

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 93 (1975)  
**Heft:** 37: SIA-Heft, 6/1975: Altbaumodernisierung

## Vereinsnachrichten

### 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:** 21.02.2026

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

## Literaturverzeichnis

- [1] F. Stüssi: Vorlesungen über Baustatik. Bd. 1, 4. Aufl. Basel – Stuttgart: Birkhäuser Verlag 1971.
- [2] J. H. Kammerhuber: Zur Bemessung von Druckgliedern aus Stahlbeton. IVBH-Symposium, Quebec 1974, Schlussbericht S. 55–59.
- [3] C. Menn: Einfache Methode zur Berechnung der Bruchlast von schlanken Druckgliedern. IVBH-Symposium, Quebec 1974, Vorbericht S. 137–144.
- [4] K. Kordina und U. Quast: Bemessung von schlanken Bauteilen – Knicksicherheitsnachweis. Beton-Kalender 1975. Berlin – München – Düsseldorf: Verlag Wilhelm Ernst & Sohn 1975.

- [5] U. H. Oelhafen: Accuracy of simple design procedures for concrete columns. IVBH-Symposium, Quebec 1974, Vorbericht S. 93–115.
- [6] J. Schneider: Überlegungen zu einem konkreten Sicherheitsbegriff für die Bemessung von Bauwerken. «Schweiz. Bauzeitung», 22. Juli 1971.
- [7] J. Schneider: Grundsätzliches zum Sicherheitsbegriff sowie Elemente einer Sicherheitsnorm für Tragwerke. IVBH-Berichte der Arbeitskommissionen, Bd. 18, Zürich 1974.

Adresse des Verfassers: Prof. Dr. C. Menn, Plantaweg 21, 7000 Chur.

# Die Norm SIA 198 «Untertagbau» und die zugehörige Empfehlung SIA 199 «Erfassen des Gebirges im Untertagbau»

Von G. Lombardi, P. Halter, R. Pfister, F. Lauper, A. Sonderegger und J. Norbert

DK 622.2:389.6

## 1. Einleitung

Das letzte Drittel des vergangenen Jahrhunderts, mit dem Bau der wichtigsten Eisenbahnlinien, und die Jahrzehnte nach dem Zweiten Weltkrieg, mit den bedeutenden Kraftwerkbauten, bildeten zwei Blütezeiten für die Tunnelbaukunst in der Schweiz. Eine dritte Zeitspanne dieser Art mit dem Bau der grossen Verkehrstunnel, vorwiegend des Strassenbaues, scheint angebrochen zu sein. Es ist zu hoffen, dass sie den jetzigen konjunkturellen Schwierigkeiten nicht zum Opfer fallen wird.

Eine Normierung entsprach sicher nicht dem Geiste der Eisenbahnpioniere, die im besten Sinne Künstler des Tunnelbaues waren. Auch die scheinbar überbeschäftigten Tunnelbaufachleute der Kraftwerkbau-Epoche konnten zu einem solchen Schritt nicht genügend Zeit und Lust finden.

Es ist daher sicher ein grosses Verdienst von Prof. A. Sonderegger, bereits im Jahre 1961 dem Central-Comité des SIA den Vorschlag unterbreitet zu haben, eine Norm über Tunnelbau aufzustellen. Allerdings dauerte es bis zum 1. Juli 1966 bis eine arbeitsfähige Kommission Untertagbau eingesetzt werden konnte.

Dem Wesen der zu lösenden Aufgabe nach war in der Kommission neben der Bauingenieurkunst auch die Geologie vertreten. Ferner mussten die jeweiligen Gesichtspunkte der Behörden, der öffentlichen und privaten Bauherrschaften, der projektierenden und ausführenden Stellen sowie der Schweizerischen Unfallversicherungsanstalt und der Berufsverbände vertreten werden können, so dass die Zahl der Mitglieder der Kommission verhältnismässig hoch ausfiel.

Allen war von Anfang an klar, dass hier Neuland betreten werden musste, bestanden doch weder in der Schweiz noch im Ausland eigentliche Normen oder Richtlinien, die einen geeigneten Ansatzpunkt für die Arbeiten der Kommission hätten liefern können. Auf der anderen Seite lagen unzählige «Allgemeine Bedingungen» und «Spezielle Bestimmungen» vor, die im Laufe von Jahrzehnten von den einzelnen öffentlichen und privaten Bauherrschaften und Projektierungsstellen vorwiegend des Kraftwerkbaues für die Ausführung von Tunneln und Stollen aufgestellt worden waren.

Erschwerend wirkte sich der Umstand aus, dass die Norm SIA 118 «Allgemeine Bedingungen für die Ausführung von Bauarbeiten» in Revision war. Eine Norm über Untertagbau muss ihren Platz selbstverständlich im Rahmen dieser übergeordneten allgemeinen Norm finden. Es war aber auch sofort klar, dass der Untertagbau im Schosse des Bauwesens eine besondere Stellung innehat wegen seiner weitgehenden Abhängigkeit von den natürlichen Gegebenheiten, die von der Sache her meistens im Moment der Projektierung und selbst der Vergabe nur angenähert bekannt sein können.

