

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 59/60 (1912)
Heft: 11

Artikel: Ueber Anlage und Sprengung grosser Kammerminen in Steinbrüchen
Autor: Zschokke, Bruno
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-30054>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 06.02.2025

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

Ueber Anlage und Sprengung grosser Kammerminen in Steinbrüchen.

Von Ing. Bruno Zschokke, Adjunkt der Eidg. Materialprüfungsanstalt in Zürich.

(Schluss.)

So schreibt die deutsche „Sprengvorschrift“ vom Jahre 1911 bei Verwendung brisanter Sprengmunition und Sprengungen in festem Mauerwerk, Beton und Fels, je nach der Grösse des Wirkungshalbmessers r , für g (in der „Sprengvorschrift“ mit c bezeichnet) die Werte von 3 bis 5 vor,

nämlich bei r bis zu 0,9 m;	$g = 5,0$
bei über 0,9 „ „ 1,5 „	$g = 4,0$
„ „ 1,5 „ „ 2,0 „	$g = 3,5$
„ „ 2,0 m	$g = 3,0$.

Das französische *Reglement* (Ecole de mines, 1879) gibt für g bei Verwendung von Schwarzpulver folgende Werte an:

Fels und gutes gewöhnliches Mauerwerk 3,00 bis 4,50.
Harter Fels und kompaktes Mauerwerk 4,50 bis 7,00.

Für Ladungen mit brisanter Sprengmunition (Melinit) werden die gefundenen Werte für L_p mit 0,6 multipliziert.

Schliesslich gibt das österreichische *Reglement* für k , bei Sprengungen in Fels, je nach dessen Festigkeit und Zerklüftung und bei Verwendung von Ecrasit die Werte von 0,18 bis 0,30 an. All diesen Ziffern kommt jedoch nur ein sehr relativer Wert zu, wenn man einerseits bedenkt, dass die Druckfestigkeiten der verschiedenen Felsarten etwa zwischen 300 kg/cm^2 (bei weichen Sandsteinen) und 2500 kg/cm^2 (bei Graniten und Basalten) schwanken und dass von Fall zu Fall auch die besondern Schichtungs- und Zerklüftungsverhältnisse des Gesteins auf die Wirkung einer Sprengung vom grössten Einfluss sind. Vor jeder Sprengung von einiger Bedeutung sollten daher stets einige *Probeminen* angelegt werden, um den genauen Wert des Widerstandskoeffizienten zu ermitteln. Hierzu sind mindestens drei Probeminen mit derselben kürzesten Widerstandslinie von etwa 3 m Länge notwendig. Für die eine Mine wird die normale Ladung so genau wie möglich berechnet, für die beiden andern Minen eine etwas schwächere, bzw. eine stärkere Ladung festgesetzt. Aus der Ladung derjenigen Mine, deren Wirkung der normalen am nächsten kommt, wird g nach der Formel berechnet:

$$g = \frac{L}{w^3}$$

Im vorliegenden Fall konnten solche Probeminen, da die Zeit drängte, nicht mehr angelegt werden. Der Koeffizient g wurde daher lediglich nach den Tabellen bestimmt, und zwar für die Ladungsberechnung nach deutscher und französischer Vorschrift auf 3, nach österreichischer Vorschrift auf 0,2 festgesetzt.

Demnach bekommt man für den Minenofen A:

1. nach der deutschen *Ladeformel*:

für die normale Mine:

$$L_n = r^3 g d = 10 \ 125 \ kg \text{ deutsche Sprengmunition} \\ = 10 \ 125 \cdot 0,7 = 7087,5 \ kg \text{ Westphalit oder Telsit;}$$

für die Dampfmüne:

$$L_{max} = \frac{1}{3} L = 2362 \ kg \text{ Westphalit oder Telsit} \\ L_{min} = \frac{1}{8} L = 886 \ " \ " \ " \ " \\ \text{Mittel } 1624 \ kg \text{ Westphalit oder Telsit.}$$

