

**Zeitschrift:** Schweizer Ingenieur und Architekt  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 112 (1994)  
**Heft:** 44

**Artikel:** Die Bewältigung der Serpentinizone in der Zweispurstrecke  
Vereinatunnel Nord  
**Autor:** Amberg, Rudolf  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-78552>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 15.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Die Bewältigung der Serpentinizone in der Zweispurstrecke Vereinatunnel Nord

**Gleich beim Anfahren der Serpentinite im Gewölbevortrieb, bei dem sich übrigens ein kaum vermeidbarer kleinerer Niederbruch ereignete, zeigte es sich, dass dieses kohäsionsarme, tektonisierte und zersetzte Gebirge mit den üblichen Ausbruchs- und Sicherungsmethoden kaum beherrschbar war.**

Die Nachbrüchigkeit des Gewölbebereichs entsprach teilweise einer Standzeit 0, und bereits in der Ausbruchsphase setzten grössere seitliche Deformationen ein, die im Abstand von 10–30 m von der Ortsbrust bereits 20–25 cm, im Maximum bis 35 cm im Radius betrug.

## Suche nach einer Sicherungsmethode

Die Deformationen gefährdeten die an sich geringe Standfestigkeit der Ortsbrust, so dass nach einer Sicherungsme-

thode gesucht werden musste, die eine Ausbruchsleistung gestattete, die sozusagen den grossen Deformationen vor-

---

VON RUDOLF AMBERG,  
SARGANS

---

auseilte. Mit anderen Worten heisst dies, es musste unbedingt vermieden werden, dass die einsetzenden Deformationen infolge einer zu geringen Vortriebsleistung bereits im Brustbereich wirksam werden konnten. Damit wäre die an sich sehr schlechte Standfestigkeit dieses Bereichs noch schlechter ge-

worden, was zu grösseren Zusammenbrüchen geführt hätte. Es gelang jedoch, die 498 m lange Serpentinistrecke ohne Niederbrüche auszuberechnen, abgesehen von kleineren Überprofilbildungen im Dezimeterbereich.

Die in anderen Fällen oft bewährte Ringschlussmethode wäre zu langsam gewesen und hätte zudem die Stabilität der Gewölbesicherung während des Strossabbaus gefährdet, abgesehen vom Problem der Standfestigkeit der vergrösserten Ortsbrust. Es war aber auch klar, dass ein starrer Unterstützungseinbau, der den Gebirgsdrücken standgehalten hätte, zu enormen Aufwendungen geführt hätte, abgesehen von den Problemen der Handhabung. Zunächst wurde der Bereich über dem Gewölbe durch 6 m lange, im Abstand von rund 1,5 m versetzte Injektionslanzen mit Polyurethan verfestigt. Eine Gewölbeverfestigung mit Injektionszement kam nicht in Frage, nachdem die im Versuchsstollen Hagerbach durchgeführten Haftzugversuche für eine Vorausverfestigung zu geringe Werte ergeben haben.

