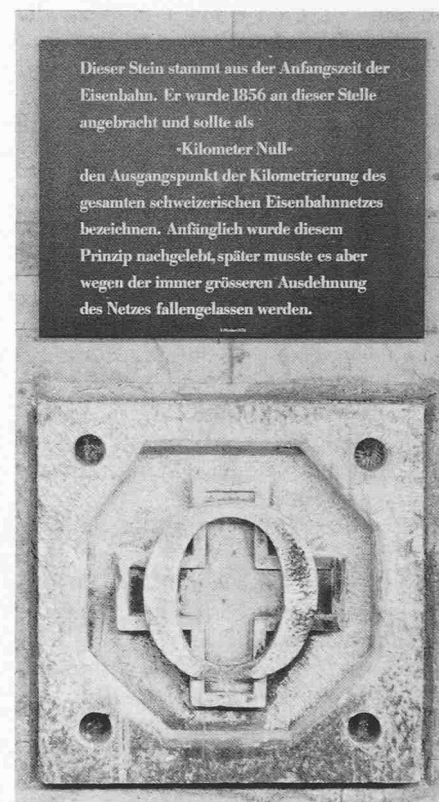


Bild 1. Kilometerstein «0»

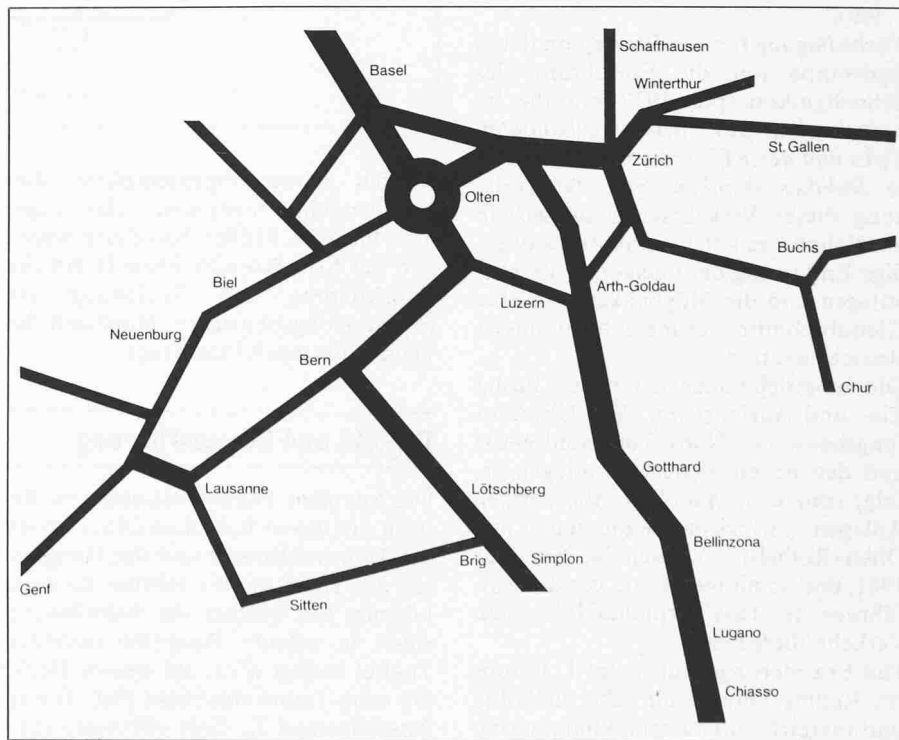


Bild 2. Schema der mittleren täglichen Belastung der Hauptgleise des SBB-Netzes

Lötschberglinie oder durch den 1982 geplanten Taktfahrplan zu erwarten sind, hätten diese Anlagen nicht mehr bewältigen können.

Das Ausbaukonzept, das bereits in den 60er Jahren erarbeitet wurde, sieht für

die Sanierung der Bahnanlagen im Raume Olten eine umfassende Entflechtung der Verkehrsarten und der Verkehrsströme vor.

Die sich gegenwärtig im Bau befindende, für sich allein funktionsfähige, sogenannte 1. Etappe hat vor allem die Entflechtung der Verkehrsströme auf den Haupttransversalen Ost-West und Nord-Süd sowie die Modernisierung der Sicherungsanlagen und den Bau von Fernsteuerungen zum Ziel. Damit wird eine erhebliche Leistungssteigerung, d.h. eine Beschleunigung des Verkehrs im Raume Olten und auf den Zufahrtslinien erreicht.

Hauptbestandteile der 1. Bauetappe sind:

- die neue Linie von Olten nach Rothrist auf dem linken Aareufer, die in Zukunft von den Zügen von und nach Bern befahren wird. Sie entlastet die bestehende Linie Olten-Aarburg-Luzern (Bild 3).
- ein neuer Aussenperron im Bahnhof Olten,
- die neue Sicherungsanlage Integrado 67 mit Fernsteuerungen und Zuglenkungsanlagen,
- die Modernisierung der Informations- und Kommunikationsmittel für die Reisenden und das Personal, sowie
- das Überwerfungsbauwerk Nord zur niveaufreien Überführung der Bahnhaupttransversalen Bern-Zürich und Basel-Gotthard (auf dieses Bauobjekt wird weiter unten näher eingetreten).

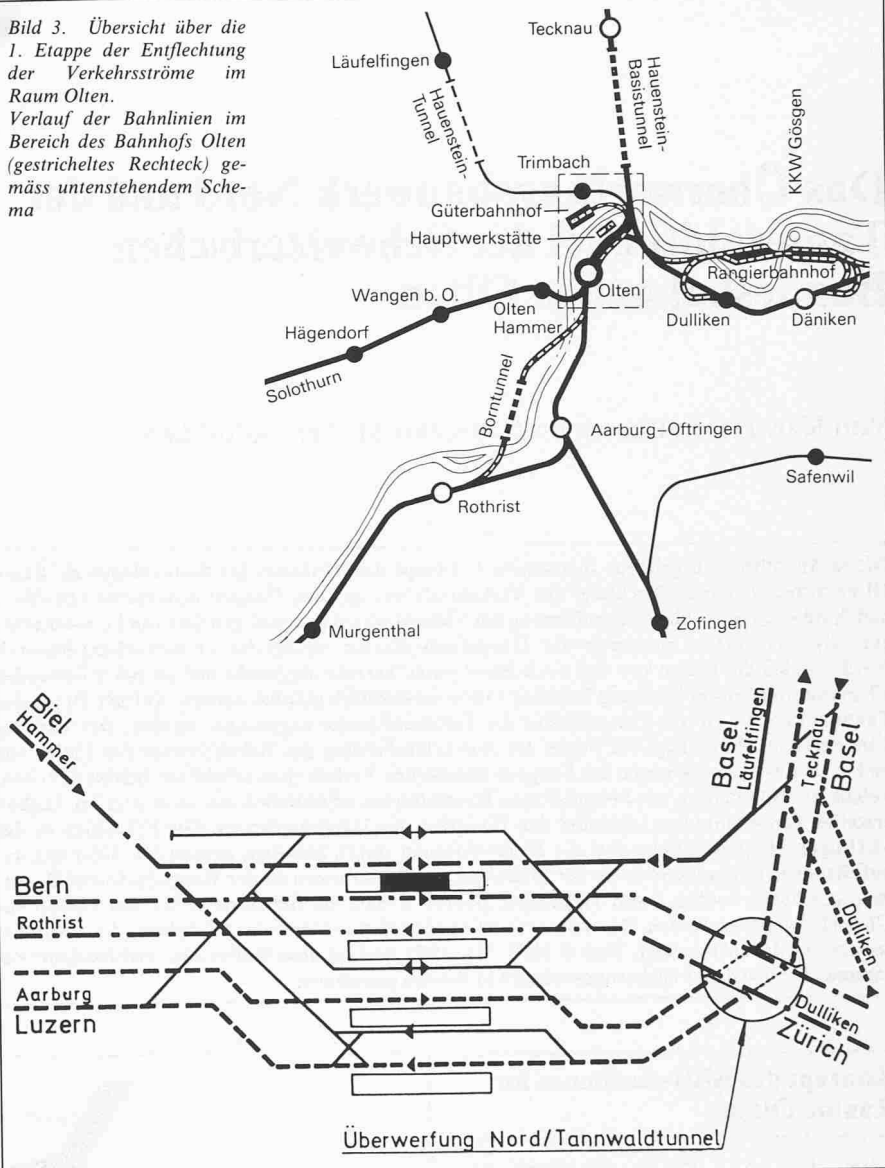
Vorbedingung für den Baubeginn der 1. Bauetappe war die Einführung des Schnellgutkonzeptes 1977, d.h. die Inbetriebnahme des SBB-Schnellgutbahnhofes und des PTT-Paketverteilzentrums in Dulliken-Däniken. Erst die Verlegung dieser Verkehrsarten ausserhalb des Bahnhofes Olten ergab die notwendige Entlastung der Gleis- und Perronanlagen und die Möglichkeit, einzelne Gleisabschnitte vorübergehend ausser Betrieb zu setzen.

