Zeitschrift: Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaften beider Basel

Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft Basel ; Naturforschende Gesellschaft Baselland

Band: 9 (2006)

Artikel: 100 Jahre Simplon-Eisenbahntunnel (Schweiz/Italien) : Beitrag von Baslern beim Bau des Tunnels und zur Geologie des Simplons

Autor: Puschnig, André R. / Graeser, Stefan

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-676681

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: 14.09.2025

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

100 Jahre Simplon-Eisenbahntunnel (Schweiz/Italien) – Beitrag von Baslern beim Bau des Tunnels und zur Geologie des Simplons

André R. Puschnig und Stefan Graeser

Zusammenfassung: Am 1. Juni 1906 wurde der Simplon-Eisenbahntunnel mit einer Länge von 19'729 m eröffnet. Basler Geologen waren massgeblich am Bau dieses Tunnels beteiligt und trugen dadurch zum Verständnis der Geologie des Simplongebiets bei. Professor Hans Schardt war der leitende Tunnelgeologe und die Professoren Carl Schmidt und Heinrich Preiswerk kartierten das Simplongebiet. Aus ihren Studien am Simplon entwickelte sich die «Deckenlehre», und damit ist dieses Gebiet eine Schlüsselstelle für das weltweite Verständnis von Gebirgsbildungsprozessen.

Das Naturhistorische Museum Basel (Schweiz) bewahrt historische Kollektionen von Mineralien und Gesteinen des Simplontunnels. Bei den Mineralien dürfte es sich um die weltweit grösste Sammlung handeln (rund 800 Stück). Herausragend sind die berühmten Anhydrite und der einzige in der Schweiz bekannte Fund von Dawsonit.

Abstract: 100 years of the Simplon railroad tunnel (Switzerland/Italy) – the contribution of Basel to the construction of the tunnel and the geology of the Simplon area. At the 1st of June 1906, the Simplon railroad tunnel measuring 19 .729 m was opened. Geologists of Basel participated in the construction of this tunnel and contributed to the understanding of the geology of the Simplon area. Professor Hans Schardt was the responsible tunnel geologist and the professors Carl Schmidt and Heinrich Preiswerk mapped the Simplon region. From their studies in the Simplon region the nappe concept was developed and this region became a key area for the worldwide understanding of mountain building processes.

The Natural History Museum Basel (Switzerland) hosts historical collections of minerals and rocks collected during the building of the Simplon tunnel. The collection of the tunnel minerals is probably one of the completest in the world (around 800 pieces). Outstanding are the world famous anhydrites and a dawsonite crystal, the only one found in Switzerland.

Key words: Simplon railroad tunnel, nappe concept, collection of tunnel minerals, anhydrite, dawsonite.

Einleitung

Am 1. Juni 2006 jährt sich die offizielle Eröffnung und Freigabe des Simplontunnels (S-Schweiz/NW-Italien) für den Eisenbahnverkehr zum hundertsten Mal.

Der Übergang über den Simplon (Wallis) ist seit dem Altertum bekannt, davon zeugen heute noch Spuren eines Verkehrspfads aus römischer Zeit bei Gondo (Alpe Vallescia) sowie einige Flurnamen. Er wurde durch den Bau einer Militärstrasse durch Napoléon Bonaparte in den Jahren 1801 bis 1805 stark aufgewertet, so dass Mitte des 19. Jahrhunderts der Simplon schon zu einem der wichtigsten Alpenübergänge zählte.

Nach der Eröffnung der ersten Eisenbahnlinie in der Schweiz mit der berühmten «Spanisch-Brötli-Bahn» im Jahre 1847 auf der Strecke Zürich–Baden, dehnte sich das Bahnnetz schnell aus. In der Folge wurden auch verschiedene Pro-

jekte eines Alpendurchstiches vorgeschlagen. Im Jahre 1853 erteilte die Bundesversammlung die Konzession für eine Lukmanierbahn, wenige Jahre später wurden erste Pläne eines Gotthard-durchstiches präsentiert. Da sich die Realisation dieser Projekte durch Probleme unterschiedlichster Art verzögerten, schien das Projekt eines Simplontunnels als N-S-Verbindung der Schweiz mit Italien durch seine günstigere Lage favorisiert. Ein erster Tunnelvorschlag wurde schon im Jahre 1852 vorgestellt, dennoch dauerte es weitere 41 Jahre, bis ein endgültiger Plan eines Basistunnels von Brig (Wallis, Schweiz) nach Iselle (Italien) vom Bundesrat genehmigt wurde (für eine Zusammenstellung siehe Zutter 1906). Die Bauarbeiten begannen am 1. August 1898, der Tunnel wurde am 24. Februar 1905 durchstossen und der Öffentlichkeit am 1. Juni 1906 mit einer offiziellen Feier übergeben.

Die vorliegende Arbeit gibt (1) einen historischen Überblick über die geologische Erforschung des Simplongebiets und zeigt (2) den entscheidenden Einfluss von Basler Geologen beim Bau des Simplontunnels. Ihre wissenschaftlichen Arbeiten bilden wichtige Grundlagen für das heutige Verständnis von Gebirgsbildungsprozessen und zeigen, dass das Simplonmassiv diesbezüglich eine Schlüsselstelle einnimmt. (3) Die wohl grösste und umfangreichste Sammlung von Mineralien, die während des Baus des Tunnels gesammelt wurden und im Naturhistorischen Museum Basel (Schweiz) aufbewahrt ist, wird vorgestellt.

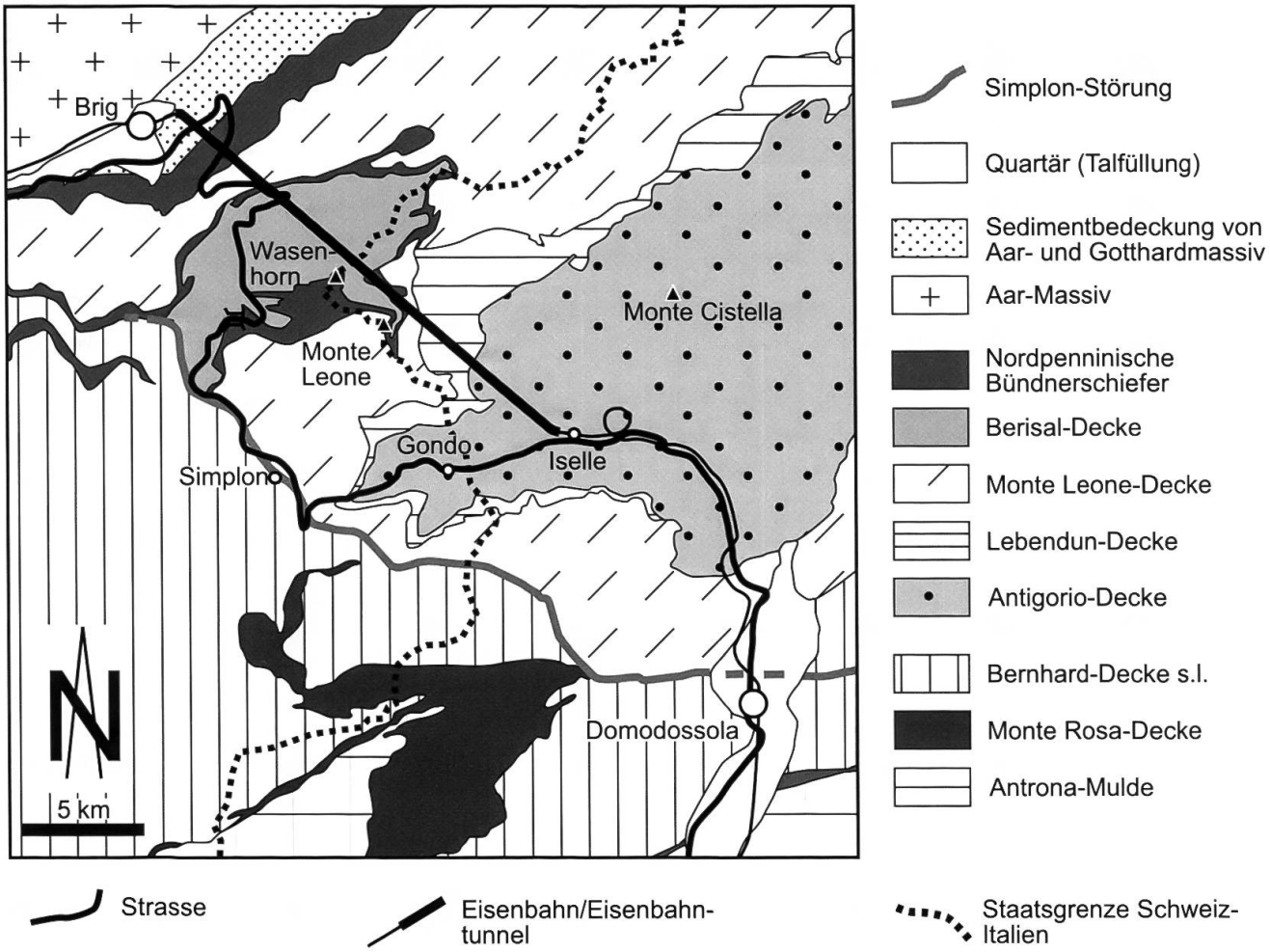


Abb. 1: Geologische Übersichtskarte des Simplongebiets (S-Schweiz/NW-Italien).

Geologie des Simplongebiets – heutige Sicht

Gesteinsabfolgen und tektonischer Aufbau

Das Simplongebiet wird in verschiedene geologische Einheiten unterschiedlicher Herkunft und Geschichte unterteilt (z.B. Milnes 1973, Escher et al. 1997). Von NW nach SE treten folgende Einheiten auf (Abb. 1 und 2):

(i) Das Aar-Massiv ist hauptsächlich aus grobkörnigen Augengneisen aufgebaut, die aus der Zeit vor der Trias stammen (> 250 Millionen Jahre [= Ma]). Ihre Sedimentbedeckung besteht aus braun anwitternden Kalkglimmerschiefern (Perm bis Jura, ca. 290 bis 140 Ma) und lokal eingelagerten hellen Marmorhorizonten (Trias, ca. 250 bis 200 Ma).

Die Schichten dieser Sedimente fallen nahezu senkrecht oder steil nach Süden ein. Das Aar-Massiv und die Sedimente bilden paläogeographisch den Sockel und die para-autochthone (nahezu am Ursprungsort vorkommende) Sedimentbedeckung des ehemaligen europäischen Kontinentalrandes, des sogenannten Helvetikums.