Im Schutze des derart verfestigten Ge-

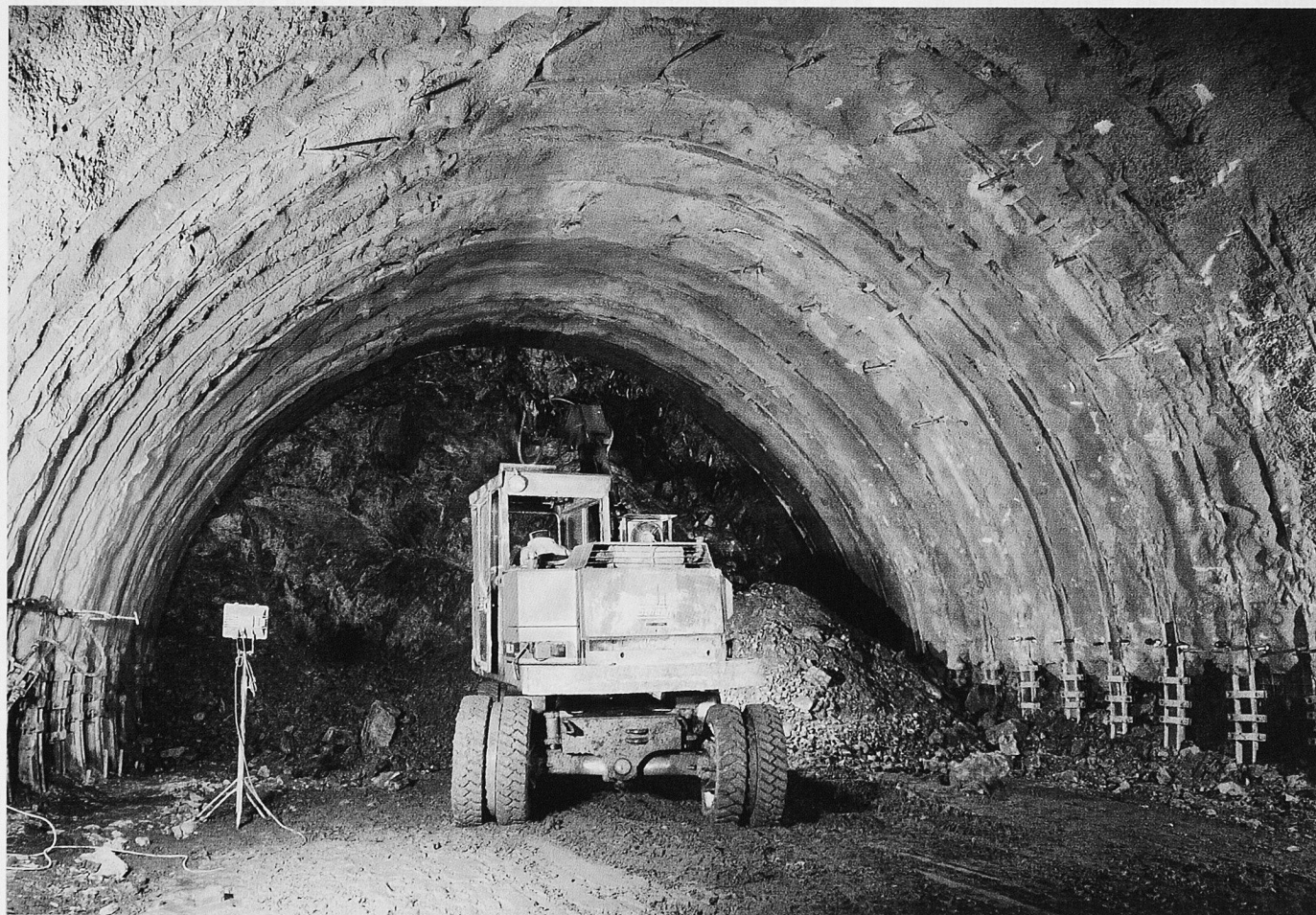


Bild 1. Gewölbeausbruch mit hydraulischem Abbauhammer und Lanzen für Vorausinjektionen



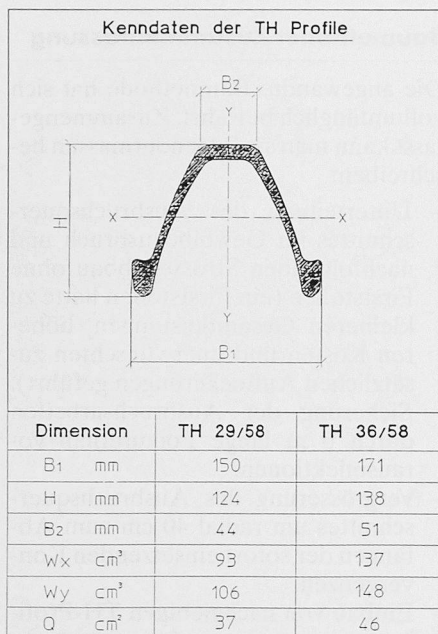


Bild 2. Kenndaten für TH-Profile

wölbes erfolgte der Ausbruch mit einem Schlagkopfhämmer, wobei sich oft nach wenigen Schlägen grosse Gesteinsmassen aus der Ortsbrust lösten. Man konnte aber auf diese Weise Form und Neigung der Ortsbrust im günstigen Sinne beeinflussen (Bild 1).

### Vorteile der TH-Rinnenprofile

Durch die Verwendung von TH-Rinnenprofilen als Unterstützungseinbau war es möglich, das Ausbruchprofil im Radius des Gewölbes durch Auseinanderziehen der ineinander gelegten TH-Profile um 40 cm zu vergrössern (Bild 2). Dadurch wurde Raum geschaffen, um die kurz nach dem Ausbruch einsetzenden Deformationen aufzufangen. Zumindest wurde aber auch Zeit gewonnen für Felssicherungszusatzmassnahmen, ohne dass es zur Bildung von Unterprofilen kommen konnte, deren Aufwältigung zu grossen, nicht zuletzt auch kostenmässigen Problemen geführt hätte.

