Die SBB-Unterführung von Flüelen

Autor(en): **Lombardi, G. / Balestra, L.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **94 (1976)**

Heft 16

PDF erstellt am: **28.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-73083

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Die *Verjährung der Mängelrechte,* die das OR in Art. 371 regelt, gehört zu den schwierigsten Fragen der Mängelhaftung überhaupt. Schwierig ist schon die Frage nach der Rechtsnatur und Wirkung der Verjährung. Schwierigkeiten bereitet aber auch die Bestimmung der Verjährungsfrist.

Die Norm SIA 118 (RE 1974) statuiert eine einheitliche Verjährungsfrist von fünf Jahren (Art. 179). Diese Frist gilt für sämtliche Werke und darf nicht verwechselt werden mit der zweijährigen Garantiefrist (Art. 171), die keine Verjährungsfrist ist, sondern eine Rügefrist (Art. 172).

Anders als die Norm unterscheidet das Gesetz in Art. 371 OR zwischen unbeweglichen Bauwerken und andern Werken. Für unbewegliche Bauwerke sieht Art. 371 OR eine Verjährungsfrist von fünf Jahren vor (Abs. 2), für die übrigen Werke eine Frist von einem Jahr (Abs. 1). Zu laufen beginnt die Frist mit der Abnahme des Werkes.

Diese Regelung des Gesetzes erscheint einfach. Doch sie scheint es nur. Die Schwierigkeiten beginnen mit der Begriffsbestimmung des unbeweglichen Bauwerkes. Denn als unbewegliches Bauwerk im Sinne des Art. 371 Abs. 2 OR anerkennt das Bundesgericht in BGE 93 II 246 nur ein unbewegliches Werk, für das in der Regel erst nach Ablauf der einjährigen Verjährungsfrist festgestellt werden kann, ob es den Anforderungen der Festigkeit oder den geologischen und atmosphärischen Bedingungen standhält. Diese Umschreibung des unbeweglichen Bauwerkes ist zwar richtig, lässt aber dem Ermessen weiten Spielraum und trägt nicht zur Förderung der Rechtssicherheit bei. Völlig verunsichert wird der Rechtsuchende dann, wenn er im zitierten Entscheid nachliest, dass das Bundesgericht den Erneuerungsanstrich eines Hauses nicht als unbewegliches Bauwerk betrachtet und deshalb der einjährigen Frist (Art. 371 Abs. 1 OR) unterstellt.

Entgegen der Ansicht des Bundesgerichtes bin ich der Meinung, dass der Erneuerungsanstrich eines Hauses ein unbewegliches Bauwerk im Sinne des Art. 371 Abs. 2 OR ist. Er ist – was das Bundesgericht zu Unrecht verneint (BGE 93 II 246) – ein unbewegliches Werk, für das in der Regel erst nach Ablauf der einjährigen Verjährungsfrist festgestellt werden kann, ob es den Anforderungen der Festigkeit oder den geologischen und atmosphärischen Bedingungen standhält. Die Mängelrechte beim Erneuerungsanstrich verjähren deshalb in fünf Jahren, nicht in einem Jahr.

Abkürzungsverzeichnis

a.a.O.	= am angeführten Ort
Abs.	= Absatz
AGVE	= Aargauische Gerichts- und Verwaltungsentscheide
Art.	= Artikel
BGE	= Entscheidungen des Schweizerischen Bundesgerichts (amtliche Sammlung)
BlZüR	= Blätter für Zürcherische Rechtsprechung
BV	= Bundesverfassung der Schweizerischen Eidgenossenschaft vom 29. Mai 1874
Diss.	= Dissertation
N	= Note
Norm SIA 118 (RE 1974)	= Revisionsentwurf zur Norm SIA 118 vom September 1974
OG	= Bundesgesetz über die Organisation der Bundesrechtspflege vom 16. Dezember 1943
OR	= Bundesgesetz über das Obligationenrecht vom 30. März 1911/18. Dezember 1936
Zbl	= Schweizerisches Zentralblatt für Staats- und Gemeindeverwaltung
ZGB	= Schweizerisches Zivilgesetzbuch vom 10. Dezember 1907
ZSR	= Zeitschrift für schweizerisches Recht

Adresse des Verfassers: Prof. Dr. *Peter Gauch,* Ordinarius für Schweizerisches Zivil- und Handelsrecht an der Universität, 4, av. Jean-Maire Musy, 1700 Freiburg.

Die SBB-Unterführung von Flüelen

Mitteilung des Ingenieurkonsortiums **G. Lombardi** und **L. Balestra,** Flüelen[1])

DK 624.19:624.2

Bei der Ausführung der SBB-Unterführung in Flüelen kamen verschiedene im Grundbau bekannte Methoden zur Anwendung, wie Spundwände, Erdanker, Bodenverdichtung durch Rüttelverfahren, Zugpfähle. Bodeninjektionen, Pressverfahren, Grundwasserabsenkung sowie die üblichen Eisenbeton- und Isolationsarbeiten. Neu war vor allem das Einpressen von Hohlkastenprofilen, die in Reihen übereinander gestossen und mit Hilfe von Zugstangen zusammengespannt wurden. Bei der Ausführung des Bauwerks haben sich alle ausgeführten Arbeiten ausgezeichnet bewährt, mit Ausnahme der Injektionen unter dem Bahnkörper, die versagt haben. Die guten Erfahrungen mit dem Rütteldruckverfahren, wo bis zu 15% Hohlraum durch Materialzugabe geschlossen wurden, zeigten, dass eine dichte Verpressung des Bodens viel grössere Injektionsmengen verlangt hätte, als die tatsächlich eingepressten. Die Schwierigkeit von erfolgreichen Injektionen im heterogenen Baugrund hat sich somit bestätigt.