Im Laufe der Kommissionsarbeit zeigte sich ferner, dass man es einerseits mit allgemein anerkannten und gültigen Regeln der Baukunst zu tun hatte, dass man aber andererseits vor Fragen stand, für welche keine übereinstimmende Meinung vorlag und für welche somit keine bindende Vorschrift erlassen werden durfte.

Dies galt vor allem für Fragen, die der jungen Felsmechanik nahestehen und somit noch nicht als endgültig gesichert und allgemein anerkannt gelten können. Aus diesem Umstand war es zweckmässig, neben der eigentlichen Norm eine Empfehlung aufzustellen.

Die ständige Entwicklung der Tunnelbaukunst, insbesondere die Einführung von neuen Baumethoden, führt zwangsläufig dazu, dass für einzelne Gebiete und Bauverfahren noch nicht genug Erfahrungen vorliegen oder solche, dass keine übereinstimmende Auffassung gefunden werden kann. Fragen mussten somit leider einer späteren Neufassung der Norm vorbehalten bleiben. Dies gilt insbesondere, aber nicht ausschliesslich, für den Tunnelbohrvortrieb, trotz oder vielleicht wegen der grossen Bedeutung, die er inskünftig einnehmen wird.

Zweck einer Norm ist eben nicht, der Zukunft vorzugreifen oder gar die technische Entwicklung irgendwie in den Zügeln zu halten, sondern im wesentlichen die anerkannten Regeln der Baukunst in einer verbindlichen und möglichst klaren Art zu formulieren, mit der Absicht der Vermeidung von Missverständnissen, der möglichen Erreichung einer einwandfreien Arbeit und der Gewährleistung von sauberen und klaren Geschäftsbedingungen.

Tabelle 1 der Norm SIA 198 «Untertagbau»

Tabelle 1 Ausbrucharten (Bauweisen) und Ausbruchklassen

Beispiele für Ausbrucharten		Ausbruchklassen						Abrechnung nur nach Ausbrucharten VERFAHREN
		I	II	III	IV	V	VI	
A	Vollausbruch	A I	A II	A III	A IV	A V	—	A
B	Kalottenausbruch	B I	B II	B III	B IV	B V	—	B
C	Firststollen	C I	C II	C III	C IV	C V	—	C
D	Sohlschlitz	D I	D II	D III	D IV	D V	—	D
E	Sohlstollen	E I	E II	E III	E IV	E V	—	E
F	.....							F
S	z. B. Schild usw.	—	—	—	—	—	S VI	S

  

Abrechnung nur nach Ausbruchklassen	I	II	III	IV	V	VI
-------------------------------------	---	----	-----	----	---	----

↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓

↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑

Abrechnung nur nach Ausbrucharten  
VERFAHREN

Abrechnung nur nach Ausbruchklassen

Allgemeines Vorgehen: Auswahl aus Tabelle

Nach 7 Jahren einer zeitweisen sehr intensiven Arbeit konnte im Laufe des Jahres 1973 die Kommission einen Normentwurf in die Vernehmlassung gehen lassen. 28 Einsprachen gingen ein, die weitgehend in zufriedenstellender Art von der Kommission selbst behandelt werden konnten, so dass nur sechs Rekurse gestellt wurden. Selbst diese konnten, mit einer einzigen Ausnahme, durch die Kommission behandelt werden. Der letzte Rekurs wurde durch die Zentrale Normenkommission in einer für beide Teile befriedigenden Art gelöst.

Allen Mitgliedern der Kommission soll an dieser Stelle für die grosse, im Plenum, in den Arbeitsgruppen, in den Unterausschüssen, in der Redaktionskommission oder individuell geleistete Arbeit der verbindliche Dank ausgesprochen werden. Die Kommission Untertagbau ist ebenfalls den Einsprechern und den Rekurrenten für ihre kritischen Bemerkungen und ihre faire Handlungsweise verbunden, die viel zur Verbesserung der Norm beigetragen haben.

Es ist zu hoffen, dass die Norm SIA 198 und die Empfehlung SIA 199, trotz ihrer Unvollständigkeiten und ihrer Unvollkommenheiten, den im Untertagbau Tätigen gute Dienste werden leisten können und dass sie, mindestens bis zur nächsten ersten Revision, zur Anwendung gelangen werden.

## 2. Die Norm 198 aus der Sicht des Bauherrn

In der neuen Norm 198 nehmen die technischen Bedingungen und Messvorschriften einen breiten Raum ein, daneben sind Begriffe aus dem Tätigkeitsgebiet des Untertagbaues erläutert und zusätzliche allgemeine Bedingungen aufgestellt. Es fragt sich, inwieweit technische Bedingungen für den Bauherrn von Interesse sein können, nachdem sein Bestreben dahin geht, termingerecht in den Besitz eines zweckdienlichen Bauwerkes zu gelangen, das im Rahmen der hierfür vorgesehenen finanziellen Mittel verwirklicht werden soll. Wenn die Zielsetzung des Bauherrn von der Ausführung getrennt werden könnte, wäre sein Interesse am Erscheinen der neuen Norm gering. Im Bauwesen sind jedoch selten Terminfragen und Kosten so eng mit der Ausführungsart verknüpft wie im Untertagbau, so dass die Belange des Bauherrn vom Inhalt der technischen Bedingungen wesentlich berührt werden.

