

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 105 (1987)
Heft: 47

Artikel: Geologie
Autor: Steiff, Peter / Meili, Paul
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-76754>

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: 29.03.2025

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

N3, Walenseeautobahn: Tunnel Quarten

Von H. Appenzeller, St. Gallen

Die Verwirklichung des rund 1,3 km langen, doppelröhrigen Tunnels Quarten bereitete in jeder Beziehung einige Sorgen. Die Erledigung einer Einsprache erforderte vier Jahre Zeit. Der Abschluss der Detailprojektierung und der Baubeginn erfolgten in diesem Bereich notgedrungen gegenüber den übrigen Abschnitten um diese Zeitspanne später. Von Anfang an stand diese Baustelle und die Baustelle des Sitenstudenviaduktes unter einem grossen Termindruck, da die Eröffnung der ganzen Walenseeautobahn von der rechtzeitigen Fertigstellung dieser anspruchsvollen Bauwerke abhing.

Nebst den üblichen Anlaufschwierigkeiten bei Beginn der Vortriebsarbeiten stellte man bald fest, dass das Material der Rheingletschermoräne auf lange Strecken zu kurze Standzeiten aufwies.

Es ereigneten sich an der Schildbrust Einbrüche, die sich teilweise bis zu Tagbrüchen ausweiteten. Das anstehende Material musste mindestens in den Bereichen der Überbauung künstlich verfestigt werden. Dies wurde mit Zementinjektionen von der Oberfläche aus und mit Polyuretan-Injektionen aus der Tunnelbrust erreicht. Zusätzlich wurden Vakuumfilterbrunnen zur Entspannung des Porenwasserdruckes angeordnet. Alle diese Massnahmen kosteten wiederum viel Zeit. Mit etlichen Monaten Verzögerung auf das ursprüngliche Bauprogramm konnte der Durchschlag der Nordröhre doch mit einem Hoffnungsschimmer gefeiert werden: auf den letzten Metern wurde ein neues Verfestigungsverfahren – *Jetpfähle* – erfolgreich getestet.

In der Folge wurde vor dem Ausbruch

der Südröhre in den bekannten, kritischen Bereichen das lockere Material vorsorglicherweise mit Jetpfählen durchsetzt. Der Vortrieb konnte anschliessend zügig und ohne grosse Probleme abgewickelt werden. Die verlorene Bauzeit in der Nordröhre wurde praktisch aufgeholt.

Ende Mai 1986 wurde diese Tunnelröhre am Walensee durchschlagen. Somit war die letzte kritische Bauphase abgeschlossen. Der Zeitplan für die Fertigstellung der gesamten Strassenanlage war von diesem Zeitpunkt an nur noch eine Frage des Einsatzes von Maschinen, Material und Arbeitskräften, ohne wesentliche unvorhergesehene Ereignisse berücksichtigen zu müssen.

Die Eröffnung der Walenseeautobahn konnte auf Ende November 1987 festgelegt werden.

Adresse des Verfassers: H. Appenzeller, dipl. Ing. ETH, Chef Nationalstrassenbüro N1, N3 und N13, Kanton St. Gallen.

Geologie

Von Peter Streiff† und Paul Meili, Rapperswil

Übersicht

Die Nationalstrasse N3 durchfährt längs des Walensees im westlichen Abschnitt Teile der Glarnerdecke, im östlichen Abschnitt Teile der Mürtchen- decke. Die Trennung der beiden Einheiten ist nicht mit Sicherheit zu erkennen. Sie kann sowohl im Bereich des Verrucanokomplexes von Murg als auch im Gebiet von Quarten verlaufen. Zwischen dem Talbach (Bild 1) und dem Tunnel Quarten sind über dem Dolomit Quartenschiefer aufgeschlossen. Die sandig-siltigen und zum Teil leicht tonigen roten Schiefer sind teilweise mit Scherflächen durchsetzt. Vom Lauibach (Bild 2) bis etwas über den Chammbach hinaus folgt ein Ge-

biet, in welchem der Fels abtaucht und darüber mächtige Ablagerungen von Rheingletschermoräne und dazwischengelagerten Bergsturzelikten auftreten. Das Material ist vorwiegend siltig-sandig-kiesig mit mässig grösseren Blöcken und einem meist niedrigen Tongehalt. Die Lagerungsdichte ist mittelfest bis sehr kompakt. Die Tagbaustrecke Eigis liegt noch zum Teil im Fels, während beim bergmännischen Vortrieb ausschliesslich Lockergesteine aufgeföhren wurden.