Problemstellung

Im Zuge des *Nationalstrassenbaus* entsteht im Raume Flüelen der *Knotenpunkt der N2 mit der N4,* sowie ein Anschluss an das Lokalstrassensystem. Die N4 und der Anschluss an das Lokalsystem kreuzen die SBB-Linie in sehr kleinem Abstand, wobei die künftige N4 die Bahnlinie in der Nähe des Bahnhofs Flüelen überfahren wird.

Infolge der ungünstigen Bodenverhältnisse wurde zuerst die Möglichkeit einer Überführung auch für den Zubringer des örtlichen Anschlusses untersucht; sie musste aber zu Gunsten einer Unterführung fallen gelassen werden. Die Gründe lagen in der Strassenführung, den Gefälleverhältnissen und vor allem war auf den späteren Bau des Anschlusses der N4 Rücksicht zu nehmen.

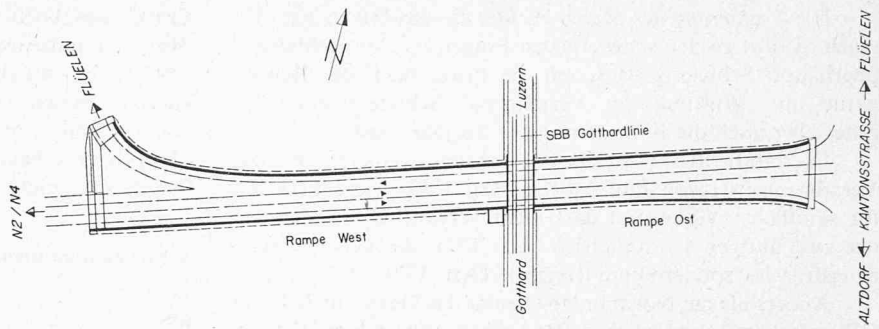
So entschloss man sich für ein *Unterführungsbauwerk,* das die Bahnlinie unter einem nahezu *rechten Winkel* kreuzt (Bild 1). An eine Unterbrechung des Bahnverkehrs für längere Zeit war nicht zu denken. Allfällige, den Bahnverkehr störende Massnahmen mussten sich auf Zeitabschnitte von wenigen Stunden jeweils sonntagnachts beschränken. Der Sicherheit des Bahnverkehrs war höchste Aufmerksamkeit zu schenken.

Bodenbeschaffenheit

An der betreffenden Stelle verläuft die Gotthardbahn auf einem Damm von nur rund 1 m über der Reussebene. Der Boden besteht aus Gletscher-, Fluss- und Seeablagerungen. Sie ist daher sehr inhomogen und wechselseitig gelagert. Man muss mit *Silt, siltigem Sand, reinem Sand* und *reinem Kies* rechnen, sowie mit allen möglichen Übergängen zwischen diesen Ablagerungen. Die bodenmechanischen Eigenschaften

[1]) Kurzfassung eines Referates, gehalten von Giovanni Lombardi am Institut für Boden- und Felsmechanik der Universität Karlsruhe.

Bild 1. Übersichtsplan des Bauwerkes mit den Zubringern



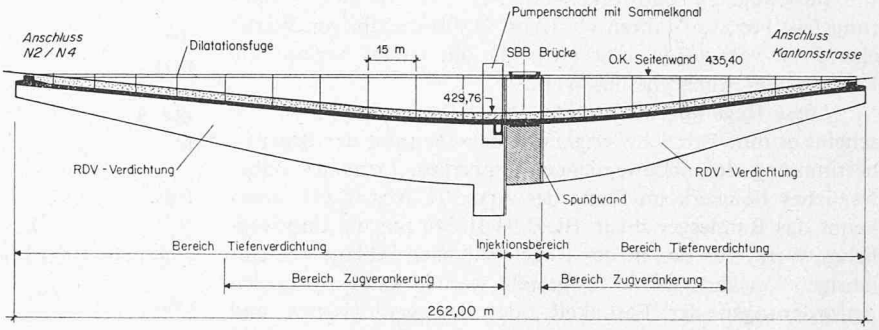


Bild 2. Genereller Längsschnitt mit Fugen und Verdichtungszonen

und insbesondere die Durchlässigkeit streuen entsprechend stark.

Dank Sondierbohrungen ergab sich die Möglichkeit im Gebiet des eigentlichen Unterführungsbauwerks folgender, vereinfachter Aufbau des Bodens für die Ausführung der bodenmechanischen Berechnungen anzunehmen:

0–3 m Tiefe:	Deckschicht, bestehend aus einer Humusschicht und darunter aus organisch verunreinigten, locker gelagerten, feinkörnigen Schwemmaterialien.
3–9 m Tiefe:	Kiessand, sehr durchlässig.
9–rd. 13,5 m Tiefe:	Silt und Feinsand, weitgehend undurchlässig.
ab rd. 13,5 m Tiefe:	Kiessand, vereinzelt Steine und Blöcke.

Im wesentlichen besteht somit der Untergrund aus zwei sehr durchlässigen Grundwasserträgern, getrennt durch eine rund 4,5 m starke, nahezu undurchlässige Schicht. Der Grundwasserspiegel liegt im Naturzustand praktisch an der Terrainoberfläche, und – wie sich dann später herausstellte – bestehen zwei voneinander unabhängige Grundwasserströmungen; eine erste obere und eine zweite in der untern Kiesschicht gespannte.

Das Projekt

Allgemeines

Eine 262 m lange und 15 m breite Wanne nimmt die drei Fahrspuren und zwei Gehwege auf. Der tiefste Punkt der Fahrbahn befindet sich 5,20 m unter der Terrainoberfläche. Die tiefste Aushubkote erreicht 10,80 m (Bild 2). Das Bauvorhaben kann in zwei Teile gegliedert werden: in die Erstellung der beiden Zufahrtsrampen und den Bau der eigentlichen Brücke unter der Bahnlinie.

