Die Aufgaben der Baugeologie

Autor(en): **Dal Vesco, E.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **90 (1972)**

Heft 34

PDF erstellt am: **28.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-85291

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

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

http://www.e-periodica.ch

HERAUSGEGEBEN VON DER VERLAGS-AKTIENGESELLSCHAFT DER AKADEMISCHEN TECHNISCHEN VEREINE, 8021 ZÜRICH, POSTFACH 630

Zum 70. Geburtstag von Prof. Dr. Francis de Quervain

DK 92

Die nachfolgenden fünf Arbeiten dieser Ausgabe der Schweizerischen Bauzeitung sind Dr. Francis de Quervain, bis 1970 ordentlicher Professor für technische Petrographie an der ETH Zürich, gewidmet, der am 26. August 1972 seinen siebzigsten Geburtstag feiert.

Einer alten Hugenottenfamilie entstammend, die der Schweiz schon viele Wissenschafter geschenkt hatte, wurde der Jubilar nach Abschluss seiner Studien 1928 von der Kinderlähmung befallen, deren Folgen er mit bewundernswerter Energie meisterte. Als junger Assistent von Prof. P. Niggli wurde er einerseits mit der Durchführung der anfallenden petrographischen Untersuchungen für die Eidgenössische Materialprüfungsanstalt, anderseits mit den Arbeiten der Schweizerischen Geotechnischen Kommission betraut, der er von 1928 bis 1949 als Sekretär und nach dem Rücktritt von Prof. Niggli von 1949 an als Präsident vorstand. Nach seiner 1943 erfolgten Habilitation an der ETH mit einer Arbeit über das Verhalten der Bausteine gegen Witterungseinflüsse hielt er ab 1945, erst als Privatdozent, ab 1956 als ausserordentlicher und ab 1965 als ordentlicher Professor, Vorlesungen und Übungen an der ETH über Technische Gesteinskunde, und zwar für Geologen und Petrographen, Bauingenieure und Kulturingenieure sowie zeitweise auch für Architekten. Dazu kamen Spezialvorlesungen über keramische Rohstoffe und Erzlagerstätten. Ferner wirkte er mehrere Jahre in der Kommission «Baustoffe» der Vereinigung Schweizerischer Strassenfachmänner und leitete überdies den Arbeitsausschuss für die Untersuchung schweizerischer Mineralien und Gesteine auf Atombrennstoffe und seltene Elemente. Nach seinem Rücktritt von der ETH wurde er vom Bundesrat zum Konsulenten der Eidgenössischen Kommission für Denkmalpflege ernannt.

Aus seinen gegen 150 wissenschaftlichen Publikationen, die er allein oder mit Mitautoren veröffentlichte, seien für die Leser dieser Zeitschrift einige zusammenfassende Bücher und Karten eher technischer Natur erwähnt, die Prof. de Quervain neben den rein mineralogischen und petrographischen Arbeiten herausgab, so: «Die nutzbaren Gesteine der Schweiz» 1934, Neuauflagen 1949 und 1969; «Fundstellen mineralischer Rohstoffe in der Schweiz» 1941 und 1953; «Technische Gesteinskunde» 1948, Neuauflage 1967; «Geotechnische Karte der Schweiz» 1:200 000 in vier Blättern, 1934–1938, Neuauflage 1963–1967.

Mit dem Dank an den Jubilar, der noch manche Pläne für weitere wissenschaftliche Arbeiten hegt, verbinden wir den Wunsch, dass ihm noch viele glückliche, erfüllte Jahre beschieden sein mögen. *A. von Moos*

Die Aufgaben der Baugeologie

DK 550.8:69

Von **E. Dal Vesco**, Oberengstringen

1. Die Problemstellung

Die Baugeologie sollte definitionsgemäss die geologischen Probleme im Bauwesen untersuchen und abklären. Indessen sind die geologischen und die petrographischen Verhältnisse in der Natur so eng miteinander verknüpft, dass die Baugeologie alle Beziehungen der Fels- und Lockergesteine im Zusammenhang mit dem Bauwesen berücksichtigen muss. Was die Felsgesteine betrifft, besitzt die Felsmechanik eine ähnliche Zielsetzung, und in bezug auf die Lockergesteine liegt auch die Bodenmechanik in ähnlicher Weise nahe bei der Baugeologie. Darum stellt sich die Frage, ob die Baugeologie eine Berechtigung zur Selbständigkeit aufweist, und im bejahenden Fall, wo die Grenzen zwischen Baugeologie und Felsmechanik einerseits und zwischen ihr und der Bodenmechanik anderseits liegen. Hier soll lediglich die Grenze zwischen Baugeologie und Felsmechanik kurz besprochen werden. Um dies zu zeigen, werden zunächst einige Beispiele aus dem Tunnelbau im Sottoceneri (südlicher Tessin, Schweiz) erläutert.