Die TH-Rinnenprofile wurden derart verlascht, dass sie sich unter der Wirkung des Deformationsdruckes ineinanderschieben konnten. Der Einschubwiderstand kann dabei den praktischen Erfordernissen entsprechend angepasst werden. Es zeigte sich, dass Einschübe, die einer radialen Deformation von 30–35 cm entsprachen, von den relativ leichten Stahlprofilen (36 kg/m) ohne wesentliche Verformungen aufgenommen werden konnten. Dabei wirkte sich das ausgeglichene Verhältnis der Widerstandsmomente  $W_x:W_y$  positiv aus, während dieses Verhältnis bei den sonst üblicherweise eingesetzten HEB-Trä-

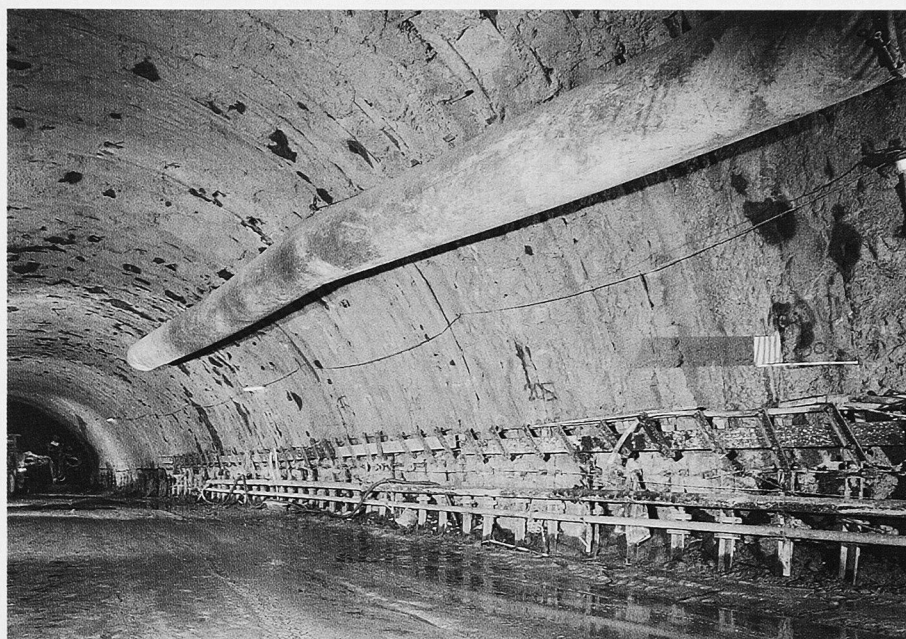


Bild 3. Längsträger mit Injektionsankern, Schösser der TH-Bögen über der Ausbruchssohle. Blick gegen Vortriebsbrust

gern ungünstig liegt. Nebenbei sei noch bemerkt, dass die Vormontage des TH-Einbaus ineinandergeschoben auf dem Tunnelboden erfolgen kann. Das Aufstellen und Auseinanderziehen benötigt wenig Zeit. Entsprechend dem erreichbaren Grad der Vorausverfestigung wurde ein Bauabstand von 70 cm gewählt, der auf der ganzen Länge der Serpentinistrecke beibehalten werden konnte. Als Verzug wurden Armierungsnetze verwendet, die eingespritzt wurden. Es war zu erwarten, dass der Spritzbeton die Deformationen nicht bruchfrei überstehen werde. Trotzdem wurde auf die Erstellung von Längsausparungen, die sich in solchen Fällen oft bewährt haben, verzichtet und zwar vor allem wegen der oft extremen Kleinbrüchigkeit der Serpentine.