(ii) Die lepontischen Decken umfassen im Simplon die Berisal-Decke (oberste Einheit), Monte Leone-Decke, Lebendun-Serie, Antigorio-Decke (unterste Einheit). Die Decken haben im allgemeinen einen kristallinen Kern, die durch mesozoische Sedimente voneinander abgetrennt sind. Die Kristallindecken bestehen hauptsächlich aus unterschiedlichen Zweiglimmer-, Augengneisen und silbrigglänzenden (Granat-)Glimmerschiefern (prä-Trias, > 250 Ma). Untergeordnet treten in der Monte Leone-Decke dunkelgrüne Serpentinite (ultramafische Gesteine), in der Berisal-Decke schmale Horizonte von Amphiboliten und Talk-Serpentinschiefern sowie in der Monte-Rosa-Decke Marmore und Amphibolite auf. Eine Ausnahme bildet die Lebendun-Serie, die keinen Kristallinkern aufweist und sehr heterogen aus dünnschichtigen Biotitgneisen, Glimmerschiefern, Metakonglomeraten und Kalkschiefern zusammengesetzt ist (prä-Trias, > 250 Ma). Die Antrona-Mulde besteht aus (Granat-)Amphiboliten, Serpentiniten und Talk-Aktinolithschiefern (Jura, ca. 200 bis 140 Ma) und repräsentiert eine typische Gesteinsabfolge eines (fossilen) Ozeanbodens.

Über die kristallinen Einheiten folgen schmale Zonen von hellen dolomitischen Marmoren, gips- und anhydritführenden Sedimenten, Quarziten und Quarzglimmerschiefern (Trias, ca. 250 bis 200 Ma). Sie werden abgelöst von intensiv wechsellagernden schwarzgrauen, sandigen Kalkglimmerschiefern, Granatglimmerschiefern und Kalkbänken mit lokalen Marmor- und Grünschieferhorizonten, die als «Bündnerschiefer» bezeichnet werden (Jura, ca. 200 bis 140 Ma).

Die Decken sind durch ausgeprägte Verfaltung und stark wechselndes Einfallen der Schichten gekennzeichnet. Bei Rosswald fallen die Einheiten fast vertikal ein, auf der Höhe des Wasenhorns etwa mit 30° nach NW und weiter südlich leicht nach SE (Abb. 2). Somit wird mit dem Simplontunnel von N nach S ein Profil durch immer tiefer liegende Decken durchschritten. Die Sedimente repräsentieren mächtige allochthone, von ihren kristallinen Deckenkernen abgescherte Sedimentpakete, die der südlich von Brig anstehenden Sedimenthülle des Aar-Massivs überschoben wurden. Diese Einheiten werden dem Penninikum zugeordnet, einem komplexen Bereich, der paläogeographisch zwischen europäischem und adriatischem Kontinentalrand lag.

Verschiedene duktile Strukturen kennzeichnen den penninischen Deckenbau im Simplongebiet (u. a. Milnes 1973, Maxelon und Mancktelow 2005). Die Deckenbildung ist gekennzeichnet durch einen N-S-verlaufenden Zusammenschub der Einheiten mit Überschiebungen im mittleren Eozän bis Oligozän (ca. 45 bis 30 Ma, Escher et al. 1997). Dabei wurden mesozoische Sedimente durch enge Faltungen um die Kristallindecken gewickelt und bilden die sogenannten Deckentrenner. Nachfolgend wurden die penninischen Einheiten bei Brig steilgestellt. Diese Deformation hat ein Alter von rund 11 Ma (mittleres Miozän, Escher et al. 1997). Weiter treten noch lokal offene Falten auf, die den Deckenstapel verfalten (Wasenhorn).

Eine grosse tektonische Störungslinie durchquert das Simplongebiet zwischen Simplonpass und Domodossola (Italien, Abb. 1). Dieser

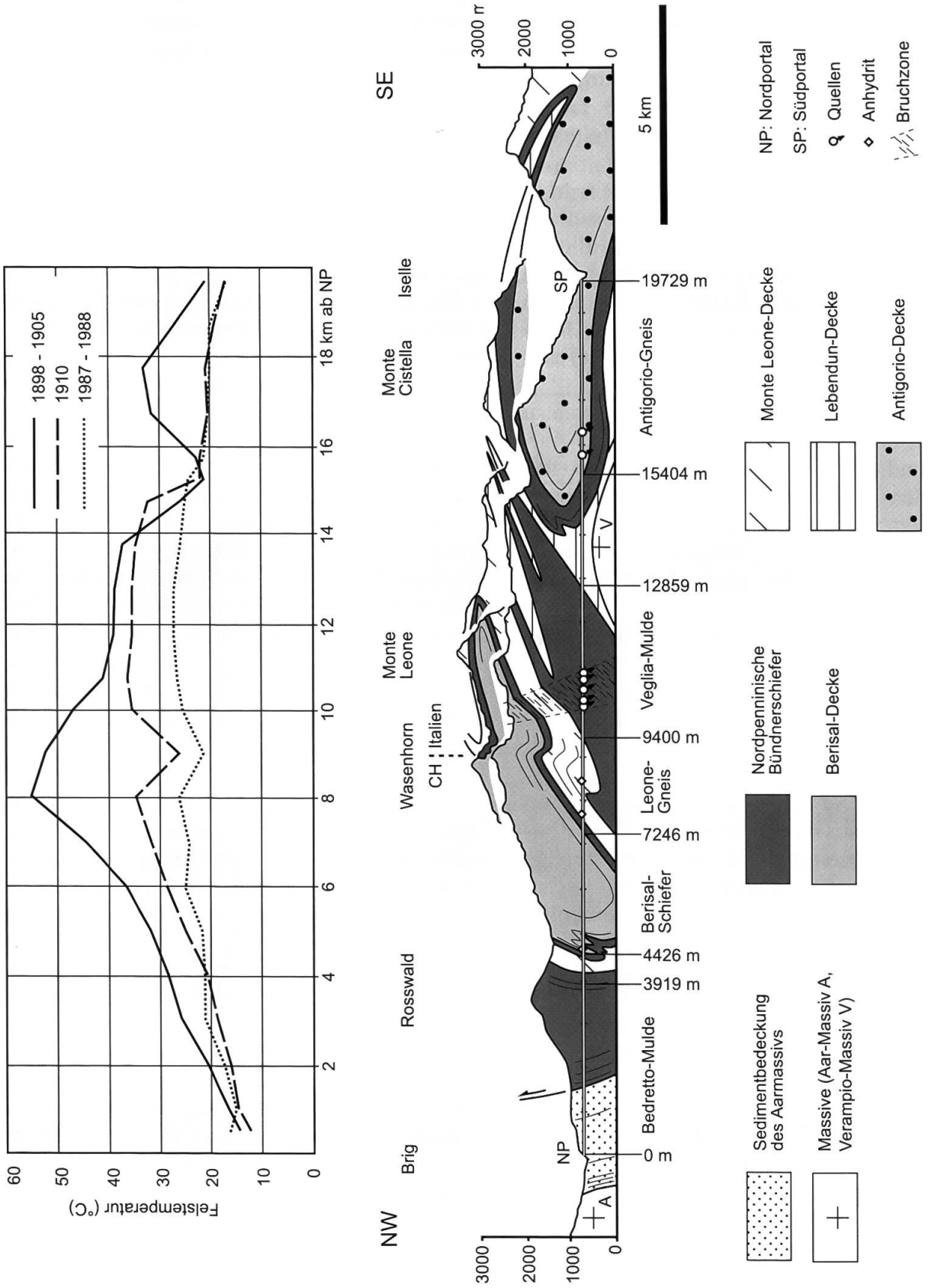


Abb. 2: Profil durch das Simplongebiet (modifiziert nach Schmidt 1908 und Milnes 1973) und Verlauf der Felstemperatur entlang des Simplontunnels aus den Jahren 1898 bis 1905, 1910 und 1987/1988 (aus Bianchetti et al. 1993).

Dehnungsbruch, die so genannte Simplon-Störung oder -Linie (Bearth 1972, Mancktelow 1990), verläuft parallel zum Tunnel von NW nach SE und fällt mit 30 bis 60° nach SW ein. Diese Abschiebung ist gekennzeichnet durch Mylonite (feinkörnig verformte Gesteine) und Kataklasite (zerbrochene Gesteine). Der SW-Teil ist gegenüber dem NE-Teil um rund 15 km versetzt (Mancktelow 1990). Dieser Bruch ist jünger als 11 Ma (spätes Miozän, Escher et al. 1997). Eine weitere Störungszone, die so genannte Veglia-Störung (Milnes 1973), mit subvertikalen, E-W-verlaufenden Klüften durchquert den Simplontunnel zwischen km 10 und 11 ab Nordportal (Abb. 2). Dieser Bruch versetzt die Deckenkontakte von Berisal-, Monte Leone- und der Lebendun-Decke um mehrere hundert Meter.

Metamorphose

Die durch die alpine Gebirgsbildung verursachte Gesteinsumwandlung (Metamorphose) hat alle Gesteine des Simplongebiets erfasst. Der Grad dieser Metamorphose steigt generell von N nach S an. Im Süden des Simplongebiets werden mit der Amphibolitfazies (Temperaturmaximum bei ca. 500 bis 600°C, Druckmaximum bei ca. 7 kbar, entsprechend einer maximalen Versenkungstiefe von rund 25 km) die höchsten Werte erreicht (z.B. Frey und Ferreiro Mählmann 1999). Dieser Metamorphose-Höhepunkt wurde vor rund 30 Millionen Jahre erreicht (Vance und O'Nions 1992).

Überblick über die geologische Erforschung des Simplongebiets

Geologisches Weltbild in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts

Ab dem 19. Jahrhundert entwickelte sich langsam die geologische Erforschung der Schweiz. Währenddem in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts der tektonische Aufbau und die Struktur des Juragebirges schon erkannt war, blieb der Bau der Alpen immer noch schwer verständlich. Man interpretierte die Aufwölbung und Faltung der Alpen meist durch eine thermische Kontraktion des Erdinnern. Einen entscheidenden Fortschritt brachten gegen Ende des 19. Jahrhunderts die Erkenntnisse der Geologen Arnold Escher und Hans Schardt von übereinander gestapelten dünnen und dicken Gesteinspaketen. Dieser so genannte «Deckenbau» schloss zudem Verkürzungen der Erdkruste von Zehnern bis Hunderten von Kilometern ein.

Intensive Erforschung des Simplongebiets

Die geologische Bearbeitung des Simplongebiets in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts gab erstmals einen detaillierten Einblick in den Gebirgsbau des Simplons. Die unterschiedlichen Oberflächenkartierungen und Messungen der Lagerungsverhältnisse verschiedener Gesteinsabfolgen, später verbunden mit der vollständigen Profilaufnahme im Simplontunnel, zeigt die Wandlung des Bildes am Simplon.