2. Beispiele

Das Gebiet des Sottoceneri wird durch drei geologisch verschiedene Einheiten aufgebaut, die sich auch felsmechanisch unterschiedlich verhalten. Das insubrische Grundgebirge – auch Seengebirge genannt – bildet die eigentliche Unterlage und ist nördlich der Linie Caslano–Lugano–Denti della Vecchia aufgeschlossen. In der weiteren Umgebung von Melide–Morcote treten die vulkanischen Gesteine aus der Permzeit auf. Daran schliesst sich südlich eine Zone mit jüngeren Sedimenten an, die altersmässig von der Trias- bis in die Pliozänzeit reichen und das Gebirge des Mendrisiotto bilden.

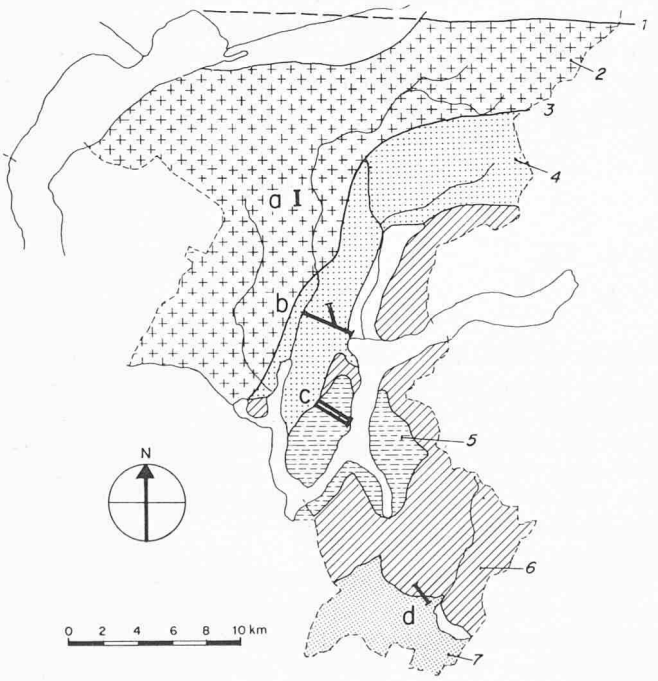
2.1 Die Tunnel im insubrischen Grundgebirge

Das aus kristallinen Schiefern bestehende insubrische Grundgebirge ist nördlich von Lugano bis zum Monte Ceneri aufgeschlossen. Es wird von einer tektonischen Linie – der Val-Colla-Linie – in eine nördliche und eine südliche Zone geteilt, die sich durch verschiedene Grade der Metamorphose (Gesteinsumwandlung durch Druck und Temperatur) unterscheiden.

Die südliche Zone zeigt mit ihrer Vormacht von Muskovitschiefern und -gneisen eine schwächere Metamorphose, dafür eine viel stärkere mechanisch-tektonische Beanspruchung. Aufschlussreich für diese Zone sind die beiden Stollen zwischen der Stadt Lugano und dem westlich gelegenen Vedeggiotal, wovon der eine konventionell, der andere mit einer Vortriebsmaschine gebaut wurde. Die zwei Stollen schneiden spitzwinklig die Muskovitschiefer und -gneise, die in diesem Bereich ungefähr Ost–West verlaufen und ein sehr wechselhaftes Fallen der Schieferungsflächen

aufweisen. Stellenweise sind sie zudem intensiv verfältelt. Diese vor der Karbonzeit entstandenen, tonig-siltigen Ablagerungen wurden während der herzynischen Gebirgsbildung durch eine geringe bis mittlere Dislokationsmetamorphose umgewandelt. Die Temperatur musste dabei relativ niedrig und die mechanische Beanspruchung relativ hoch gewesen sein, sonst könnte man die starke Schieferung dieser Gesteine, die häufig eine vollständige Auflösung zu feinsten Schüppchen aufweisen, nicht verstehen. Sie wurden während der herzynischen und der alpinen Gebirgsbildung weiter mechanisch beansprucht, so dass die Gesteine zusätzlich noch eine starke Zertrümmerung und mechanische Verschieferung zeigen, die zu einer Auflockerung und Aufblätterung dieser Gesteine nach der Freilegung im Stollen geführt haben.