### Gebirgsverfestigung mit Epoxidharz

Die Serpentine wechselten ihre Eigenschaften in kurzen Abständen auf Grund ihrer petrographischen Unterschiedlichkeiten. Um diesbezüglich einen Standfestigkeits- und Wirksamkeitsausgleich des nachgiebigen TH-Ausbaus zu erreichen, wurden Längsträger mit 6 m langen Selbstbohrinjektionsankern oberhalb der Profilverlängerung versetzt (Bild 3). Die Injektion mit einem modifizierten Epoxidharz verfestigte das Gebirge, wobei die Wegsamkeit für die Injektionen durch die Deformationen wesentlich erhöht wurde. Die damit verbundene Kohäsionserhöhung des Gebirges führte zu einer sofortigen Abflachung der Deformationen. Die TH-Profile wurden zudem mit zusätzlichen zwei GFK-

Rohrarkern, die ebenfalls mit Epoxidharz ausinjiziert waren, zurückgebunden, was zudem auch einer Nachinjektion entsprach. Durch diese Massnahmen sollte erreicht werden, dass die Stabilität der Felssicherung des Gewölbes während des Strossenabbaus aufrechterhalten werden konnte. Die Injektionen erzeugten eine 6–7 m breite verfestigte Zone im Gebirge und damit ein breites Auflager des Gewölbes vor dem nachfolgenden Strossenabbau. Der Strossenabbau gestaltete sich in der Folge problemlos und löste im Gewölbebereich lediglich Deformationen im cm-Bereich aus. Gestaffelt wurde jeweils links und rechts der halbe Stross abgebaut, der Stahleinbau unterfangen

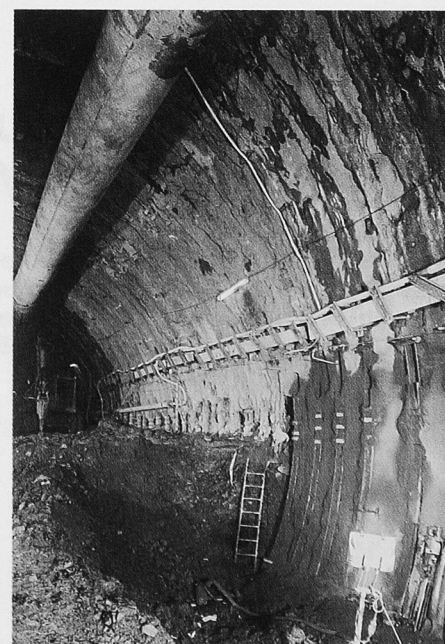


Abbildung 4. Strassenabbau mit Verlängerung der Gewölbebögen

und der Verzug eingespritzt (Bild 4). In gleicher Weise wie im Gewölbe kamen Längsträger zum Einsatz. Ebenso sorgten Epoxidinjektionen für eine Gebirgsverfestigung bis in den Auflagerbereich des Vollprofils.

Schon während der Strossabbauarbeiten konnte festgestellt werden, dass die nach unten gezogene Gebirgsverfestigung Sohlenhebungen weitgehend verhinderte. Extensometermessungen (5, 10 und 15 m) zusammen mit Distometerkontrollen bestätigten diese Feststellung, indem das Mass der Hebungen unter 2 cm blieb. Es durfte somit gewagt werden, das Sohlgewölbe halbseitig links und rechts gestaffelt einzubauen mit einer Verlaschung der Stahlbogen in der Mitte. Beim Einbau der Stahlsohlbogen wurde speziell auf eine vollständige Betonumhüllung derselben geachtet. Wiederum gelang es, das Sohlgewölbe und die Betonsohle ohne Unterbrechung der Ausbruchsarbeiten einzubauen.

#### Vorteile der gewählten Felssicherung

Die Felssicherung hatte zu einer weitgehenden Stabilisierung des Hohlraumes geführt, wobei bei den Injektionen aufgrund der Eigenschaften der verwendeten Kunststoffe von einer hohen Alterungsbeständigkeit ausgegangen werden kann. Ohne die Gebirgsverfestigung durch die Kunststoffinjektionen wäre die Durchörterung der Serpentinistrecke in der erreichten Zeit

mit Tagesleistungen von 2–2,5 m nicht möglich gewesen. Die Stabilisierung des Hohlraumes hätte dabei zu sehr grossen Problemen geführt, deren Lösung entsprechend hohe Kosten verursacht hätte. Die an sich zwar relativ teuren Injektionsmittel haben jedoch einen Bauvorgang ermöglicht, der insgesamt billiger war als die üblichen Methoden. Es hat sich wieder einmal gezeigt, dass nicht der Einzelpreis eines Baumaterials alleine massgebend ist, sondern der Laufmeterpreis, der mit dessen Verwendung erzielt werden kann.