Innerhalb des Moränenkomplexes entlang des Walensees finden sich an mehreren Orten interstadiale Ablagerungen in Form von Seebodenlehmen, die bis auf eine Höhe von rd. 500 m ü. M. reichen (Tiefenwinkel bei Mühlehorn,

westlich des Tunnels Murgwald; westlich des Tunnels Quarten, Bild 1; oberhalb von Mols).

Der damals offenbar bestehende See muss ein beträchtliches Ausmass erreicht haben (Bild 3). Innerhalb dieser periglazialen Seeablagerungen wurden im Tunnel Quarten Fichtenstämme gefunden (Bild 4). Untersuchungen ergaben ein Alter von 43 000 bis 48 000 Jahren (Frühwürm).

Die beiden Tunnelröhren durchfahren auf ihrer ganzen Länge Moränen- und Bergsturzmateriale sowie örtlich Seebodenlehm. Bei den glazialen Ablagerungen handelt es sich um Rheingletschermoräne, Lokalmoräne und Seebodenlehm. Dazwischen liegt aufgearbeitetes Bergsturzmateriale. Das Moränenmateriale besteht aus Kiesen und Blöcken, die in siltig-sandiger und selten toniger Grundmasse eingelagert sind. Wasserführende Zonen und Linsen innerhalb der Lockergesteinsdecke in kaum bindigem Materiale führten zu