In diesen Schiefern sind stellenweise mehrere Meter mächtige Lagen von massigen Hornblende-Epidot-Gesteinen parallel zu den Schieferungsflächen eingelagert. Sie stellen metamorphe Abkömmlinge von Grüngesteinen dar, die, wahrscheinlich in einer alten Intrusionsphase entstanden, wenig geschiefert sind. Doch weisen sie eine starke Zertrümmerung auf. Dies entspricht dem normalen Verhalten einer harten Schicht unter der Wirkung eines tektonischen Druckes, wenn diese in einem weicheren nachgiebigen Material, das heisst in diesem Falle im Schiefer, eingebettet ist. Nur daraus erklärt es sich, dass die an der Oberfläche beobachtete Zertrümmerung des Gesteins auch in der Tiefe noch vorhanden gewesen ist und die Standfestigkeit des Stollengewölbes deutlich beeinträchtigt hat.



Geologische Kartenskizze des Sottoceneri (Südtessin) und Lage der besprochenen Tunnel

Geologie:

1 Tektonische Linie des S. Jorio-Tonale
2 Monte-Ceneri-Zone
3 Tektonische Linie der Val Colla
4 Val-Colla-Zone
5 Permische Vulkanite
6 Mesozoische Sedimentüberdeckung
7 Tertiäre Sedimentüberdeckung

Lage der Tunnel:

a) Tunnel der Nationalstrasse N 2 bei Taverne
b) Stollen zwischen Lugano und Piano del Vedeggio
c) Tunnel der Nationalstrasse N 2 Melide–Grancia
d) Bahntunnel der SBB in Taverne

Im Stollen wurden noch mächtige Gänge von nur teilweise kristallisierten Porphyriten und Quarzporphyriten angetroffen. Diese relativ jungen Gänge sind im Bereich von Lugano besonders häufig und hängen wahrscheinlich mit dem permischen Vulkanismus zusammen. Obschon man annehmen müsste, dass sie ihre halbglasige Struktur auf Druck besonders empfindlich macht, erwiesen sie sich im Stollen als weniger mechanisch beansprucht und damit geotechnisch als günstiger.

Interessant ist der Vergleich des Verhaltens des Gebirges zwischen dem einen konventionell vorgetriebenen Stollen und dem anderen, der mit der Vortriebsmaschine gebohrt wurde. Das Gebirge verhielt sich in beiden Stollen ähnlich, und zwar direkt abhängig von den oben genannten geotechnischen Bedingungen. Die schlechte Standfestigkeit trat im konventionell vorgetriebenen Stollen unmittelbar nach dem Sprengen auf, im gebohrten Stollen kam diese dagegen erst nach Wochen und Monaten richtig zur Auswirkung.

Die Tunnel der Nationalstrasse N2 in Taverne nördlich Lugano queren den vom Gletscher abgeschliffenen Hügelzug am Nordende der Vedeggio-Ebene.

Die nördlich der Val-Colla-Linie liegende Zone besteht aus hellen bankigen Glimmergneisen, welche die metamorphen Produkte magmatischer Gesteine darstellen. Es handelt sich um alte, sicher voralpine, wahrscheinlich vorherzynische Intrusionsgesteine, die während einer früheren Gebirgsbildung eine mittlere Metamorphose durchgemacht haben. Geotechnisch wichtiger als die durch die Umwandlung bedingte lagige Anordnung der Mineralien ist deren Zertrümmerung durch die Gebirgsbildung. Die mechanische Beanspruchung der Gneise erfolgte in einer herzynischen Phase und wurde später alpin noch überprägt. Indessen hat diese nachträgliche Metamorphose das Gestein nicht mehr vernarbt. Aus diesem Grunde weisen die hellen Glimmergneise eine Auflösung in rhombische Parallelepiped auf. In den Gesteinen sind mindestens drei Kluft- und Verwerfungssysteme zu erkennen, die das Gestein auflösen und das felsmechanische Verhalten des Gebirges im Tunnelbau bestimmt haben.