In der Mehrheit der Fälle werden unterirdische Bauwerke von der öffentlichen Hand oder von Gesellschaften, die öffentliches Interesse wahrnehmen, erstellt. Der Bauherr darf unter diesen Umständen sein Augenmerk nicht nur auf den Bau eines einzelnen Objektes richten, sondern er muss auch langfristige Ziele verfolgen. Aus diesem Grunde darf eine Norm für Untertagbauten, die auch den Bedürfnissen dieser Bauherren gerecht werden soll, die technischen Fortschrittsbestrebungen zur Rationalisierung und zur Hebung des Schutzes der Arbeiter sowie Massnahmen zur Erzielung von Einsparungen nicht hemmen. Die vorliegenden technischen Bedingungen beschränken sich auf Vorschriften für die traditionellen Bauverfahren und lassen einen genügend weiten Spielraum für zukünftige Entwicklungen offen. Sie sind somit kein Hemmschuh für den technischen Fortschritt und erfüllen die Voraussetzung für eine gedeihliche Weiterentwicklung im Untertagbau.

Sowohl für den Bauherrn wie für den Unternehmer war seit jeher das Erstellen von unterirdischen Bauten mit besonderen finanziellen Risiken verbunden. Die Ursache liegt in den häufig nicht voraussehbaren Verhältnissen im Berginneren. Zudem üben naturbedingte Gegebenheiten je nach Bauverfahren einen verschieden grossen Einfluss auf das Baugehen aus. Es ist verständlich, wenn sowohl Bauherr wie Unternehmer versuchen, diese Risiken von sich fernzuhalten. Diese Tendenz ruft nach möglichst starren Regelungen und eng umschriebenen Kompetenzen und Verantwortlichkeiten.

Einerseits ist der Wunsch nach flexibler Gestaltung der Norm vorhanden, damit der Fortschritt im Untertagbau gewährleistet werden kann, andererseits ist eine gewisse Starrheit in der Normierung erwünscht, um die Baurisiken begrenzen zu können. Diese Gegensätzlichkeiten unter einen Hut zu bringen, war nur möglich, indem sich die Normierung auf die traditionellen Bauverfahren beschränkt hat, dort jedoch versuchte, möglichst klare Regelungen zu treffen und noch wenig erprobte Verfahren beiseite zu lassen. In dieser Hinsicht entspricht die Norm zweifellos den Ideen eines Bauherrn.

Eine Norm mit technischen Bedingungen wäre unvollständig, wenn sie nicht durch einen Normpositionenkatalog ergänzt würde. Dieser liegt leider noch nicht vor. Es ist nur zu hoffen, dass die Verfasser des Kataloges vom gleichen Geist beseelt sein werden wie diejenigen der Norm selbst, indem auch in diesem Falle eine Beschränkung auf das Wesentliche notwendig sein wird. Vor allem sollte der Untertagbau nicht allzusehr aus dem Blickwinkel des Computers beurteilt werden; auch sollte nicht versucht werden, schwierig zu lösende Fragen einseitig zu Lasten des Bauherrn zu regeln, so wie es in einigen bestehenden Katalogen vorgezeichnet ist. Nachdem nun auf diesem Gebiet eine reiche Erfahrung vorliegt und in der Computertechnik weitere Fortschritte erzielt worden sind, dürfte auch das Aufstellen eines vielen Wünschen gerecht werdenden Normpositionenkataloges wohl eine grosse Arbeit, jedoch kein unlösbares Problem sein.

## 3. Die Frage der Entschädigung der Ausbrucharbeiten

Wohl in keiner anderen Bausparte ist es so schwierig wie im Untertagbau, die vom Unternehmer zu erbringenden Bauleistungen im voraus mit ausreichender Genauigkeit zu umschreiben. Trotz umfangreicher und gewissenhafter Abklärungen der Gebirgsverhältnisse werden immer wieder Abweichungen von der Prognose eintreten. Schon örtliche Inhomogenitäten, wie etwa Änderungen in der Gefügestruktur, im Wasserzufluss oder in der Kohäsion, können einen erheblichen Einfluss auf den Aufwand zur Herstellung des Hohlraumes haben. Hinzu kommt die Vielfalt der möglichen Bauverfahren und Sicherungsmassnahmen, deren Anwendungsbereich nicht allein vom Gebirge, sondern auch von den firmenspezifischen Fähigkeiten und Erfahrungen der einzelnen Unternehmer abhängt.

Kein Wunder, dass sich auf der ganzen Welt die Gemüter immer wieder erhitzen, wenn es um die Vergütung der Ausbrucharbeiten im Untertagbau geht und zu beurteilen ist, inwieweit die tatsächlich erbrachten Bauleistungen mit dem ursprünglichen Leistungsbeschrieb übereinstimmen bzw. von diesem abweichen. Wer sich auch im Ausland mit Untertagbau beschäftigt, der weiss, dass es in dieser Sache keinen Sonderfall Schweiz gibt!

