Vergleich der Ausbruchsklassen im Sicherheitsstollen und Strassentunnel, Los Nord Gotthard-Strassentunnel

Autor(en): **Schneider, Toni R.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **98 (1980)**

Heft 36: **Der Gotthard-Strassentunnel**

PDF erstellt am: **16.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-74182

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

Vergleich der Ausbruchsklassen im Sicherheitsstollen und Strassentunnel, Los Nord Gotthard-Strassentunnel

Von Toni R. Schneider, Uerikon

Beurteilungen der geologisch-geotechnischen Verhältnisse im Rahmen von *Prognosen für Untertagebauten* stützen sich – wo immer dies möglich – zu wesentlichen Teilen auf *Erfahrungen in ausgeführten Bauwerken, die in vergleichbaren Gesteinsserien* liegen. Als Informationsmittel hat sich in der Schweiz seit Ende der 60er Jahre, neben der allgemeinen geologischen Beschreibung des zu durchfahrenden Gebirges, hinsichtlich geotechnischer Belange das *System der Ausbruchsklassen* eingebürgert. Ein *entscheidendes Problem* bildet in diesem Zusammenhange der *Einfluss der Querschnittsgrösse auf die Ausbruchsklassen in den einzelnen geotechnischen Homogenbereichen*, die in der Regel mit den geologisch ausscheidbaren Gesteinsserien bzw. Formationen identisch sind. Im Gotthard-Strassentunnel besteht nun die seltene Gelegenheit, über diesen Einfluss einigermassen realistische Anhaltspunkte zu gewinnen. Dies vor allem aufgrund der Tatsache, dass neben dem Haupttunnel von 69 bis 86 m² Querschnitt in nur 30 m Abstand der rund 10 m² grosse Sicherheitsstollen vorgetrieben wurde. Als weitere günstige Faktoren für diesen Vergleich sind die praktisch identischen Durchfahrungswinkel durch die steil stehende, mit durchwegs mehr als 45° zu den Bauwerksaxen streichende Schieferung und das weite petrographische Spektrum der angetroffenen Gesteinsserien anzuführen.

Ausgehend von einer kurzen Schilderung der Tunnelgeologie und der geotechnischen Eigenschaften der einzelnen untersuchten Gesteinsserien sowie des beim Gotthard-Strassentunnel verwendeten Ausbruchsklassensystems werden im folgenden die im Sicherheitsstollen und im Strassentunnel angetroffenen Ausbruchsklassen-Verteilungen miteinander verglichen. Anschliessend wird versucht, über die gefundenen Zusammenhänge einige Gesetzmässigkeiten abzuleiten.

Geologie

Im Los Nord wich die Befundgeologie nur innerhalb der normalen geologischen Streuungen von der seinerzeitigen Prognose ab [*Dal Vesco und Schneider*, 1970]. In Bild 1 ist das heutige Befundprofil aufgezeichnet. Nach einer kurzen *Lockergesteinsstrecke* durch die *Deponie aus der Zeit des Bahntunnelbaues* und den *normalen Gehängeschutt*, verläuft der Tunnel zuerst auf längerer Strecke im *Aare-Granit* und der *südlichen Gneiszone des Aar-Massivs*. Hierauf folgen *Mesozoikum und Permokarbon der Urseren-Zone*, der sich *Paragneise* und der *Gamsboden-Granitgneis des Gotthard-Massivs* anschliessen. Die vorliegende Untersuchung endet mit dem Schacht Guspisbach.

Als wesentlicher Unterschied zwischen Prognose und Befund ist der *Verzicht auf die Ausscheidung der Serizitschiefer zwischen Permokarbon und Paragneisen* zu erwähnen. Die Serizitschiefer werden heute zum Permokarbon gezählt, hat doch der Aufschluss im Tunnel gezeigt, dass eine eindeutige Trennung der beiden Serien zum mindesten im erfassten Gebirgsbereich nicht sinnvoll ist.

Beschreibung der einzelnen geotechnischen Homogenbereiche

In Tabelle 1 sind die ausgeschiedenen geotechnischen Homogenbereiche zusammengestellt. Der Aare-Granit musste in drei, das Mesozoikum und das Permokarbon in je zwei Unterbereiche aufgeteilt werden.