Angesichts der geschilderten Verhältnisse, wurde bei der Erstellung des Tunnels ein abgestufter Vortrieb gewählt, wobei zuerst die Kalotte vorgetrieben und gesichert und erst dann die Strosse abgebaut wurde.

2.2 Tunnel der Nationalstrasse N2 in den permischen vulkanischen Gesteinen

Zwei Tunnelröhren durchqueren das aus vulkanischen Gesteinen bestehende Gebirge zwischen Melide und Grancia südwestlich Lugano. Um das geotechnische Verhalten des Gesteins beim Bau dieser Röhren verstehen zu können, muss auf das geologische Geschehen zurückgegriffen werden. Beim Ausklingen der herzynischen Gebirgsbildung während des Perms wurde das insubrische Grundgebirge mechanisch derart beansprucht, dass Verwerfungen und Aufschiebungen entstanden, längs denen Magmen aus dem Erdinnern bis an die Erdoberfläche dringen konnten.

Dabei wurden zuerst Magmen gefördert, die eine mächtige Lage von Porphyren und Porphyriten bildeten. Später folgten saurere Magmen, die einerseits saure Gänge in der schon erstarrten Lavalage und anderseits darüber eine zweite Lage, diese aber aus Quarzporphyren, bildeten. So einfach dieser Prozess auch aussehen mag, so kompliziert sind diese zwei erwähnten Lagen aufgebaut. Man findet einerseits Ergussgesteine mit einer nur teilweise auskristallisierten Struktur

und anderseits daneben – ohne scharfe Grenzen – vulkanisches Auswurfmaterial mit Gesteinsfragmenten, die in einer glasigen Masse eingebettet sind. Ein richtiger vulkanischer Aufbau, das heisst eine konzentrische Struktur eines oder mehrerer Vulkane, ist nicht zu erkennen. Man muss deshalb annehmen, dass die vulkanische Förderung durch eine Spalte der Erdkruste erfolgte, wobei eine innige Durchmischung von ausgeflossenem Lavamaterial, flüssigen Tropfen der Glutwolken und festem Auswurfmaterial entstand. Nur eine solche Vorstellung ermöglicht es, den ausserordentlich mannigfaltigen Aufbau dieser Decken zu verstehen. Trotz dieser durch die Entstehung bedingten Unregelmässigkeit erscheinen die violetten Porphyrite und die roten Porphyre im Handstück als ziemlich homogen. Im zentralen Gebiet, zwischen Ciona und Figino, ist ein Streifen von Granophyr aufgeschlossen, der stärker auskristallisiert ist als die erwähnten Lavalagen und somit tiefer im Erdinnern erstarrt sein muss. Es ist darum wahrscheinlich, dass dieser Granophyr auf eine spätere letzte Magmaförderung zurückzuführen ist, die durch die alte, wieder aufgerissene Spalte hinaufgedrungen und in den Lavalagen erstarrt ist.

Die zwei Tunnelröhren der Nationalstrasse N2 mussten die untere Porphyritlage und die Granophyre durchqueren. Die geotechnischen Eigenschaften des Gebirges waren weniger durch die petrographische Beschaffenheit der vulkanischen Gesteine als durch deren intensive Zertrümmerung durch die Gebirgsbildung bestimmt. Um dies zu verstehen, ist erneut auf den Werdegang dieser Gesteine zurückzugreifen. Als – verglichen mit der Gebirgsbildung – späte vulkanische Erscheinung blieben diese Gesteine von der mechanischen Beanspruchung der herzynischen Gebirgsbildung verschont. Während der alpinen Orogenese wurde die mesozoische, über tausend Meter mächtige Sedimenthülle nach Norden verschoben. Die leicht zerbrechlichen vulkanischen Gesteine, welche eine starre Masse zwischen dem starren Grundgebirge und der sich bewegenden Sedimenthülle bildeten, wurden dabei mechanisch stärker beansprucht, verschert und zerbrochen, so dass heute als Endprodukt Zentimeter bis Meter grosse Splitter bzw. Trümmer vorliegen. An den Grenzflächen wurden die Splitter zerrieben und die Verwerfungen bzw. Aufschiebungsflächen mit tonig-siltigem Zerreibungsmaterial gefüllt. Die Last der zerstörenden Sedimentdecke hat gleichzeitig bewirkt, dass die Zertrümmerung bei einer verhinderten Ausdehnung geschah, so dass die Fragmente stark ineinander gepresst wurden und das Ganze im Verband wieder eine gewisse Festigkeit erreicht hat.