In fast allen Ländern hat sich deshalb eine Entschädigung der Ausbrucharbeiten nach Klassen eingebürgert. Die Klassen tragen dem unterschiedlichen Schwierigkeitsgrad der Arbeiten infolge wechselndem Gebirgsverhalten Rechnung und ermöglichen eine entsprechend gestaffelte, den tatsächlich angetroffenen Verhältnissen angepasste Vergütung.

Bekannt sind in diesem Zusammenhang etwa Klassenbezeichnungen wie «standfest», «leicht gebräch», «gebräch», «druckhaft», «sehr druckhaft» usw. Diese Begriffe sind zwar sehr anschaulich für eine allgemeine Charakterisierung der Gebirgsart. Die Abgrenzung zwischen den Klassen erfolgt aber rein subjektiv, erscheint doch – besonders wenn es um die Bezahlung geht – dem einen schon als recht druckhaft, was der andere erst als leicht gebräch taxiert. Wo es deshalb auf eine klare Abgrenzung ankommt, weil es dabei letztlich um Kostenfolgen geht, kommt keine Klassierung ohne ergänzende Unterscheidungsmerkmale aus.



Die Kosten für die Erstellung eines unterirdischen Hohlraumes hängen unmittelbar mit der Art und dem Ausmass der notwendigen Sicherungsarbeiten, aber auch mit dem Zeitpunkt, in welchem diese Massnahmen wirksam werden müssen, zusammen. Es ist also naheliegend, ebendiese Sicherungsmassnahmen als Kriterium für die Klassierung zu wählen.

Klüftung und Verbandsfestigkeit des Gebirges sowie Wasseranfall werden dabei nicht gesondert als Kriterien verwendet, da sie ohnehin die notwendigen Sicherungsmassnahmen bedingen.

Dieses in der Praxis schon vielerorts erprobte Prinzip ist in die neue Norm SIA 198 übernommen worden. Massgebend für die Einstufung sind dabei einerseits *Art und Umfang* der Sicherungsmassnahmen, nämlich

- Anker
- Spritzbeton oder Gunit
- Stahl- oder Holzeinbau mit oder ohne Verzug,

und andererseits der *Ausführungsort* dieser Massnahmen (und damit indirekt der Zeitpunkt), wobei unterschieden wird zwischen

- Brustbereich (Massnahmen unmittelbar vorort)
- Bereich der Vortriebsrichtungen
- und rückwärtigem Arbeitsbereich.

Quantitativ werden diese Massnahmen in der Norm nicht starr festgelegt, damit den unterschiedlichen örtlichen Verhältnissen Rechnung getragen werden kann. Es werden jedoch Empfehlungen für die je nach Profilgrösse einzusetzenden Werte beigegeben.

Leitgedanke für die konkrete Definition der Ausbruchklassen soll in jedem Falle das Mass der Behinderung der Vortriebsarbeiten durch die Sicherungsarbeiten wie folgt sein:

- I. Die nötigen Sicherungsmassnahmen verursachen keine oder nur eine unbedeutende Behinderung der Ausbrucharbeiten.
- II. Die notwendigen Sicherungsarbeiten verursachen nur eine leichte Behinderung der Vortriebsarbeiten. Der Arbeitszyklus wird aber nicht grundsätzlich beeinflusst.

III. Die notwendigen Sicherungsmassnahmen verursachen eine erhebliche Behinderung der Vortriebsarbeiten. Insbesondere muss der Ausbruchzyklus wegen Sicherungsarbeiten unterbrochen werden.

IV. Die notwendigen Sicherungsmassnahmen verursachen eine starke Behinderung der Vortriebsarbeiten. Die notwendigen Massnahmen werden Teil des Ausbruchzyklus, z.B. das Versetzen von Bogen unmittelbar nach jedem Abschlag.

V. Der Vortrieb ist nur möglich bei gleichzeitiger Ausführung der notwendigen Sicherungsmassnahmen, oder der Ausbruch selbst kann nur im Schutze der Sicherung erfolgen, wie Marciavanti, allenfalls teilweiser Brusteinbau und anderes.

VI. Eine fast vollständige Abstützung der Brust ist erforderlich.

Die Ausbruchklassen gelten grundsätzlich sowohl für Fels wie für Lockergesteine, weshalb die Bezeichnung «Fels»-Klassen vermieden wurde. Die Definitionen lauten jedoch verschieden für Tunnel und Stollen, für stark geneigte Schächte, für abgeteufte Vertikalschächte und für Kavernen.

Nur der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass die Sicherungsmassnahmen (Anker, Spritzbeton usw.) gesondert nach Ausmass entschädigt werden.

Die Meinungen gehen darüber auseinander, ob für die Entschädigung von Ausbrucharbeiten diese Klasseneinteilung genügt oder ob auch nach Ausbruchart (Bauweise) unterschieden werden muss, was eine entsprechende Einflussnahme der Bauleitung voraussetzt. Für den weniger erfahrenen Unternehmer kann letzteres eine Hilfe sein, der erfahrene wird es eher als Einschränkung seiner Unternehmerfreiheit empfinden. Die Norm ist deshalb so aufgebaut, dass sowohl nach Ausbruchklassen als auch nach Ausbruchart ausgeschrieben werden kann (vergl. Tabelle 1, Norm SIA 198). Nur der Anfänger wird dabei in Versuchung geraten, bei einer Submission den ganzen Variantenkatalog auszuschreiben. Der Fachmann wird sich auf eine vertretbare Auswahl sinnvoller Varianten beschränken.