Für die geotechnische Beschreibung von Felskörpern liegen heute *zwei Klassifizierungssysteme* vor: *Barton* et al (1974) und *Bieniawski* (1974). Beide basieren im wesentlichen auf den *RQD-Werten* [*Deere*, 1963] und wurden speziell im Hinblick auf Untertagebauten ausgearbeitet. In der Tabelle 2 sind die hier interessierenden Gesteinsserien nach *Barton* et al (1974) und in der Tabelle 3 nach *Bieniawski* (1974) klassiert. Die RQD-Werte wurden nach dem in *Barton* (1974) angegebenen Verfahren abgeschätzt. Beide Systeme lassen deut-

Tabelle 1. Geotechnische Homogenbereiche

Gesteinsserie	*Abkürzung*	*Tunnel*	*Sicherheitsstollen*	*Bemerkungen*
Aare-Granit	A1	135–1387	82–1374	häufig flaserig – massig
	A2	1387–2386	1374–2388	Zone mit Lamprophyren
	A3	2386–3235	2388–3217	gneisige Typen
Südliche Gneiszone	GA	3235–4069	3217–4048	
Mesozoikum	M1	4069–4150	4048–4150	Kalke gebankt
	M2	4150–4287	4150–4264	Kalke und Tonschiefer
Permokarbon	P1	4287–4439	4264–4422	phyllitisch, z. T. zersetzt
	P2	4439–5712	4422–5699	Schiefer-Gneise
Paragneise	PG	5712–7102	5699–7070	
Gamsboden-Granitgneis	GG	7102–8283	7070–8009	

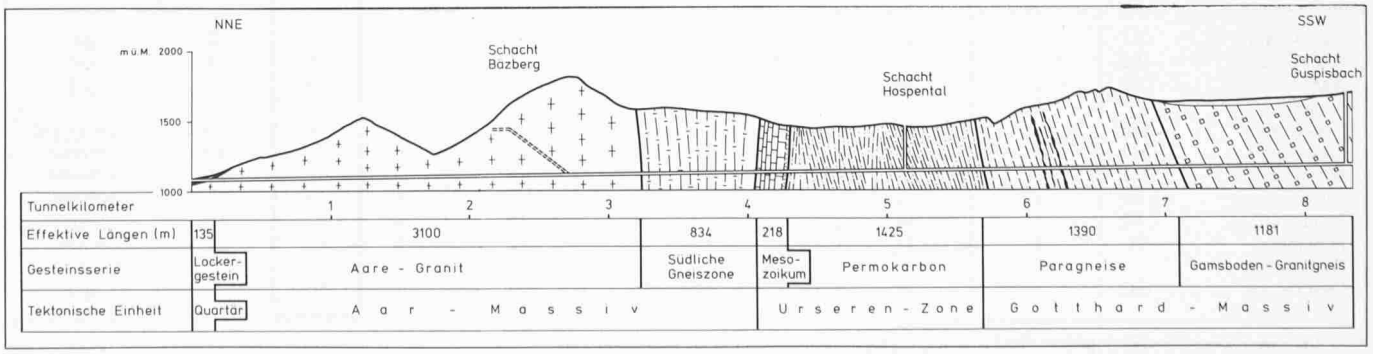

Bild 1 Gotthard-Strassentunnel, Los Nord, Geologisches Befundprofil

Tabelle 2. Felsqualität Q (nach Barton et al. 1974) $Q = \frac{RQD}{Jn} \cdot \frac{Jr}{Ja} \cdot \frac{Jw}{SRF}$

Gesteinsserie	*Abkürzung*	*RQD*	*Jn*	$\frac{RQD}{Jn}$	*Jr*	*Ja*	*Jw*	*SRF*	*Q*	*Beurteilung*
Aare-Granit	A1	95	9	10	1,5	1,0	1,0	1,0	15,8	gut
	A2	95	6	16	1,5	1,0	1,0	1,0	23,7	gut
					1.0 Lamp.			2,5 Lamp.	6,3	mittelmässig
	A3	95	6	16	1,5	1,0	0,66	1,0	15,7	gut
Südliche Gneiszone	GA	80	6	13	1,5	1,0	1,0	1,0	20,0	gut
								Stör. 5.0	4,0	schlecht - mittelmässig
Mesozoikum	M1	50	9	6	1,0	2,0	1,0	1,0	2,8	schlecht
	M2	0 = 10	J = 20	0,5	1,0	8,0	0,33	A = 10	0,002	ausserordentlich schlecht
Permokarbon	P1	0 = 10	J = 20	0,5	1,0	8,0	1,0	A = 10	0,006	ausserordentlich schlecht
	P2	75	4	19	1,0	3,0	1,0	1,0	6,25	mittelmässig
Paragneise	PG	75	6	12,5	1,5	1,0	1,0	1,0	18,75	gut
Gamsboden-Granitgneis	GG	95	6-9	10,5	1,5	1,0	1,0	1,0	23,75	gut