Die Inbetriebnahme der neuen Basler Ein- und Ausfahrt mit dem Überwerfungsbauwerk Nord/Tannwaldtunnel und den neuen Sicherungsanlagen erfolgt vom 3.-5. Mai 1980. Alle übrigen Anlagen - insbesondere die neue Linie Olten-Rothrist - werden im Frühjahr 1981, und somit rechtzeitig vor der Einführung des Taktfahrplanes 1982, dem Verkehr übergeben.

Die Erweiterungsbauten der 1. Etappe im Raume Olten sind sehr vielfältig, umfangreich und äusserst knapp terminiert, so dass die Bauabteilung der SBB Kreisdirektion II in Luzern eine separate, interne Projektleitung bildete, die mit einem kleinen Mitarbeiterstab die Bauaufgaben zu koordinieren und die Kosten und Termine zu überwachen hatte.

Für die Projektierung und die örtlichen Bauleitungen der einzelnen Bauobjekte

Bild 3. Übersicht über die 1. Etappe der Entflechtung der Verkehrsströme im Raum Olten. Verlauf der Bahnlinien im Bereich des Bahnhofs Olten (gestricheltes Rechteck) gemäss untenstehendem Schema



wurden private Ingenieurbüros aller Fachbereiche zugezogen. Das Ingenieurbüro Th. Müller, Solothurn wurde von der SBB Kreisdirektion II mit der Projektierung und Bauleitung des Überwerfungsbauwerkes Nord und des Tannwaldtunnels beauftragt.

### Projekt und Bauausführung

Die knappen Platzverhältnisse im Bereich der neuen Bahnlinie Olten-Basel, der Tannwaldstrasse und des Hangfusses des Hardchopfes führten zu einer Lösung, bei welcher die Bahnlinie in einen in offener Baugrube erstellten Tunnel verlegt wird, auf dessen Decke die neue Tannwaldstrasse Platz findet. Anschliessend an diese «Hangstrecke» folgt auf der NO-Seite das eigentliche «Überwerfungs- (Kreuzungs-)bauwerk». Durch die direkte Verbindung der beiden Bauwerke entstand eine zusammenhängende Tunnelstrecke von 310 m Länge, welche die Möglichkeit bietet, in einem späteren Zeitpunkt zusätzliche Gleise über den Tunnel hinweg zu führen (Bild 4 und 5).

Das an das Südportal angrenzende offene Bahntrasse ist aus Platzgründen bis zum Bahnhof Olten beidseitig mit Stützmauern abgeschlossen, während auf der Nordseite (Richtung Hauensteintunnel) zum grösseren Teil Böschungen möglich waren. Entsprechend der Gleisgeometrie wurde der Tannwaldtunnel fast durchgehend in einem Radius von 736,9 m ausgeführt, mit anschliessender Klothoide am südlichen Tunnelende, als Übergang zur geraden offenen Strecke. Der Tunnel weist eine lichte Weite von 10,80 m auf mit Ausweitung beim Südportal auf 11,40 m, infolge Verbreiterung des Gleisabstandes von 3,80 auf 4,40 m bei der Einfahrt in das Bahnhofareal. Die lichte Höhe ab OK Schiene beträgt 6,0 m, mit einer Reduktion auf 5,82 m im Bereich des Überwerfungsbauwerkes. Die Wannenausrundung der abgesenkten Bahnlinie Olten-Basel beträgt im Bereich der Überwerfung  $R_v = 5000$  m mit anschliessenden Rampenfallen von 10,00‰ Richtung Olten und 13,95‰ Richtung Basel.

Nach Inbetriebnahme der verlegten Linie Olten-Basel werden die beiden

überführten Gleise von und nach Zürich je um einen Gleisabstand nach Norden verschoben und für den späteren Vollausbau gegenüber dem bestehenden Zustand um 50 cm angehoben. Für den Bau des Überwerfungsbauwerkes war mit Rücksicht auf die übrigen Gleisanlagen nur eine provisorische Hebung um 20 bzw. 30 cm möglich, was zu entsprechenden Problemen bei der Querschnittsgestaltung und der Bauausführung des Bauwerkes führte. Der Tunnel im Bereich der Hangstrecke ist als Rechteckquerschnitt ausgebildet. Für die Lagerung von Gerät und Material bei Unterhaltsarbeiten sind im Abstand von 50 m wechselseitig Nischen angeordnet.

### Baugrundverhältnisse

Der Tunnel schneidet in der Hangstrecke den Fuss des Hardchopfes an, wobei die Fundation und der untere Bereich des Tunnelquerschnittes in die *Effingerschichten* (Malm) eingreifen. Sie bestehen aus *Mergel* und *mergeligem Kalkstein*, die in der oberen Partie zunehmend verwittert sind. Darüber liegt *Gehängeschutt*, bestehend aus *tonigen Silten* und *Brocken aus Kalkstein und Mergel*. Der Übergang zu den Effingerschichten ist zum Teil schwer zu erkennen. Dank des gegen den Berg hin leicht fallenden Verlaufes der Felsschichtung verhielt sich der Hang als Ganzes stabil, wobei allerdings das Überdeckungsmaterial während der Bauausführung teilweise ins Kriechen kam. Auf die ganze Länge des Hanges trat entsprechend der Witterungsverhältnisse über den undurchlässigen Schichten *Hangwasser* aus, dessen Ableitung besondere Massnahmen erforderte.

Das N-Ende des Tunnels mit dem Überwerfungsbauwerk befindet sich im Bereich von Flussablagerungen mit leicht siltigem bis sauberen Kies, durchsetzt mit einzelnen grösseren Kalksteinbrocken, die das Rammen von Spundwänden erschwerten. Der maximale *Grundwasserspiegel* befindet sich etwa 2,0 m unterhalb der Fundation und hatte somit keinen Einfluss auf die Bauausführung.