Die neue Norm SIA 198 wird sicher auch in Zukunft Diskussionen auf der Baustelle um die «richtige» Entschädi-

Tabelle 3 bis 6 der SIA 198 «Untertagbau»

Tabelle 3 Ausbruchklassen für Stollen, Tunnel und schwach geneigte Schächte

	Klasse I	Klasse II	Klasse III	Klasse IV	Klasse V	Klasse VI
Brustbereich L 1	–	– $< 0,1 n$ Anker pro m <sup>3</sup> am Profilmfang – $< 0,5 n$ Anker in der Brust	– $> 0,1 n$ Anker pro m <sup>3</sup> am Profilmfang – $< n$ Anker in der Brust	– Stahl- oder Holzeinbau mit oder ohne Verzug, unmittelbar nach dem Abschlag, aber nicht als Marciavanti vorgetrieben – Gunit, Spritzbeton unmittelbar nach jedem Abschlag bis max. $\frac{1}{2}$ Profilmfang und/oder $\frac{1}{4}$ Brustfläche** – $> n$ Anker in der Brust – Verbau bis $\frac{1}{2}$ der Brustfläche, max. 5 m <sup>2</sup>	– Stahl- oder Holzeinbau laufend während Vortrieb mit Marciavanti – Gunit, Spritzbeton laufend während Vortrieb, evtl. mit Ankern – Verbau mit $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ der Brustfläche oder Gunit, Spritzbeton auf $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ der Brustfläche	– Verbau von mehr als $\frac{1}{4}$ der Brustfläche – Spezialeinrichtungen
Vortriebsbereich L 2	– $< n$ Anker pro m <sup>3</sup>	– $n$ bis $3 n$ Anker pro m <sup>3</sup>	– $> 3 n$ Anker pro m <sup>3</sup> – Gunit, Spritzbeton** – Stahl- oder Holzeinbau in Serie (min. 3 Bogen) mit oder ohne Verzug	nicht massgebend	nicht massgebend	nicht massgebend
Rückwärtiger Bereich L 3	– $< 3 n$ Anker pro m <sup>3</sup>	– $> 3 n$ Anker pro m <sup>3</sup> – Gunit, Spritzbeton** – Stahl- oder Holzeinbau in Serie (min. 3 Bogen) mit oder ohne Verzug	nicht massgebend	nicht massgebend	nicht massgebend	nicht massgebend

Tabelle 4 Ausbruchklassen für stark geneigte Schächte

	Klasse I	Klasse II	Klasse III	Klasse IV	Klasse V
Brustbereich	–	– höchstens $m$ Anker	– mehr als $m$ Anker – Anker in der Brust – Gunit, Spritzbeton, jedoch nicht unmittelbar nach Abschlag**	– Stahl- oder Holzeinbau mit oder ohne Verzug, aber nicht als Marciavanti vorgetrieben – Gunit, Spritzbeton unmittelbar nach jedem Abschlag**	– Stahl- oder Holzeinbau laufend während Vortrieb als Marciavanti vorgetrieben

Tabelle 5 Ausbruchklassen für abgeteufte Vertikalschächte

Sohlenbereich	–	– höchstens $p$ Anker pro m <sup>3</sup>	– mehr als $p$ Anker pro m <sup>3</sup> – Gunit, Spritzbeton bis $\frac{1}{2}$ der freien Ausbruchfläche	– Gunit, Spritzbeton über $\frac{1}{2}$ der freien Ausbruchfläche – Stahl- oder Holzeinbau mit oder ohne Verzug, aber nicht als Marciavanti vorgetrieben
				– Stahl- oder Holzeinbau laufend während Vortrieb als Marciavanti vorgetrieben

Tabelle 6 Ausbruchklassen für Kavernen

Planmässige Ausbruchoberfläche	– bis 0,4 Anker pro m <sup>2</sup>	– mehr als 0,4 Anker pro m <sup>2</sup>	– Gunit, Spritzbeton nicht unmittelbar nach Abschlag	– Stahl- oder Holzeinbau mit oder ohne Verzug, aber nicht als Marciavanti vorgetrieben – Gunit, Spritzbeton unmittelbar nach jedem Abschlag
				– Stahl- oder Holzeinbau laufend während Vortrieb als Marciavanti vorgetrieben

gung von Ausbrucharbeiten nicht gänzlich verhindern können. Der logische Aufbau und die klaren Definitionen dürften aber zweifellos der Entstehung von Meinungsverschiedenheiten wesentlich entgegenwirken. Trotzdem bleibt die Tatsache bestehen, dass der Entscheid über die Notwendigkeit von Sicherungsmassnahmen innerhalb gewisser Grenzen stets eine Ermessensfrage bleibt. Bauleitung und Unternehmer müssen sich jedesmal darüber einigen. Das erfordert auf beiden Seiten erfahrene und verantwortungsbewusste Persönlichkeiten mit dem ehrlichen Willen zur partnerschaftlichen Zusammenarbeit.