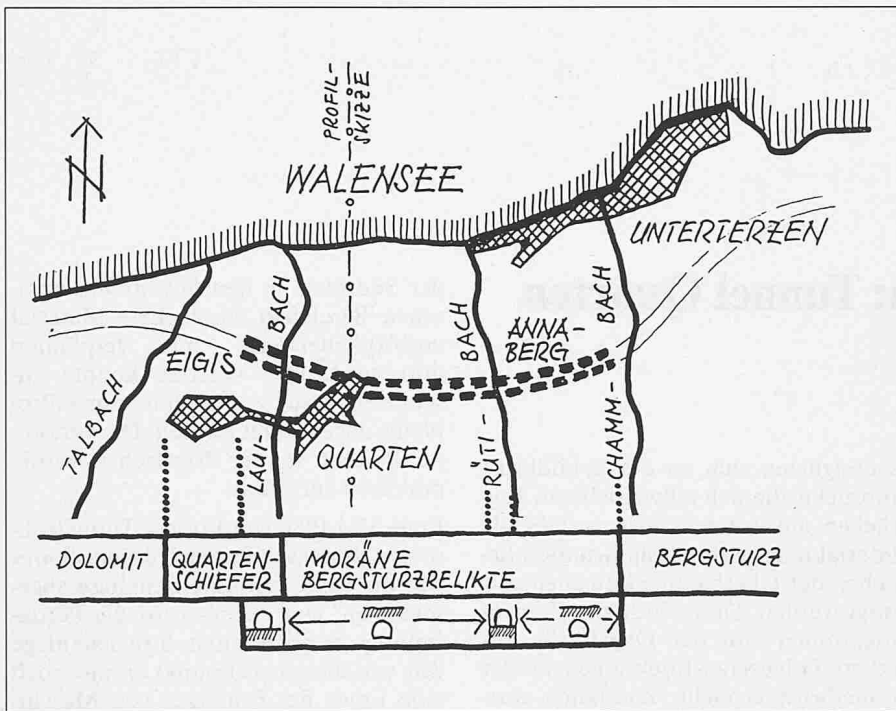


Bild 1. Übersichtsskizze

Bild 2. Vereinfachtes geologisches Längsprofil, Tunnel Quarten

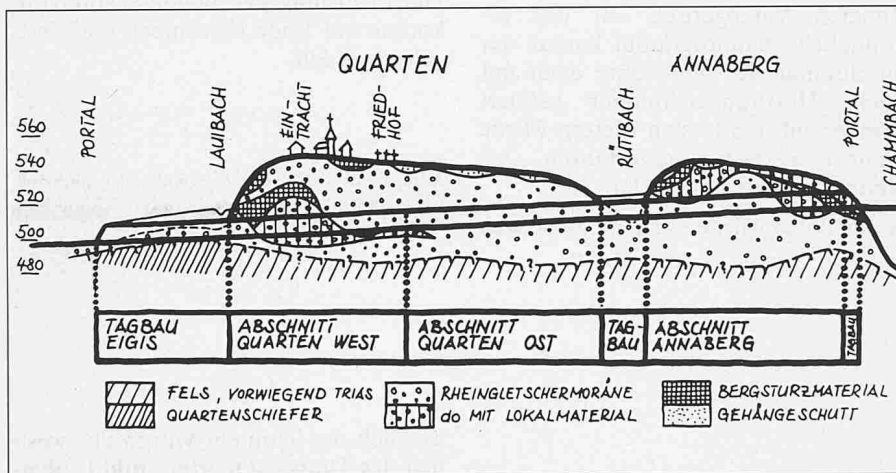
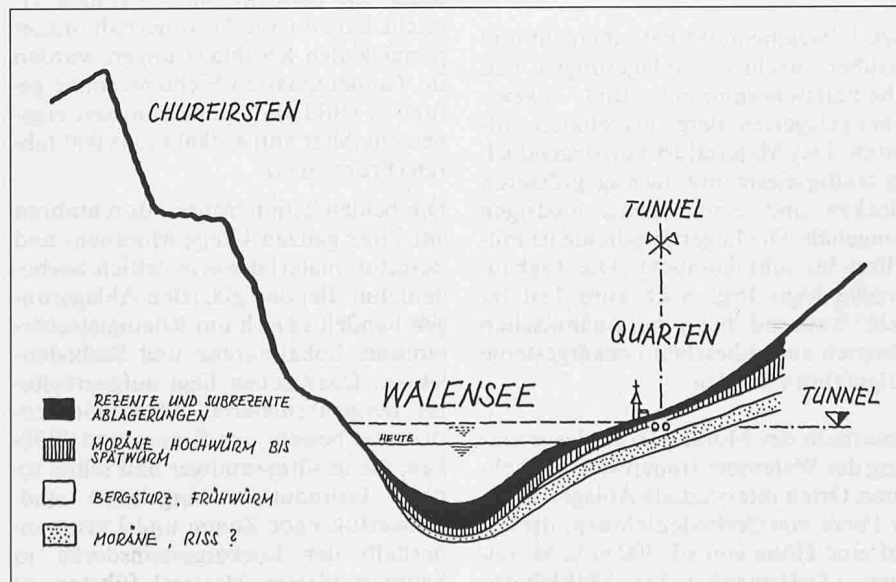


Bild 3. Profilskizze



Schwierigkeiten. Niederbrüche zwan- gen zu verschiedenen, den Vortrieb be- gleitenden Massnahmen.

Die Tunnelstrecke kann in drei Ab- schnitte unterteilt werden: Tagbaustre- ke Egis und zwei mittels einem Schild aufgefahrene bergmännische Strecken, die von einer kurzen Tagbaustrecke «Rütibach» unterbrochen wurden.

Tagbaustrecke Egis

Die steilen Hangpartien am bergsei- gen Rand des Trassees bestehen aus Quartenschiefern, die mit einer dünnen Humus- und Verwitterungsschicht überdeckt sind. Es handelt sich dabei vorwiegend um rote feinsandige Silt- steine und Silt-Tonschiefer mit meist geringem Kalkgehalt und gelegentli- chen Einlagerungen von Kalk- und Dolomitbändern sowie vereinzelten Sandsteinlagen. Das Gestein ist lagig- gebändert und oft bankig-plattig und bis in eine Tiefe von 1 bis 2 m verwittert und aufgelockert. Das Schichtfallen be- trägt 25 bis 35° gegen S bis SSE, dane- ben tritt ein ausgeprägtes Kluftsystm mit einem Fallen von 65 bis 75° in Richtung NNE bis NE auf. Weitere meist steilstehende Klüfte streichen mehr oder weniger senkrecht zum Hang.

