

# Zur Frage der Gebirgs- und Gesteinsfestigkeit

Autor(en): **Heim, Alb.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **59/60 (1912)**

Heft 8

PDF erstellt am: **08.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-29943>

## **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.

Grund langjähriger Erfahrungen baut (Abbildung 45 und 46). Das Kraftgas setzt sich der Hauptsache nach zusammen aus Kohlenoxyd, Wasserstoff und dem indifferenten Stickstoff und entsteht, wenn ein Gemisch von Luft und Wasserdampf in richtiger Zusammensetzung durch eine glühende Kohlschicht geleitet wird. Hierzu wird Anthrazit oder Koks verwendet, der durch den Doppelverschluss *a* in den Feuerraum fällt und auf den Tellern *b* zur Oxydation gelangt.

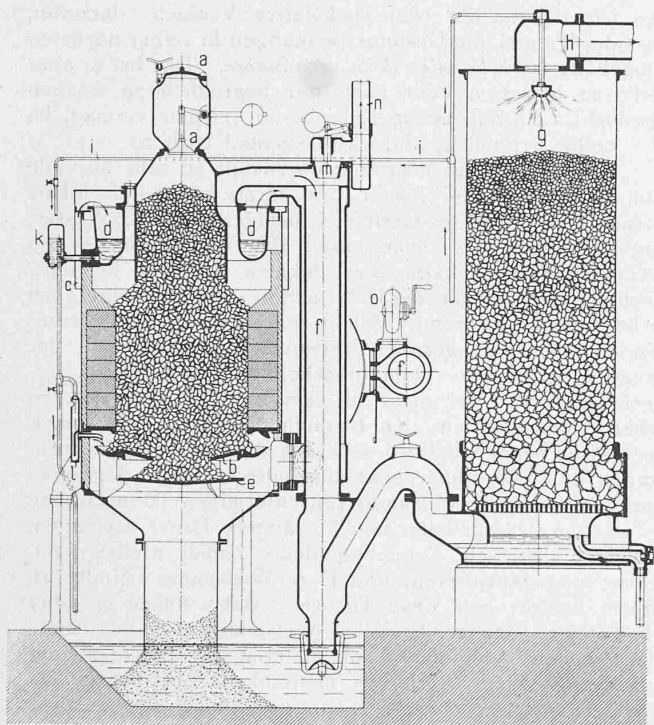


Abb. 45. Schematischer Vertikalschnitt des Kraftgas-Generators der Schweiz. Lokomotiv- und Maschinenfabrik Winterthur.

Die Luft streicht von aussen durch *c* in den ringförmigen Verdampfer *d* und reisst den Wasserdampf mit sich zwischen den Rost *e*, wobei sie am Rohr *f* kräftig vorgewärmt wird. Das Kraftgas gelangt in den Scrubber *g*, wo es gereinigt und gekühlt wird und durch *h* dem Motor zufließt. Der Wasserstand im Verdampfer wird mit der Leitung *i* geregelt und ist durch den Ueberlauf *k* in der Höhe begrenzt; man kann auch bei *l* direkt Wasser auf die Feuerplatten geben, um den Gehalt an Wasserstoff zu vermehren. Beim Anheizen ist das Ventil *m* offen, damit das Kamin *n* den Zug herstellen kann; zur Unterstützung des Zuges dient das Flügelrad *o*. (Schluss folgt)

### Zur Frage der Gebirgs- und Gesteinsfestigkeit

von Dr. Alb. Heim, a. Prof.

Unter dem Titel: „Ein Beitrag zur Frage der Gebirgs- und Gesteinsfestigkeit“ findet sich in der Schweiz. Bauzeitung, Bd. LIII No. 13 vom 27. März 1909, ein Aufsatz von Ingenieur E. Wiesmann. Weil ich nicht das Bewusstsein habe, es müsse immer auf alles geantwortet werden, habe ich dazu geschwiegen, bis mir eine zufällige Diskussion mit Ingenieuren vor kurzer Zeit doch die Notwendigkeit einer kurzen Aussprache gezeigt hat.

Herr Wiesmann will „für die scheinbar sich widersprechenden Erscheinungen im Innern der Gebirge eine Erklärung finden, die den Ansichten sowohl der Geologen als auch der Techniker gerecht werden dürfte“.