#### 4. Der Standpunkt des Bauausführenden

Der heutige Stollen- und Tunnelbauunternehmer sieht sich einer Vielzahl von allgemeinen und speziellen Bestimmungen gegenübergestellt, die weitgehend ihren Ursprung im Kraftwerkbau finden. Diese wurden von den Kraftwerksgesellschaften von Bauwerk zu Bauwerk auf Grund der erzielten Erfahrungen mehr und mehr ausgebaut. Bei diesem Vorgehen hatte jedoch der Unternehmer sozusagen keine Möglichkeit, seinen Standpunkt geltend zu machen; er hatte sich den verfeinerten Randbedingungen schrittweise anzupassen.

Der neuere Tunnelbau hat diese ausgefeilten Bedingungen der Kraftwerksgesellschaften, unter Anpassung an die mehrheitlich grösseren Profile, weitgehend übernommen, so dass auch hier die Vorschriften von Objekt zu Objekt variieren.

Es ist daher von der Seite des Unternehmers nur zu begrüssen, dass der SIA die Initiative ergriff, um auch im Untertagbau eine einheitliche Norm zu schaffen, und er begrüsst es im besonderen, dass dabei auch dem Unternehmeringenieur die Möglichkeit gegeben wurde, seine Anliegen vorzutragen und in gewisser Masse seine Beiträge beizusteuern. Natürlich sind für ihn, wie für alle Beteiligten, die neue Norm und die dazugehörige Empfehlung im weitesten Sinne ein Kompromiss.

Wie einleitend in der neuen Norm erwähnt wird, ist mit der verhältnismässig jungen Felsmechanik das Bauen im Fels noch nicht abschliessend erfasst, da viele Eigenschaften dieser Materie noch erforscht werden müssen. Demzufolge ist auch die Norm 198 und insbesondere die Empfehlung 199, was den Ausbruch von Hohlräumen anbelangt, sehr vorsichtig abgefasst. Indem weitgehende geologische Untersuchungen und Abklärungen der technischen Eigenschaften des Gebirges als Grundlagen der Projektierung gefordert werden, wird sicher dem allgemeinen Bedürfnis nach besserem Abschluss des Gebirges Rechnung getragen.

Über die Methode, wie die Ausbruchsarbeit beurteilt und klassifiziert werden soll, gingen die Ansichten selbst in der Kommission auseinander, was zu der Lösung führte, welche die Möglichkeit offenlässt, entweder nach Ausbruchs-klassen oder nach Ausbruchsarten auszuschreiben und abzurechnen. Aus der Sicht des Unternehmers und des Praktikers, der sich gerne auf Tatsachen stützt, wäre der Klassifizierung nach Stehzeit (nach Lauffer), wie diese in der Empfehlung 199 aufgeführt ist, vermehrte Beachtung zu schenken.

Einmal mehr hat sich bei der Aufstellung dieser Norm gezeigt, wie schwer es ist, die Verantwortung für die Vielzahl von Unbekannten, die sich im Untertagbau aufzeichnen, zwischen Bauherr, projektierendem Ingenieur, Geologe und Bauunternehmer aufzuteilen. Es darf bei dieser Gelegenheit sicher die Frage aufgeworfen werden, ob nicht ein nächster Schritt dahin abzielen sollte, für grosse Bauaufgaben im Untertagbau, Möglichkeiten zu finden, die eine gerechte Risikoverteilung unter allen Beteiligten gewährleisten.

Sicher bilden die neue Norm 198 sowie die Empfehlung 199 einen Schritt in dieser Richtung und es ist nur zu

hoffen, dass alle, die damit umzugehen haben, sich zum Kompromiss, der im Rahmen der Kommission Untertagbau zustande kam, bekennen können.

#### 5. Empfehlung SIA 199: Erfassen des Gebirges im Untertagbau

Während vieler Jahrtausende wirkten nur Zwerge und Gnomen im Inneren der Gebirge, deren Schätze und Geheimnisse sie sorgfältig hüteten. Erst spät begann der Mensch als Mineur in die Gebirge einzudringen, um ihre Schätze zu heben. Die Geologen erforschten die Entstehung, die Geschichte der Gebirge. Die im Untertagbau interessierten Geologen legen sich die Auffassungen der Stollen- und Tunnelbauer aus eigener Initiative zu. Bis zur Gegenwart begnügen sich die Untertagbauer, den jungfräulichen Fels zu beschreiben mit geologischen Ausdrücken. Aber die Geologie lässt sich ihre Geheimnisse, die auch in den Bezeichnungen schweben, nicht so leicht entreissen.

Erst für die Abrechnung fertiger Ausbrüche schufen die Mineure 5 oder 6 Klassen, um die so überaus mannigfache Art des Vorgehens beim Ausbruch nach den Gesichtspunkten der Tiefbautechnik klassieren zu können. Die Abgrenzung der Felsklassen wird nach den notwendigen Sicherungsmassnahmen bestimmt, was jeweiligen stundenlange Diskussionen hinüber und herüber veranlasst.