2. nach der französischen *Ladeformel*:

für die normale Mine:

$$L_n = g w^3 d = 10 \ 125 \ kg \text{ Schwarzpulver}$$

und für die Dampfmüne (wobei $n = 0,5$):

$$L_n = L (\sqrt{1+n^2} - 0,41)^3 = 10 \ 125 \cdot 0,35 = 3645 \ kg \\ \text{Schwarzpulver} \\ \text{oder } 3645 \cdot 0,6 = 2 \ 187 \ kg \text{ franz. Spreng-} \\ \text{munition} \\ = 2187 \cdot 0,7 = 1 \ 531 \ kg \text{ Westphalit} \\ \text{oder Telsit.}$$

3. nach der österreichischen *Ladeformel*:

für die Dampfmüne:

$$L = k (w+r)^3 = 0,2 (15+7,5)^3 = 2278 \ kg \text{ Ecrasit} \\ = 1596 \ kg \text{ Telsit} \\ \text{oder Westphalit.}$$

Vergleichen wir diese Ziffern mit der tatsächlich angewandten Ladung von 410 kg , so ist ohne weiteres klar, dass diese letztere unmöglich die gewünschte Wirkung haben konnte. Noch wesentlich ungünstiger gestalten sich natürlich die Verhältnisse für den Minenofen B, der bei einer kürzesten Widerstandslinie von 20 m mit bloss 300 kg Sprengstoff geladen war. Nach der misslungenen Sprengung vom 21. Oktober 1911 liess die Fabrikleitung von der Gabelungsstelle des Stollens aus nach rechts einen neuen Stollen vortreiben (Abb. 4, S. 136), an dessen Ende ein Minenofen C angelegt wurde. Die kürzeste Widerstandslinie wurde schätzungsweise zu 12 m angegeben.

Demnach berechnet sich die Ladung:

1. nach deutscher *Formel*:

für eine Dampfmüne:

$$L_1 = \frac{1}{3} L = 1209 \ kg \text{ Telsit oder Westphalit} \\ \text{oder } L_2 = \frac{1}{8} L = 453 \ " \ " \ " \ " \\ \text{Mittel } 831 \ " \ " \ " \ "$$

2. nach französischer *Formel* (wobei $n = 0,5$):

$$L = 784 \ kg \text{ Telsit oder Westphalit.}$$

3. nach österreichischer *Formel* (wobei $n = 0,5$ gesetzt wird):

$$L = 816 \ kg \text{ Telsit oder Westphalit.}$$

Bei der Ladungsberechnung musste nun noch einem besondern Umstand Rechnung getragen werden. Durch die beiden vorangegangenen Sprengungen vom Juni 1910 und namentlich durch die vom Oktober 1911 war das Gestein im Innern stark erschüttert und zerklüftet worden. Die Wirkung machte sich sogar nach aussen geltend, indem die Felswand mehrfache Spalten aufwies. Um ein teilweises Ausblasen der dritten Mine zu verhüten, schien es daher angezeigt, die Ladung über die berechnete Zahl von 784 bzw. 831 kg hinaus noch etwas zu verstärken. Demgemäss wurden im ganzen 1080 kg Telsit verwendet, und zwar 500 kg in Paketen zu 5 kg , 580 kg in Paketen zu 7 und 7,5 kg . Die Minenkammer (C in Abbildung 4) wurde zum Schutz gegen Feuchtigkeit ringsum mit einer 0,5 cm starken Zementschicht verstrichen, und die ganze Ladung in Paraffinpapier eingehüllt. Als Zündmittel diente ein vierfacher Strang österreichischer Knallzündschnur, die zum Schutz gegen äussere Beschädigungen bei den Verdämmungsarbeiten durch ein eisernes Rohr geführt wurde. Jeder Strang war am einen (Ladungs-)Ende mit einer Sprengkapsel Nr. 8 adjustiert, die in einer Schiesswollzündpatrone steckte.