Das schwierigere Problem, die Erstellung der Brücke, versuchte man zuerst zu lösen, indem man an eine provisorische Verlegung der Bahngeleise dachte und den Bau der eigentlichen Unterführung in offener Baugrube ins Auge fasste. Leider zeigte sich keine diesbezügliche Möglichkeit. Es musste auf den Bau der Brücke unter der Bahn ohne Einstellung des Bahnverkehrs von über 200 Zügen pro Tag zurückgegriffen werden.

Die Rampen

Aufgrund der durch die verschiedenen Sondierungen gewonnenen Erkenntnisse und der beim Bau einer Personenunterführung beim Bahnhof Flüelen gemachten Erfahrungen kam eine Bauweise mit einer einfachen Absenkung des Grundwassers im natürlichen Boden nicht in Frage. Die zu pumpenden Wassermengen wären ernorm gewesen und es wären grosse, nachteilige Setzungen in den benachbarten Wohnhäusern sowie Setzungen der Bahngeleise über eine grössere Entfernung zu befürchten gewesen. So wurde eine Lösung gewählt, bei der Schlitzwände die Baugruben seitlich abschlossen, mit dem Vorzug der Dichtigkeit und der Übertragung grösserer Auftriebkräfte. Die nachträgliche Auflage, die Grundwasserströmung nach erfolgtem Bau möglichst wenig zu stören, sowie preisliche Überlegungen führten dann jedoch dazu, als Baugrubenabschluss *anstelle der Bentonitwände Spundwände* zu verwenden. Zu diesem Entschluss hat auch beigetragen, dass ein Ausschwemmen des Bentonitschlammes in einzelnen Grobkiesschichten zu befürchten war.

Der Wasserandrang in die Baugrube sollte durch eine Verdichtung des Bodens unterhalb der Aushubsohle wesentlich vermindert werden. Es wurden das *Rütteldruckverfahren* sowie die Abdichtung mittels Injektionen in Betracht gezogen. Die heterogenen Bodenverhältnisse, die teilweise sehr grosse Durchlässigkeit und die Kostenvoranschläge sprachen für das Rütteldruckverfahren.

Die Spundwände wurden beidseitig der Rampen bis zum Bahnkörper sowie längs desselben auf eine Länge von 45 m geschlagen. Mit dieser Disposition der Spundwände wurden die zwei Baustellen – Rampen und SBB-Brücke – deutlich voneinander getrennt. Auf der westlichen Bahnseite wurden zwei Schächte vorgesehen, die für den Pressvortrieb bzw. die Erstellung eines Pumpenschachtes Verwendung fanden. Zwischen den Spundwänden erfolgte die erwähnte Tiefenverdichtung. In den tieferen Partien der Wanne wurden zur Aufnahme des Auftriebs Zugpfähle von Typ MV geschlagen. Da die Sohle verdichtet war, verzichtete man auf eine Isolation der Bodenplatte der Betonwanne und zog vor, sie etwas tiefer anzuordnen und mit einem Kieskoffer zu überdecken, worauf der Belag zu liegen kam. Der Koffer ist mit einem Drainagesystem zum Fassen allfälliger Wassereinsicke-

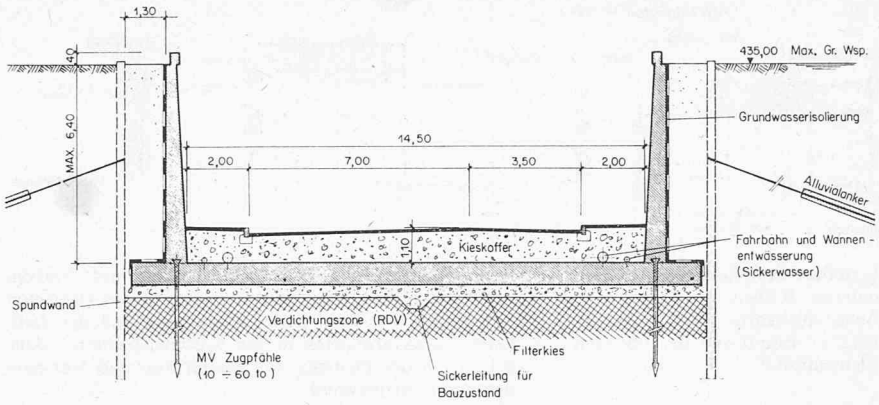


Bild 3. Typischer Querschnitt durch die Wannenkonstruktion

rungen versehen und dient gleichzeitig als zusätzliche Auflast gegen den Auftrieb. Die Seitenwände wurden jedoch isoliert. Für das Aufbringen der äusseren Wandisolation, sowie um eine weitere Bodenauflast übernehmen zu können und damit die Anzahl Zugpfähle vermindern zu können, kragt die Bodenplatte seitlich aus. (Bild 3).

Das Brückenbauwerk

Ursprüngliches Projekt

Wesentlich langwieriger gestaltete sich die Projektierung der Brücke unter *Aufrechterhaltung des Bahnverkehrs*. Das ursprüngliche Projekt sah vor, die Zone zwischen den beiden parallel zur Bahn verlaufenden Spundwänden mittels Injektionen zu verdichten, so dass eine weitgehend wasserdichte Wanne entstehen würde. Nach der Ausführung der beiden Seitenwände im offenen Schlitz sollte die Brückenplatte, die seitlich des Bahndammes betoniert worden wäre, unter den Geleisen eingeschoben werden. Während des Einschubs hätten die Geleise auf provisorischen Hilfsbrücken aufgelegen. Zwischen den beiden Seitenwänden wäre der Gesamtaushub erfolgt und dann die Bodenplatte betoniert worden. Eine Variante, die vorsah, beide Seitenschlitze mit einer Rühlwand zu erstellen, musste aus bahnbetrieblichen Gründen fallengelassen werden.(Bild 4).