Geologen und Untertagbauer sind anders interessiert, der Geologe spürt Geheimnissen nach, der Untertagbauer will Stollen, Tunnel und Kavernen schaffen. So entstanden im Schosse der Kommission Untertagbau neue Vorschläge, um eine gemeinsame Sprache in der Beschreibung des Felsens, um bestehende Lücken und Unsicherheiten zu schliessen oder doch überbrücken zu können. Da diese Vorschläge, neu sind müssen sie erst von der Praxis aufgenommen werden und sich bewähren, weshalb sie ausserhalb der Norm in die unverbindlichere Form der «Empfehlung» verbannt wurden.

Die Empfehlung 199 umfasst drei Kapitel, deren Inhalt nachfolgend kurz skizziert werden soll:

##### 5.1. Beschreibung und Klassierung des Gebirges

Das Verhalten des Gebirges beim Bauen von Untertaganlagen wird für Fels und für Lockergestein zusammengestellt, ebenso die zahlenmässig erfassbaren Eigenschaften. Ferner werden die bautechnischen Gesichtspunkte eingehend erwähnt und die Untersuchungsmethoden umfassend aufgeführt. Es soll dies veranlassen, den Bau von unterirdischen Anlagen im voraus technisch so gut wie möglich abzuklären und in seiner Auswirkung zu erfassen.

Um eine möglichst einheitliche Beschreibung des Felsens, unabhängig des Bauvorhabens, zu erleichtern, kommt die sogenannte «SIA-Methode» zum Vorschlag. Sie beschreibt den Felsen nach bautechnischen Gesichtspunkten, wozu 16 Kriterien geschaffen wurden und ein 17. für die Bohrbarkeit des Felsens offengelassen wurde. Jedes Kriterium wird quantitativ in 4 Stufen abgegrenzt, um den Grad der günstigen oder ungünstigen Eigenschaften abstecken zu können. Diese Art der Beschreibung wird als Prognose mit dem Geologen ausgearbeitet und soll Unterlagen ergeben für die Projektierung und die Wahl des Bauvorganges. Die Prognose soll nach erfolgtem Vortrieb überprüft und falls nötig richtig gestellt werden. Die Einteilung der Felseigenschaften nach der SIA-Methode ist aus Tabelle 1 der Empfehlung 199 ersichtlich.

Für die Abrechnung der Ausbruchsarbeiten wird hingegen neben der in der Norm vorgesehenen Klassierungsart eine andere Möglichkeit erläutert, die die Stehzeit nach Lauffer verwendet, wobei der Einfluss der Spannweiten berücksichtigt wird.



## 5.2. Geologisch-Geotechnische Verhältnisse

Der Erfassung und Darstellung der geologisch-geotechnischen Belange wird grosse Aufmerksamkeit geschenkt und entsprechende Empfehlungen werden aufgestellt.

## 5.3. Aufgaben der beteiligten Fachleute

Ihre Mitwirkung bei der Projektierung und der Bauausführung, insbesondere die Aufgaben der Geologen, ferner die Mitarbeit von Unternehmern, werden umrissen und vorgeschlagen. Im besonderen wird auch versucht, die Bereiche der Geologen, Geotechniker, Projektverfasser, Bauleitungen und Unternehmer abzugrenzen und abzuwägen. Der Empfehlung liegt ein Beispiel eines geologischen Schlussberichtes bei.

## 6. Le géologue et les publications SIA 198 et 199

Depuis Maurice Lugeon, père spirituel de la géologie appliquée aux travaux de génie-civil, la collaboration du géologue et de l'ingénieur est devenue de plus en plus courante. Au départ toutefois, l'apport du géologue – qui, rappelons-le, n'a en principe qu'une formation de naturaliste – restait limité à des données scientifiques.

Dans ses rapports, il était surtout question de tectonique, de pétrographie, de stratigraphie, voire de fossiles – comme preuve de l'appartenance de telle roche à tel étage – et l'ingénieur pouvait être heureux de voir figurer à côté des termes Trias, Rhétien, Malm, des désignations comme, par exemple, corniches aquifères, schistes argileux broyés ou calcaires massifs.

Aujourd'hui, cette collaboration a fait d'énormes progrès; ingénieur et géologue ont été à la rencontre l'un de l'autre, persuadés qu'ils étaient que les connaissances de l'ingénieur – qu'il soit ingénieur-auteur du projet ou ingénieur spécialisé en géotechnique – et celles du géologue spécialisé devaient se compléter à toutes les étapes d'un ouvrage (par exemple, pour une galerie), de l'avant-projet jusqu'au bétonnage du revêtement définitif et même parfois au-delà, ceci pour le plus grand bien de la sécurité, du coût et, suivant le cas, de l'esthétique de l'ouvrage à construire.

Parmi les obstacles qui pouvaient encore exister, je citerai le vocabulaire souvent très académique et peu compréhensible aux non initiés, utilisé par le géologue et ses appréciations souvent empiriques des conditions géologiques du site étudié. Ces appréciations exprimées par les adjectifs «bon», «moyen», «mauvais» (qualité du rocher), «très peu», «peu», «beaucoup» (venues d'eau), sont en effet subjectives et varient forcément d'un auteur à l'autre. D'autre part, il ne tenait pas toujours suffisamment compte des caractéristiques de l'ouvrage à construire. Enfin, la multitude des termes utilisés, parfois dans le même sens (roches endogènes ou ignées ou magmatiques ou cristallines), compliquaient encore, pour l'ingénieur, la compréhension ou l'interprétation d'un rapport géologique.