Erste geologische Karten und dazugehörende Profile durch das Simplongebiet wurden von Studer (1851) und Gerlach (1869) vorgelegt. Basierend auf Feldaufnahmen und -beobachtungen zeigt das Profil von Studer (Fig. 1 in Abb. 3) eine Abfolge von Sedimentgesteinen wie Schiefer, Gips und Dolomit auf kristallinen Gneisen. Im Profil von Gerlach (Fig. 2 in Abb. 3) erkennt man einen Gneislappen, den Antigorio-Gneis, der ältere Schiefer überlagert. Die Position dieses Lappens wird durch eine Überschiebung von rund 10 km Distanz erklärt. Renevier (1878; Fig. 3 in Abb. 3) stellt ein Profil vor, dass durch eine aufgewölbte Schichtabfolge mit Wiederholungen von Kalken, Marmoren und Dolomitgesteinen (K in Fig. 3) gekennzeichnet ist. Diese Repetitionen werden durch enge Einfaltungen erklärt. Das Profil von Fig. 4 (in Abb. 3) zeigt wiederholt Kalklagen in kristallinen Schiefern und Gneisen, die auf eine intensive Verfaltung hindeuten. Der Basler Hans Schardt erkannte, dass die Schiefer unterhalb des Antigorio-Gneises identisch zu den Schiefern oberhalb und nördlich des Antigorio-Gneises sind (Fig. 6 in Abb. 3). Damit wird dieser Lappen erstmals nicht mehr als aufgewölbtes Gneispaket, sondern als aufgewölbte flach lie-

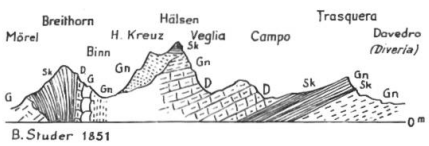


Fig. 1. Geologisches Profil des Simplonmassivs nach Studer · 1851
Sk Graue Schiefer (Glanzschiefer) · *D* Dolomit und Marmor · *G* Gips · *Gn* Gneiss

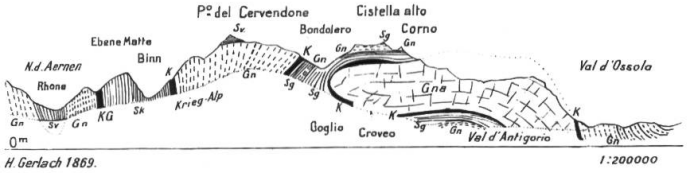


Fig. 2. Geologisches Profil etwas östlich vom Simplonmassiv, nach Gerlach · 1869
Sk Graue Schiefer (Glanzschiefer) · *Sv* Chloritschiefer · *K* Dolomit und Marmor · *KG* Dolomit und Gips
Sg Heitere metamorphe Schiefer (metamorphe Glanzschiefer) · *Gn* Gneiss · *Gna* Antigoriogneiss

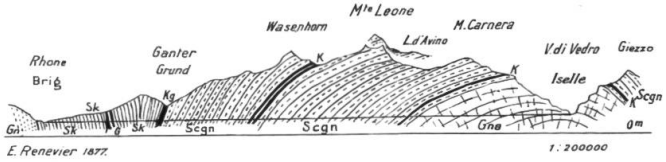


Fig. 3. Geologisches Profil des Simplontunnels · Projekt 1877 · Nach E. Renevier
Sk Glanzschiefer · *K* Kalk, Marmor, Dolomit · *G* Gips · *Scgn* Kristalline Schiefer, Schieferiger Gneiss
Gna Antigoriogneiss

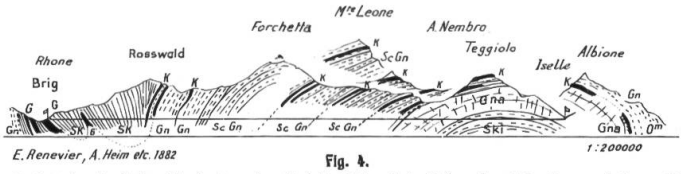


Fig. 4.
Geologisches Profil des Simplontunnels · Projekt 1882 · Nach E. Renevier, Heim, Lory und Taramelli.
Sk Glanzschiefer · *K* Kalk, Marmor, Dolomit · *G* Gips · *Sc Gn* Kristalline Schiefer, Schieferiger Gneiss
Gna Antigoriogneiss · *Ski* Untere Glimmerschiefer (metamorphe Glanzschiefer)

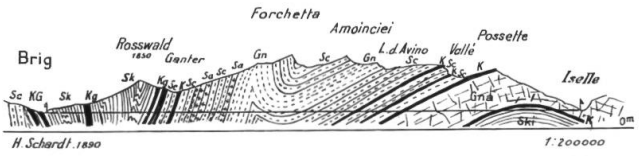


Fig. 5. Geologisches Profil des Simplontunnels · Projekt 1890
Sk Glanzschiefer · *K* Kalk, Dolomit, Marmor · *G* Gips mit Dolomit · *Sc* Kristalline Schiefer
Sa Amphibolschiefer · *Gn* Gneiss · *Gna* Antigoriogneiss · *Ski* Untere Glimmerschiefer

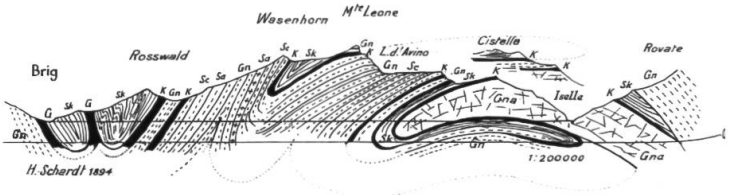


Fig. 6. Geologisches Profil des Simplonmassivs, nach H. Schardt · 1893
Sk Glanzschiefer · *K* Kalk, Dolomit, Marmor · *G* Gips mit Dolomit · *Sc* Kristalline Schiefer
Sa Amphibolschiefer · *Gn* Gneiss · *Gna* Antigoriogneiss

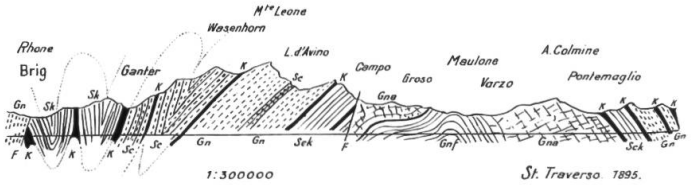


Fig. 7. Geologisches Profil des Simplonmassivs nach St. Traverso · 1895
Sk Glanzschiefer, Trias u. Jura · *K* Kalk, Dolomit und Gips · *Sc* Glimmerschiefer · *Sa* Amphibolit
Sck Kalkglimmerschiefer · *Gn* Gneiss · *Gna* Antigoriogneiss · *Gnf* «Gneiss feuilleté» (blättriger Gneiss)
F Verwerfungen

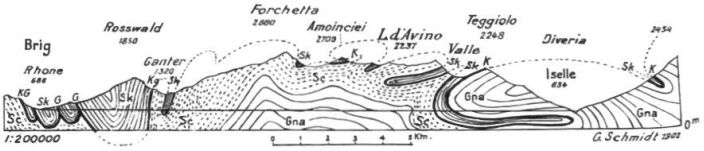
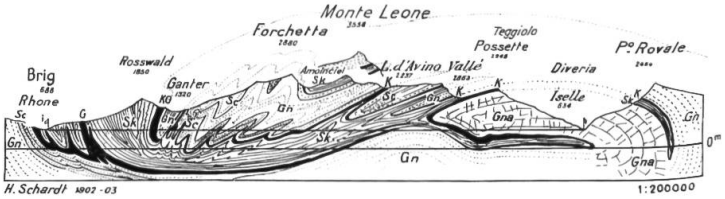


Fig. 8. Geologisches Profil des Simplontunnels, nach E. Schmidt · 1902
Sk Glanzschiefer, Jura · *G* u. *K* Gips und Kalk, Dolomit, Trias · *Sc* Kristalline Schiefer · *Gna* Gneiss (Antigoriotypus)



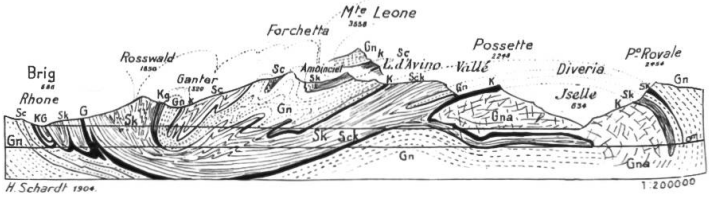


Fig. 9 u. 10. Geologische Profile des Simplontunnels nach H. Schardt · 1902-03 u. Variante 1904
Sk Glanzschiefer · *Sck* u. *Sc* Kristalline Schiefer, kalkhaltig · *K* u. *G* Kalk (Dolomit) u. Gips · *Gn* Monte Leone-Gneiss
Gna Antigoriogneiss

Abb. 3: Verschiedene Profile durch das Simplongebiet prognostizierten unterschiedliche zu erwartende geologische Verhältnisse beim Bau des Simplontunnels (aus Schardt 1904).

gende Falte interpretiert. Die Schiefer sind dabei um den Antigorio-Gneis gewickelt worden. Ergänzt durch die Beobachtungen beim Bau des Simplontunnels zeigen die weiteren Profile von Schardt (1903 und 1904; Fig. 9 und 10 in Abb. 3), übereinander liegende Falten mit Antigorio- und Monte Leone-Gneis im Kern, die durch Sedimente der Trias (Quarzite, Marmore) und des Jura (Kalkglimmerschiefer) getrennt sind, die teilweise selbst eingefaltet sind. Solche Falten- und Überschiebungsgeometrien erklären mehrfach übereinander auftretende Gesteinsschichten, wie sie beispielsweise bei Iselle angetroffen werden, wo Kalkschiefer unter- und oberhalb von kristallinen Gneisen liegen.

Die im Verlauf der Studien gemachte Erkenntnis, dass verschiedene Gesteinstypen denselben Ursprung haben und die gleiche Abfolge zeigen, ermöglichte es, die Schichtreihenfolge zu vereinfachen und gleichzusetzen. Im Gegensatz dazu wurde der Gebirgsbau mit Überschiebungen und Verfaltungen deutlich komplizierter. Zu Beginn des 20. Jahrhunderts wurde dieses neuartige Konzept von übereinander gestapelten Decken, getrennt durch ebenso eingefaltete mesozoische Sedimente, auch auf die Zentral- und Ostalpen übertragen. Diese so genannte «Deckenlehre» war kurze Zeit später bei den meisten Alpengeologen etabliert und ermöglichte es, Bau und Entwicklung der Alpen besser zu verstehen. Die Alpen wurden daraufhin zum Vorzeigemodell eines geologischen Gebirges und Schweizer Geologen genossen weltweit einen ausgezeichneten Ruf.

Wichtige geologische Erkenntnisse im 20. Jahrhundert

Nach der grundlegenden Oberflächenkartierung von Schmidt und Preiswerk (1908b) wurde das Simplongebiet vom Basler Peter Bearth (1972) neu aufgenommen. Bei seinen Feldbeobachtungen erkannte er eine markante tektonische Trennzone, die so genannte Simplon-Störung oder -Linie, die die Monte Leone- und die Bernhard-Decke strukturell trennt (Fig. 1). Diese Störungszone war und ist weiter Ziel von strukturellen und kinematischen Untersuchungen (z.B. Mancktelow 1990).