Zur Abklärung der Baugrundverhältnisse wurden vor Baubeginn *seismische Baugrunduntersuchungen*, ergänzt durch *zehn Rotationskernbohrungen* und *fünf Baggerschlitze*, ausgeführt. Ausserdem wurden acht Piezometerrohre eingesetzt. Bei der Bauausführung erwies sich der Hangfuss des Hardchopfes standfester als prognostiziert, eine Erscheinung, die damit zu erklären ist, dass ein mehr oder weniger stark verwitterter Fels durch die mechanische Beanspruchung beim Bohrvorgang, selbst bei Verwendung von Doppelkernrohren, derart in Fragmente zerfallen kann, dass ein schlechterer Zustand als tatsächlich vorhanden vorge-



Bild 4. Luftaufnahme der Gleisanlagen nördlich des Personenbahnhofes Olten. Links neugestalteter Hangfuss des Hardchopfes, davor Nordportal Überwerfungsbauwerk/Tannwaldtunnel

täuscht wird. Zur Abklärung des Quellenverhaltens der anstehenden Schichten wurden eingehende mineralogische Untersuchungen und Laborversuche an Proben durchgeführt. Diese liessen den Schluss zu, dass der Felsuntergrund als nicht bis wenig quellfähig zu bezeichnen sei.

### Wahl des Tunnelquerschnittes in der Hangstrecke

Durch den Bau des Tunnels wurde – wie bereits erwähnt – der Hangfuss angeschnitten und es stellte sich die Frage nach der *Stabilität des veränderten Systems* bestehend aus Tunnel und neuer Hangböschung. Dank der günstigen geologischen Voraussetzungen blieb der Felsuntergrund des Hanges stabil, so dass vom Fels keine zusätzlichen seitlichen Beanspruchungen auf das Bauwerk zu erwarten sind. Für den Fall eines event. Quelldruckes der durch den Aushub freigelegten oberflächennahen Felszone wurden besondere konstruktive Massnahmen getroffen.

Zur Ermittlung des wirtschaftlichsten Tunnelquerschnittes wurden folgende vier Varianten untersucht (Bild 6):

Variante 1: Rechteckiger Tunnelquerschnitt mit bergseitig verlän-

gerter Rückwand als Stützmauer für die Hangsicherung und mit talseitigen Versteifungsrippen, Böschung Aushub max. 60°, Böschung Auffüllung 2:3.

Variante 2: Verstärkter Tunnelquerschnitt mit bergseitig verlängerter Rückwand als Stützmauer, Böschung Aushub max. 60°, Böschung Auffüllung 2:3.

Variante 3: Rechteckiger Tunnelquerschnitt mit bergseitiger 3 m breiten Berme und freistehender, auf Fels fundierter Stützmauer, Böschung Aushub max. 60°, Böschung Auffüllung 2:3.

Variante 4: Rechteckiger Tunnelquerschnitt mit bergseitiger 3 m breiten Berme, Böschung Aushub max. 60°, Böschung Auffüllung max. 3:4.

Für den Kostenvergleich wurden die variablen Kosten für Tragkonstruktionen und Erdarbeiten berücksichtigt, unter Weglassung der für alle Varianten unveränderlichen Kosten für Drainage, Isolation, Fugenausbildung usw.

Aus Tabelle 1 ist ersichtlich, dass die

Tabelle 1. Kostenvergleich der Varianten 1–4 für Abschnitt Hangstrecke

| Variante | Eisenbetonarbeiten | %   | Erdarbeiten | %   | Erd- und Eisenbetonarbeiten | %   |
|----------|--------------------|-----|-------------|-----|-----------------------------|-----|
| 1        | 1 650 000.—        | 144 | 818 000.—   | 110 | 2 468 000.—                 | 131 |
| 2        | 1 613 000.—        | 141 | 828 000.—   | 111 | 2 440 000.—                 | 129 |
| 3        | 1 362 000.—        | 119 | 801 000.—   | 107 | 2 163 000.—                 | 115 |
| 4        | 1 142 000.—        | 100 | 745 000.—   | 100 | 1 887 000.—                 | 100 |

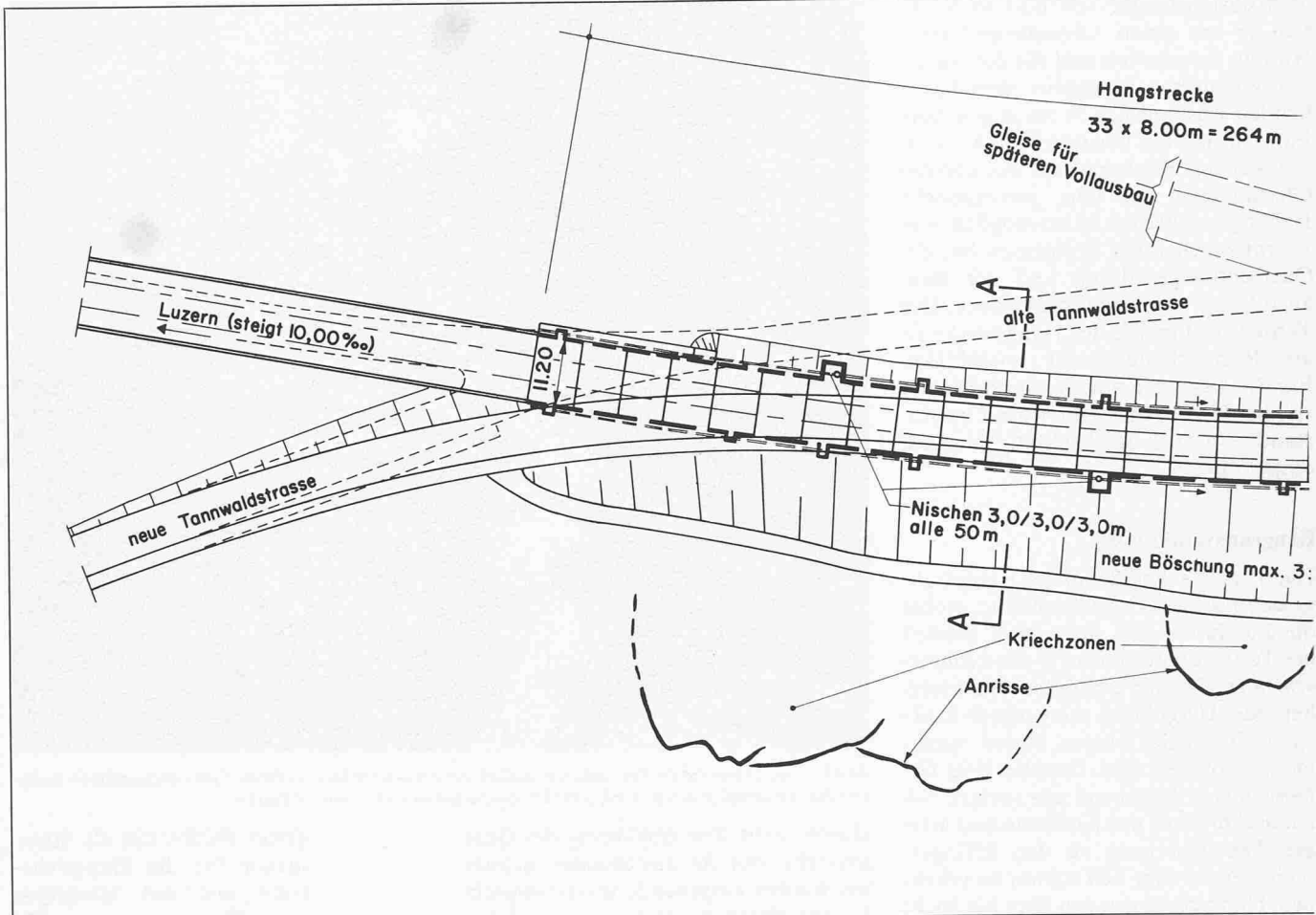


Bild 5. Übersicht Überwerfungsbauwerk Nord und Tannwaldtunnel mit Schema Entwässerungsanlage

Variante 4 am günstigsten abschneidet, während die ersten beiden Varianten rund 30% teurer zu stehen kommen. Die Variante 3, mit separater Stützmauer, hält sich in der Mitte, wobei aber die Abstützung der Stützmauer auf der Vorderkante der anstehenden Effingerschichten technisch nicht problemlos ist.

