

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

**Artikel:** Qualitätssicherung bei Zugwald- und Vereinatunnel  
**Autor:** Schmid, Hans C.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-78553>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 29.01.2025

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

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. Wiederrum 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-

rechte Erstellung des Bauwerkes fördern. Zudem müssen alle wichtigen, für den Nachweis der projektkonformen Ausführung relevanten Eigenschaften des ausgeführten Werkes angemessen dokumentiert werden.

Zur Qualitätssicherung am Zugwald- und Vereinatunnel gehört somit weit mehr als nur der Nachweis der Qualität der eingesetzten Materialien. Sie umfasst vielmehr die Überwachung aller Tätigkeiten, welche für die Entstehung und die definitiven Eigenschaften des Bauwerks von Bedeutung sind. Manche der eingesetzten QS-Massnahmen sind ausserdem wichtige Führungsmittel für die OBL. Am Vereina werden die folgenden wichtigsten QS-Massnahmen eingesetzt:

- Termin- und Kostenkontrollen
- Absteckungs- und Vermessungskontrollen
- Profilkontrollen
- Messtechnische Überwachung des Baugrundes
- Gasmessungen
- Kontrolle des Bergwassers
- Materialkontrollen

Dazu werden von der Bauleitung folgende Kontrollen ausgeführt und Berichte verfasst:

#### Termin- und Kostenkontrolle

Schriftlicher Wochenrapport über den Vortriebsfortschritt sowie über die Kosten des Vortriebs und jene der Ausbruchssicherung der aufgefahrenen Tunnelstrecke; Vergleich der gemäss Werkvertrag vorgesehenen Kosten mit den effektiven Kosten, sowohl für die Berichtsperiode als auch kumuliert. Die Daten stehen in der Regel am Mittwoch für die Vorwoche zur Verfügung.

Monatsbericht über den Arbeitsfortschritt beim Vortrieb und Ausbau des Tunnels sowie über den Fortschritt der Arbeiten übertag. Der Monatsbericht erscheint spätestens am zehnten Tag des Folgemonats.

Quartalsbericht über den Stand der Arbeiten sowie über den Kostenstand und die Kostenentwicklung bei den verschiedenen Tunnelbaulosen und für das Gesamtbauwerk. Darstellung der Kostensituation mittels Zahlen und Grafiken. Der Quartalsbericht erscheint einen Monat nach Quartalsende.

Laufende Aufschreibung der vortriebsrelevanten Daten und Festhaltung von allen eingesetzten Sicherungs- und Ausbaumitteln (in Planform); vereinfachte Ermittlung der Tunnelkosten aufgrund dieser Bauaufschreibung; Vergleich mit den im Werkvertrag vorgesehenen Kosten.

#### Felssicherungs-Spritzbeton B 40/30, PCHS 425 kg/m<sup>3</sup>, W, F

##### Statistische Auswertung

Bohrkerndruckfestigkeit nach 28 Tagen:	Mittelwert 41.1 N/mm <sup>2</sup> Standard-Abweichung: 6.1 N/mm <sup>2</sup>
Frostbeständigkeit FS	: Hoch (Mittelwert 1.5)
Wasserdichtigkeit gem. DIN 1048	: mittel bis hoch (mittlere max. Eindringtiefe 31 mm)

Tabelle 1. Statistische Auswertung Felssicherungs-Spritzbeton Baulos T2

#### Absteckungs- und Vermessungskontrollen

- Regelmässige Kontrolle der Absteckung des Unternehmers
- Periodische Kontrolle der Hauptvermessung des Unternehmers durch ein externes Vermessungsbüro. In Kurvenstrecken erfolgt die Kontrolle im Abstand von rund 250 m, in der Geraden im Abstand von rund 500 m.

#### Profilkontrolle

- Laufende Kontrolle des ausgebrochenen Hohlraumes durch Profilaufnahmen mit dem AMT Profiler 2000 im Vortriebsbereich
- Laufende Kontrolle des gesicherten und ausgebauten Tunnels durch Profilaufnahmen mit dem AMT Profiler 2000 im rückwärtigen Bereich des Tunnels

#### Messtechnische Überwachung des Baugrundes

Siehe separaten Beitrag von F. Amberg: «Messtechnische Überwachung».

#### Gasmessungen

- Laufende Kontrolle der Luft im Tunnel durch die automatisch und permanent messende Gasüberwachungsanlage. Diese Anlage ist mit mehreren Sensoren auf der Vortriebsausrüstung

sowie mit programmierbaren Steuerungs- und Regeleinheiten ausgestattet.

- Periodische Handmessungen zur Überprüfung der automatischen Messanlage.