Lugeon l'avait bien compris et, le premier, introduisit un langage plus direct et des valeurs chiffrées, en créant notamment les essais de perméabilité en rocher qui portent son nom. C'était déjà un progrès considérable.

Puis, vers les années trente sont venus, avec Terzaghi, les définitions, nomenclatures, essais et calculs de la mécanique des sols puis, plus récemment, le développement de la mécanique des roches, ces deux disciplines permettant, à partir de mesures objectives, d'exprimer par des chiffres les caractéristiques de matériaux naturels de toute origine. Cette évolution des appréciations de la qualité d'un sol ou d'une roche était indispensable et la création de la recommandation SIA 199, issue d'une collaboration entre ingénieur et géologue, est à mon avis un pas de plus dans cette voie. En effet, l'introduction d'une nomenclature, de définitions et d'une classification qui visent à une meilleure correspondance entre

la géologie, de tendance descriptive, et les méthodes mises au point par les ingénieurs-géotechniciens (sol et roche), devrait, semble-t-il, servir de base utile à l'élaboration d'un projet et permettre d'adapter les ouvrages aux conditions du sous-sol en meilleure connaissance de cause.

Le tableau «Caractéristiques techniques des massifs rocheux», selon méthode SIA – où l'on retrouve par exemple l'essai de perméabilité mis au point par Lugeon – et la création d'autre part de «Classes d'excavation» pour travaux souterrains, pour ne citer qu'eux, me semblent en tout état de cause, représenter un progrès pour une utilisation plus rationnelle de la géologie.

A ce titre déjà, la création des publications SIA 198 et 199 me paraît un apport non négligeable et leur utilisation pratique mérite, à tout le moins, d'être essayée. Il est évident que tout n'y est pas parfait et, du reste, ne pouvait l'être; mais, du point de vue du géologue, et considérée comme une première étape de rationalisation, il me semble que la tentative valait la peine d'être faite; à d'autres d'apporter les améliorations nécessaires selon les expériences qu'ils feront lors de l'utilisation des recommandations et normes qui viennent de paraître.

### Mitglieder der Kommission SIA «Untertagbau» (Norm SIA 198 und Empfehlung SIA 199)

Präsident:	Vertreter von:
Dr. G. Lombardi, Ing. SIA, Locarno	SIA
Vizepräsident:	
Prof. A. Sonderegger, Ing. SIA, Rothenburg	SIA
Mitglieder:	
R. Amberg, Ing., Sargans	Projekt. Ing.
W. Balli, Ing., Luzern	SUVA
B. Bretscher, Ing. SIA, Baden	Projekt. Ing.
G. Bridel, Ing., Bern	SBB
A. Coudray, Ing. SIA, Villars s/Glâne	Eidg. Amt für Verkehr
H. Fuhr, Ing. SIA, Chur	VSS
P. Halter, Ing., St. Gallen	Eidg. Amt für Strassen- und Flussbau
B. Hediger, Ing. SIA, Basel	Projekt. Ing.
Dr. F. P. Jaecklin, Ing. SIA, Ennetbaden	SIA
F. Lauper, Ing. SIA, Chur	Unternehmer
C. Meyer, Ing. SIA, Sion	VST
K. Müller, Ing. SIA, Basel	Projekt. Ing.
E. Nolfi, Ing. SIA, Zürich	Unternehmer
J. Norbert, géol. SIA, Lausanne	Schweiz. Gesellschaft für Boden- und Felsmechanik
I. Pfister, Ing. SIA, Lausanne	SIA
R. Pfister, Ing. SIA, Zürich	Projekt. Ing.
D. Prader, Ing. SIA, Zürich	SIA
Dr. H. J. Rapp, Ing. SIA, Basel	SIA
A. Robert, Ing. SIA, Baden	Projekt. Ing.
B. Zanolari, Ing. SIA, Luzern	SIA
U. Zürcher, Ing. SIA, Burgdorf	Unternehmer

### Anmerkung:

Die Norm SIA 198 «Untertagbau» und die Empfehlung SIA 199 «Erfassen des Gebirges im Untertagbau» können beim Generalsekretariat des SIA, Postfach, 8039 Zürich, Tel. 01/361570, bezogen werden. Die französische und italienische Fassung wird voraussichtlich gegen Ende des Jahres erhältlich sein.

Adressen der Verfasser: Dr. G. Lombardi, dipl. Ing., Via Ciseri 3, 5501 Locarno. P. Halter, dipl. Ing., Kantonsingenieur, Lämmistr. 54, 9001 St. Gallen. R. Pfister, dipl. Ing., Bergstr. 15, 8703 Erlenbach. F. Lauper, dipl. Ing., Giacomettistr. 100, 7000 Chur. Prof. A. Sonderegger, dipl. Ing., Eschenbachstr. 76, 6023 Rothenburg. J. Norbert, géol., 14, av. du Léman, 1005 Lausanne.