Aufgrund des Kostenvergleichs wurde Variante 4 gewählt. Damit konnte gleichzeitig auch eine *landschaftsschonende Lösung* unter Vermeidung störender Kunstbauten verwirklicht werden. Die Wand- und Deckenstärken wurden mit den Vertragspreisen des Unternehmers nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten optimiert, was bei einer verlangten Würfeldruckfestigkeit von 30 N/mm<sup>2</sup> zu relativ grossen Abmessungen führte (Bild 7).

Für die Hinterfüllung des Tunnels und die aufgehende Schüttung der Böschung wurde siltiger Wandkies vorgesehen. Die Berechnung des Erddruckes erfolgte mit einem Winkel der inneren Reibung von 35°. Dieser relativ geringe Wert wurde eingesetzt, um im Blick auf die geringe Verschieblichkeit des Bauwerkes einer eventuellen Vergrösserung des aktiven Rankine'schen Erddruckes gegen den Ruhedruck hin Rechnung zu tragen.

#### Hangsicherung

Der Hangfuss des Hardchopfes wurde

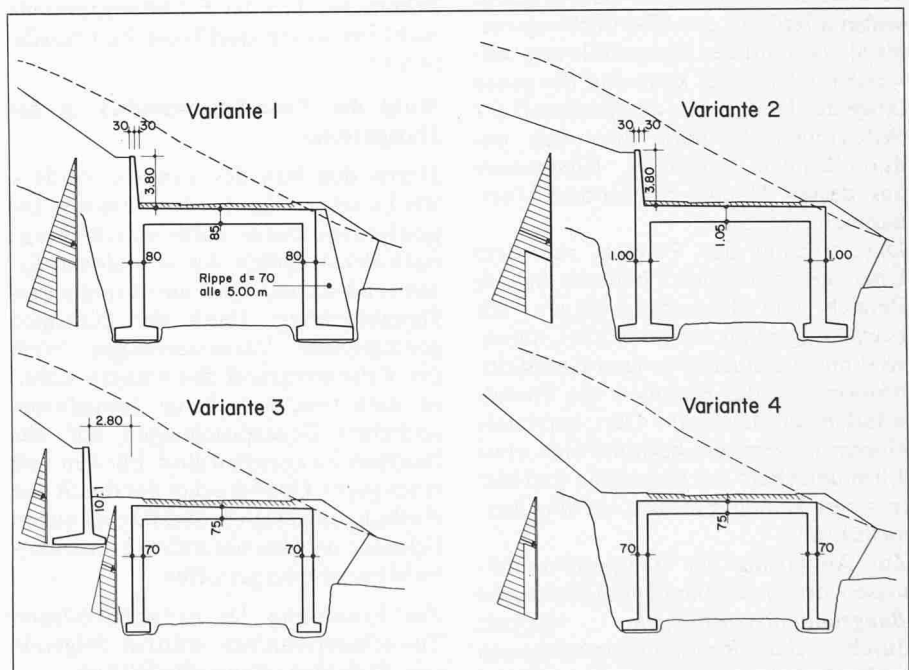


Bild 6. Schema Tunnelvarianten 1 bis 4

im Verlaufe des Jahres 1978 abgetragen. Gegen Ende des nachfolgenden Winters, der durch eine Reihe von aufeinanderfolgenden Frost- und Tauperioden gekennzeichnet war, zeigten sich im Überdeckungsmaterial oberhalb des Hanganschnittes einzelne Risse, die sich zusehends ausweiteten und bis in eine Tiefe von etwa einem Meter reichten. Daraus entwickelten sich zwei eigentliche *Kriechzonen*, wobei sich

grössere Erdpakete bewegten und Bäume umstürzten. Als Sofortmassnahme wurde der angrenzende Wald gerodet. Der Einbau von zwei Messstrecken zeigte deutlich den Umfang der Kriechzonen und das Ausmass der Bewegungen (vgl. Bild 5). Da sich aber keine Anzeichen von Verschiebungen im Felsuntergrund zeigten, wurde das vorgesehene Konzept der Hangsicherung mittels eines *angeschütteten Stützkörpers*