Um eine möglichst sichere und rasche Detonationsübertragung zu gewährleisten, wurden in der ganzen Ladung noch 60 Kapseln Nr. 7 verteilt. An die vier freien Enden der Knallzündschnur waren zwei Trotylsprengkapseln mit zwei gewöhnlichen Birkfordzündschnüren von je 5 m Länge angeschlossen. Die Verdämmung wurde sehr sorgfältig vorgenommen und bestand aus drei Abmauerungen mit dazwischen liegenden zwei Schichten Trockenmauerwerk (Abb. 4, S. 136). Die oben erwähnten Spalten konnten jedoch, weil nicht zugänglich, nicht abgedichtet werden.

Die Sprengung fand am 9. November 1911 statt. Die Detonation war dumpf, der mittlere Teil der Felswand stürzte in sich zusammen, der darüber liegende Teil rutschte infolge des Uebergewichtes nach, die ganze losgelöste Felsmasse bewegte sich langsam nach unten und vorwärts und bildete einen Schuttkegel von etwa 45 m Länge und 30 m Breite (Abbildung 5, S. 135). Das ganze Phänomen bot die typischen Merkmale einer Dampfmüne: irgend ein Wegschleudern von Material oder auch nur von vereinzelt kleinern Stücken konnte nicht beobachtet werden. Das Dach der Drahtseilbahnstation blieb vollständig intakt; gegen den seitlichen Druck des Schuttkegels war es durch einen kleinen Felsvorsprung geschützt; die gefallenen Steinblöcke, deren Totalmenge auf 3500 m^3 geschätzt wurde, hatten im Mittel ein Volumen von etwa 0,10 m^3 ,

der grösste ein solches von etwa $2 m^3$. Der Umfang der durch die Mine bewirkten Gesteinsablösung ist in Abbildung 3 durch die schwarz gezeichnete Linie dargestellt; die Frontalansicht des Steinbruchs nach der Sprengung zeigt Abbildung 5, S. 135.

Die Kosten für $1 m^3$ losgelöstes Gestein berechnen sich wie folgt:

Arbeitslöhne zum Bau des Minenstollens	rund	315	Fr.
Sprengstoffe, Zündschnüre und Spreng-			
kapseln für den Bau des Minenstollens	„	112	„
Mauerwerk	„	25	„
Ladung	„	1916	„
	Total	2368	Fr.

oder für $1 m^3 = 2368 : 3500 = 0,67$ Fr.

Stellen wir diese Resultate jenen an einer andern, unter ähnlichen Verhältnissen unternommenen Sprengung gegenüber, die am 28. September 1908 in einem Phonolithsteinbruch¹⁾ am Sellnitzerberg in Böhmen vorgenommen wurde, und über die eine eingehende fachmännische Beschreibung vorliegt²⁾, so ergeben sich für die dortigen Gesteinskosten pro $1 m^3$ Gestein 45 Heller = 0,47 Fr.

Wenn im Falle der Sprengung von St. Sulpice vom 9. November 1911 das Resultat in finanzieller Beziehung etwas weniger günstig war, so beweist dies, dass die Ladung noch etwas kräftiger hätte bemessen werden dürfen. Sie genauer zu berechnen, war aber nicht wohl möglich, weil einmal die Länge der kürzesten Widerstandslinie nicht genau bekannt war und auch der Widerstandskoeffizient des Gesteins aus Mangel an Zeit durch vorangängige Probsprengungen nicht genau bestimmt werden konnte. Die erst längere Zeit nach der Sprengung ermittelte ziemlich hohe Druckfestigkeit des Gesteins ($1619 kg/cm^2$) deutet darauf hin, dass der Widerstandskoeffizient mit einem etwas höhern Wert hätte in die Ladeformeln eingesetzt werden dürfen; schliesslich ist nicht zu übersehen, dass durch die Mine vom 21. Oktober 1911, mit ihrer ausschliesslich inneren Wirkung, das Gestein innerlich in weitem Umkreise schon stark zerklüftet worden, wodurch notwendigerweise die Wirkung der Explosionsgase der Mine vom 9. November abgeschwächt werden musste.