Im Gegensatz zu der Situation des in Abschnitt 2.1 erwähnten Tunnels der Nationalstrasse N2 von Taverne, wo die Reibungsflächen von ebenen Kluftflächen massgebend waren, hatte man hier einen grösseren Reibungswinkel, bedingt durch die statistische Unordnung der zusammengepressten Fragmente, und als Folge der Anwesenheit von tonigem Füllmaterial eine wirksame Kohäsion. In geotechnischer Hinsicht führte dies zu einem Grenzfall, was in einem Versuchsvortrieb zum Ausdruck kam. Trotz der extrem intensiven Gesteinszertrümmerung hat das 10 m breite Gewölbe ohne jegliche Sicherungsmassnahme gehalten. Aus Sicherheitsgründen wurde der Tunnel trotzdem nach konventioneller Art zweistufig vorgetrieben. Zuerst wurde das Gewölbe ausgebrochen und betoniert und anschliessend die Strosse abgebaut und das Betongewölbe mit den Paramenten unterfangen. Druckerscheinungen wurden nirgends beobachtet, was wiederum für die Standfestigkeit des stark zertrümmerten Gebirges zeugt, dies als Folge des starken Ineinandergreifens der Gesteinsfragmente, dem grossen Winkel der inneren Reibung und der hohen Kohäsion.

2.3 Der Bahntunnel von Balerna

Dieser eingleisige Tunnel liegt in den obersten Formationen der sedimentären Hülle und in den quartären Ablagerungen.

Der Felskern des durchörterten Hügels von Balerna wird durch die Sedimentgesteine der sogenannten Scaglia und der Flyschformation aufgebaut, welche weiter südlich von der Molasse der Poebene überlagert werden. Die Scaglia besteht aus einer feinschichtigen, stark verfalteten und fein aufgesplitterten siltig tonigen Serie, die an der Oberfläche rot und grün gefärbt erscheint, im Tunnel – schon in geringer Tiefe – aber grau ist. Obwohl diese Gesteine keine Metamorphose durchgemacht haben, verhielt sich die Scaglia beim Ausbruch nicht plastisch; nur dort, wo Wasser durch die Klüfte eindringen konnte, wurde das Gestein kurz nach der Ablagerung plastisch. Der durchörterte Flysch bestand vorwiegend aus steilgestellten, mittelstark zementierten, siltigmergeligen Schichten und untergeordnet aus stark zementierten Sandsteinbänken. Der erwähnte Felshügel ist ferner mit einer wenig mächtigen und stark vorbelasteten Grundmoräne umhüllt, welche aus tonigem Silt mit Kies, Steinen und zum Teil auch Blöcken aufgebaut wird. Das Ganze ist sodann noch mit rolligem, sandig-kiesigem Deltamaterial des Breggiaflusses überdeckt.

Auf einer längeren Strecke des Tunnelvortriebes waren somit die geotechnischen Verhältnisse schwierig, indem gleichzeitig drei mechanisch unterschiedlich sich verhaltende Materialien zu durchfahren waren, nämlich in der Sohle die vorwiegend klastischen, untergeordnet plastischen, siltigtonigen Felsgesteine der Scaglia; auf halber Höhe das bindige, vorbelastete Lockergestein der Grundmoräne und im First das nicht bindige, rollige, sandig-kiesige Lockergestein des Flussdeltas. Die schwierige Strecke wurde erfolgreich mit einem Lanzenschildvortrieb und unmittelbar folgendem Betoneinbau überwunden. Rückblickend kann gesagt werden, dass diese Vortriebstechnik beim gleichzeitigen Auftreten von verschiedenen Gesteinsarten im Vortrieb eine sichere Lösung darstellt.