RQD = Rock quality designation (*Deere*, 1963)
Jn = Kluftsystem-Ziffer
Jr = Kluftreibungs-Ziffer
Ja = Kluftverwitterungs-Ziffer
Jw = Kluftwasser-Reduktionsfaktor
SRF = Spannungs-Reduktionsfaktor

lich erkennen, dass die Streubreite der durchfahrenen Gesteinsserien von gut bis ausserordentlich schlecht variiert.

System der Ausbruchsklassen

Zur Zeit der Projektierung des Gotthard-Strassentunnels Ende der 60er Jahre befand sich das System der Ausbruchsklassen in seiner Entwicklungsphase. Der Gotthard-Strassentunnel ist denn auch eines der ersten Bauwerke, in dem das System in seiner ganzen Konsequenz angewendet wurde. Die Ausbruchsklassen wurden seinerzeit wie folgt definiert:

Ausbruchsklasse I gilt dann als vorhanden, wenn die Voraussetzungen zur Einordnung in die Klassen II bis VI nicht gegeben sind.

Ausbruchsklasse II erfordert,

- entweder Versetzen von Felsankern innerhalb von 20 m ab Ortsbrust im Ausmass von mehr als 0,4 Anker/m² auf einer Länge von mindestens 10 m, evtl. gleichzeitig das Versetzen von Drahtnetzen oder streifenhaften Abdeckungen,
- oder/und Gunit- oder Spritzbetonauftrag auf mindestens 10 m und mehr als 20 m, höchstens aber 500 m von der Ortsbrust entfernt,
- oder/und Stahl-, evtl. Holzeinbau mindestens 20 m, höchstens aber 500 m von der Ortsbrust entfernt.

Ausbruchsklasse III erfordert, allenfalls zusammen mit Felsankern am Umfang des Ausbruchprofils,

- entweder das Versetzen von Felsankern an der Ortsbrust, im Ausmasse von mehr als 0,2 Anker/m², jedoch jeweils mindestens 10 Stück,
- oder/und Gunit- oder Spritzbetonauftrag auf mindestens ein Drittel des Profilumfanges - exkl. Sohle - über eine Länge von mindestens 10 m, innerhalb von 20 m ab Ortsbrust ausgeführt,
- oder/und Stahl, evtl. Holzeinbau, innerhalb von 20 m ab Ortsbrust, jedoch nicht unmittelbar nach jedem Abschlag ausgeführt.

Ausbruchsklasse IV erfordert unmittelbar nach jedem einzelnen Abschlag vor Ort Stahl- oder evtl. Holzeinbau, allenfalls zusammen mit Felsankern, mit Gunit- oder Spritzbetonauftrag oder mit eingelegten Verzugsbrettern (nicht nach Marciavanti-Art vorgetrieben).

Ausbruchsklasse V erfordert unmittelbar nach jedem einzelnen Abschlag vor Ort Stahl- oder evtl. Holzeinbau usw. wie Klasse IV, jedoch in Strecken, in welchen der hierfür vorgesehene Vollausbruch aus ausschliesslich geologischen Gründen nicht mehr anwendbar und Kalottenausbruch oder ein ähnliches Verfahren notwendig ist.

Ausbruchsklasse VI erfordert während des Vortriebes im Voll- oder Teilausbruch die Verwendung von geschlagenen oder eingepressten Marciavanti