Am 8. Februar 1912 wurde im nämlichen Steinbruch noch eine dritte Mine gesprengt, die hauptsächlich den Zweck hatte, den in Abbildungen 3 und 5 links oben sichtbaren, schon etwas gelockerten Felskopf, welcher die im Bruche arbeitenden Leute bedrohte, zu beseitigen. Der Sprengung selbst beizuwohnen war der Berichterstatter verhindert. Aus den ihm von der Direktion der Portland-Zementfabrik St. Sulpice zur Verfügung gestellten Daten ergibt sich, dass die Mine bei einer nach Schätzung bemessenen kürzesten Widerstandslinie von 12 bis 15 m mit 700 kg Westphalit geladen worden war und, ebenfalls schätzungsweise, eine Gesteinsmasse von 6000 m^3 ergeben hatte. Der Aufwand an Sprengstoff pro m^3 Gestein betrug also 0,117 kg, bei der Mine vom 9. November 1912 dagegen 0,308.

Vergleichen wir die gewählte Ladung von 700 kg mit den auf Seite 151 angegebenen Ladungsgrössen (831, 784, bzw. 816 kg für $w = 12 m$ und 1624, 1531, 1596 kg für $w = 15 m$), so sehen wir, dass sie ungefähr der Ladung einer schwachgeladenen Mine von $w = 11,5$ entspricht. Da nun sowohl bei der Mine vom 9. November 1911 wie bei der vom 8. Februar 1912 die über den Minenöfen lagernde Felsschicht ungefähr die nämliche Höhe von etwa 25 m aufwies, andererseits die beiden Sprengstoffe Telsit und Westphalit in ihrer Sprengkraft praktisch als gleichwertig angesehen werden dürfen, so kann die günstigere Wirkung der Mine vom 8. Februar 1912 nur der für das Nachstürzen grösserer

Felspartien günstigeren Felskonfiguration, vielleicht auch noch den an beiden Orten verschiedenen Zerklüftungsverhältnissen zugeschrieben werden. Eine nähere Betrachtung der photographischen Bilder (Abbildungen 3 und 5), sowie einer Anzahl weiterer hier nicht reproduzierter Aufnahmen zeigt denn auch in der Tat, dass der in Frage kommende steil ansteigende, in seinem obersten Teil sogar leicht überhängende gelockerte Felskopf sich zum Nachstürzen offenbar weit besser eignen musste, als die über der Mine vom 9. November 1911 liegenden, sich mehr zurücklehrenden kompakten Felspartien. Mit Bezug auf letztere Sprengung wäre es wohl zweckmässiger gewesen, den Minenstollen weiter unten, etwa von b in Abbildung 3 aus, vorzutreiben, ihn dann in angemessener Tiefe annähernd parallel der Felswand weiterzuführen und einen oder noch besser zwei Minenöfen anzulegen. Bei einer derartigen Anordnung wäre die unterhalb der Ausbauchung liegende Felspartie direkt zertrümmert, die Ausbauchung selbst aber unterhöhlt und gelockert worden. Durch ihr Eigengewicht wäre sie dann ganz oder zum grössten Teil nachgestürzt und hätte die Ausbeute an Gesteinstrümmern vermehrt, während sie durch die Mine vom 9. November 1911 direkt weggesprengt wurde und die Masse des nachstürzenden Materials relativ geringer war.