3. Schlussfolgerung

Aus diesen wenigen, kurz beschriebenen Beispielen von zum Teil untief unter der Oberfläche liegenden Tunneln im südlichen Tessin geht hervor, dass das felsmechanische Verhalten des Gebirges im Tunnelbau eine direkte Folge der Gesteinsbeschaffenheit, der Lagerung, der Schichtung oder Schieferung und ganz besonders der Art und Häufigkeit der durch die Gebirgsbildung entstandenen Gesteinszertrümmerung verursachten Trennflächen ist. Um eine baugeologische Prognose für ein projektiertes Bauwerk stellen zu können, muss deshalb auch das geologische Geschehen lückenlos analysiert und anschliessend daraus die bautechnischen Folgerungen qualitativ abgeleitet werden. Das Gleiche gilt für die geotechnische Interpretation der angetroffenen Verhältnisse.

Neben den Gesteinseigenschaften spielen die Lagerung der Gesteine und die Trennflächen in der Stabilität des Gebirges eine wesentliche Rolle. Die mechanischen Eigenschaften des Felses, die Art, die Häufigkeit und die Geometrie der Trennflächen sind aber eine Folge des geologischen Geschehens. Die mechanischen Prinzipien, die während dieser geologischen Prozesse geherrscht haben, entsprechen wohl denjenigen der Felsmechanik, doch dürfen die Massstäbe des Raumes und der Zeit nicht vergessen bleiben. Wenn in der Felsmechanik die im Experiment gewonnenen Parameter auf das Gebirge übertragen werden, um das quantitative Verhalten des Gebirges ableiten zu können, müssen gleichfalls die Heterogenität der Gesteins-

beschaffenheit, die Anisotropie der Gesteine und die Qualität und Häufigkeit der Trennflächen berücksichtigt werden. Hier zeigt sich die enge Verflochtenheit von Baugeologie und Felsmechanik. Wenn wir zu der am Anfang gestellten Frage zurückkehren, können wir schliessen, dass zwischen Baugeologie und Felsmechanik keine Grenze besteht, sondern dass beide sich zweckmässig ergänzen mit dem gemeinsamen Ziel, die bautechnischen Eigenschaften des Gebirges qualitativ und quantitativ so zu erfassen, dass die rationellste Lösung für den Bau gefunden werden kann. Es handelt sich deshalb nicht um eine Aufgabentrennung, sondern um eine Arbeitsaufteilung zwischen dem Felsmechaniker einerseits und dem Baugeologen anderseits.

Diese Mitarbeit sollte folgendermassen vor sich gehen:

- Der Baugeologe untersucht das für den Bau vorgesehene Gelände nach den oben erwähnten Gesichtspunkten und versucht, die Gesteinsbeschaffenheit und die Trennflächen im Hinblick auf das Bauvorhaben zu erfassen.
- Der Felsmechaniker und der Geologe wählen zusammen die repräsentativen Gesteine und Trennflächen für die experimentelle Bestimmung der felsmechanischen Eigenschaften.
- Die Proben werden anschliessend im Laboratorium oder in situ unter der Leitung des Felsmechanikers geprüft.
- Nach der Überprüfung der gewonnenen Parameter in Funktion der geologischen Verhältnissen versucht der Baugeologe, sie auf den konkreten Fall anzuwenden und deren Gültigkeitsbereiche zu umschreiben.
- Der Felsmechaniker wird schliesslich versuchen, daraus das Verhalten des Gebirges quantitativ zu erfassen und die baulichen Konsequenzen abzuleiten.

Nur durch diese enge Zusammenarbeit kann das felsmechanische Verhalten des Gebirges naturgetreu und objektiv untersucht und beurteilt werden. Dies bedeutet aber, dass Baugeologie und Felsmechanik eine gemeinsame erfolgversprechende Existenzberechtigung besitzen.

Adresse des Verfassers: Prof. ETHZ Dr. *E. Dal Vesco,* Zürcherstrasse 62, 8102 Oberengstringen.