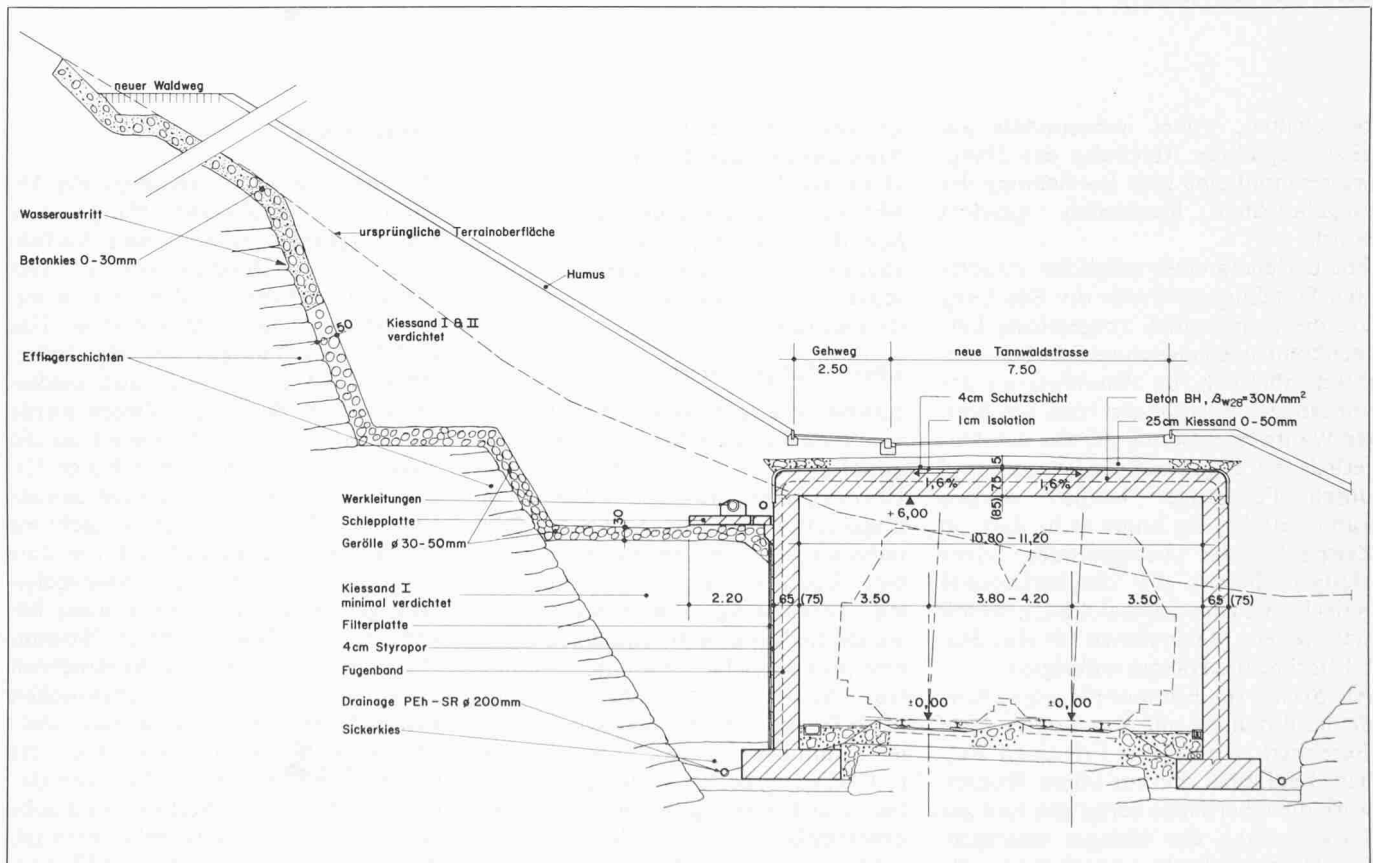
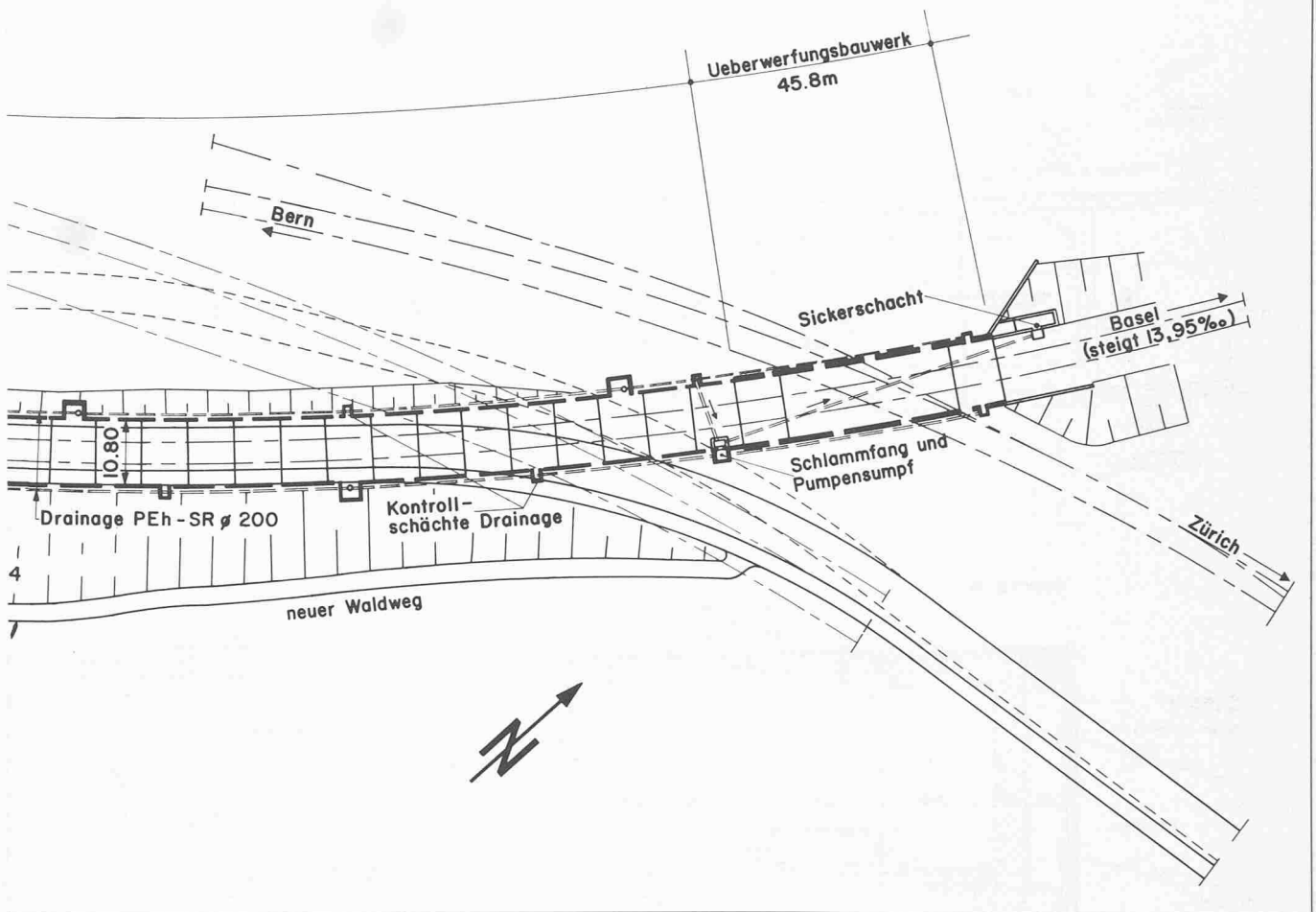