Tabelle 3. Geomechanische Klassifikation von Felsmassen nach Bieniawski, 1974

Klassifikations-Parameter (Bewertungs-Spielraum in Klammer) / *Gesteinsserie*		*einachsige Druckfestigkeit* (0-10)	*RQD-Wert* (3-20)	*Trennflächenabstand* (5-30)	*Orientierung der Trennflächen* (3-15)	*Zustand der Trennflächen* (0-15)	*Wasserandrang* (2-10)	Σ1-6	*Felsklasse nach Bieniawski*	*Beschreibung der Felsklasse*
		1	2	3	4	5	6			
Aare-Granit	A1	5	20	27	12	9	8	81	II	gut
Aare-Granit	A2	5	20	25	15	5	8	78	II	gut
Aare-Granit	A3	5	20	22	14	10	8	79	II	gut
Südliche Gneiszone	GA	2	17	20	13	10	8	70	II - III	mittel - gut
Mesoikum	M1	2	11	10	11	12	8	54	III	mittel
Mesoikum	M2	0	3	5	10	5*	7	30	IV	schlecht
Permokarbon	P1	0	3	5	8	5**	8	29	IV	schlecht
Permokarbon	P2	1	16	15	9	10	10	61	III	mittel
Paragneise	PG	2	17	18	8	12	8	65	III	mittel
Gamsboden-Granitgneis	GG	5	20	25	12	10	8	80	II	gut

* Falls Lehmbelag > 5 mm eingesetzt wird
** Falls Lehmbelag > 5 mm eingesetzt wird
Σ = 25 d.h. sehr schlechter bis schlechter Fels
Σ = 24 d.h. sehr schlechter Fels

oder marciavanti-ähnlicher Abdeckung am Profilumfang (wie Messer), evtl. das Abstützen der Ortsbrust.

Die Definitionen zeigen, dass das damalige System im wesentlichen auf den *eingebauten Sicherungsmassnahmen* zwischen der Ortsbrust und dem Einbringen der definitiven Auskleidung zur Sicherstellung des Bestandes des neu geschaffenen Hohlraumes und der Sicherheit der Belegschaft sowie dem Abstand von deren Einbau von der Ortsbrust basiert. In weiter entwickelter Form, bei der hauptsächlich der zeitliche Einfluss des Anbringens der Sicherungsmassnahmen auf den Vortriebszyklus im Vordergrund steht, ist das Ausbruchsklassensystem heute in der Norm SIA 198 «Untertagebauten» und der Empfehlung 199 «Erfassen des Gebirges im Untertagebau» enthalten.

Vergleich der Ausbruchsklassen zwischen Sicherheitsstollen und Strassentunnel

Die Änderungstendenzen der Ausbruchsklassen vom Sicherheitsstollen (SI) zum Strassentunnel (TU) sind im Bild 2 graphisch festgehalten. Die Darstellung ergibt kurz zusammengefasst folgendes:

1. Im *gesunden massigen bis gneisigen Aare-Granit* und Vollausbruch (A1) bleibt der Ausbruch in der Regel in beiden Bauwerken in der Klasse I. Nur ganz untergeordnet ist ein Übergang von I zu II festzustellen. Wo in SI und TU Ablösungserscheinungen die Ausbruchsklasse II erforderten, verblieben beide Bauwerke in derselben Klasse.
2. In der Zone des *Aare-Granites mit Lamprophyren* (A2) verblieb der SI durchwegs in der Klasse I. Dasselbe gilt grösstenteils auch für den TU; es sind jedoch auch Tendenzen zu den Klassen II bis V zu verzeichnen, die mit steigender Klasse jedoch deutlich abnehmen.
3. Im *gneisigen Aare-Granit* (A3) ist ein eindeutiger Übergang von der Klasse I im SI zur Klasse II im TU zu erkennen. Dasselbe gilt auch für den *Gamsboden-Granitgneis* (GG).
4. In der *südlichen Gneiszone des Aare-Massivs* (GA) und den *Paragneisen des Gotthard-Massivs* (PG) sind ebenfalls sehr ähnliche Verhältnisse zu verzeichnen:
   - Klasse I im SI geht im TU vorwiegend in Klasse II, seltener in Klasse III über,
   - Klasse II im SI wird im TU ebenfalls zu Klasse II oder zu Klasse III,
   - Klasse III im SI bleibt im TU normalerweise Klasse III, kann jedoch auch in Klasse IV, oder ganz ausnahmsweise in Klasse II übergehen.
5. Im vorwiegend *kalkigen Mesozoikum* (M1) bleibt die Klasse III des SI vorwiegend auch Klasse III im TU; daneben ist jedoch im TU auch Klasse IV und seltener Klasse VI zu verzeichnen.
6. In den dominierenden *Tonschiefern des Mesozoikums* (M2) bleibt die Klasse VI in beiden Bauwerken dieselbe.
7. In den *verlehmten Phylliten des Permokarbons* (P1) geht die Klasse VI im SI teils in Klasse V, teils in Klasse VI im TU über, wobei die Verbesserung auf den Drainage-Effekt des vorgängig ausgebrochenen SI zurückgeführt werden dürfte.
8. Im *übrigen Permokarbon* (P2) ist:
   - von der Klasse I im SI ein Übergang in die Klassen II und III im TU festzustellen,
   - von den Klassen II und III im SI dieselben Klassen im TU oder eine Verschlechterung um eine bis zwei Klassen vorhanden,
   - ein Übergang von der Klasse IV im SI in Klasse V im TU zu verzeichnen.