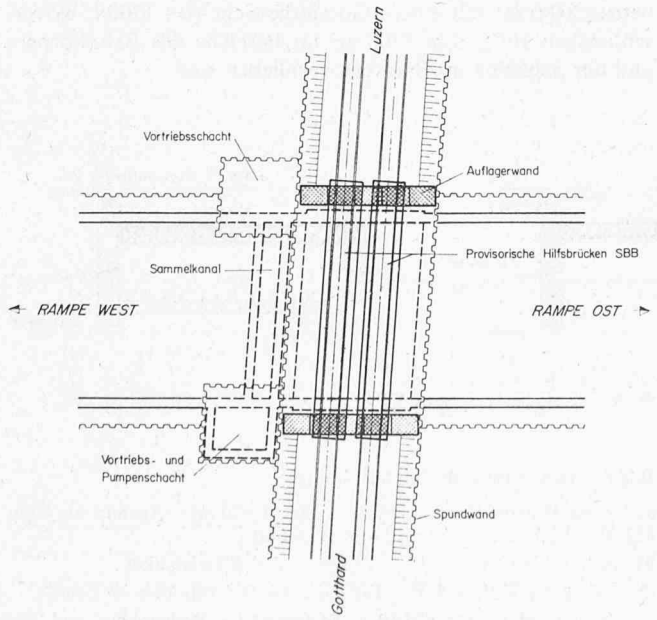


Bild 4. Übersicht über die eingebauten Hilfsbrücken der SBB im Bereich der Unterführung

Injektionsdiafragma

Die Injektionen erfolgten durch Bohrungen, die schräg von oben unter den Bahnkörper vorgetrieben wurden. Die zu injizierende Kubatur betrug etwa 3500 m³. Als Injektionsgut wurden Zement, Bentonit, Ton, Kalk und Silikat verwendet, mit einer Gesamtmenge von 212 t. Im Mittel betrug also die Injektionsgutaufnahme ca. 60 kg/m³.

Leider zeigten Kontrollbohrungen, wie wenig die Injektion die Wanne abdichteten. Der Grund des Versagens mag zum Teil darin gelegen haben, dass durch die längs der Bahn geschlagenen Spundwände eine Konzentration der Grundwasserströmung unter dem Bahnkörper erfolgte, was zusammen mit der Heterogenität des Bodens alle Versuche einer Bodenverbesserung vereitelten.

Weite Kontrollbohrungen bestätigten dann auch eine Verschleppung des Injektionsgutes nach Norden in der Strömungsrichtung des Grundwasserstromes.

Projektionsanpassung, Grundwasserabsenkung

Aus Kosten- und Termingründen entschloss man sich in Zusammenarbeit mit dem *Institut für Grundbau und Bodenmechanik an der ETH* (IGB) die Injektionen abzubrechen und den Grundwasserspiegel im Bereich des eigentlichen Brückenbauwerks abzusenken. Dies gelang letztlich, erforderte allerdings die Erstellung von 18 Filterbrunnen mit Durchmessern von 60 bis 100 cm und einer Gesamtlänge von 281 m. Zusätzlich wurden aus den Pumpschächten 3 horizontale Brunnen vorgetrieben.

Pressevortrieb

Durch die Umprojektierung, in deren Verlauf für alle Berechnungen das Injektionsdiafragma vernachlässigt wurde, entschloss man sich, die Seitenwände nicht mehr im offenen Schlitz auszuführen, da ein hydraulischer Grundbruch als Folge eines Pumpenausfalls sich als sehr gefährlich erwiesen hätte. Die Möglichkeit des *Einpressens von Hohlkasten* aus den beiden Schächten westlich des Bahndamms wurde eingehend untersucht. Durch das Einpressen der Kasten, die in mehreren Reihen übereinander später als Auflagerwand für die prov. Hilfsbrücken dienten, wurde es möglich, die Auflagerwand ohne grosse Störung des Terrains sowie ohne Beeinträchtigung des Zugsverkehrs zu erstellen.

Die einzelnen Presselemente sind als hohle, rechteckige Eisenbetonkasten ausgebildet mit den Abmessungen von 165 × 235 cm im Querschnitt und einer Wandstärke von 25 cm. Die Länge beträgt 225 cm. An den Stirnseiten der Elemente, die in Vorpressrichtung stumpf gestossen werden, sind Stahlrahmen eingelassen. Durch das Zusammenschweissen der Rahmen beim Ansetzen eines neuen Elementes ergab sich ein monolithischer Hohlkörper für den Vortrieb. Fünf solcher Elemente hintereinander waren nötig, um den Bahnkörper zu durchfahren (Bild 5).

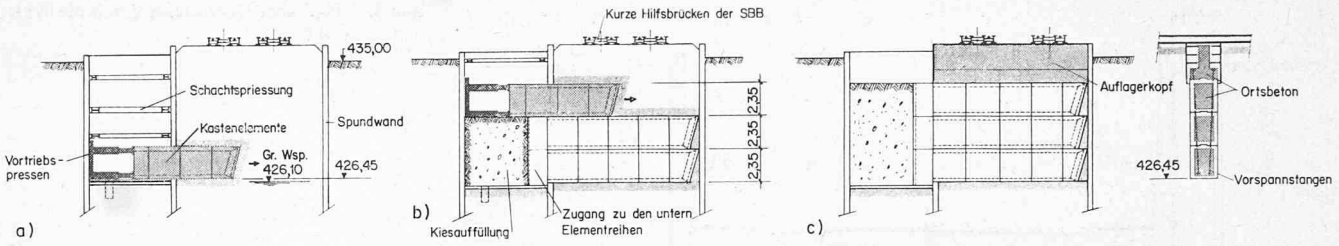


Bild 5. Bauvorgang der Auflagerwand

Kurze Hilfsbrücken eingebaut – Anschneiden der Spundwand – Einpressen der ersten Elemente