Zunächst ist zu sagen, dass es sich in dieser Sache nicht, wie Herr Wiesmann es stets darstellt, um „die“ Geologen gegenüber „den“ Technikern handelt, sondern nur um einen einzigen Geologen, nämlich um mich, gegenüber manchen — aber nicht allen! — Technikern. Ich kann

nicht beanspruchen, dass die andern Geologen zu mir stehen. Mit dieser Sache hat sich meines Wissens bis jetzt noch ein einziger anderer Geologe, Prof. C. Schmidt in Basel beschäftigt und er hat eine von mir abweichende Erklärung gesucht, aber nicht gefunden. Näheres darüber findet sich in: Albert Heim, geologische Nachlese No. 19 „Nochmals über Tunnelbau und Gebirgsdruck . . .“ in der Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich 1908. Ferner verweise ich auf Mitteilungen der Geologischen Gesellschaft Wien 1908: Alb. Heim, „Einiges aus der Tunnel-Geologie“.

Zunächst versucht Herr Wiesmann an Hand supponierter Experimente zu beweisen, dass die Druckfestigkeit keine bestimmte Eigenschaft des Materials sei, sondern eine Funktion seiner Dimensionen und seiner Lage. Allein er beweist dabei bloss, was wir schon lange wissen, nämlich dass die Art, wie das Material auf grossen Druck zurückwirken oder reagieren (brechen, ausweichen oder nicht ausweichen) kann, von den Umständen der Umgebung, besonders des Einschlusses abhängt, aber gar nicht, dass die wirkliche Festigkeit des Materials variabel sei. In den weiteren Betrachtungen des Herrn Wiesmann wird der wichtige Unterschied zwischen Gesteinsfestigkeit und Gebirgsfestigkeit ausser Acht gelassen.

Für vollständig irrtümlich halte ich die Deduktion und Darstellung in Figuren die zu seiner Behauptung führen, dass in einer gepressten Masse „um den Hohlraum (gemeint ist der Tunnel) eine druckfreie Zone oder zum mindesten eine solche von verminderter Spannung“ entstehe. Die

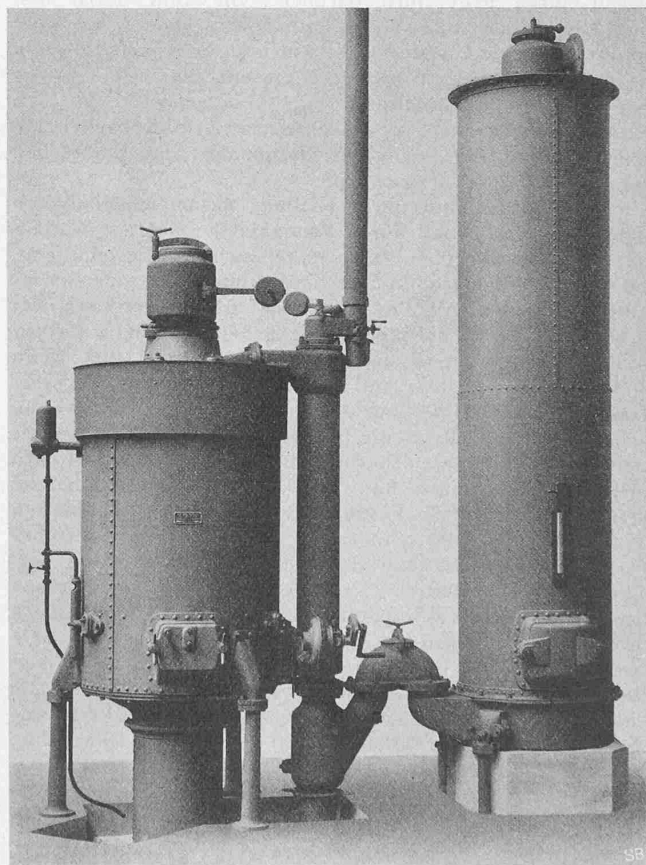


Abb. 46. Kraftgas-Generator der S. L. M. Winterthur für 175 m<sup>3</sup>/std.

Betrachtung, von der er dabei ausgeht, ist falsch gedeutet. Wenn man von einer Reihe gleich gedrückter Stützen unter einem belasteten Balken die eine wegnimmt, so werden eben die der Lücke dicht anliegenden Pfosten am stärksten gedrückt — auf den Tunnel angewendet heisst das: die Seitenwände des Tunnels. Dass diese Zone stärkster Pressung vom Tunnelrand weiter ins Innere des Gesteines