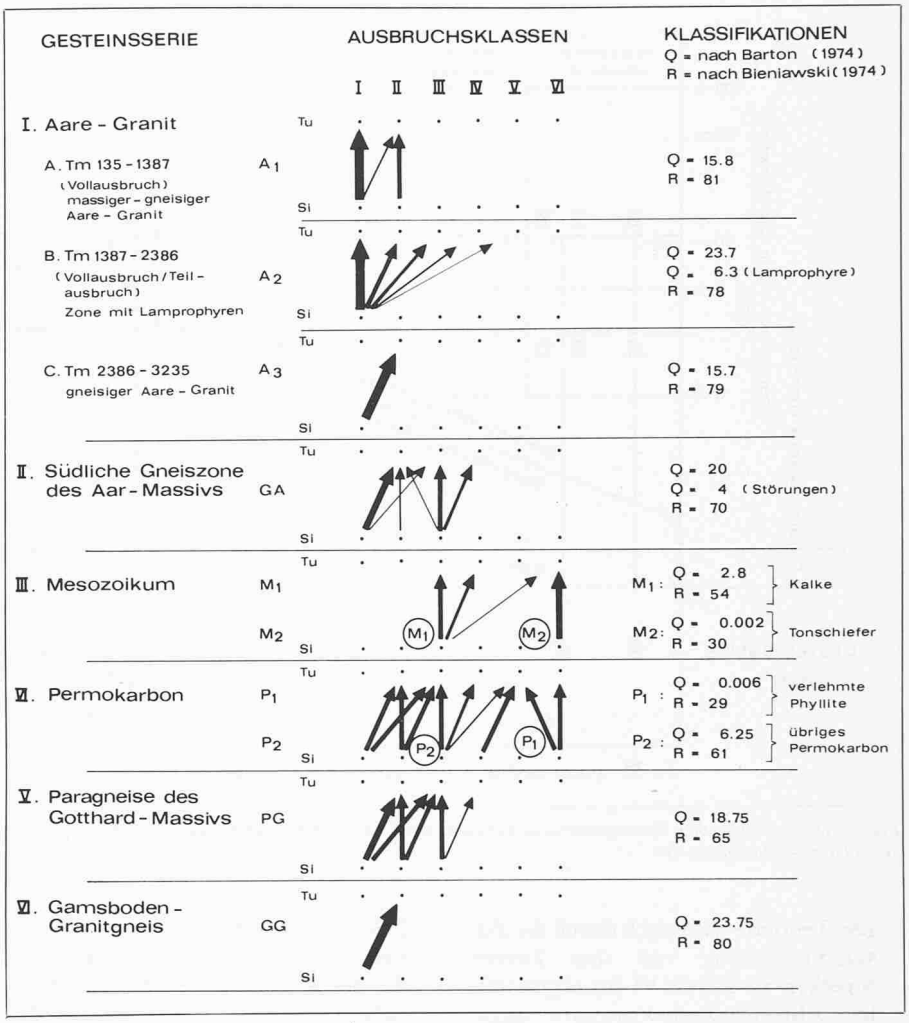

Bild 2 Die Änderungstendenzen der Ausbruchsklassen vom Sicherheitsstollen (SI) von 10 m² Querschnittsfläche zum Tunnel (TU) von 69 bis 86 m² in entsprechenden geotechnischen Homogenbereichen. Die Dicke der Pfeile entspricht der Häufigkeit der Fälle

Generell wurden im Laufe der Auswertung der Unterlagen noch folgende *allgemeinen Tendenzen* festgestellt:

- Die Ausbruchsklasse III deckt ein sehr breites Spektrum von Massnahmen ab (sofortiger Gunit/Spritzbetonauftrag evtl. in Kombination mit Ankern bzw. Ankern und Netzen), d.h. nur wenig standfeste bis nicht standfeste Störungen von nicht zu grosser Ausdehnung (bis einige dm) konnten alle mit der Klasse III gesichert werden.
- Es ist eine deutliche Abkehr von Stahleinbauten bei grösseren Querschnitten, falls diese nur auf kurzen Strecken erforderlich werden, festzustellen. Die Klasse IV wird deshalb in grösseren Tunnels möglichst vermieden und durch eine verstärkte Klasse III ersetzt, während sie in kleinen Stollen nach wie vor gebräuchlich ist.
- Es ist eine deutliche Tendenz zur Beibehaltung eines gewissen Vorgehens und damit des Arbeitsrhythmus, die sich beide in der Ausbruchsklasse äussern, auf längere Strecken zu erkennen. So zeigt sich insbesondere eine gewisse Trägheit im Abgehen von der relativ sicheren Klasse III.

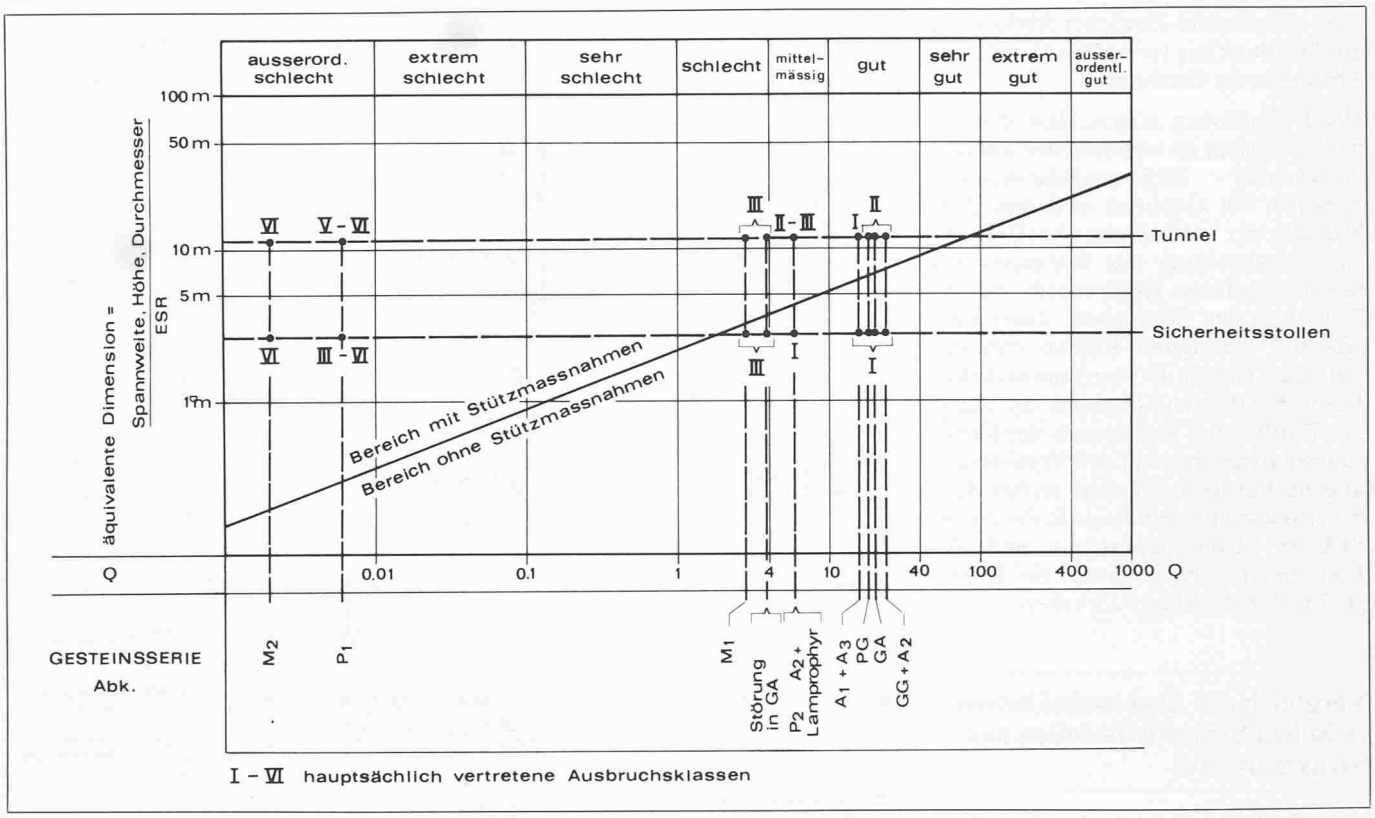

Bild 3 Die geotechnischen Homogenbereiche des Gotthard-Strassentunnels im Felsqualität-Dimensions-Diagramm von Barton (1974), Fig. 5, Seite 210, mit den vorgefundenen Ausbruchsklassen

Die Tendenz wird auch durch die Zusammenfassung von drei kurzen Strecken in Klasse VI im sogenannten «Mesozoikum-Vortrieb» angedeutet.

- Bei Einzelstörungen (Ruschelzonen, Lamprophyren von mehreren dm Breite und Schnittwinkeln von 30 bis 90°) hängt die Tendenz vom Nebengestein ab. Handelt es sich um plattige bis gebankte Gneise, so gehen die Ausbruchsklassen II und III im SI, im TU in die Klasse III über. Besteht das Nebengestein aus gebanktem festem Granit, so ist ein Übergang von der Klasse I im SI in die Klasse II und III, ausnahmsweise in die Klasse IV im TU zu erkennen.
- Der Kopfschutz in Form von mit Felsnägeln befestigtem Hühnergitter, der der Klasse I zugeordnet wird, hat sich nicht bewährt. Es führte dies dazu, dass im Zusammenhang mit der Umstellung auf Kalottenvortrieb das Netz durch Gunit (= Klasse II) ersetzt wurde. Es wurde damit zur Erstellung des Kopfschutzes von der Klasse I auf die Klasse II ausgewichen. Aus diesem Grunde ist im Strassentunnel mit dem Einsetzen des Kalottenvortriebes ab Tm 2312 keine Ausbruchsklasse I mehr zu verzeichnen.