Ueber die von der Fabrikleitung von St. Sulpice bei diesen Sprengungen nebenbei verfolgte Frage, ob Telsit oder Westphalit sich zu derartigen Sprengungen besser eigne, haben die im Vorstehenden näher beschriebenen Versuche noch keine Klärung gebracht. Ganz abgesehen davon, dass, wie bereits erwähnt, beide Sprengstoffe sich bei der Trautzl'schen Bleiblockprobe ganz ähnlich verhalten, waren bei den einzelnen Minen sowohl die Gesteinsverhältnisse, wie die Anordnung der Minen und die Ladungsgrössen zu verschiedenartig, um daraus vergleichende Rückschlüsse auf die Qualität der Sprengstoffe zu ziehen. Dagegen ergaben die bei diesen Sprengungen gemachten Erfahrungen hinsichtlich zweckmässiger Anordnung und planmässiger Berechnung der Ladungen einige Winke, die wohl in zukünftigen Fällen Beachtung finden dürften.

Miscellanea.

Die Seilschwebebahn Lana-Vigiljoch, die erste durch die Luft führende Lokalbahn Oesterreichs, ist am 31. August 1912 eröffnet worden. Sie beginnt in Lana bei Meran auf 328 m Seehöhe und führt auf den Bergbahnhof Vigiljoch von 1481 m Höhe. Die gesamte Steigung beträgt somit 1153 m, die bei einer gesamten Länge der Bahn von 2210 m mit einer mittleren Steigung von 620 ‰ überwunden wird.

In der halben Höhe von 848 m ist die Bahn durch eine Umsteigstation in zwei Teilstrecken geteilt, von denen jede selbständig betrieben wird. Die Bahn wurde nach dem System Ceretti & Tanfani erbaut. Dieses verwendet ein Trage-seil, ein Führungsseil, ein Zugseil, ein Ballastseil und ein Bremsseil. Alle Seile wurden von der St. Egydyer Eisen- und Stahl-Industrie-Gesellschaft aus Material von 160 und 180 kg/mm² Festigkeit hergestellt. Die Seile laufen über 39 Stützen¹⁾, die bis zu 31 m hoch sind. Die Fahrgeschwindigkeit beträgt 1,85 m/sek, die Fahrtdauer einschliesslich des Umsteigens 20 Minuten. Jeder Wagen fasst einschliesslich des Schaffners 16 Personen und wiegt voll beladen 3500 kg. In der Stunde können in sechs bis sieben Wagen 100 Personen bergauf und ebenso viele talab befördert werden. Als Antrieb dient Gleichstrom von 500 Volt, der in der Bergstation aus Drehstrom von 3000 Volt erzeugt wird. Eine Pufferbatterie ist vorhanden. Die Windwerksmotoren leisten 50 PS. Die Antriebsmaschinen sind mit vier Backenbremsen und einer Handbremse versehen, die Wagen erhielten je eine automatische, durch das Wangengewicht betätigte Bremse und eine Handbremse. Auch sind Vorkehrungen getroffen, um im Falle eines Versagens des Zugseiltriebwerkes oder der Gleichstromzufuhr die Fahrt mit dem Bremsseil und mit Hilfe von Drehstrom vollenden zu können. Zur Signalisierung vom Wagen aus sind auf der ganzen Strecke entlang

¹⁾ Phonolith oder Klingstein, ein dichtes, basaltähnliches Eruptivgestein mit etwa 1700 bis 2300 kg/cm² Druckfestigkeit.

²⁾ «Ein Beitrag zur Anlage und Explosion von Kammerminen» von k. k. Ingenieur Rudolf Feuchtinger in Teplitz. «Zeitschrift für das gesamte Schiess- und Sprengstoffwesen», 1909, Seite 221 und 244.

¹⁾ Im Gegensatz zu dieser Anordnung wird bei dem in Band LII, Seite 311 u. ff. dargestellten Wetterhornaufzug nach System Feldmann (Bauart der Giesserei Bern) ein Höhenunterschied von 420 m ohne Zwischenstützpunkt überwunden.