Erstellen des Zuganges zu den unteren Reihen – Heben der Arbeitsplattform mittels Auffüllung – Einpressen der obersten Elementreihe

Aushub unter den kleinen Hilfsbrücken mit Grabenspriessung – Erstellen des Auflagerkopfes in Ortsbeton – Verlegen der horizontalen Armierung und der vertikalen Vorspannstangen in den Kastenelementen – Ausbetonieren der Elemente mit Pumpbeton und Vorspannen der Auflagerwand

Provisorische Auflagerwände

Nach dem Durchpressen dreier Reihen übereinander, deren gegenseitige Führung mit einer Nut- und Federausbildung erreicht wurde, wurde darauf einen Auflagerblock in Ortsbeton gegossen, der die Auflagerschwellen für die Hilfsbrücken enthielt und kleine Lageungenauigkeiten ausglich.

Innerhalb der Hohlkasten wurde in horizontaler Richtung eine Armierung eingebracht. Nach dem Auffüllen der Elemente mit Pumpbeton wurden sie im vertikalen Sinne mit vorher durchgestossenen Dywidagankern zu einer tragfähigen Wand zusammengeschlossen. Die beiden Auflagerwände trugen die beiden Bahnhilfsbrücken; sie erlaubten einen ungehinderten Aushub zwischen ihnen. Zur Erzielung der Standfestigkeit der Wände während des Aushubs wurden sie mit Erdankern gesichert. Der oberste Punkt wurde durch die späteren Schalungsträger für die Brückenplatte, die als Holzspriesse ausgebildet waren, sofort abgestützt.

Das Projekt sah anfänglich vor, die Wand aus vier Elementreihen auszubilden, so dass sie tief genug im Untergrund eingespannt gewesen wäre. Leider konnte keine genügende Grundwasserabsenkung erreicht werden und man musste auf die unterste Reihe verzichten.

Die Anpassung des Projekts führte zu einer ungenügenden Einspannung der Wand in den Boden. Die Erdanker mussten verstärkt werden und der Aushub im untersten Teil liess sich nur abschnittweise ausführen. Durch kurze Spundwände geschützt, wurden zwischen den beiden Auflagerwänden drei Schlitze in Bahnrichtung ausgehoben, worin Betonspriesse erstellt wurden, die später Bestandteil der Sohlplatte der Unterführung wurden. Dies gestattete, den Fuss der beiden Wände abzustützen, bevor der Gesamtaushub die Sohlkote erreichte. Nach der Stabilisierung der beiden Auflagerwände konnte der Aushub ohne Schwierigkeiten beendet und die Betonplatte eingebracht werden (Bild 6).

Es muss allerdings auf die *beschränkten rechnerischen Sicherheiten* während der Ausführungsphase der Unterführung hingewiesen werden. So bestand einerseits ständig die Gefahr des Ausfallens einer der Pumpen, das eine Überflutung der Baustelle und entsprechende Schäden zur Folge gehabt hätte. Anderseits bestand die Gefahr eines Aufbruchs infolge des *gespannten Grundwasserspiegels* in der unteren Kiesschicht, die durch eine fast undurchlässige Siltschicht von der oberen getrennt war. Die Sicherheit gegen den hydraulischen Grundbruch war knapp 1,2, die Gleitsicherheit der Wand betrug 1,3 und deren rechnerische Sicherheit für die statische Grenztragfähigkeit nur 1,5 (Belastungsannahmen gemäss Norm SIA 160). Die Knappheit der Grenzwerte sollte sich später bei der Ausführung einer Nebenarbeit, nämlich dem Aushub des Sammelkanals für die Rampenentwässerung in unmittelbarer Nähe der Unterführung, zeigen.

Bauausführung

Baugrubenabschluss, Tiefenverdichtung

Das Rammen der Spundwände konnte anfangs Oktober 1971 in Angriff genommen werden. Es wickelte sich, abgesehen von der Lärmbelästigung für die Nachbarn, ohne Probleme ab. Die Gesamtfläche der geschlagenen Profile betrug 8400 m² mit einem Gesamtgewicht von 1200 t, wovon schliesslich 16%, d.h. 1300 m² im Bereiche des Bahnkörpers und der Schächte im Bauwerk verblieben sind.