Eine Zusammenfassung aller erfassten Tendenzen enthält Tabelle 4.

Tabelle 4. Zusammenfassung der Tendenzen.

	Sicherheitsstollen →		*Tunnel*
Vollausbruch			
- gesunder Fels	I	→	I
- Störungen	I	→	II - IV
Kalottenvortrieb			
- gesunder Fels			
- gebankt - grob gebankt (Gneise - Granite)	I	→	II
- schieferig - plattig	I - II - III	→	II - III
- stark geklüftet (Mesozoikum Kalke)	III	→	IV - VI
- Störungen			
- festes Gestein grob gebankt	I	→	II - III
- plattig - gebankt	II - III	→	III
- zersetzter, schiefriger, verlehmter Fels «Mesozoikum»	III - VI	→	VI

Die Untersuchungen lassen erkennen, dass Bauwerke mit Durchmessern in der Grössenordnung von 10 m², wie dies beim Sicherheitsstollen der Fall ist, in guten und mittleren Felsverhältnissen vorwiegend in der Ausbruchsklasse I aufgefahren werden können. Es ist die Anwesenheit von Störungen erforderlich, bis zu höheren Ausbruchsklassen geschritten werden muss. In mittelmässigem bis schlechtem Fels ist eine grössere Streubreite, die von den Klassen I bis IV variieren kann, zu erkennen. Bei aussergewöhnlich schlechtem Fels erfordert auch der kleine Durchmesser die Klasse VI. (Eine Klasse V ist bei den vorliegenden Definitionen der Ausbruchsklassen in kleinen Durchmessern nicht möglich.)

Beim Übergang vom Querschnitt des Sicherheitsstollens auf den Querschnitt des Strassentunnels von 7- bis 8facher Grösse ist einzig in sehr gutem Fels ein Verbleiben in der Ausbruchsklasse I zu erwarten. Störungen führen jedoch auch in diesem Falle zu Abweichungen bis - im extremsten Falle - zur Klasse V. In gutem Fels ist bei Ausbruchsklasse I im kleinen Bauwerk, im grösseren in der Regel mit einer Verminderung um eine Klasse zu rechnen, es sei denn, die Klasse II oder III sei auch schon im kleinen Bauwerk vorhanden. Bei letztem ist ein Verbleib in der Klasse nicht auszuschliessen. Hohe Ausbruchsklassen in kleinem Bauwerk führen - naturgemäss - auch zu (meist denselben) hohen Ausbruchsklassen im grossen Durchmesser.