Im Zuge neuerer strukturgeologischer Arbeiten stellte Milnes (1973) eine Neu-Interpretation des Tunnelprofils vor, das vor allem auf der italienische Seite des Tunnels mit der Veglia-Störung (Abb. 2) eine Neuerung aufweist.

Das Simplongebiet weist einen erhöhten geothermischen Gradienten von 30 bis 40°C/km auf. Bei geothermischen Studien in den Alpen wurden die Thermalquellen auf der Tunnelachse untersucht und ein positives Potential für die Nutzung dieser Energie eruiert (Bianchetti et al. 1993).

Die Unterscheidung der Gesteine des Simplongebiets, die stratigraphische und strukturelle Interpretation und ihre paläogeographische Zuordnung und Herkunft, sind auch heute noch Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen. So ist der Simplon weiterhin ein Schlüsselgebiet für das Verständnis des Gebirgsbaus der westlichen Zentralalpen, wie beispielsweise neuere Arbeiten von Escher et al. (1997) zeigen.

Basler Geologen begleiten entscheidend den Bau des Simplontunnels

Hans Schardt (1858–1931):

Hans Schardt (Abb. 4) wurde 1858 in Basel geboren, wo er das Gymnasium besuchte. Er studierte daraufhin Pharmazie und Naturwissenschaften in Lausanne und Genf und arbeitete ab 1880 als Pharmazeut in Yverdon. 1883 wurde er Lehrer für Naturwissenschaften am Gymnasium in Montreux. Sein Interesse an den Naturwissenschaften war so gross, dass er 1884 an der Universität Genf eine Doktorarbeit in Geologie begann. 1891 wurde er Privatdozent für Physische Geographie in Lausanne und später Professor für Geologie und Paläontologie in Neuchâtel. Seine Arbeiten waren vielfältig, davon zeugen unzählige Fachartikel (für eine Zusammenfassung siehe Leuba 1931). Herauszuheben sind seine Arbeiten zur Geologie des Juras und den Westschweizer Voralpen, den so genannten Préalpes. Anhand seiner Studien konnte erstmals eine umgekehrte Schichtfolge von älteren auf jüngeren Sedimenten durch gefaltete und

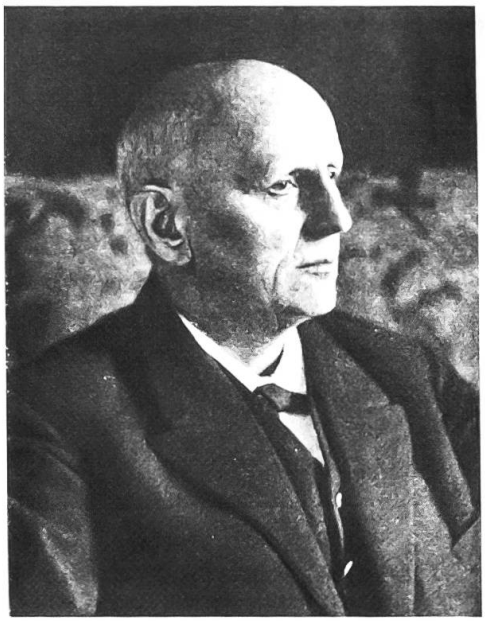


Abb. 4: Hans Schardt (1858–1931). Photo: © Bibliothèque publique et universitaire, Neuchâtel.

von S nach N transportierte Gebirgsdecken erklärt werden. Dies stellte einen wichtigen Beitrag zur Entwicklung der Deckentheorie dar.

1911 wurde Schardt als Professor für Geologie an die Universität Zürich und die Eidgenössische Technische Hochschule Zürich berufen. Für die Schweizerische Geologische Kommission verfasste er zahlreiche Gutachten und Expertisen, so auch für den Bau des Simplontunnels, den er begleitete und laufend die geologischen und petrographischen Verhältnisse dokumentierte (siehe Schardt 1898–1906). Speziell sind dazu auch seine hydrogeologischen Aufnahmen des Simplontunnels zu erwähnen (z.B. Schardt 1902 und 1904).

Neben den Mitgliedschaften in verschiedenen Gesellschaften war Schardt auch korrespondierendes Mitglied der Naturforschenden Gesellschaft in Basel.

Carl Schmidt (1862–1923):

Am 23. Juni 1862 wurde Carl Schmidt (Abb. 5) als Sohn deutscher Flüchtlinge in Brugg (Kanton Aargau/Schweiz) geboren. Nach dem Besuch der Kantonsschule Aarau studierte er Geologie in Genf (1882) und Strasbourg (Frankreich, 1883–1885), wo er auch seine Dissertation verfasste. Von 1886 bis 1889 war Schmidt Assistent am Geologischen Institut von Freiburg im Breisgau (Deutschland). 1888 habilitierte er sich an der Universität Basel und wurde dort 1890 Professor für Mineralogie und Geologie. Schmidt gründete 1895 das Mineralogisch-Petrographische Institut (damals noch in unmittelbarer Nähe des Naturhistorischen Museums Basel am Münsterplatz) und machte es mit seinen Forschungen weit über die Schweiz hinaus bekannt. Seine Forschungsthemen waren vielfältig und deckten verschiedenste Bereiche der Mineralogie und Geologie ab. Als Mitarbeiter der Schweizerischen Geologischen Kommission wurde ihm 1891 die Fortsetzung der Arbeit von Gerlach (1865) und geologische Neukartierung des Simplongebietes aufgetragen, die er – in Zusammenarbeit mit dem Basler Heinrich Preiswerk (Biographie siehe unten) und dem Norditaliener Augusto Stella – mit der Veröffentlichung einer geologischen Karte abschloss (Schmidt und Preiswerk 1908a, 1908b). Durch den fast zeitgleich initiierten Bau des Simplontunnels erhielt dieses Projekt eine grosse Bedeutung. Neben der Forschung setzte er sich stark für die Universität Basel ein und war 1906 ihr Rektor.

Von 1890 bis zu seinem Tod 1923 arbeitete Schmidt auch für die Geologische Sammlung des Naturhistorischen Museums Basel, wo er

Abb. 5: Carl Schmidt (1862–1923).

ehrenamtlich der Petrographischen Abteilung vorstand. Viele Eingänge in die Museumssammlung stammen von ihm, so auch ein in den Ausstellungen des Museums präsentierter 1.5 cm grosser Jordanit, der zu Beginn des letzten Jahrhunderts schon einen Kaufwert von CHF 100.– hatte. In diesem Zusammenhang ist auch auf eine Lagerstättensammlung hinzuweisen, die als Belegsammlung zu einer Karte mineralischer Rohstoffe der Schweiz (Schmidt 1917 und 1920) entstand und Grundlage späterer Studien schweizerischer Lagerstätten bildete.

Der Naturforschenden Gesellschaft in Basel war Schmidt ebenfalls stark verbunden: Von 1896 bis 1898 war er ihr Präsident und viele seiner Arbeiten sind in den «Verhandlungen» veröffentlicht worden (Buxtorf 1923).

Heinrich Preiswerk (1876–1940):

Am 19. Mai 1876 wurde Heinrich Preiswerk (Abb. 6) in Binningen (Kanton Basel-Landschaft/Schweiz) geboren. Nach dem Besuch des Gymnasiums in Basel begann er 1896 ein Studium der Naturwissenschaften in Basel, das er 1901 mit der Promotion über Serpentingesteine am Geisspfad (Oberwallis, Preiswerk 1901) abschloss. Nach einem kurzen Abstecher als Assistent ans Mineralogisch-Petrographische Institut der Universität Heidelberg (Deutschland) wurde Preiswerk 1903 Assistent an der Universität Basel. Nach seiner Habilitation im Jahre 1904 wurde er 1912 Professor am Mineralogisch-Petrographischen Institut. Seine wissenschaftliche Tätigkeit umfasste die geologische Erforschung des Tessins sowie verschiedene gemeinsame Projekte mit C. Schmidt (Reinhard 1940). Hervorzuheben ist dabei die Kartierung des Simplongebiets, die er als Mitarbeiter seines Lehrers Schmidt entscheidend mitprägte.

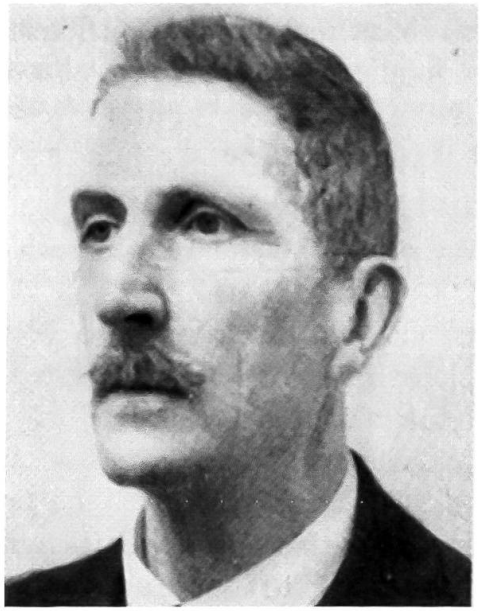


Abb. 6: Heinrich Preiswerk (1876–1940).

Bau des Simplontunnels

Projekt

Das erste Projekt eines Eisenbahntunnels durch den Simplon, der die Schweiz mit dem Piemont verbindet, geht auf das Jahr 1852 zurück (Zutter 1906). Viele weitere Pläne wurden daraufhin entwickelt. Davon zeugen im Zeitraum von 1857 bis 1893 fast 30 vorgelegte Bauprojekte. Der vom Bundesrat im Jahre 1893 bewilligte Entwurf der Jura-Simplon-Bahngesellschaft sah einen 19'729 m langen Basistunnel von Brig nach Iselle vor. Die Kosten dieses Projekts wurden auf damalige rund 78 Millionen Franken geschätzt. Geplant war ein eingleisiger Tunnel und parallel dazu ein Stollen, der für einen später zu bauenden, zweiten eingleisigen Tunnel vorbereitet war.

Durchführung

Am 1. August 1898 begannen die Arbeiten in Brig und am 16. August in Iselle. Bis zum Jahresende 1898 waren mit neuartigen mechanischen Bohrmaschinen, den so genannten Brandt'schen Bohrmaschinen, schon 484 m erbohrt. Dank diesen Bohrmaschinen betrug der Tagesfortschritt im Durchschnitt mehr als 8 m. Auf den weiteren Vortrieb nachrückend, wurde das spätere und weitaus grössere Tunnelprofil ausgebrochen und die Tunnelwand vollumfänglich ausgemauert. Durch das Vortreiben von zwei parallelen Stollen wurden nicht nur Baukosten eingespart, der zweite Stollen diente auch

Abb. 7: Südportal des Simplontunnels (rechts Tunnel I, links Parallelstollen) während der Bauphase. Links daneben verkehrt die Pferdepost auf der Strasse zum Simplonpass. Photo: Fotoarchiv SBB Historic.

als Hilfsstollen (Abb. 7). Über ihn wurden die Belüftung und die Zuleitung für Bohrgeräte und Kühlung sichergestellt.