Bild 7. Tunnel- und Geländequerschnitt A-A der Hangstrecke

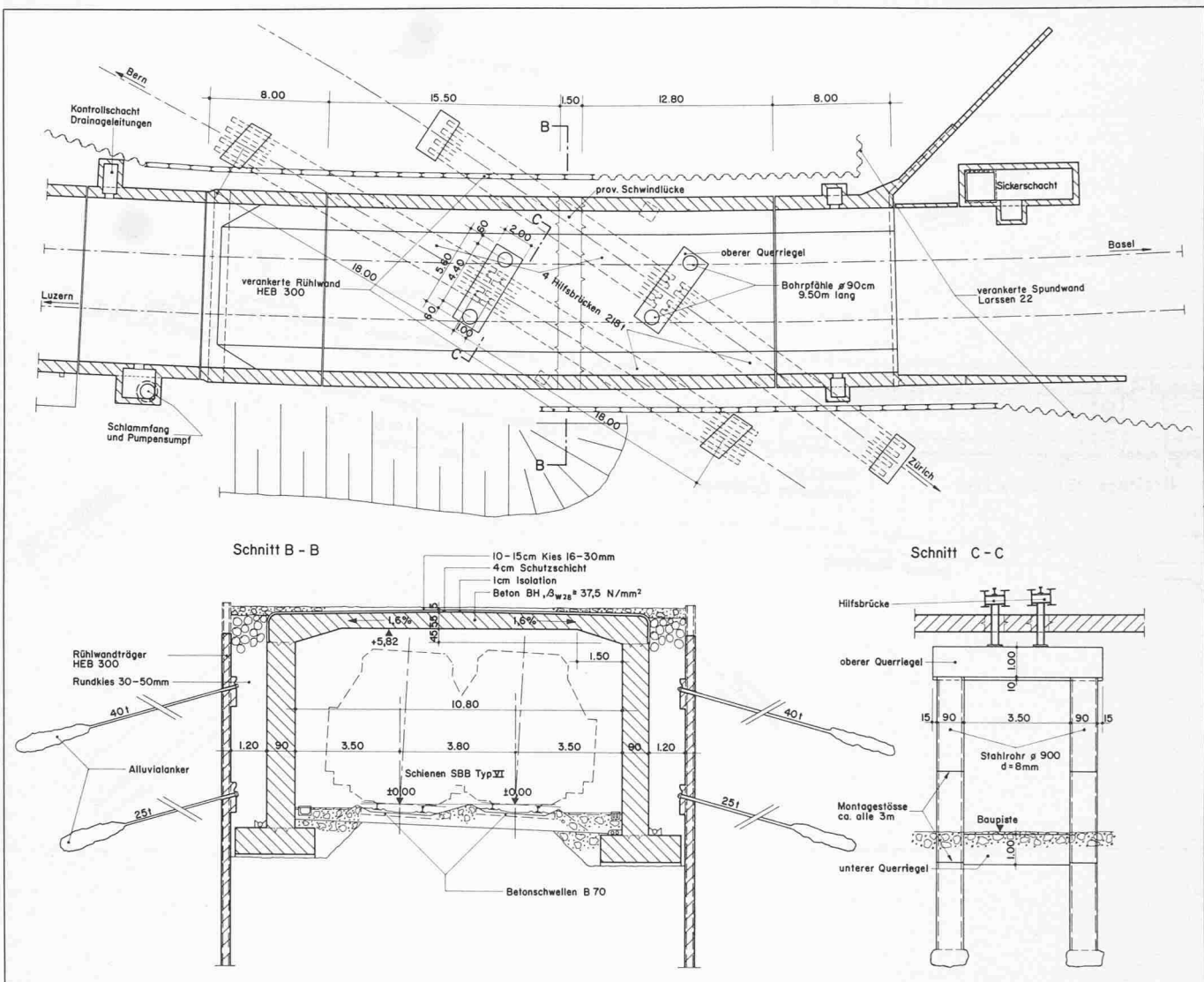


Bild 8. Überwerfungsbauwerk

beibehalten, wobei insbesondere auf eine sorgfältige Ableitung des Hangwassers und eine gute Verdichtung des eingebrachten Kiessandes geachtet wurde.

Zur Erzielung eines möglichst standfesten Stützkörpers wurde die Böschung um die ursprünglich vorgesehene Bermbreite nach aussen verschoben, wodurch oberhalb, im Anschluss an das vorhandene Terrain, ein etwa 3 m breiter Waldweg entstand, der für den Unterhalt des angrenzenden Waldes und durch Fussgänger benutzt werden kann. (Bild 7) Es zeigte sich, dass im Zeitpunkt der Fertigstellung eines Hangabschnittes die darüberliegende Kriechzone zum Stillstand kam, womit sich weitere Massnahmen für eine Stabilisierung des Hanges erübrigten.

Als Schutz vor Erosionswirkungen wurde die Böschung mit standortgerechtem Buschwerk, vorwiegend Erlen und Weiden, bepflanzt, die mit ihrem Wurzelsystem die Oberfläche befestigen und zur Entwässerung des Hanges beitragen. Die 15 cm starke Humusschicht wurde mit Holzschwarten gegen Abrutschun-

gen gesichert und unmittelbar nach der Anpflanzung des Buschwerkes durch Hydrosaat begrünt.

Mit diesen Massnahmen war es möglich, den Hang ohne zusätzliche Stützelemente zu sichern, und die Landschaft in den natürlichen Zustand zurückzuführen.

### Überwerfungsbauwerk

Infolge des geringen Schnittwinkels von etwa 30° zwischen den über- und unterführten Gleisen erforderte das Überwerfungsbauwerk eine Länge von insgesamt etwa 46 m. Die beiden Endpartien von je 8 m Länge wurden durch eine Dilatationsfuge abgetrennt, und zur Vermeidung von Schwindrissen wurde die Mittelpartie zusätzlich durch eine provisorische Schwindlücke unterteilt. Die Nivellette der oberen und unteren Gleise erlaubte lediglich eine auf ein Minimum von etwa 50 cm reduzierte Deckenstärke mit seitlichen Vouten, bei einer Erhöhung der Beton-Würfeldruckfestigkeit auf 37,5 N/mm<sup>2</sup>. Ausserdem musste die lichte Tunnelhöhe um 0,18 m reduziert werden (Bild 8).

### Entwässerung

Wie bereits erwähnt, verlangte die Ableitung des anfallenden Hangwassers eine sorgfältige Planung und Ausführung eines Drainagesystems. Das Hangwasser floss vor dem Bau in das Grundwasser des Flussschotter. Das Ziel der Bemühungen war, den früheren Zustand so gut wie möglich wiederherzustellen. Zu diesem Zweck wurde das Hangwasser im Anschluss an die wasserführende Schicht durch eine Filterschicht aus Betonkies gefasst, mittels einer anschliessenden Geröllschicht bis an die Tunnelrückwand und von dort mit Filterplatten bis zur Drainageleitung geleitet (Bild 7). Die Leitung besteht aus Polyäthylenrohr Ø 200 mm, mit Kontrollschächten im Abstand von 32 m. Die ermittelten chemischen Eigenschaften des Grundwassers deuten darauf hin, dass dieses nicht oder nur wenig kalkabscheidend ist. Die Gehalte an Eisen und Mangan sind sehr klein, weshalb nicht zu befürchten ist, dass durch die Tätigkeit von Mikroorganismen (Chemosynthese) grössere

Mengen von Eisen- bzw. Manganhydroxid ausgeschieden werden könnten, die zu einer event. Verstopfung der Leitungen führen würden. Da aber die Aufrechterhaltung eines intakten Tunnel-Drainagesystems für den Bahnbetrieb von grosser Wichtigkeit ist, wurde es so konstruiert, dass es für die Reinigung gut zugänglich ist. Am Süden des Überwerfungsbauwerkes wird das Drainagewasser in einem Sammel-schacht mit Schlammfang und Pumpensumpf vereinigt und zu einem Sickerschacht beim Nordportal weitergeleitet. Beide Schächte sind für eine Revision, unabhängig vom Bahnbetrieb, direkt zugänglich. Die Dimensionierung des Sickerschachtes mit 10 m<sup>2</sup> Grundrissfläche erfolgte aufgrund eines Einspülversuches, wobei ein Schluckvermögen von etwa 100 l/m<sup>2</sup>, min. ermittelt wurde.

### Konstruktive Details

Die Tunneldecke mit einem Dachgefälle von 1,6% wurde in konventioneller Art mit zwei Lagen Bitumendichtungsbahnen J3 und einer 4 cm starken Schutzschicht aus Zementmörtel isoliert. Darüber folgte beim Überwerfungsbauwerk eine 10 bis 15 cm starke Kiesschicht (16–30 mm) als Übergang zum Bahnschotter, auf der Hangstrecke eine 25 cm starke Schicht Kiessand (0–50 m) als Übergang zur Fundamentschicht der Strasse. Auf eine Isolation der 65 bis 90 cm starken Wände wurde verzichtet. Die Querfugen im Abstand von 8 m sind mit einem inneren Fugenband und einer zusätzlichen äusseren Fugendichtung abgedichtet. In den Wänden sind die Fugen mit Rundeisen Ø 28 mm verdübelt. Die Deckenfuge ist mit einer Beton-Gartenplatte abgedeckt.

Um zu verhindern, dass ein eventuell auftretender Quelldruck der freigelegten Effingerschichten sich ungünstig auf das Bauwerk auswirkt, wurde das Hinterfüllungsmaterial minimal verdichtet. Als zusätzliche Massnahme ist auf der bergseitigen Tunnelwand eine 4 cm starke, zusammendrückbare Styroporplatte aufgebracht worden, die mit einer Filterplatte abgedeckt ist. Zur Vermeidung von Setzungsschäden an den über der Hinterfüllung verlegten Werkleitungen, wurden diese auf eine Schleppplatte verlegt (Bild 7).