Aus den Erfahrungen im Gotthard-Strassentunnel ergeben sich zu den Felsklassifikationssystemen von *Bieniawski* (1974) und *Barton* (1974) folgende *Bemerkungen:*

Das *System von Bieniawski* (1974) stimmt *im Bereich der schlechten Standfestigkeit nicht gut mit der Wirklichkeit überein.* Dies vor allem, weil der Wasserführung ein zu grosses Gewicht beigemessen wird. Sie müsste mit der Gesteinsfestigkeit kombiniert werden, denn bei einem wenig festen Fels wird die Standfestigkeit bereits bei geringem Wasserzufluss stark herabgesetzt, während in gutem bis sehr gutem Fels (z. B. massiger Granit) sich ein starker Wasserzufluss zwar störend auf die Vortriebsarbeiten, jedoch nur in sehr beschränktem Masse auf die speziell interessierende Standfestigkeit auswirkt.

Das *System Barton* (1974) ist *im Bereich der mittleren bis guten Felsqualitäten relativ schlecht abgestuft, bzw. kann leicht zu Verzerrungen Anlass geben.* Es geht dies beispielsweise aus Bild 3 hervor, das die Eintragung der Gesteine des Gotthards im Felsqualität-Dimensions-Diagramm von *Barton* (1974) zeigt. Es rührt dies hauptsächlich daher, dass die Zahl der Trennflächensysteme einen zu grossen Einfluss ausübt und der Trennflächenabstand nur in Form der RQD-Werte berücksichtigt wird. Bild 3 zeigt denn auch eine relativ gute Übereinstimmung im Bereiche der Ausbruchsklassen I, V und VI, während eine Beziehung zwischen Bartons Felsqualität-Index und den Ausbruchsklassen II, III und IV nach dem vorliegenden Unterlagenmaterial nicht angedeutet ist. Damit soll das im übrigen sehr detailliert aufgebaute System nicht etwa kritisiert, sondern nur gezeigt werden, dass ein *allumfassendes System vorläufig noch fehlt* und nach Erfahrungen des Autors auch nicht so rasch zu erwarten ist. Dies insbesondere auch, wenn an die nicht unerheblichen *Einflüsse der Unternehmung* auf die resultierenden Ausbruchsklassen bzw. Stützmassnahmen im allgemeinen gedacht wird. Hinzu kommen noch die immer vorhandenen Inhomogenitäten innerhalb ein und derselben Gesteinsserie.

Zusammenfassung

Die durchgeführten Vergleiche zwischen den Ausbruchsklassen im kleineren Sicherheitsstollen und dem Gotthard-Strassentunnel haben gezeigt, dass – unter gleichbleibenden geologischen Voraussetzungen – gesetzmässige Abhängigkeiten der Grösse der Ausbruchsklasse von der Querschittsgrösse bestehen. Einzig bei sehr guten oder sehr (bis ausserordentlich) schlechten Felsqualitäten bleibt die Ausbruchsklasse unabhängig von der Querschnittsgrösse. Bei gutem bis mittlerem Fels, wie er in den Alpen meistens durch entsprechende Trasseewahl erreicht werden kann, ist mit einer Erhöhung von in der Regel ein bis zwei Klassen beim Übergang von einem Bauwerk von Stollengrösse zu einem Bauwerk von Tunnelgrösse zu rechnen.

Literatur

Bieniawski, Z. T.: «Geomechanics classification of rock masses and its application in tunneling». Proceedings Third Congr. Intern. Soc. Rock Mechanics; Vol II/A p. 27. 1974

Barton, N. et al: «Engineering Classification of Rock Masses for the Design of Tunnel Support». Rock Mechanics 6, Vol. No. 4, p. 189. 1974

Dal Vesco, E., Schneider, T. R.: «Der Gotthard-Strassentunnel, Geologia – Geologie», Sondernummer der Rivista Technica, Mai 1970

Deere, D. U.: «Technical description of rock cores for engineering purposes». Felsmechanik und Ingenieurgeologie, Vol. 1, No. 1, 1963

Adresse des Verfassers: Dr. *T. R. Schneider*, Beratender Geologe, Rütihofstr. 53, 8713 Uerikon