Probleme

Unerwartete geothermische und hydrogeologische Verhältnisse verursachten grosse bauliche Probleme. Die während der Bauphase durchgeführten Temperaturmessungen des Gesteins zeigten hohe Werte, die bei 8'100 m ab Nordportal einen Maximalwert von 55.4°C erreichte (Schardt 1903). Seit dem Durchstich haben sich dank der Belüftung des Tunnels bis heute sowohl der Fels um rund 15 bis 30°C als auch die Wässer um rund 10 bis 35°C abgekühlt (Bianchetti et al. 1993). Die auf Abb. 2 erkennbare, sehr starke Felsabkühlung bei 9'200 m ab Nordportal ist bedingt durch eine zusätzliche Zirkulation von kalten Wasserquellen.

Beim Tunnelvortrieb wurden auch mehr als 200 Wasseraustritte mit Temperaturen von bis zu 55°C angetroffen. Diese Austritte wurden zwischen 9'300 und 10'600 m und bei 15'400 m ab Nordportal in zwei wasserführenden Abschnitten des Tunnels beobachtet. Diese Wässer zirkulierten entlang von Schichtgrenzen und Klüften in kalkigen Sedimentgesteinen. Enorme Wassermengen von rund 70'000 l/min bei 15'400 m ab Nordportal führten zu einer Verzögerung des Tunnelvortriebs um mehrere Monate.

Weitere Probleme verursachte der Gesteinsdruck. 1901 beispielsweise wurde bei 4'400 m ab Südportal kohäsionsloser (zusammenhangsloser) Kalkglimmerschiefer angebohrt. Mit viel Aufwand und über mehrere Monate konnte diese 42 m lange Strecke abgestützt werden.

Geologische Prognose

Die beim Bau des Simplontunnels tatsächlich angetroffenen Lagerungsverhältnisse der Gesteine wichen zum Teil beträchtlich von der geologischen Voraussage ab. Zu kaum einem Tunnel gibt es so viele verschiedene Profile und Gutachten und so viele Meinungsverschiedenheiten wie zum Simplontunnel.

Basierend auf ihrer geologischen Kartierung des Simplongebiets (1892–1905) und den geologischen Lagerungsverhältnissen an der Oberfläche konstruierten die Basler Schmidt und Preiswerk verschiedene Profile durch das Simplongebiet (Schmidt und Preiswerk 1908a). Der ebenfalls aus Basel stammende Tunnelgeologe Schardt stellte basierend auf seinen Tunnelaufnahmen mehrere Profile vor, die sich fortschreitend durch geologische und vor allem hydrogeologische Komplikationen veränderten (z.B. Schardt 1903, 1904). Diese Darstellungen unterschieden sich zum Teil massiv vom Profil, das dem Bauvertrag des Simplontunnels zugrunde lag. Die Arbeiten von Schardt (1903 und 1904), Schmidt (1907 und 1908) und Schmidt und Preiswerk (1908a und 1908b) brachten entscheidende Fortschritte im Verständnis der Alpen.

Verschiedene Probleme wie beispielsweise der Gesteinsdruck, Wasseraustritte und die hohe Temperatur verzögerten den Tunnelbau. Da solche Probleme gemäss den vor dem Bau gemachten Prognosen nicht zu erwarten waren, wurden von der Baugesellschaft Vorwürfe an die leitenden Geologen laut. «Da sind in erster Linie die geologischen Verhältnisse (...), die sich in Wirklichkeit wesentlich anders gestaltet haben, als wie sie vorausgesagt wurden und zwar zum grossen Teil zu Ungunsten der Unternehmung» (Nationalrat Sulzer-Ziegler; Sulzer-Ziegler 1904, p. 163). Weiter griff er die Geologen direkt an: «Eine Wissenschaft, die solchen Metamorphosen ausgesetzt ist, tut, glaube ich, gut

daran, etwas vorsichtiger aufzutreten, sonst riskiert sie, dass der Praktiker nach und nach allen Glauben daran verliert» (Sulzer-Ziegler 1904, p. 164). Der Geologe Heim erwiderte daraufhin im Auftrag der den Bau des Tunnels begleitenden geologischen Kommission: «Es versteht sich nach unserer Meinung ganz von selbst, dass ein so ungeheurer Tunnelbau, der alles bisherige weit übertrifft, von vornherein sich auf eine ganze Menge unvorherzusehender Schwierigkeiten und noch nie zuvor gemachter Erfahrungen gefasst machen musste. Und nun sollen die Geologen daran Schuld sein, dass solche für Herrn Sulzer unerwartet gekommen sind. Er macht sie zum Sündenbock. Die Geologie aber wird dankbar aus dem Simplontunnelbau reichen Gewinn ziehen und die Erfahrungen, mit denen dieses Werk sie bereichert hat, die Korrekturen, die sie an ihren Auffassungen gewonnen, bei künftigen Vorausbestimmungen benützen. Die Wissenschaft ist nie vollendet.» (Heim 1904, p. 383).

Fertigstellung

Nach sechsjähriger Bauzeit erfolgte am 24. Februar 1905 der Durchschlag des Tunnels. Am 1. Juni 1906 konnte der – inzwischen schon elektrifizierte – Simplontunnel I mit Gesamtkosten von rund 78 Millionen Franken der Öffentlichkeit übergeben werden. Der Ausbau des Parallelstollens benötigte – unterbrochen durch den Ersten Weltkrieg – weitere neun Jahre und konnte am 4. Dezember 1921 als Simplontunnel II eröffnet werden (Kosten des Ausbaus: weitere 34 Millionen Franken). Bis 1979 und der Fertigstellung des Dai-Shimizu-Tunnels in Japan (Länge 22'200 m) war der Simplontunnel der längste Eisenbahntunnel der Welt.

Für eine eingehendere Darstellung zum Bau des Simplontunnels siehe Zutter (1906).

Gesteine des Simplontunnels

Geschichte der Gesteinskollektion

Im Auftrag des Bundesrats von 1899 wurden vom Tunnelgeologen Hans Schardt beim Bau und Vortrieb des Simplontunnels Gesteinsproben für Kollektionen entnommen, die die Gesteinsvielfalt des Simplongebirges dokumentierten. Solche Gesteinssammlungen wurden über das «Comptoir Minéralogique» in Genf verkauft. Eine vollständige Sammlung aller unterschiedlichen Gesteine, die im Tunnel angefahren wurden, umfasste 385 Proben mit einer Probengrösse von 9 mal 12 cm. Jede Gesteinsprobe wurde mit einer offiziellen Etikette versehen, die ihren Fundort als Abstand in Metern vom Nord- oder Südportal angibt (Abb. 8a). Der Verkaufspreis betrug zwischen 75 Rappen (Stück aus einer vollständigen Kollektion) und 2 Franken (Einzelstück). Diese einheitlichen Gesteinssammlungen gingen an verschiedene Universitäten und Städte, wo sie zum Teil noch heute in naturwissenschaftlichen Sammlungen von Instituten und Museen aufbewahrt werden (z.B. in Lausanne, Genève und Zürich/Schweiz, in London/Grossbritannien).

Abb. 8: (a) Gesteinsprobe mit offizieller Etikette aus dem Simplontunnel, die Fundort in Metern ab Südportal und Nummer angibt (Bildbreite 7.1 cm). (b) Begleitende Originaletikette (Bildbreite 9.7 cm).

Handstück-Nr. (Schardt 1906)	Distanz ab Nord- oder Südportal (in m)		Gesteinstypen nach Schardt (1898-1906 und 1906)	geologische Einheit (siehe Abb. 2)
1 - 14	0 - 565	Nord	toniger Bündnerschiefer mit lokalen Quarzlinsen	
15 - 18	677 - 716	Nord	dolomitischer Kalk, Dolomit, Anhydrit	Sedimentbedeckung
19 - 22	825 - 1100	Nord	toniger Bündnerschiefer	Aarmassiv
23 - 28	1200 - 1450	Nord	toniger Bündnerschiefer, Anhydrit	
29 - 32	1533 - 1844	Nord	toniger Bündnerschiefer, Kalkschiefer	
33 - 51	1909 - 3700	Nord	kalkiger Bündnerschiefer, Kalkschiefer (teilweise mit Calcit- und Quarzadern)	Nordpenninische
52 - 63	3713 - 4077	Nord	dolomitischer Schiefer, Dolomit, Glimmerschiefer, schiefriger Gneis	Bündnerschiefer
64 - 68	4080 - 4400	Nord	Glimmerschiefer, schiefriger Gneis	Monte Leone- Decke
69 - 71	4412 - 4426	Nord	Glimmerschiefer, kalkiger Schiefer, Dolomit	Nordpenn. Bündnerschiefer
72 - 157	4500 - 7247	Nord	(Granat-)Glimmerschiefer bis -gneis, Zweiglimmergneis, Biotitgneis, Einschaltungen von Amphibolschiefer/Amphibolit	Berisal-Decke
158, 159	7249 - 7251	Nord	kalkiger Glimmerschiefer	Nordpenn. Bündnerschiefer
160 - 201	7260 - 8800	Nord	Glimmerschiefer (teilw. mit violetten Anhydritadern), Hellglimmergneis	
202 - 210	8900 - 9397	Nord	(Granat-)Glimmerschiefer (teilw. mit Anhydritadern), Gneis	Monte Leone-Decke
211 - 217	9400 - 9600	Nord	Dolomit mit Anhydrit/Anhydritlinsen, Glimmerschiefer mit Anhydrit	Nordpenn. Bündnerschiefer?
218 - 230	9630 - 10300	Nord	Kalkschiefer	
	9125 - 9350	Süd	Kalkschiefer, Marmor	
231 - 258	7130 - 9100	Süd	Granatglimmerschiefer, Biotitgneis, Biotitschiefer	Lebendun-Decke
259 - 264	6830 - 7110	Süd	grauer und weisser Marmor, Kalkschiefer	
265 - 288	5330 - 6830	Süd	schiefriger Zweiglimmergneis, Biotitschiefer	
289 - 296	4940 - 5320	Süd	grauer Kalk, Kalkschiefer, weisser Marmor	Nordpenninische
297 - 323	4325 - 4939	Süd	Kalkschiefer, Anhydrit, Glimmerschiefer, weisser Marmor	Bündnerschiefer
324 - 385	0 - 4322	Süd	schiefriger Biotitgneis, granitischer Zweiglimmergneis, Hellglimmergneis	Antigorio-Decke

Tab. 1: Gesteinstypen des Simplontunnels (nach Schardt 1898–1906 und Schardt 1906).

Für eine detaillierte Darstellung zur Geschichte der Gesteinskollektion siehe Meisser (2005).