Im unteren flachen Hangabschnitt liegt über dem Fels fast durchwegs Moräne in unterschiedlicher Mächtigkeit. Es handelt sich um in siltig-sandiger, meist schwach toniger Grundmasse eingela- gerte Kiese mit Blöcken bis 30 cm Durchmesser und wenigen grösseren Erratika. Die oberen Teile dieses Mate- rials sind aufgelockert bzw. aufge- weicht und zum Teil verschwemmt. In der Nähe des Lauibaches wurde über der Moräne Bach- und Rütenschutt so- wie verschwemmtes Moränenmaterial angetroffen; die Kiese und Blöcke bis über 40 cm Durchmesser sind in san- dig-siltiger Grundmasse und dünnen Lagen von Feinsanden eingelagert. Am Lauibach tritt auch grobblockiger Quartenschiefer- und Dolomitschutt auf, wobei diese vermutlich dem glazial aufgearbeiteten Felsuntergrund ent- stammen.

Im oberen Hangabschnitt liegt mei- stens direkt über dem Fels bzw. in fla- cheren Hangpartien über der Moräne eine meist nur geringmächtige Schicht von Gehängeschutt und Gehängelehm mit zum Teil sehr geringen Ramm- widerständen.

Diese Schichten sind stellenweise stär- ker durchnässt und am Hangfuss sind einige Quellwasseraustritte zu beobach-

ten. Der Chemismus des Wassers lässt keine aggressiven Eigenschaften erwarten, doch kann es zu leichten Kalkausscheidungen neigen.

Im westlichen Teil der Tagbaustrecke tritt im steileren Hangabschnitt eine Zone mit welliger Topographie auf, welche eine mögliche alte Rutschung anzeigt. Die Mächtigkeit der Lockergesteine beträgt jedoch nur 1 bis 2 m, das Material besteht aus leicht kiesigem Gehängelehm mit vereinzelt Blöcken. Die ermittelten Bodenkennwerte sind aus Tabelle 1 ersichtlich.

Bauausführungen

Der Materialabbau südlich der Tunnelröhren erfolgte ohne Schwierigkeiten. Der sprengtechnisch ausgeführte Felsabtrag mit einem Böschungswinkel von 5:1 musste lediglich mittels Netzen leicht gesichert werden.

Die beiden Schildwiegen und die Gewölbe der Tagbaustrecken wurden erstellt und die beiden Tunnelröhren nachträglich hinterfüllt.

Untertagbaustrecken Lauibach bis Chammbach

Der anstehende Fels

Der anstehende Fels ist einzig in einem isolierten Aufschluss im Tobel des Lauibachs beim Westportal der Untertagbaustrecke zu beobachten. Es handelt sich hier, wie bei der Tagbaustrecke Eigis, um rote Quartenschiefer. Die Felsoberfläche taucht talwärts rasch ab, so dass der Tunnel vollständig im Lockergestein liegt.

Die Lockergesteine

Die Lockergesteinsbedeckung erreicht in diesem Gebiet ausserordentliche Mächtigkeiten. Mit Ausnahme der Portalzonen Quartan Ost und Annaberg Ost, wo bis einige Meter mächtige vernässte Ablagerungen von verschwemmtem Moränenmaterial in Form von locker gelagertem sandig-tonigem Silt mit mässigem Kies- und Blockgehalt auftreten, handelt es sich grösstenteils um