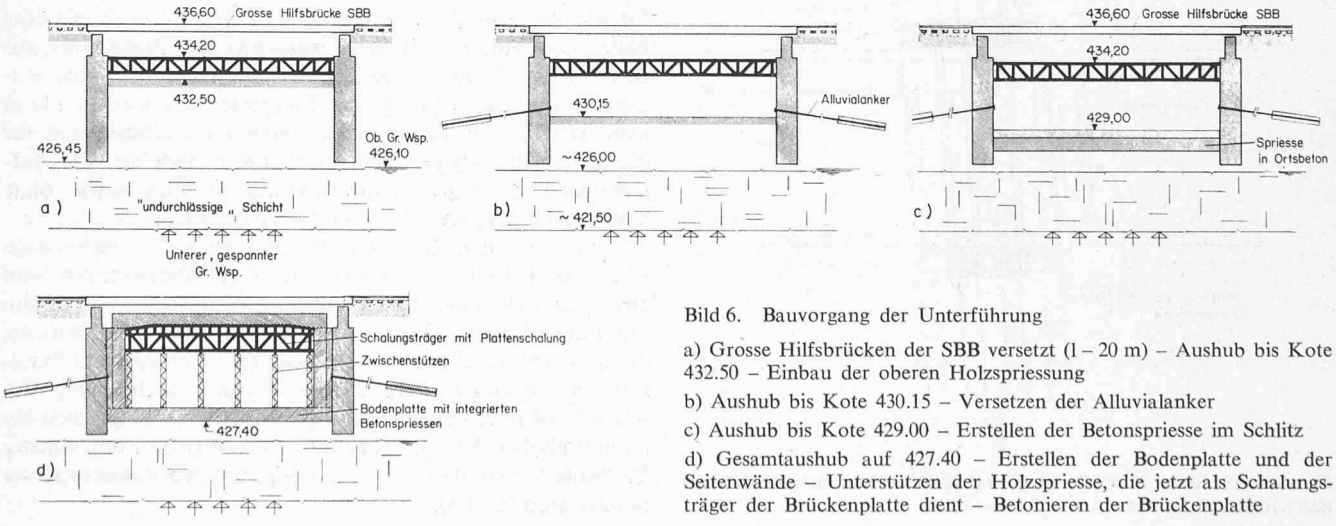


Bild 6. Bauvorgang der Unterführung

a) Grosse Hilfsbrücken der SBB versetzt (1 – 20 m) – Aushub bis Kote 432.50 – Einbau der oberen Holzspriessung

b) Aushub bis Kote 430.15 – Versetzen der Alluvialanker

c) Aushub bis Kote 429.00 – Erstellen der Betonspriesse im Schlitz

d) Gesamtaushub auf 427.40 – Erstellen der Bodenplatte und der Seitenwände – Unterstützen der Holzspriesse, die jetzt als Schalungsträger der Brückenplatte dient – Betonieren der Brückenplatte

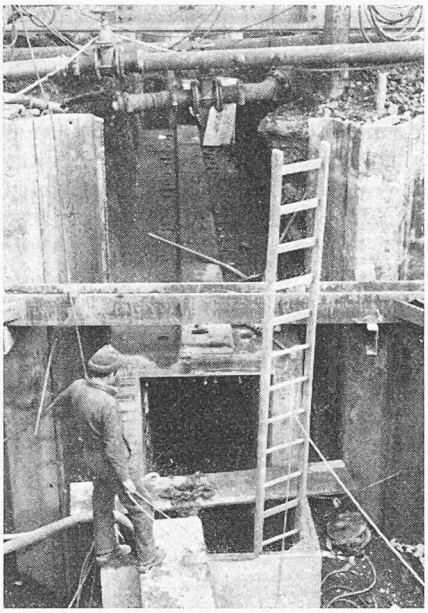


Bild 7. Auflagerwand Süd mit eingeschobener letzter Elementreihe und erfolgtem Aushub für den Auflagerkopf in Ortsbeton. Im Vordergrund der Zugang zu den unteren beiden Elementreihen

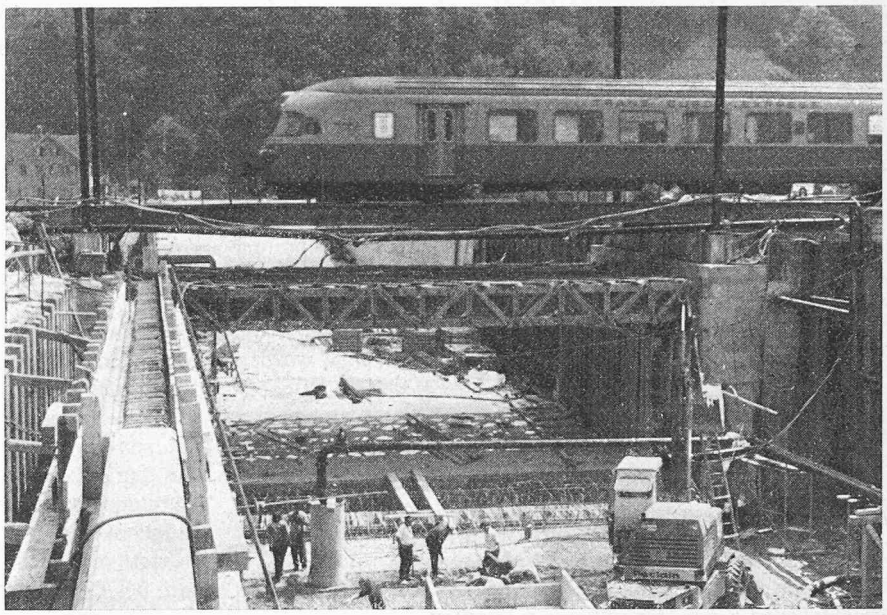


Bild 8. Auflagerwände mit Holzspriessung und den grossen Hilfsbrücken der SBB. Die Bodenplatte der Unterführung ist bereits betoniert. Im Vordergrund ist der Sammelkanal erkennbar

Die zweite Bauetappe, nämlich die Tiefenverdichtung des Bodens unterhalb der Aushubkote mit Hilfe des Rütteldruckverfahrens bewährte sich in ausgezeichneter Weise. Auf einer Fläche von 5500 m² wurden 37000 m³ Erdreich verdichtet, mit einer Materialzugabe von 5700 m³, was rd. 15% der verdichteten Kubatur entsprach. Bei 1600 Rüttelpunkten betrug die mittlere Fläche pro Rüttelpunkt 3,5 m²; bei einer mittleren Stärke der verdichteten Schicht von 6,5 m.

Die geforderte Garantie für die Sickerwassermenge in der Baugrube von 4 l/min/m² wurde stark unterschritten. Die effektiv eintretende Wassermenge lag im Maximum bei rd. 0,7 l/min/m². Die erreichte Verdichtung war so gut, dass das nachträgliche Schlagen der MV-Zugpfähle zur Aufnahme der Auftriebskräfte in den tieferen Partien der Rampen sogar einige Schwierigkeiten bereitete. Der darauffolgende Aushub, das Versetzen einer Lage Erdanker in den Spundwänden sowie die Erstellung des Eisenbetontroges erfolgte programmgemäss. Ebenso die Fertigstellungsarbeiten und das Ziehen der Spundwände im Rampenbereich.