Die Gesteinskollektion im Naturhistorischen Museum Basel

In den Jahren 1905 und 1906 kaufte das Geologische Institut der Universität Basel in mehreren Lieferungen vom «Comptoir Minéralogique et Géologique Suisse» in Genf eine Gesteinssammlung des Simplontunnels. Im Februar 1924 wurde diese Kollektion von Professor Max Reinhard dem Naturhistorischen Museum Basel übergeben (Stehlin 1925).

Von den ursprünglich 385 Gesteinsproben besitzt das Museum noch 326 Stück, da durch mehrfaches Umlagern der Sammlung Proben verloren gegangen sind. Zu fast allen Proben liegen noch Originaletiketten des Comptoir vor (Abb. 8b).

Gesteinstypen des Simplontunnels

Die Gesteinsabfolge im Tunnel lässt sich folgendermassen charakterisieren und unterteilen (nach Schardt 1903 und 1906 sowie Schmidt 1907; Abb. 2 und Tab. 1):

0–3'919 m ab NP (=Nordportal, sog. «Bedretto-Mulde»):

Die ersten rund 4 km des Tunnels verlaufen in Sedimentgesteinen, die als Sedimentbedeckung des Aarmassivs (bis etwa 1'500 m ab NP) sowie als nordpenninische Bündnerschiefer

(von rund 1'500 bis 3'919 m ab NP) bezeichnet werden. Es handelt sich dabei hauptsächlich um tonige Bündnerschiefer (monotone Kalk- und Tonschiefer) mit lokalen Einlagerungen von schmalen Bändern von Dolomitgesteinen und Gips sowie Anhydrit (z.B. von 670 bis 715 m ab NP, bei 1'230 m ab NP und 1'530 m ab NP).

3'919–4'426 m ab NP:

In diesem Bereich erscheint im Abschnitt von 3'919 bis 3993 m ab NP ein Zweiglimmergneis. Dieser Gneis steht aufrecht und ist spitzwinklig gefaltet (Abb. 2). Danach folgen bis 4'079 m ab NP Kalkschiefer, Glimmerschiefer und untergeordnet Dolomitgesteine sowie Anhydrit. Von 4079 m bis 4410 m ab NP tritt ein quarzreicher, grobbankiger Hellglimmergneis (sog. Gantergneis) auf, der das steilgestellte Ende einer Faltung der Monte Leone-Decke darstellt. Von 4'410 bis 4'424 m folgen schliesslich Kalkschiefer mit schmalen Marmorlagen.

4'426–7'246 m ab NP (sog. «Berisalschiefer»):

In diesem Abschnitt wird die Berisal-Decke durchfahren, die heterogen aus granatführenden Glimmerschiefern, Augengneisen und Biotitgneisen zusammengesetzt ist und lokal Einschaltungen von Hornblendeschiefern und Amphiboliten aufweist.

7'246–9'400 m ab NP (sog. «Leone-Gneis»):

In diesem Bereich sind Gneise der Monte-Leone-Decke vorherrschend. Zuerst treten dickbankige Hellglimmergneise (sog. Ofenhorn- oder Leonegneis, bis 8145 m ab NP) sowie untergeordnet Glimmerschiefer mit Anhydritadern auf, die gefolgt werden von hornblende- und granatführenden Gneisen (sog. Valgrande-Gneis, bis 9'400 m ab NP). Nach N wird diese Decke durch Kalkschiefer und Marmore mit Anhydrit (von 7'246 bis 7'254 m ab NP) von der Berisal-Decke abgetrennt.

9'400–12'859 m ab NP (6'870 – 10'329 m ab SP, sog. «Veglia-Mulde»):

Diese Zone der Lebendun-Decke ist äusserst heterogen und besteht aus Marmoren, Glimmerschiefern mit Anhydrit, Biotitgneisen (sog. Lebendun-Gneis), Kalkschiefern und granathaltigen Hornfelsen.

12'859–15'404 m ab NP (4'325–6'870 m ab SP):

Von 12'859 m bis 14'403 m ab NP (oder 5'326 bis 6'870 m ab SP) treten verschiedene biotitreiche, dünnbankige Gneise mit Quarzlagen und -knollen auf. Danach folgen bis 15'404 m ab NP (oder bis 4'325 m ab SP) Bündnerschiefer, anhydritführende Glimmerschiefer (4'460 bis 4'500 m ab SP), Glimmerkalke und Marmore.

15'404–18'729 m ab NP (0–4'325 m ab SP, sog. «Antigorio-Gneis»):

In diesem Abschnitt wird die Antigorio-Decke durchquert, die hauptsächlich aus dickbankigen Zweiglimmergneisen (sog. Antigorio-Gneis) besteht. Vereinzelt treten magmatische Gänge auf.

Die während des Tunnelbaus vorgefundenen Gesteine beeinflussten entscheidend die Interpretation des Gebirgsbaus des Simplons. Das räumliche Auftreten und die Abfolge der Gesteinsschichten auf Tunnelniveau entsprach nicht dem der Oberfläche. Im Tunnel wurden im nördlichen und mittleren Teil mehrheitlich Schiefer (v.a. Kalk- und Kalkglimmerschiefer) angetroffen, die nach petrographischem Vergleich zusammengefasst und gleichgestellt wurden (Schardt 1904; Abb. 2). Demgegenüber treten an der Oberfläche entlang der Tunnellinie mehr kristalline Gneise als sedimentäre Schiefer auf (Abb. 1). Einige dieser Gneise reichen daher nicht bis auf das Tunnelniveau hinunter oder verlieren ihre Mächtigkeit nach unten. Diese Anordnung wurde mit intensiver Verfaltung und Überlagerung von Gneiseinheiten (z.B. Monte Leone- und Antigorio-Gneis) und metamorphen mesozoischen Sedimenten erklärt (Fig. 9 und 10 in Abb. 3). Diese Ansicht hat sich bis heute nicht grundlegend verändert (Abb. 2).

Mineralien des Simplontunnels

Geschichte der Mineralkollektionen

Während der fortschreitenden Arbeiten im Tunnel wurden gezielt und genau lokalisierte Gesteinsproben entnommen, andererseits aber

auch unzählige, zum Teil spektakuläre Mineralstufen (Kluftmineralien) gesammelt und ebenfalls mit genauen Funddaten (Kilometrierung) versehen. Auf diese Weise kam eine riesige Kollektion von Gesteinen und Mineralien zusammen, die teils an Institutionen abgegeben wurden, teils aber auch käuflich erhältlich waren. Auf diese Weise kam eine wahrhaft vorbildliche, vollständige Kollektion dieses damals weitaus längsten Tunnels der Welt zusammen. Dass diese hervorragende Art der Probensammlung in den verschiedenen neuen Alpentunneln keine wirkliche Nachahmung gefunden hat, ist bedauerlich. Es muss allerdings festgehalten werden, dass diese vorbildliche Probennahme (vor allem der Kluftmineralien) streng genommen nur für den schweizerischen Teil des Tunnels (von etwa 0 bis 10'300 Meter ab Nordportal) zutrifft, von der südlichen Hälfte stand keine systematische Mineralsammlung für eine mineralogische Untersuchung zur Verfügung. Lediglich vereinzelte Proben aus Privatbesitz (Dott. A.G. Roggiani, Domodossola/Italien) konnten untersucht werden, deren Herkunft aber nicht genau abgeklärt werden konnte (einzige Fundortangabe: «Traforo del Sempione»). Wichtig ist zudem, dass die von der Gesteinszusammensetzung interessantesten und mineralreichsten Zonen auf schweizerischem Territorium durchfahren wurden.

Es waren vor allem folgende Schweizer Institutionen, die wesentliche Anteile der Gesteins- und Mineralproben erhielten, respektive käuflich erwarben:
1. Basel: Mineralogisch-Petrographisches Institut und das Naturhistorische Museum, das 1980 die gesamte Sammlung des Instituts (über 400 Mineralproben) als Depositum übernahm. Ende 2003 konnte – in Zusammenhang mit der Auflösung des Bally-Museums Schönenwerd (Kanton Solothurn) – die gesamte Tunnel-Sammlung mit zahlreichen spektakulären Mineralstufen des Museums in Schönenwerd für das Basler Museum erworben werden, so dass Basel heute mit rund 800 Stücken die wohl vollständigste Simplontunnel-Sammlung besitzt. Einige der interessantesten und besten Mineralproben wurden von Graeser (1984) untersucht und deren Resultate publiziert. 2. Bern: Mineralogisch-Petrographisches Institut und Naturhistorisches Museum, wobei auch hier der grösste Teil der Sammlungen des Institutes vom Museum übernommen wurde. 3. Genève: Musée d'Histoire Naturelle. 4. Zürich: Institut für Mineralogie und Petrographie der ETH Zürich.

Entstehung der Tunnelmineralien

Die im Tunnel vorkommenden Kluftmineralien verdanken ihre Entstehung der alpinen Metamorphose: in Wechselwirkung heisser wässriger Lösungen und dem jeweiligen Nebengestein wurden Stoffe aus dem Gestein gelöst, die anschliessend – im Laufe der Abkühlung – in Hohlräumen («Klüften») auskristallisierten und sich hier zu Kristallen mit charakteristischer Eigengestalt entwickeln konnten. Es ist daher naheliegend, dass sich in den unterschiedlichen Gesteinen auch unterschiedliche Mineralien entwickelten. Die ehemaligen Sedimente lieferten daher vorzugsweise Karbonat- und Sulfat-Mineralien, während in den kristallinen Gesteinen mit granitischer Zusammensetzung vorwiegend Silikat-Mineralien entstanden (Tab. 2).

Spezialfall Tunnelmineralien

Im Gegensatz zu Mineralien, die an der Erdoberfläche gefunden werden, die damit über viele Tausende von Jahren dem Einfluss der Atmosphäre (Sauerstoff, Wasser, Temperaturschwankungen) ausgesetzt waren, werden Mineralien im Berginneren bei konstanten Temperaturen und Luftfeuchtigkeiten, geringen Oxidationseinflüssen, quasi «klimatisiert», aufbewahrt. Das hat zur Folge, dass viele Mineralarten, die an der Erdoberfläche entweder verändert vorliegen oder völlig verschwunden sind (Sulfidmineralien wie Pyrit, Smithit, etc., oder Karbonate wie Calcit, Aragonit, u.a., Sulfate wie Gips, Anhydrit und viele Zeolithmineralien), im Berginneren völlig frisch und unversehrt vorliegen und erst bei Tunnelbauten ans Licht kommen. Damit weisen Tunnelproben generell eine grössere Variabilität an Mineralien auf und unterscheiden sich deutlich von Fundstücken an der Erdoberfläche.