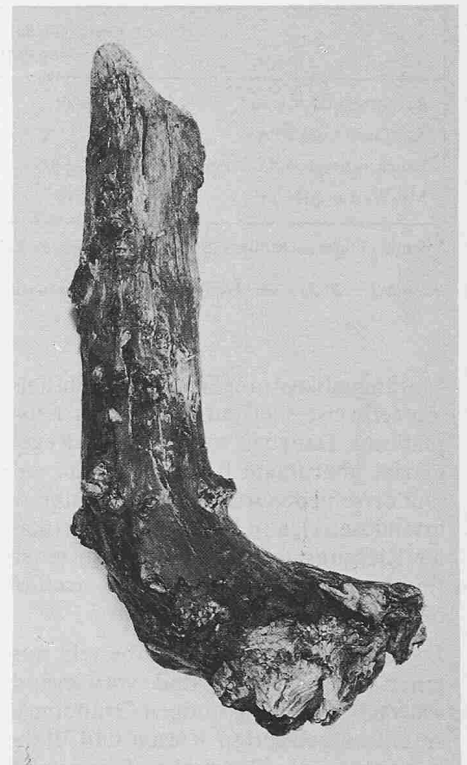


Bild 4. Fichtenstamm aus dem Vortrieb der Nordröhre



Bild 5. Rheingletschermoräne, sehr kompakt gelagert mit Abbauspuren

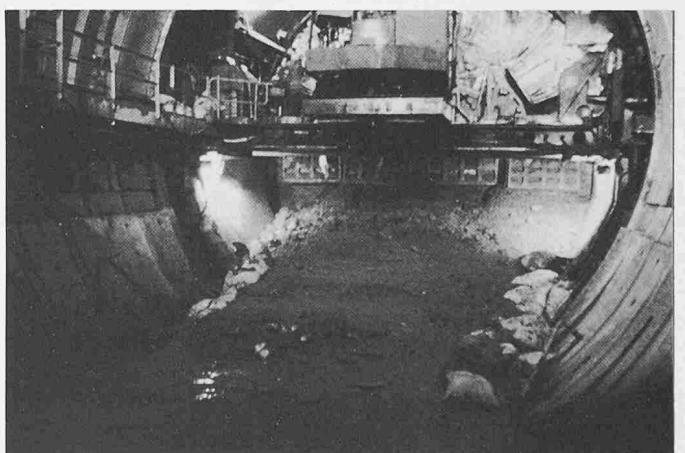


Bild 6. Glazial verschürftes Bergsturzmaterial

Bild 7. Lokalmoräne über Bergsturzmaterial



Bild 8. Material aus vernässter Zone (Einbruch)



	Gehängelehm Gehängeschutt	Bachschutt	Moräne	Quartenschiefer (homogen)
Reibungswinkel ϕ in $^\circ$	27-29	31-35	31-34	27-47*
Kohäsion c in kN/m^2	0	0	5	1900-2800
Feuchtraumgewicht in kg/m^3	1900-2000	2000	2100-2250	2600
ME-Wert in MN/m^2	4-15	12-40	25-60	-

* gemäss Untersuchungen ISETH an homogenen Felsproben

Tabelle 1. Boden- und Felsenkennwerte, Voreinschnitt

Moränenablagerungen. Diese enthalten teilweise viel aufgearbeitetes Felsmaterial. Daneben stehen in der Regel glazial überprägte Bergsturzelikte an. Die verschiedenartigen Lockergesteinsarten lösen sich in lateraler und vertikaler Richtung laufend ab, was zu einer linsenartigen Verteilung der verschiedenen Typen führt, Bilder 5 bis 7.

Die Rheingletschermoräne besteht aus einer siltig-sandigen und vorwiegend schwach bis mässig tonigen Grundmasse mit eingelagerten Kiesen und Blöcken, wobei die Geschiebe oft gerundet sind und das Material in der Regel kompakt gelagert ist. Im Tunnelbereich wurde ein mässiger Blockanteil mit Blöcken bis 30, zum Teil bis 80 cm Durchmesser festgestellt. Gelegentlich stiess der Vortrieb auf Blöcke von 1 m bis 5 m Durchmesser. Infolge des in der Regel erheblichen Gehaltes an Feinanteilen liegt gemäss VSN-Norm fast durchwegs GM-GC- und GM-ML-Material vor, untergeordnet tritt GC-CL- und selten GM-Material auf.