fliehe, ist ein Phantasiesprung, dem wohl niemand folgen kann und für den Herr Wiesmann selbst gar keine Gründe nennt. Herr Wiesmann prüft auch gar nicht, was die Beobachtungen dazu sagen. Wie wäre es möglich, dass in festem Granitgneiss Schale um Schale, Platte um Platte parallel den Seitenwänden des Stollens krachend als Bergschläge „abbrennen“ oder abschälen bei einer Gebirgsüberlagerung von bloss 1000 bis 1500 m. Da ist also die rückwirkende Festigkeit überwunden, und das sollte nun in einer druckfreien Zone eintreten! Gewiss werden durch den Stollen oder Tunnelhohlraum „die Kraftlinien dauernd abgelenkt“, aber gerade umgekehrt, wie es Herr Wiesmann annimmt. Der Hohlraum ist eine Stelle ohne Gegendruck auf die Last. Also muss eine Tendenz des Materiales, dorthin auszuweichen, sich zeigen. Das Material sucht in den Tunnelhohlraum zu strömen. Die Zugspannungen gehen alle radial nach dem Tunnel hin. Das Material, nach dem Hohlraum drängend, muss sich gegenseitig wie Gewölbesteine keilförmig versperren, und so kommt es, dass die Kraftlinien des Maximaldruckes sich konzentrisch um den Tunnel ordnen *und am dichtesten und intensivsten sich gerade dicht an den Tunnelwänden schaaren*. Gewiss hat Herr Wiesmann teilweise recht, wenn er sagt: „Der Tunnelbauer hat also im Innern des Berges ein Stück Erdoberfläche geschaffen, wo sich die Gesteine, nachdem sie von dem ungeheuren Gebirgsdruck befreit worden sind, so verhalten, wie die gleiche Art oben auf der Erde“ — es wären nur in diesem Satze die Worte zu streichen „nachdem sie von dem ungeheuren Gebirgsdruck befreit worden sind“. Wer soll sie von dem Gebirgsdruck befreit haben? Das Gebirge liegt noch darüber! Sie sind durch den Tunnelhohlraum nur vom *Gegendruck*, vom *Widerstand* befreit. Jetzt wirkt der Gebirgsdruck nicht mehr allseitig einklemmend, sondern nur noch einseitig aus dem Gebirge gegen den Tunnelhohlraum hin, und er wirkt an den Tunnelwandgesteinen in konzentrische Zylinderflächen abgelenkt konzentriert, verstärkt, darum dort das Einbrechen der Gesteine, die Bergschläge.

„Wird dem nur durch Reibung zusammengehaltenen Material“ (nein, auch durch Festigkeit!) „nicht rechtzeitig eine feste Basis gegeben, so entstehen sichtbare Bewegungen, die solange andauern, bis die Kräfte im Innern eine sichere Unterlage gefunden haben“. Gewiss! Aber wann kann dem Druck eine „sichere Unterlage“ gegeben werden, wie Herr Wiesmann es treffend ausdrückt? Doch wohl nur wenn Boden und Sohle, linke und rechte Seite aufeinanderstossen, d. h. wenn kein Hohlraum mehr da ist, wenn der Stollen sich geschlossen hat, wenn der Stollenhohlraum in tausende kleine Hohlräume weit herum rings um den Tunnel sich verteilt oder aufgelöst hat. Er kann nur dauernd halten, wenn die gemessene Festigkeit der richtig disponierten Gewölbesteine eines ringsum geschlossenen Gewölbes *grösser* ist, als der von der mittleren Ueberlastung herrührende hydrostatische verteilte Gebirgsdruck, dessen Existenz auch Herr Wiesmann anerkennt. An einem andern Orte ist mir neulich engegehalten worden, das Zusammengehen der Widerlager im Hauensteintunnel sei bloss die Folge des fehlerhaften Baues, der Hohlräume über dem Tunnelscheitel gelassen habe. Sollen denn die Hohlräume oben die Widerlager unten zusammenpressen? Sind nicht vielmehr die Hohlräume oben nur die Schuld an der besondern Art der Deformation des Gewölbescheitels, das Zusammengehen der Widerlager und das Aufsteigen der Sohle dagegen sind doch die Folgen des Gebirgsdruckes. Wenn Herr Wiesmann endlich meint, „es kann aber keine Rede sein von einem „sich schliessen“ der Hohlräume“, so beweist mir das nur, dass ihm keinerlei Anschauung und Erfahrung aus alten tiefen Bergbaugebieten zu Gebote stehen, wo die Stollen sich allmählich schliessen, obschon sie meistens viel kleinere Hohlräume sind, als ein Eisenbahntunnel, und wo der Schluss von unten und den Seiten so gut wie von oben eintritt, obschon keinerlei Aufquellen des Gesteines vorhanden ist, und wo man deutlich findet, dass die Gesteinsfestigkeit nur die Zeiten und die Formen zum

Verschluss beeinflussen, nicht aber das endliche Resultat. In seinem Schlusssatze behauptet Herr Wiesmann, dass sich das Gestein unter allseitigem Druck nicht verändere. Wir kennen aber längst eine Menge von inneren Umkrystallisationen, die unter allseitigem stehendem Drucke eintreten, auch ohne Formdeformation des Ganzen. Alle solchen Umkrystallisationen haben den Sinn, dass dadurch dichtere Mineralien gebildet, das Volumen verkleinert wird.