Mineralien		**Bedretto-Mulde** Sedimentbedeckung Aarmassiv, Nordpenn. Bündnerschiefer (v.a. Dolomite, Mergel, Kalkschiefer)	**Berisal-Schiefer** Berisal-Decke (Granatglimmer-schiefer)	**Leone-Gneis** Monte Leone-Decke (v.a. Hellglimmer-gneise)	**Veglia-Mulde** Lebendun-Decke Dolomit	Kalkschiefer	**ohne nähere Lokalisierung**	**nur im Tunnel gefunden**
Elemente:								
Schwefel	S	●						
Sulfide:								
Aikinit	$CuPbBiS_3$			●				●
Antimonit (Stibnit)	Sb_2S_3						●	
Arsenopyrit	$FeAsS$						●	
Galenit (Bleiglanz)	PbS		●	●				
Cosalit	$Pb_2(Bi,Sb)_2S_6$						●	●
Pyrit	FeS_2			●	●	●		
Pyrrhotin	$Fe_{1-x}S$		●	●		●		
Smythit	$Fe_{13}S_{16}$		●					
Sphalerit (Zinkblende)	ZnS		●	●	●			
Halogenide:								
Fluorit	CaF_2			●	●			
Oxide:								
Anatas	TiO_2	●	●	●				
Hämatit	Fe_2O_3		●	●				
Quarz	SiO_2	●	●	●	●	●		
Rutil	TiO_2		●	●	●			
Karbonate:								
Ankerit	$CaFe(CO_3)_2$	●	●	●	●	●		●
Calcit	$CaCO_3$	●	●	●	●	●		
Dawsonit	$NaAl(OH)_2CO_3$					●	●	●
Dolomit	$CaMg(CO_3)_2$	●	●	●	●	●		
Magnesit	$MgCO_3$				●			●
Pistomesit	$MgFe(CO_3)_2$			●	●			●
Sulfate:								
Anhydrit	$CaSO_4$	●	●	●	●	●		●
Baryt	$BaSO_4$		●					
Coelestin	$SrSO_4$				●		●	
Gips	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	●			●			●
Phosphate:								
Goyazit	$SrAl_3(PO_4)_2(OH)_5 \cdot H_20$				●			●
Silikate:								
Aktinolith	$Ca_2(Mg,Fe)_5Si_8O_{22}(OH)_2$			●				
Albit	$NaAlSi_3O_8$	●	●	●	●			
Biotit	$K(Mg,Fe)_3(Al,Fe^{3+})Si_3O_{10}(OH,F)_2$		●	●				
Epidot	$Ca_2(Fe^{3+},Al)_3(SiO_4)_3(OH)$			●				
Klinochlor	$(Mg,Fe)_5Al(Si_3Al)O_{10}(OH)_8$	●	●	●	●			
Laumontit	$CaAl_2Si_4O_{12} \cdot 4H_2O$		●					
Orthoklas (Adular)	$KAlSi_3O_8$	●	●	●	●			
Titanit	$CaTiSiO_5$		●					
Granat:								
Almandin	$Fe_3Al_2(SiO_4)_3$			●				
Spessartin	$Mn_3Al_2(SiO_4)_3$			●				
Turmalin:								
Dravit	$(Na,Ca)Mg_3Al_6(BO_3)_3Si_6O_{18}(OH)_4$		●		●			
Uvit	$Ca(Mg,Fe)_3(Al_5Mg)(BO_3)_3Si_6O_{18}(OH)_4$				●			
Distanz in Metern ab Nordportal (siehe Abb. 2)		0 - 3919	4426 - 7246	7246 - 9400	9400 - 12859			

Tab. 2: Wichtigste Mineralien des Simplontunnels und ihr Auftreten in der Region des Simplons (Nordhälfte, bis km 10 ab Nordportal; Kompilation aus Graeser 1984 und Meisser 2005). Im Bereich von 3'920 bis 4'425 m ab Nordportal treten mineralarme Gesteinsschichten auf, die deshalb in dieser Zusammenstellung fehlen.

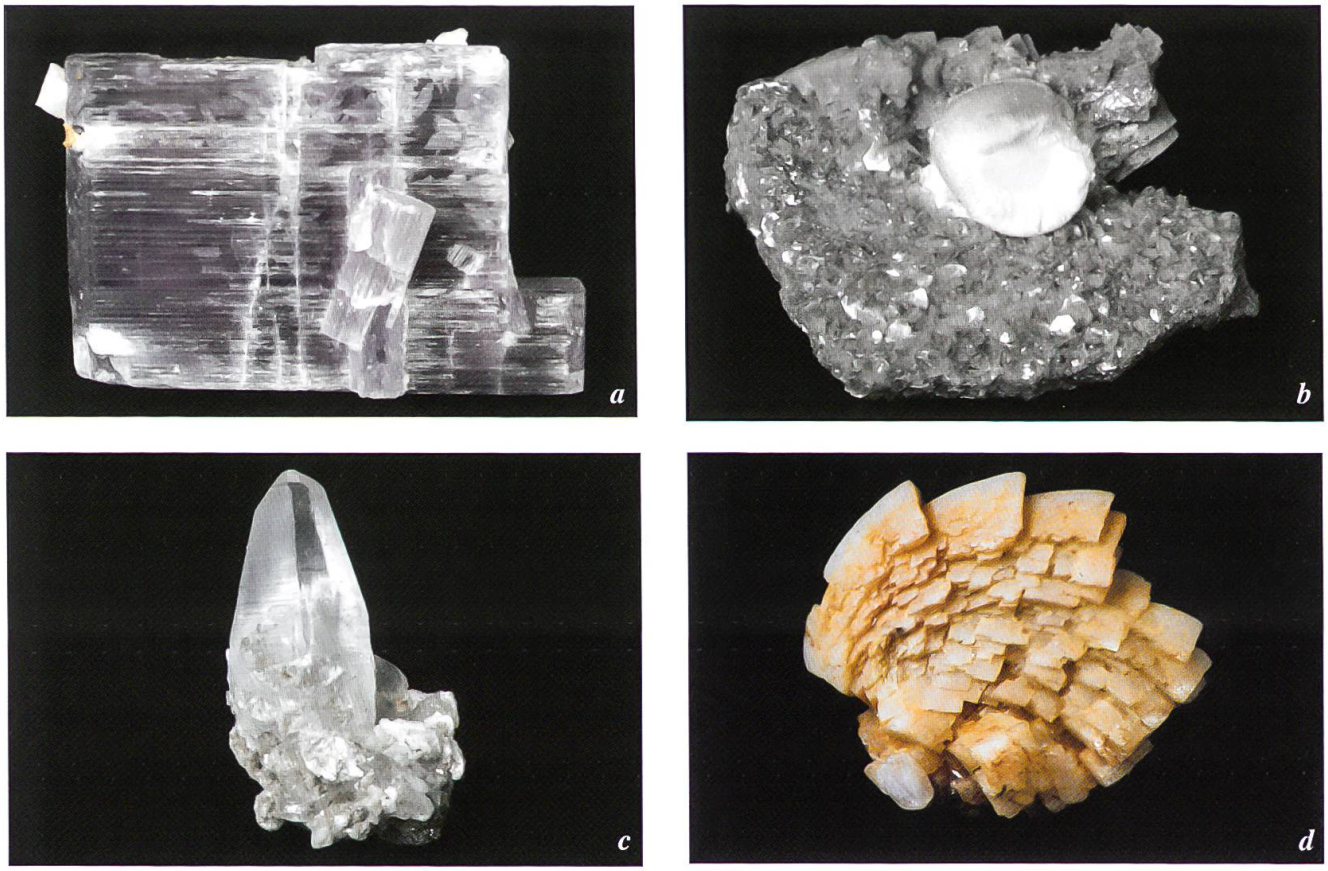


Abb. 9: Mineralien des Simplontunnels: (a) Anhydrit (Breite des Kristalls 8.5 cm; Inv.-Nr. 10712), (b) Dawsonit, Fundpunkt 9'860 m ab NP (Breite der Stufe 7.5 cm; Inv.-Nr. 46796), (c) Bergkristall (Quarz) mit Tessiner Habitus, Fundpunkt 9'294–9'326 m ab NP (Breite der Stufe 4.0 cm; Inv.-Nr. 10913) und (d) Dolomit (Breite der Stufe 4.7 cm; Inv.-Nr. 46794). Alle Stücke: Mineralogische Sammlung, Naturhistorisches Museum Basel.

Herausragende Mineralien

Es würde zu weit führen, die zahlreichen Mineralfunde im Detail vorzustellen, es sei dazu auf eine umfangreiche Beschreibung dieser Mineralien hingewiesen (Graeser 1984).

Das spektakulärste Simplontunnel-Mineral ist unzweifelhaft der Anhydrit (Abb. 9a), der in einer Grösse und Qualität gefunden wurde, die selten ist und von Preiswerk (1905) detailliert kristallographisch beschrieben wurde. Als Sulfat-Mineral mit der Zusammensetzung $CaSO_4$ findet der Anhydrit seine grösste Verbreitung in den Dolomitgesteinen der Veglia-Mulde; auf Lösungsweg wurde er auch in viele andere Gesteinszonen verfrachtet.

Eine spezielle Rarität ist schliesslich das Karbonat-Mineral Dawsonit $NaAl(OH)_2CO_3$, das bis heute in der Schweiz nur vom Simplontunnel und weltweit nur von wenigen Fundstellen bekannt ist. In einer früheren Bearbeitung der Simplontunnel-Mineralien war das Mineral als Natrolith bezeichnet worden; erst viel später (Graeser 1984) wurde die wahre Natur des Minerals erkannt. Mit dem Material, das von Schönenwerd an das Basler Museum gelangte, kam auch das Prunkstück von Dawsonit, ein kugeliges Aggregat mit gut 2.2 cm Durchmesser, in die Basler Sammlung (Abb. 9b).

Tunnel- und Oberflächenmineralien im Vergleich

In Tab. 2 sind eine Anzahl von Mineralien aufgeführt, die ausschliesslich im Tunnel, nicht aber – in denselben Gesteinen – an der Oberfläche gefunden wurden. Merkwürdigerweise gilt aber auch die umgekehrte Feststellung: von der

direkt oberhalb des Tunnelniveaus in den Gneisen der Berisal-Serie entdeckten Barium-Anomalie (Hetherington et al. 2003, Graeser et al. 2003) wurde in den Tunnelgesteinen offenbar nichts entdeckt. Interessant ist auch ein Vergleich mit dem wenige Kilometer weiter nördlich gelegenen Binntal, das unter anderem durch seine zahlreichen Arsen-Mineralien wie den Arsensulfiden in Dolomitgesteinen (z.B. Lengenbach) sowie Arsenoxiden in Gneisen (z.B. Region Cervandone) bekannt geworden ist (Hofmann et al. 1993, Graeser und Roggiani 1976). Das Binntal liegt grösstenteils im Bereich der Monte Leone-Decke (Kristallin-Kern und Sedimenthülle) – Gesteine, die ja im Simplontunnel ebenfalls durchfahren wurden. Es ist eine sehr überraschende Tatsache, dass weder in den dolomitischen Sedimenten, noch in den Monte Leone-Gneisen irgendwelche Arsen-Mineralien entdeckt wurden. Daraus lässt sich mühelos ableiten, dass das Binntal tatsächlich ein lokal sehr eng begrenztes mineralogisches Phänomen darstellt.