Die Lokalmoränen weisen oftmals einen erhöhten Gehalt an örtlichem Aufarbeitungsmaterial (zum Teil aufgearbeitetes Bergsturzmateriale) in Form von Quartenschiefer- und Dolomittrümmern auf; diese Typen bilden den Übergang zu denjenigen mit überwiegendem Anteil an Lokalmaterial, bei welchen die Quartenschiefer in der Regel vorherrschen. Die Kornverteilung ist ähnlich derjenigen der Rheinmoräne, doch besteht die Kies- und

Blockfraktion oft aus vorwiegend plattigen Trümmern und Quartenschiefern und etwas weniger häufig aus eckigem Dolomitschutt. Auch ist der Gehalt an Feinmaterial teilweise etwas höher. Angetroffen wurde in erster Linie GM-GC-Material, daneben tritt GC-CL- und untergeordnet SC-CL-Material auf.

Das Bergsturzmateriale im Westteil des Tunnels Quartenschiefer besteht im unteren Teil des Profils fast ausschliesslich aus eckigen, zum Teil kantengerundeten Dolomittrümmern bis rd. 15 cm Durchmesser mit sandig-siltiger Grundmasse in vorwiegend kompakter Lagerung. Daneben finden sich darin eingelagert auch Trümmer von Quartenschiefern. Fremdmaterial fehlt fast vollständig. Es scheint sich dabei um glazial überprägte und aufgearbeitete Bergsturzelagerungen innerhalb oder an der Basis der Moräne zu handeln. Gemäss VSN-Norm liegt GM-ML- und untergeordnet GM- und SM-Material vor.

Material sehr ähnlicher Zusammensetzung findet sich in den höchsten Abschnitten im Bereich des Friedhofes Quartenschiefer, hier aber in lockerer, vermutlich leicht verschwemmter Lagerung. Im Westteil des Annabergs tritt als höchster Horizont ebenfalls aufgearbeitetes Bergsturzmateriale auf, wobei hier die Grobanteile aber vorwiegend von Kalkschiefern und Sandkalken des Lias gebildet werden. Diese Einlagerungen von Trümmermateriale lassen darauf schliessen, dass sowohl in glazialer als

auch postglazialer Zeit aus dem überliegenden instabilen Gebiet periodisch Felsstürze aufgetreten sind.

Wasserverhältnisse

Im ganzen Gebiet sind zahlreiche Quellaustritte zu beobachten, deren bedeutendste talseits der Kirche von Quartenschiefer auftreten. Innerhalb der Moräne treten vereinzelt, stärker wasserführende Horizonte auf. Eine stärkere Wasserführung wurde der erhöhten Durchlässigkeit wegen im aufgearbeiteten Bergsturzmateriale festgestellt. Bei den Portalen ist der oberste Teil der Schuttdecke fast durchwegs vernässt.

Bauausführung

Das Lockergestein zeigte sich in einer breiten Vielfältigkeit bezüglich Zusammensetzung und Lagerungsdichte. Schwere Abbaugeräte mussten für die Rheingletschermoräne eingesetzt werden. Daneben traten vor allem in den wasserführenden Zonen Schwierigkeiten auf, die einen praktisch vollflächigen Brustverbau erforderlich machten. Trotzdem kam es zu Niederbrüchen (Bild 8), die teilweise bis an die Oberfläche reichten. Zahlreiche zusätzliche Massnahmen zur Entwässerung und Stabilisierung führten zum Erfolg. Die gewonnenen Erfahrungen beim Auffahren der Nordröhre brachten einen effizienten Abbau mit grosser Vortriebsleistung in der Südröhre.

Adresse der Verfasser: Dr. Peter Streiff, Geologe, † 26. 9. 1986, und Paul Meili, dipl. Ing. ETH/SIA, in Dr. Streiff und Partner AG, Technische Geologie, Greithstrasse 22, 8640 Rapperswil.