Das, was im Aufsatz von Herrn Wiesmann wirklich neu ist, das ist der rein spekulative Versuch, darzutun, dass der Tunnel die Gesteinsspannungen in seiner nächsten Umgebung *aufhebe oder doch vermindere*. Das hat er aber nicht zu beweisen oder auch nur begrifflich zu machen vermocht. Soweit meine Einsicht zu reichen vermag, ist dies völlig irrtümlich, und das Gegenteil trifft zu.

Warum strengt man sich überhaupt so sehr an, alle Tunneldeformationen immer nur durch besondere lokale Ursachen wie duktilen Gestein, brüchiges Gestein, Wasser, ungleiche Belastung, fehlerhaften Bau und ähnliches zu erklären? Gewiss waren diese lokalen Ursachen beteiligt. Gewiss wäre ohne sie die Deformation vielleicht heute noch nicht fühlbar geworden. Allein man darf die beschleunigenden oder verzögernden Nebenumstände nicht mit der dauernd wirkenden Hauptursache, der Gebirgslast verwechseln, man darf nicht in dem Fehler sich gefangen geben, dass man vor den Bäumen den Wald nicht sieht. So logisch einfach und so sehr aus den direkten Beobachtungen und vom Experiment abgeleitet meine Darlegungen sind, welche einen vollständig röhrenförmigen Tunnelausbau bei grossen Gebirgstiefen und für längere Dauer verlangen, bemühen sich viele Tunnelingenieure immer wieder, denselben entgegenzutreten, und Herr Wiesmann erfindet zu diesem Zwecke eine neue Theorie. Dabei haben sie aber alle (Stapff, Wagner, Brandau, Wiesmann u. A. m.), ohne es zu wollen, mir immer nur Material zur Stütze meiner Auffassung geliefert. Es ist menschlich sehr begrifflich, dass man sich gegen eine Erkenntnis sträubt, die bei allen Projekten für tiefe Tunnel eine Kostenvermehrung von vielleicht 30% ergäbe, deren Notwendigkeit aber in den ersten 20 bis 60 Jahren des Tunnelbestandes noch nicht deutlich fühlbar ist, sondern erst später unwiderstehlich und entsetzlich sich geltend machen wird. Es müssen offenbar der beweisenden bösen Erfahrungen erst noch mehr abgewartet werden!

*Anmerkung der Redaktion.* Die vorstehende Kontroverse über grundsätzliche Auffassung des Gebirgsdruckes und seiner Wirkungen ist deshalb von besonderem Interesse, weil Herr Wiesmann von den S. B. B. als Bauleiter für den neuen Hauensteintunnel gewählt worden ist, und weil nach dem Bauvertrag dort die Bauleitung jeweils die anzuwendenden Mauerungsprofile zu bestimmen haben wird.

### King-Kessel mit Zirkulationsrohr.

Es wird uns mitgeteilt, dass in unserer Beschreibung des King-Kessels auf Seite 93 voriger Nummer Tabelle I und die zugehörige Erläuterung insofern irrtümlich seien, als der dort genannte normale *Zweiflammrohrkessel Nr. 2193 nicht von Gebrüder Sulzer* stammt, wie wir es aus dem Zusammenhang des Aufsatzes über Sulzersche „Neuerungen im Dampfkessel und Feuerungsbau“ (Seite 281 vorigen Bandes) ohne weiteres geschlossen haben. Jene Kessel für Handfeuerung sind von einer deutschen Fabrik disponiert und aufgestellt worden, während Gebrüder Sulzer erst nachträglich ihre mechanischen Unterschiebungsbauwerke eingebaut und dadurch die Ausnützung der Anlage wesentlich verbessert haben. Ausser der Tabelle der Vergleichs-Versuche (S. 281), die wir, als von massgebender Seite stammend, hier teilweise benutzen, enthält jener Aufsatz noch andere Angaben, die sich nicht allein auf Sulzer-Kessel beziehen.

Im Uebrigen wird durch diese Berichtigung der Vergleichswert der Zahlenangaben nicht berührt.