#### Kontrolle des Bergwassers

- Systematische Entnahme und Untersuchung von Wasserproben im Tunnel; Kontrolle des Bergwassers vor allem auf Betonaggressivität.

- Periodische Kontrolle der Überläufe aus den Absetzbecken und den Betonanlagen sowie der Vorfluter ober- und unterhalb der Einleitung als Beweissicherungsmassnahme.

Die Berichterstattung über die Resultate der Wasseranalysen erfolgt halbjährlich.

#### Materialkontrollen

Im Vordergrund steht die Qualitätskontrolle des Spritzbetons. Zusätzlich werden die Betonfertigteile (Sohlüb- berge, Entwässerungs- und Kabelkanäle) überwacht. Im weiteren werden die aus dem Tunnelausbruch aufbereiteten mineralischen Baustoffe wie Betonzuschlagstoffe, Bahnschotter und Strassenkies I und II laufend kontrolliert. Die Prüfprogramme sind so konzipiert, dass allfällige Abweichungen von der «Normqualität» möglichst frühzeitig erkannt werden, und dass dadurch

Grafische Darstellung der Bohrkerndruckfestigkeit nach 28 Tagen

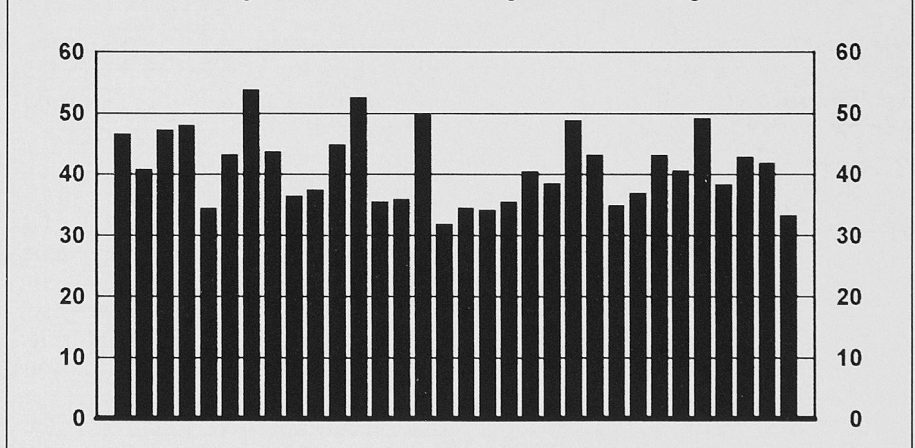


Bild 1. Grafische Darstellung von Bohrkerndruckfestigkeit nach 28 Tagen

frühzeitig korrigierend eingegriffen werden kann.

Für alle Betons/Spritzbetons mit besonderen Eigenschaften und alle zementgebundenen Baustoffe mit selbst aufbereiteten Zuschlagstoffen werden Vorversuche gemacht. Nachher wird die Fabrikation gemäss dem vom Ingenieur festgelegten Prüfprogramm und durch zusätzliche Stichproben überwacht. Es werden vor allem die folgenden laufenden Kontrollen und nachträglichen Prüfungen ausgeführt:

**Beton:** Frischbetonkontrolle, Würfeldruckfestigkeit und besondere

Eigenschaften wie Wasserdichtigkeit, Frostbeständigkeit usw.

**Spritzbeton:** Frischbetonkontrolle, Porenkennwerte, Bohrkern-Druckfestigkeit und besondere Eigenschaften, Ergiebigkeit und Rückprall.

**Fertigelemente:** Frischbetonkontrolle, Ausschallfestigkeit, Würfeldruckfestigkeit und besondere Eigenschaften.

Die Häufigkeit der laufenden Qualitätskontrollen ist auf die gestellten Anforderungen und die Wichtigkeit der Bauteile abgestimmt. Der Aufwand für die Betonprüfungen variiert demzufolge je nach Bauteil und Objekt beträcht-

lich. Der Gesamtaufwand der baubegleitenden Kontrollen des Festbetons und der Zuschlagstoffe stellt sich am Vereina im Mittel auf ungefähr auf 5 Promille der Baukosten der Betonkonstruktionen.

Die Resultate werden bauteilbezogen gesammelt und halbjährlich in Berichtform dokumentiert. Neben der Präsentation aller Einzelresultate werden diese statistisch ausgewertet und teilweise grafisch dargestellt (Bild 1).