Der Werkstoff Porzellan als Beispiel angewandter Mineralogie

DK 666.5:549

Von **R. Masson,** Langenthal

Einleitung

Normales Hartporzellan mit seiner klassischen mineralogischen Zusammensetzung: 50% Kaolin, 25% Kalifeldspat (Orthoklas/Mikrolin) und 25% Quarz sowie der chemischen Pauschalanalyse:

– SiO_2	70,0%
– Al_2O_3 (inkl. Fe_2O_3 + TiO_2)	25,0%
– CaO + MgO	0,5%
– K_2O, Na_2O	4,5%
	100,0%

nimmt – bei sehr vereinfachter Darstellung – im Konzentrationsdreieck SiO_2-Al_2O_3-K_2O die im Diagramm (Bild 1) eingezeichnete Stelle ein. Aus einer entsprechend zusammengesetzten Schmelze wäre die Erstausscheidung Mullit. Im Gegensatz zur Glastechnologie befindet sich aber in keinem Moment der Porzellanbildung (des Porzellanbrandes) das ganze Werkstück in flüssigem Zustand. Es geht dabei eine Reaktion der Gemengteile miteinander vor sich mit dem Effekt der Bildung eines dichtgesinterten (gasdichten) festen Körpers. Die hiebei angewandten wichtigsten technologischen Hilfen sind:

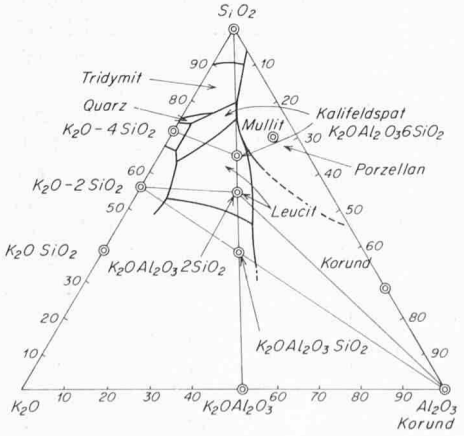


Bild 1. Porzellan im System K_2O–Al_2O_3–SiO_2

- Erzeugung einer grossen Reaktionsoberfläche durch Feinmahlung des Porzellan-Mineralgemenges (die Korndurchmesser liegen zwischen 0 und 100 mμ) und
- Energiezufuhr: Erhitzen auf rund 1400 °C (dass die Hauptsache des Porzellanbrandes in reduzierender Atmosphäre erfolgt, sei hier nur nebenbei vermerkt).

Das (meistens glasierte) Produkt ist ja bestens bekannt, zumal was seine makroskopischen Eigenschaften anbelangt: Dichte, Weissheit, Härte, Transluzenz und – so könnte man meinen – Homogenität des Werkstoffes.

Ein unter dem Polarisationsmikroskop betrachteter Porzellandünnschliff offenbart jedoch dem Betrachter, dass Porzellan nicht homogen ist: Wir erkennen in einer schon an sich nicht einheitlichen Glasgrundmasse (Alkali-Alumosilikat-Glas) reliktische Quarzkristalle sowie Mullit-Neubildungen (Bild 2).

Bei elektronenmikroskopischer Betrachtung gar (Bild 3) offenbaren sich nebst Einblicken in die Feinstruktur des Porzellans und in das räumliche Gefüge von Glasgrundmasse, Mullit-Neubildungen und Quarzrelikten auch weitere Erkenntnisse: das Vorhandensein von typischen Rissen beispielsweise, welche immer dort auftreten, wo Quarz und Grundglas aneinanderstossen.

Die neuesten Aufnahmen mit dem Elektronenrastermikroskop (Bild 4) sind vollends dazu angetan, allfällige Illusionen hinsichtlich der Homogenität des Porzellans zu zerstören. Zugute zu halten ist diesem Werkstoff immerhin, dass er sich seit den alten Chinesen und *Boettgers* Neuentdeckung (1709) bei der Herstellung von Haushaltgeschirr, Ziergegenständen und sogar bei mancherlei Anwendungen in Chemie und Elektrotechnik als sehr brauchbar, zuweilen als allein in Frage kommend, erwiesen hat. Heute aber wird mehr von ihm verlangt.

In der Folge wird kurz eingegangen auf

- einige Abweichungen vom klassischen Porzellan,
- Eigenschaften und Anwendungen solcher abgewandelter Werkstoffe und
- die mineralogische Begründung dieser Eigenschaften.

Dabei soll nur von zwei bedeutsamen Teilgebieten, der mechanischen Festigkeit und der Temperaturwechselbeständigkeit, die Rede sein.