Bedeutung wissenschaftlicher Begleitung von Tunnelprojekten

Vor rund 100 Jahren

Die wissenschaftliche Auf- und Probennahme von Kluftmineral- und Gesteinsproben mit genauer Lokalisation im Simplontunnel vor rund 100 Jahren ermöglichte erstmals einen Vergleich mit entsprechenden Proben der Oberfläche. Verschiedene Mineralien wie Anhydrit und Dawsonit konnten nur im Tunnel gefunden werden und fehlen an der Oberfläche (Tab. 2).

Die genauen Aufzeichnungen der Lagerungsverhältnisse und Gesteinsabfolgen im Simplontunnel, verglichen mit der Oberfläche, ergaben ein detailliertes Bild des Deckenbaus des Simplons, welches noch heute Bestand hat (Abb. 2 sowie Fig. 9 und 10 in Abb. 3). Diese Studien waren massgebend für die Entwicklung der «Deckenlehre», die heute noch grundlegend für das weltweite Verständnis von Gebirgsbildungen ist.

An diesen Erkenntnissen waren die Basler Geologen Hans Schardt, Carl Schmidt und Heinrich Preiswerk massgeblich beteiligt.

Heute

Momentan laufen in der Schweiz Ausbrucharbeiten zu zwei Alpentransversalen, dem Lötschberg- und dem Gotthard-Basistunnel, die eine Länge von 35 km respektive 57 km haben. Obschon detaillierte geologische Aufnahmen und Daten aus Tunnelbauprojekten von grossem Wert für Forschung und weitere Tunnelprojekte sind, sind dafür kaum finanzielle Mittel vorhanden. Zusätzlich sind die zeitlichen Arbeitsabläufe mit Vortrieb (Ausbruch des Gesteins) und Ausbau des Tunnels so bemessen, dass eine wissenschaftliche Bearbeitung im Tunnel (geologische Aufnahme, Messung, Probenentnahme und Dokumentation) stark eingeschränkt ist.

Bei den beiden Alpentransversalen werden aktuell zwei wissenschaftliche Projekte verfolgt. (1) Aufnahme eines Inventars der Tunnelmineralien: Von den beteiligten Kantonen Bern, Wallis, Uri, Graubünden und Tessin sind dazu offiziell Mineralienaufseher eingesetzt worden, die für diese Dokumentation verantwortlich sind. (2) Studium von Zerrklüften und ihren Kristallen: Obwohl die Kenntnis zur Bildung der Alpen inzwischen recht umfassend ist, liefern die Mineralien und die angetroffenen Gesteinsverhältnisse in den beiden Tunneln immer noch wichtige Erkenntnisse, speziell zur späten Hebung und Abkühlung der Zentralalpen. Dazu arbeiten verschiedene Arbeitsgruppen des Departements Geowissenschaften der Universität Basel und des Departements Erdwissenschaften der ETH Zürich mit modernsten Methoden wie Mikrothermometrie und Massenspektrometrie an Flüssigkeitseinschlüssen zusammen.

Dank

Die Autoren danken Prof. Dr. Hermann Hecker und Dr. Thomas Noack für die sorgfältige Durchsicht des Manuskripts und die konstruktiven Anregungen.

Literatur

Bearth, P. (1972): Blatt 61 Simplon (1:25000). Geologischer Atlas der Schweiz, Schweizerische Geologische Kommission Bern.

Bianchetti, G., Zuber, F., Vuataz, F.-D. & J.-D. Rouiller (1993): Hydrogeologische und geothermische Untersuchungen im Simplontunnel. Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geotechnische Serie 88. Schweizerische Geotechnische Kommission Zürich. 75 S.

Buxtorf, A. (1923): Professor Dr. Carl Schmidt (1862–1923). Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft 101: 44–54.

Escher, A., Hunziker, J.C., Marthaler, M., Masson, H., Sartori, M. & A. Steck (1997): Geologic framework and structural evolution of the Western Swiss-Italian Alps. In: Pfiffner, A.O. et al. (Hrsg.): Deep Structure of the Swiss Alps: results of NFP 20. Birkhäuser Basel: 205–222.

Frey, M. & R. Ferreiro Mählmann (1999): Alpine Metamorphism of the Central Alps. Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen 79: 135–154.

Gerlach, H. (1865): Geologische Karte der Schweiz 1:100000 (Dufour-Karte). Blatt XVIII Brig-Airolo. Schweizerische Geologische Kommission, Basel.

Gerlach, H. (1869): Die penninischen Alpen. Beiträge zur Geologie der Schweiz. Neue Denkschrift der Schweizerischen Gesellschaft der Naturwissenschaften 23. 132 S.

Graeser, S. (1984): Die Mineralien aus dem Simplontunnel, Schweiz. Magma 5/84, 19–36.

Graeser, S. & A.G. Roggiani (1976): Occurrence and genesis of rare arsenate and posphate minerals round Pizzo Chervandone, Italy–Switzerland. Rendiconti Società Italiana di Mineralogia e Petrologia XXXII: 279-288.

Graeser, S., C.J. Hetherington & R. Gieré (2003): Ganterite: a new barium-dominant analogue of muscovite from the Berisal Complex, Simplon, Switzerland. Canadian Mineralogist, 41: 1271–1280.

Heim, A. (1904): Über die geologische Voraussicht beim Simplon-Tunnel. Antwort auf die Angriffe des Herrn Nationalrat Ed. Sulzer-Ziegler. Eclogae geologicae Helvetiae 8: 365–384.

Hetherington, C.J., R. Gieré & S. Graeser (2003): Composition of Barium-rich white micas from the Berisal Complex, Simplon Region, Switzerland. Canadian Mineralogist, 41: 1281–1291.

Hofmann, B., S. Graeser, T. Imhof, V. Sicher & H.A. Stalder (1993): Mineralogie der Grube Lengenbach. Jahrbuch des Naturhistorischen Museums Bern 11: 3–90.

Leuba, J. (1931): Le Professeur Hans Schardt (1858–1931). Bulletin de la Société neuchâteloise des Sciences Naturelles 56: 103–119.

Mancktelow, N.S. (1990): The Simplon Fault Zone. Beiträge zur Geologischen Karte der Schweiz, Landeshydrologie und -geologie Bern. 74 S.

Maxelon, M. & N.S. Mancktelow (2005): Three-dimensional geometry and tectonostratigraphy of the Pennine zone, Central Alps, Switzerland and Northern Italy. Earth-Science Review 71: 171–227.

Meisser, N. (2005): Minéralogie du tunnel du Simplon. In: Delaloye, M. (Hrsg.): Simplon: Histoire–Géologie–Minéralogie. Fondation B. & S. Tissières Martigny: 61–83.

Milnes, A.G. (1973): A structural reinterpretation of the classic Simplon tunnel section of the Central Alps. Bulletin Geological Society of America 84: 269–274.

Preiswerk, H. (1901): Über Dunitserpentin am Geisspfadpass im Oberwallis. Diss. Univ. Basel, 31 S.

Preiswerk, H. (1905): Anhydritkristalle aus dem Simplontunnel. Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie I: 33–43.

Reinhard, M. (1940): Heinrich Preiswerk (1876–1940). Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen 20: 1–7.

Renevier, E. (1878): Structure géologique du massif du Simplon. Bulletin de la Société vau-doise des sciences naturelles 15: 281–304.

Schardt, H. (1898-1906): Rapports trimestriels au Conseil Fédéral sur l'état des travaux du percement du Simplon. Corbaz, Lausanne.

Schardt, H. (1902): Rapports sur les venues d'eau rencontrées dans le tunnel du Simplon du côté d'Iselle. Corbaz, Lausanne. 27 S.

Schardt, H. (1903): Note sur le profil géologique et la tectonique du massif du Simplon comparés aux travaux antérieurs. Eclogae geologicae Helvetiae 8: 173–200.

Schardt, H. (1904): Die wissenschaftlichen Ergebnisse des Simplondurchstichs. Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft 87: 172–210.

Schardt, H. (1906): Collection de Roches du Tunnel du Simplon. ETH-Bibliothek Hs 389:537.32, 11 S.

Schmidt, C. & H. Preiswerk (1908a): Erläuterungen zur Geologischen Karte der Simplongruppe, No. 6. Schweizerische Geologische Kommission Bern, 72 S.

Schmidt, C. & H. Preiswerk (1908b): Geologische Karte der Simplongruppe 1:50000. Mit Verwertung der Aufnahmen von A. Stella. Geologische Spezialkarte 48. Schweizerische Geologische Kommission Bern.

Schmidt, C. (1907): Über die Geologie des Simplongebietes und die Tektonik der Schweizer Alpen. Eclogae geologicae Helvetiae 9: 484–584.

Schmidt, C. (1908): Die Geologie des Simplongebirges und des Simplontunnels. Rektorats-Pro-

gramm der Universität Basel. Reinhardt Basel, 107 S.

Schmidt, C. (1917): Erläuterungen zur Karte der Fundorte von mineralischen Rohstoffen in der Schweiz 1:500000. I. Kohlen, Asphalt, Erdöl, bituminöse Schiefer, Erdgas. II. Salze. III. Erze. Beiträge zur Geologischen Karte der Schweiz. 76 S.

Schmidt, C. (1920): Texte explicatif de la Carte des Gisements des matières premières minérales de la Suisse 1:500000. I. Charbon.-Asphalte, Pétrole, Gaz naturels, Schistes bitumineux. II. Sel. III. Minerais. Beiträge zur Geologischen Karte der Schweiz. 256 S.

Stehlin, H.G. (1925): Bericht über das Basler Naturhistorische Museum für das Jahr 1924. Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft in Basel, 36: 312–336.

Studer, B. (1851): Geologie der Schweiz, Band 1. 485 S.

Sulzer-Ziegler, E. (1904): Der Bau des Simplon-Tunnels. Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft 87: 128–171.

Vance, D. & R.K. O'Nions (1992): Prograde and retrograde thermal histories from the central Swiss Alps. Earth and Planetary Science Letters 114: 113–129.

Zutter, P. (1906): Der Simplon-Tunnel: Erinnerung an die Eröffnungsfeier. Genève, 119 S.

Dr. André R. Puschnig
Abt. Geowissenschaften
Naturhistorisches Museum Basel
Augustinergasse 2
CH-4001 Basel
andre.puschnig@bs.ch

Prof. Dr. Stefan Graeser
Abt. Geowissenschaften
Naturhistorisches Museum Basel
Augustinergasse 2
CH-4001 Basel
und
Mineralogisch-Petrographisches Institut der Universität Basel
Bernoullistrasse 30
CH-4056 Basel
stefan.graeser@unibas.ch