Adresse des Verfassers: H. C. Schmid, dipl. Ing. HTL, Amberg Ingenieurbüro AG, 7320 Sarganz

## Messtechnische Überwachung

**Ein wichtiges Element der Qualitätssicherung beim Bau des Vereinatunnels ist die messtechnische Überwachung der Lockermaterialstrecken im Zugwaldtunnel und der Felsstrecke im Vereinatunnel. Im Vereinatunnel wird ferner ein neues System der seismischen Vorauserkundung eingesetzt.**

### Lockermaterialstrecken Zugwaldtunnel

Die messtechnische Überwachung der Lockermaterialstrecken des Zugwaldtunnels konzentriert sich auf die Erfas-

VON FELIX AMBERG,  
REGENSDORF

sung der Lage(n) und Bewegung(en) der Gleitfläche(n), da diese Angaben von grösster Wichtigkeit für die Fertig-

stellung der Tunnelröhre sind. Dabei kommen herkömmliche vermessungstechnische Hilfsmittel wie Nivellements und Polygonierung zur Anwendung. Bereits während der Ausbruchsarbeiten wurde festgestellt, dass sich entgegen den Slopemessungen kein eindeutiger Gleithorizont bestimmen lässt. Alle bisherigen Messungen zeigen ein wesentlich komplexeres Bild mit mehreren Bewegungsflächen, die noch keine abschliessende Beurteilung der Bewegungen zulassen.

### Felsstrecken Vereinatunnel

Die Felsstrecken des Vereinatunnels werden einschalig ausgebaut. Der messtechnischen Überwachung, mit der festgestellt werden soll, ob die eingebrachte Felsicherung zusammen mit dem Ausbau die Stabilisierung des Hohlraumes gewährleistet, kommt deshalb entscheidende Bedeutung zu.

Diese Überwachung muss folgende Kriterien erfüllen:

es muss sich der gesamte Tunnel abdecken lassen

völlige Freiheit in der Anordnung (bezüglich Tunnelmeter und im Querschnitt) und der Ausgestaltung (Art, Position und Anzahl der Sensoren) jedes Messquerschnittes

hohe Messdichte örtlich wie zeitlich.

Zum Einsatz kommt das Tunnel Net 400 der Amberg Messtechnik AG (A.MT), das folgende Charakteristiken aufweist:

modularer Aufbau. Bestandteile sind:

- eine Messstation (deckt 10 km Tunnel ab, Serieschaltung möglich)

- eine in Kabelschutzrohren eingespritzte Kabelverbindung durch den gesamten Tunnel

verschiedene AD-Wandler für die Mess-Sensoren (Extensometer, Temperatur usw.)

Die Mess-Sensoren lassen sich jederzeit und an beliebiger Stelle innerhalb des Systems anschliessen, wodurch eine grosse Freiheit im Aufbau des Systems gegeben ist und es sich optimal an die angetroffenen Verhältnisse anpassen lässt.

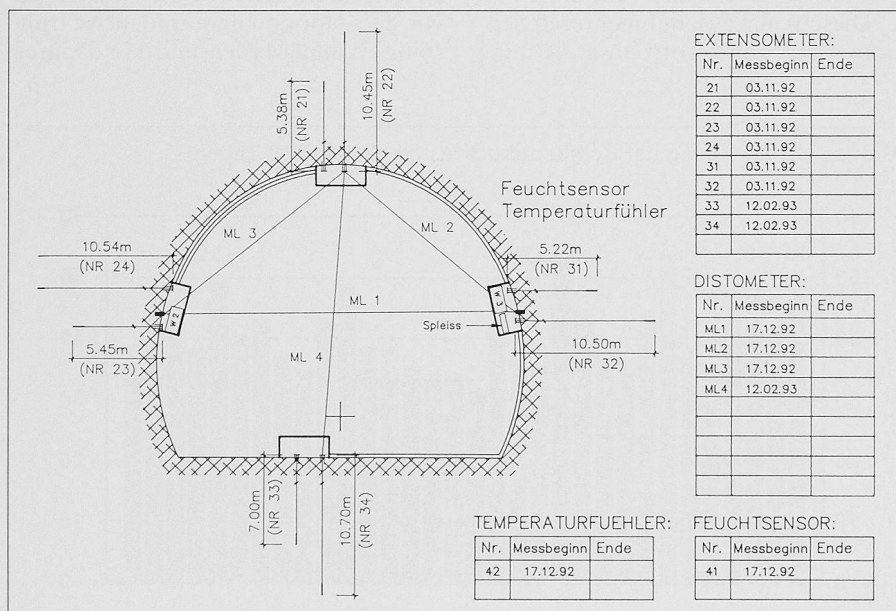


Bild 1. Messquerschnitt TM 795 im Vereinatunnel mit Blickrichtung Vortrieb