Wie schon ausgeführt, sind die eingesetzten Kunststoffe alterungsbeständig. Ihre Wirksamkeit bleibt erhalten. Damit kann es gewagt werden, die Serpentinistrecke einschalig auszubauen. Einzig die TH-Stahlprofile könnten durch Korrosion mit der Zeit geschwächt werden. Dieser Tatsache wird durch folgende Massnahmen begegnet:

- Entfernung zerbrochener Spritzbetonteile zwischen den Einbaubögen
- Erstellen einer neuen Spritzbetonschicht
- Zementinjektionen zur Füllung von Rissen insbesondere im Bereich der Einbaubögen
- Aufbau eines armierten Innengewölbes von 20 cm Stärke, dessen Tragfähigkeit allfällige Korrosionsschwächungen des Stahleinbaus ausgleicht.

Es bleibt zu bemerken, dass die Injektionen die Serpentinistrecke, deren Wasserführung an sich gering war, vollständig trockengelegt haben.

#### Baumethode: Zusammenfassung

Die angewandte Baumethode hat sich vollumfänglich bewährt. Zusammengefasst kann man sie folgendermassen beschreiben:

- Unterteilung des Ausbruchsquerschnittes im Gewölbeausbruch und nachfolgenden Strossenabbau ohne Firststollen (ein Firststollen hätte zu kleineren Gesamtleistungen, höheren Kosten und unerwünschten zusätzlichen Auflockerungen geführt).
- Sicherung der Ausbruchsarbeiten durch 6 m lange Polyurethan-Vorausinjektionen.
- Vergrösserung des Ausbruchsquerschnittes um radial 40 cm zum Abfangen der sofort einsetzenden Konvergenzen.
- Einbau von nachgiebigen TH-Profilen zur verformungsfreien Aufnahme von Konvergenzen.
- Gebirgsverfestigung durch Injektionen mit Epoxidharzen. Längsträger zur Erzielung eines gleichmässigen wirksamen Ausbauwiderstandes am Gewölbefuss.
- Links und rechts gestaffelter Strossen und Sohlgewölbeausbruch. Längsträger oberhalb Sohlgewölbe. Gebirgsverfestigung im Bereich des Widerlagers.

Adresse des Verfassers: Dr. Ing. h.c. R. Amberg, Amberg Ingenieurbüro AG, Rheinstrasse 4, 7320 Sargans

## Qualitätssicherung bei Zugwald- und Vereinatunnel

**Seitdem namhafte öffentliche Bauherren erklärt haben, ab 1996 für grössere Projekte nur noch Firmen zu berücksichtigen, welche über ein QS-System verfügen, sind die Begriffe QS-System, Qualitätsmanagement und Qualitätssicherung allgegenwärtig.**

Einige Planungsbüros und Baufirmen sind bereits im Besitz des entsprechenden QS-Zertifikates, viele Betriebe

VON HANS C. SCHMID,  
SARGANS

haben entsprechende Schritte für die Zertifizierung eingeleitet. Neu ist die «Sache» mit der Qualitätssicherung

freilich nicht. Gut geführte Firmen aus allen Branchen setzen seit jeher Massnahmen zur Planung, Lenkung, Steuerung und Kontrolle der Qualität ein. Eine optimale Qualitätssicherung soll die Entstehung von projektkonformen Produkten sicherstellen, und die aus Fehlern, Ineffizienz und unnötiger Perfektion entstehenden Kosten so weit als möglich vermeiden. Dabei gilt folgender Grundsatz: Die Qualitätssicherung

darf etwas kosten, aber die gesamten Kosten des Produktes oder Projektes sollen durch eine optimale Qualitätssicherung gesenkt werden.

#### Zielsetzung

Die geeigneten QS-Massnahmen müssen produkt- beziehungsweise projektspezifisch festgelegt werden. Für den Zugwald- und Vereinatunnel wurde die Qualitätssicherung vom Projektverfasser konzipiert. Die Ausführung und Überwachung derselben obliegt grösstenteils der Bauleitung. Das eingesetzte QS-System berücksichtigt den im obigen Abschnitt erwähnten Grundsatz. Die Zielsetzung wurde aber noch erweitert: Die eingesetzten QS-Massnahmen sollen die sichere, projektkonforme, termin-, vertrags- und kostenge-