Grundwasserabsenkung und Sicherheitsmassnahmen

Die erste Arbeit nach dem Rammen der Spundwände längs der Bahnlinie war das Injizieren einer Wanne unter dem Bahnkörper. Vom Scheitern dieser Arbeit und der daraus resultierenden Projektänderung ist bereits berichtet worden. Aus diesem Grund wurde eine *Grundwasserabsenkung* vorgenommen. Diese hatte man am Anfang vermeiden wollen, der grossen Durchlässigkeit des Baugrundes wegen. Man war sich bewusst, dass die Absenkung des Wasserspiegels nur mit grossem Aufwand zu erreichen sei. In der Tat mussten für das Absenken des Grundwassers im Bereich des Brückenbauwerks auf einer Fläche von wenigen hundert Quadratmetern *18 Filterbrunnen* abgeteuft werden. Die gesamte Pumpleistung betrug im Maximum 35000 l/min, mit Fördermengen der einzelnen Pumpen von 200 bis 5000 l/min. Die grösste Absenkung im Bereich der Unterführung betrug etwa 9 m.

Die Notwendigkeit, jeden Unterbruch in der Pumparbeit auszuschliessen führte zu umfangreichen *Sicherheitsmassnahmen*. Sämtliche Pumpen wurden an zwei unabhängige Stromnetze, mit automatischer Umschaltung von einem Netz auf das andere angeschlossen. Ferner standen Ersatzpumpen sowie eine Notstromgruppe bereit, die während eines grösseren Gewitters auch prompt zum Einsatz kam, nachdem in kurzem Abstand nacheinander beide Elektrizitätsnetze ausgefallen waren. Die Baustelle wurde während Tag und Nacht von der Bauleitung und der Unternehmung unter der Verfügstellung der nötigen Spezialisten wie Elektriker und Mechaniker überwacht.

Pressvortrieb

Nach dem Erreichen der notwendigen Absenkung des Grundwasserspiegels wurde mit dem Pressvortrieb in Tag- und Nachtarbeit begonnen. Diese Arbeiten wickelten sich überraschend gut und ohne Störung ab, obschon es sich um eine relativ neue Arbeit handelte, für welche nur wenige Erfahrungen direkt übernommen werden konnten.

Einige Probleme, haben sich dennoch ergeben. Das Auftreten von *Schwefelwasserstoffgasen* machte eine Lüftung der Vortriebstollen nötig. Ferner lag beim Einpressen der untersten Elementreihe der Grundwasserspiegel doch noch nicht tief genug, um kleinere Wassereintritte zu ermöglichen. Sie liefen aber ohne grössere Ausschwemmungen ab.

Der Aushub in den Hohlkasten wurde von Hand vorgenommen, während die hydraulischen Pressen die Elemente mit Kräften von etwa 600 t nach vorne drückten. In einzelnen Zonen, wo die Injektionen zu lokalen Bodenverfestigungen geführt hatten, musste der Aushub mit Hilfe des Presslufthammers erfolgen.

Provisorische Auflagerwände

Am 25. Januar 1973 wurde im südlichen Pressschacht die Spundwand angeschnitten und das erste Element angesetzt, wobei etwas Material entlang der Spundwand nachsackte. Am 12. Februar konnte auch die Pressarbeit im nördlichen Schacht begonnen werden. Nach dem Einpressen der Elemente wurden die Auflagerköpfe für die Hilfsbrücken gegossen, die vertikalen Vorspannstangen sowie die horizon-

tale schlaffe Armierung eingebracht und die Elemente mit Beton aufgefüllt (Bild 7). Mit dem Vorspannen der Elemente waren die beiden Auflagerwände erstellt. Diese Arbeiten wurden im Schutze kleiner *Hilfsbrücken* der SBB ausgeführt um jede Gefährdung des Bahnverkehrs, der mit 50 km/h rollte, auszuschliessen. Bereits Ende März 1973 konnten die grossen Hilfsbrücken über das ganze Bauwerk verlegt werden. Unter den grossen Hilfsbrücken erfolgte dann der Gesamtaushub, wobei entsprechend dem Fortschreiten der Arbeit die seitlich des Bahndammes verlaufenden Spundwände abgebrannt wurden (Bild 8).

Die Schalungsträger für die künftige Brückenplatte, die jetzt als oberste Spriesse der Auflagerwände dienten, wurden sofort eingebaut. Etwas tiefer wurde eine Reihe von Bodenankern versetzt und schliesslich die unteren Betonstreben, die vor Beendigung des Aushubes erstellt werden mussten und anschliessend in die Bodenplatte der Brücke einbetoniert wurden.

Zur Aufnahme des Auftriebes musste die Brücke mit den letzten Elementen der beiden Zufahrtsrampen schubfest verbunden werden, damit die ausserhalb des Bahndammes geschlagenen Zugpfähle mitwirken konnten.

Dank den günstigen Platzverhältnissen im Schutze der beiden Auflagerwände und der schon versetzten Schalungsträger, liess sich der Bau der eigentlichen Unterführung in kurzer Zeit fertigerstellen.

Hydraulischer Grundbruch

Westlich der Bahnbrücke, im Bereiche des letzten Elementes der Zufahrtsrampe, musste noch der Graben für die Vertiefung in der Bodenplatte ausgehoben werden. Diese Rinne soll im Betriebszustand das anfallende Regen- und Sickerwasser in den Pumpenschacht leiten. Der Graben, der knapp zwei Meter tief ist, wurde im Schutze zweier Spundwände ausgehoben. Obschon in diesem Bereich die im Rütteldruckverfahren verdichtete Zone auf Kote 413.00 vertieft worden war, vermochte der untere auf 431.50 m gespannnte Grundwasserspiegel nach etwa halbem Aushub durchzubrechen.