### Bahnseitige Ausrüstung

Für die Gleisanlagen wurden SBB Schienen Profil VI für schweren Verkehr und Betonschwellen B70 eingebaut. Entsprechend dem Kurvenradius sind die Gleise um 80 mm überhöht. Zwei seitliche Kabelkanäle dienen der Aufnahme der Streckenkabel sowie der Kabel für die Sicherungsanlage und die Fernsteuerungen. Die Fahrleitung ist für Schnellverkehr konstruiert. Die



Bild 9. Bau Überwerfungsbauwerk mit den Mitteljochen zur Abstützung der Hilfsbrücken

Fahrgeschwindigkeit wird mit  $V_R = 95$  signalisiert. In den Tunnelnischen sind Stromanschlüsse vorgesehen und an den Tunnelportalen sind Anschlüsse für das Streckentelefon montiert.

### Bauausführung

#### Überwerfungsbauwerk

Der Bau des Überwerfungsbauwerkes unter der zweispurigen Bahnstrecke Olten–Zürich mit einer der grössten Zugbelastungen der SBB, stellte eine Anzahl von ausserordentlich schwierigen Ausführungsproblemen, die den Bauvorgang bestimmten (Bild 9):

- Aufrechterhaltung des zweispurigen Bahnverkehrs, mit nur kurzen nächtlichen Zugsintervallen;
- Behinderung durch die Bahnanlagen: Fahr- und Speiseleitungen, die nur ausnahmsweise ausgeschaltet werden konnten, sowie zwei Gleise, deren Schwellen z.T. verschoben werden mussten und wichtige im Boden verlegte Kabel;
- ohne spezielle Zugsintervalle war die Baustelle nur von der Südseite her zugänglich;
- der schiefe Schnittwinkel zwischen über- und unterführten Gleisen machte den Einsatz von je zwei hintereinanderliegenden Hilfsbrücken notwendig;
- wegen der geringen zur Verfügung stehenden Bauhöhe war es nicht möglich, eine im Bereich des Bauwerks vorhandene Weiche durch Hilfsbrücken zu unterfangen, weshalb die Weiche ausgebaut und nach Fertigstellung des Bauwerkes wieder eingebaut werden musste. Während der Bauzeit musste eine provisorische Weiche ausserhalb der Baustelle ein-

gesetzt werden, die aus geometrischen Gründen einen engeren Radius aufwies, was zu einer Reduktion der Zugsgeschwindigkeit von 80 auf 40 km/h mit entsprechend grossen Einschränkungen für den Bahnbetrieb führte. Ausserdem hatte die geringe Bauhöhe zur Folge, dass die Riegel der Querjoche für die Zwischenabstützung der Hilfsbrücken unterhalb der Deckenplatte des Überwerfungsbauwerkes angeordnet werden mussten.

- Wegen der Zugsicherung waren keine Metallteile bis 50 cm unter Terrain zulässig, da sonst Schnellbremsung ausgelöst wird.

Die *Baugrubenumschliessung* erfolgte im Bereich des Lichtraumprofils durch rückverankerte Rühlwände, seitlich verlängert durch rückverankerte Spundwände. Für die Zwischenabstützung der Hilfsbrücken wurden vorgängig zwei Joche erstellt, bestehend aus je zwei Pfählen Ø 90 cm und zwei betonierten Querriegeln. Die Höhendifferenz zwischen OK oberem Betonriegel und UK Hilfsbrücken wurde durch je vier kurze Stahlstützen überwunden.

Für die *Pfählungsarbeiten* musste ein neues Bauverfahren gefunden werden, da bei allen in Frage kommenden Pfahlsystemen die Fahrleitung in verschiedenen Etappen hätte entfernt und wieder montiert werden müssen, wofür die Zugsintervalle von etwa 5 bis max. 8 Stunden nicht ausgereicht hätten. Während des Bahnverkehrs konnten auch keine vorstehenden Pfahlteile oder Pfählungseinrichtungen im Lichtraumprofil toleriert werden. Die Lösung bestand im dreistufigen Abteufen eines Stahlrohres durch Einvibrieren und Ausheben mit dem Greifer, wobei nach dem Absenken eines Rohrabchnittes

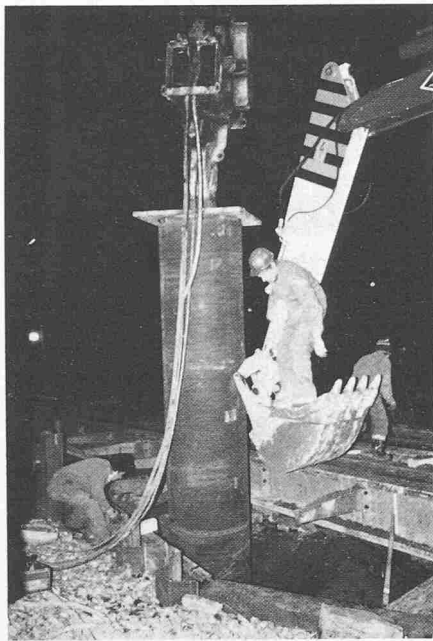


Bild 10. Abteufen eines Stahlrohres für ein Mitteljoch, unmittelbar neben einer Hilfsbrücke, in einem nächtlichen Zugsintervall



Bild 11. Bau des Tunnels in der Hangstrecke, links oben die z.T. im Kriechen befindlichen Zonen des Überdeckungsmaterialies

der nächste an Ort angeschweisst wurde (Bild 10).

Durch die Verwendung eines Autokranes, der zwischen den ausgeschalteten, aber unverschobenen Fahr- und Speisleitungen arbeitete, eines Seilbaggers und eines schienengängigen Hydraulikbaggers gelang es, das dreiteilige Rohr in einem Zugsintervall von acht Stunden abzusenken. Das Ausbetonieren konnte in kurzen Zugsintervallen am Tag erfolgen. Das obere Ende des Pfahlschaftes wurde durch einen Armierungskorb mit dem oberen Querriegel verbunden. Nach Aushub der Baugrube wurden die Pfahljoche durch einen unteren betonierte Querriegel, mit an den Stahlrohren angeschweissten Armierungseisen, zusätzlich ausgesteift.

Während 20 nächtlichen Zugsintervallen wurden folgende Bauprovisorien ausgeführt:

- Ausbau einer Weiche und Einbau einer provisorischen Weiche ausserhalb des Bauwerkes,
- Abteufen von vier Bohrpfehlen,
- Einbau je einer Hilfsbrücke für die Erstellung der oberen Betonriegel,
- Aushub, Schalung und Armierung der oberen Riegel (Betonieren während des Tages mit Betonpumpe),
- Verschieben der Hilfsbrücken und Verlängerung durch je eine zweite Hilfsbrücke mit Zwischenabstützung auf dem Hilfsjoch,
- Rammen von Rühlwandträgern im Lichtraumprofil,
- Rammen von Spundwänden im Anschluss an die Rühlwände.

Nach diesen Vorarbeiten konnte das Überwerfungsbauwerk ohne grössere Behinderung erstellt werden.



Bild 12. Tannwaldtunnel, vor dem Zusammenschluss mit dem Überwerfungsbauwerk

Das Betonieren erfolgte mittels Betonpumpe während des Tages.