Der *hydraulische Grundbruch,* der sich rasch gegen Westen ausweitete, konnte durch das Ansteigenlassen des oberen Grundwasserspiegels und durch Schütten von Kies zum Stillstand gebracht werden. Die Aufbruchzone hatte zuletzt eine Fläche von etwa 20 m² erreicht. Es handelte sich um einen Grundbruch infolge des gespannten Grundwassers, weil beidseitig der neu erstellten kurzen Spundwand Wasseraustritte mit Ausschwemmungen aus der unteren Schicht zu beobachten waren.

Die eigentliche Ursache des Aufbruches war nicht mit völliger Sicherheit abzuklären. Möglicherweise zeigte sich eine schwache Stelle in der verdichteten Masse, um einem durchgehenden Wasserfluss Durchgang zu bieten. Vielleicht ist auch durch das Schlagen der sekundären Spundwand eine Störung des Gefüges in der verdichteten Masse eingetreten. Die rechnerische Sicherheit betrug an der Stelle des Aufbruchs 1,6 bis 1,8 und war somit reichlich.

Da in dieser Zone die Baugrubenabschlüsse der Wanne aus mehrfach verankerten und eingespannten Spundwänden bestanden, mussten wegen der Gefahr einer Überbeanspruchung der Anker infolge des Wegfalles eines Teiles des passiven Erddruckes im Innern der Baugrube sofort Massnahmen ergriffen werden. Diese bestanden darin, innerhalb der Baugrube zwei zusätzliche 16 m lange Filterbrunnen mit Durchmessern von 100 cm abzuteufen. Verschiedene andere Möglichkeiten wurden in Zusammenarbeit mit dem IGB erörtert, erwiesen sich aber als zu aufwendig oder im Rahmen des Bauprogrammes nicht durchführbar.

Aus den beiden Filterbrunnen wurde eine totale Pumpmenge von 10000 l/min entnommen, was zu einer Entspannung des unteren Grundwasserspiegels von 431.50 m ü.M. auf 425.0 bis 426.0 m ü.M. im Bereich der gefährdeten Zone führte. Damit konnte der Sammelkanal und der Rest des letzten Rampenelements betoniert werden. Die beiden Filterbrunnen wurden erst ausser Betrieb gesetzt und abgedichtet, als die vollendete Unterführungskonstruktion den Auftrieb zu übernehmen im Stande war.

Nach Beendigung der anschliessenden Fertigstellungsarbeiten konnte das Bauwerk am 1. August 1973 dem Transitverkehr nach Süden übergeben werden.

Bauherrschaft:	Kanton Uri
Oberbauleitung:	Bauamt des Kantons Uri, Altdorf
Projekt und Bauleitung:	*Ingenieurgemeinschaft Dr. Lombardi & Balestra, Flüelen*
Beratung in Grundbaufragen:	*Institut für Grundbau und Bodenmechanik, ETHZ (Ing. Linder)* Projektbearbeiter: Ing. *R. Frey*
Bauausführung:	*EBAG, Emil Baumann AG, Altendorf*
Bodenverdichtung:	*Schafir und Mugglin AG Zürich*
Pressvortrieb:	*H. Wenger AG, Thun*
Adresse des Verfassers:	Dr. G. Lombardi, 3, Via Ciseri, 6601 Locarno

Stand und Verlauf der Bauarbeiten am Gotthard (II)[1]

DK 624.192

Los Nord

Die Ausführung des Bauloses Nord wurde im Juni 1969 der *Arbeitsgemeinschaft Gotthard-Strassentunnel Nord (AGN),* bestehend aus den Firmen *AG Conrad Zschokke,* Zürich (Federführung), *AG Heinrich Hatt-Haller,* Zürich, *Schafir & Mugglin* AG, Liestal, *Ed. Züblin & Cie. AG,* Zürich, *Subalpina SA,* Lugano, *Bau AG,* Erstfeld und *Val. Sicher AG,* Gurtnellen übergeben. Die technische Leitung liegt in den Händen der Firmen Zschokke und Hatt-Haller, die kaufmännische Leitung obliegt der Firma Schafir & Mugglin.

Mit den *Installationsarbeiten* wurde *Mitte Juli 1969,* mit dem *Voreinschnitt* und anschliessendem *Vortrieb des Sicherheitsstollens* im Lockergestein im *September 1969* und mit dem *Vortrieb des Tunnels* in der 150 m langen Lockergesteinszone *Mitte Oktober 1969* begonnen.

[1]) Vergleiche «Schweizerische Bauzeitung», Nr. 13, 14, 1976

Sicherheitsstollen

Nach Durchfahrung der vorgelagerten *Schuttstrecke* verlief der Vortrieb im Aaregranit und im Gneis programmgemäss; die mittleren Tagesleistungen betrugen 12 bis 13 m. Bei Erreichen der *Urserenzone* (Permokarbon/Mesozoikum) zeigte sich, dass die geologisch/geotechnischen Verhältnisse schlecht waren, wie dies schon anlässlich der seinerzeitigen Durchörterung mit dem Bahntunnel festgestellt worden war. Das Stollenprofil musste mit *Stahleinbau auf etwa 300 m Länge* mehrmals verstärkt und daselbst auf grosse Strecken in einem *Hufeisenprofil mit gewölbtem Sohlenbeton* abgeändert werden. Die schlechten geotechnischen Verhältnisse erforderten zusätzliche Massnahmen, unter anderem zeitraubende *Konsolidierungs-Injektionen* der Strecke von km 4,205 bis km 4,235, die vier Monate dauerten. In dieser Zeit wurden die Vortriebsequipen für einen Sondierstollen in der Axe des Haupttunnels eingesetzt. Südlich der Urserenzone, d.h. ab km 4,435,