Für das Schliessen der Deckenaussparungen über dem Hilfsjoch mussten die Hilfsbrücken auf die Brückendecke abgestützt werden. Zur Hinterfüllung des Zwischenraumes zwischen Bauwerk und Rühl- bzw. Spundwänden kam Wandkies nicht in Frage, da der vorhandene Platz für die Verwendung eines Verdichtungsgerätes nicht ausreichte. Aus diesem Grunde wurde Rundkies 30–50 mm verwendet, der mit der Bahn antransportiert und ab Bahnwagen direkt eingefüllt werden konnte. Beidseitige vertikale Betonriegel verhinderten das seitliche Ausweichen des Kieses. Die Rühlwände wurden im Boden belassen, während die Spundwände gezogen und die Longarinen wieder ausgebaut wurden.

#### Hangstrecke

Der Bau der Hangstrecke konnte dank der unerwartet hohen Standfestigkeit der anstehenden Felsschichten ohne grössere Probleme durchgeführt werden. Mit Ausnahme einer örtlich zerklüfteten Partie waren keine Sicherungsmassnahmen notwendig. Zur Vermeidung einer Durchnässung und damit Aufweichung der Fundamentszone wurde der Fundamentaushub etappenweise erst unmittelbar vor dem Einbringen des Unterlagsbetons vorgenommen (Bild 11).

Die Hangstrecke wurde, mit Beginn beim Südportal, kontinuierlich in Richtung Überwerfungsbauwerk vorangetrieben. Dadurch konnte an den drei Bauabschnitten Überwerfungsbauwerk, Tunnel Hangstrecke und Aushub

Hangfuss gleichzeitig gearbeitet werden. Ausserdem war es möglich, den Aushub aus dem schwer zugänglichen, nördlich angrenzenden Baulos – unter dem Lehrgerüst des Überwerfungsbauwerkes hindurch – abzutransportieren. Als Nachteil musste das Wegpumpen des anfallenden Hangwassers in Kauf genommen werden. Mit Rücksicht auf den gleichzeitigen Bau einer Übertragungsleitung der SBB wurde ein Baukran mit 42 m Auslegerhöhe verwendet, der sich in der Tunnelaxe vor dem Bauwerk bewegte. Dank grossflächiger Schalungselementen und einer gut eingespielten Arbeitsequipe konnte wöchentlich ein Tunnelement von 8 m Länge fertiggestellt werden. Der Verkehr auf der Tannwaldstrasse musste bis kurz vor dem Zusammenschluss mit dem Überwerfungsbauwerk (Bild 12) aufrechterhalten werden, was mehrere Strassenverlegungen erforderlich machte.

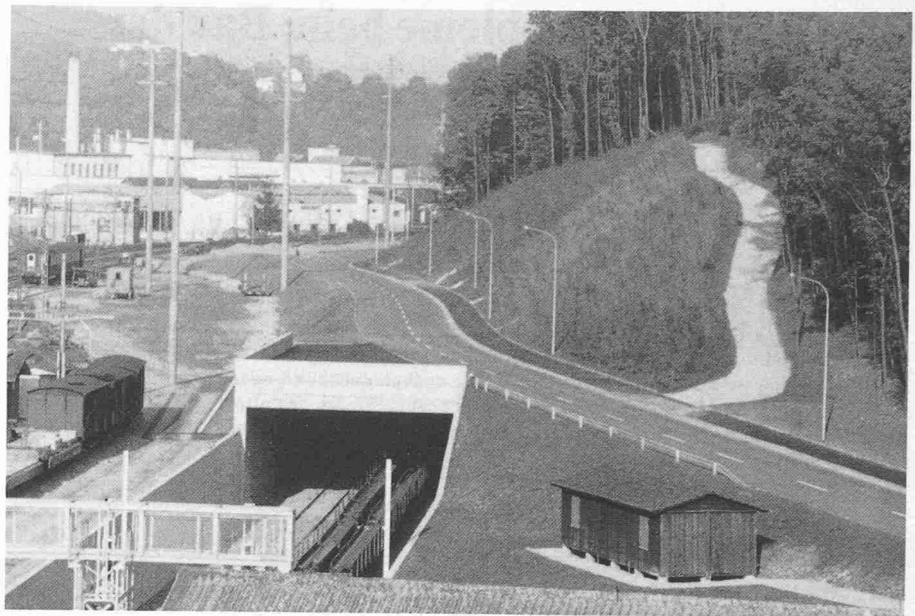


Bild 13. Fertiges Bauwerk mit Südportal und neu gestaltetem und bereits angepflanztem Hangfuss des Hardchopfes

### Bauprogramm

Infolge der zum voraus fixierten Termine für den Einbau der Hilfsbrücken musste die Erstellung der Bauprovisorien für das Überwerfungsbauwerk bereits Ende Februar 1978 forciert in Angriff genommen werden. Nach neun-einhalb Monaten konnten die Hilfsbrücken, kurz vor Weihnachten 1978, ausgebaut und die Streckengleise von und nach Zürich für den uneingeschränkten Verkehr wieder freigegeben werden. Mit dem Bau der Hangstrecke wurde im Mai 1978 begonnen. Im Juli 1979 waren die Arbeiten soweit fortgeschritten, dass mit dem Verlegen der Gleise für die neue Bahnlinie begonnen werden konnte. Die provisorische Abnahme des ganzen Bauwerkes inklusive Hangsicherung erfolgte Ende September 1979.

### Baukosten

Die Baukosten für den Tannwaldtunnel und das Überwerfungsbauwerk inklusive Hangsicherung, Voruntersuchungen und Honorare, exklusive bahneigene

Leistungen (Langsamfahrt, Miete Hilfsbrücken, Sicherheitsdienst und bahnseitige Ausrüstung) und neue Tannwaldstrasse betragen 5,972 Mio Franken, was bei einer Tunnellänge von 310 m einen Betrag von 19265.- Franken je m Tunnel entspricht. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Arbeitsvergebung in der Rezessionszeit zu günstigen Bedingungen erfolgte.

### Schlussbemerkungen

Der Bau des Tannwaldtunnels mit dem ausführungstechnisch äusserst schwierigen Überwerfungsbauwerk konnte dank des vorbildlichen Einsatzes und guten Zusammenwirkens aller Beteiligten ohne Unfall und innert recht kurzer Zeit realisiert werden. Der neu gestaltete und bepflanzte Hangfuss des Hardchopfes ist durch einen Waldweg für den Waldunterhalt und für Spaziergänger erschlossen worden und ermöglicht eine schöne Rundschau auf das Getriebe im Bahnknoten Olten wie auch auf die nahe Juralandschaft (Bild 11). Zusam-

menfassend darf festgestellt werden, dass durch den Eingriff der Technik die Natur nicht zerstört, sondern gestaltet wurde, was in der heutigen Zeit von der Technik in vermehrtem Masse gefordert werden muss.

Adresse der Verfasser: K. Heini, dipl. Bauing. ETH/SIA, SBB Kreis II, Adjunkt Projektleitung Olten. Th. Müller, dipl. Bauing. ETH/SIA, Ingenieurbüro Wengistr. 26, Solothurn.

#### Am Bau Beteiligte:

**Bauherr:**  
SBB Kreis II, Bauabteilung

**Projekt und Bauleitung:**  
Th. Müller, dipl. Ing. ETH/SIA, Solothurn

**Geotechnik und Hydrogeologie:**  
Geotest AG, Zollikofen

**Ausführung:**  
ARGE Meier & Jäggi AG, Reiden  
Vogt AG, Olten  
Merz & Co. Olten