

# Tunnelbau und Gebirgsdruck

Autor(en): **Wagner, C.J.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **45/46 (1905)**

Heft 1

PDF erstellt am: **06.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-25458>

## **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.

Kinder in einer Mauernische ausgehauen. An verschiedenen andern Stellen im Hause verteilt sind Flachreliefs in die Mauer eingelassen; so im Treppenhaus Skizzen von A. Bösch für die Reliefs der Kreuzkirche und einige Kopien florentinischer Arbeiten.

### Tunnelbau und Gebirgsdruck.

Von Ingenieur C. J. Wagner, k. k. Regierungsrat, Staatsbahndirektor-Stellvertreter in Wien.

Von Herrn Professor Dr. A. Heim wird in der Vierteljahrschrift der naturforschenden Gesellschaft in Zürich, Jahrgang L, 1905, ein Artikel über Tunnelbau und Gebirgsdruck veröffentlicht, in welchem er beklagt, dass kein Vertreter der Ingenieurwissenschaften seine Darlegungen aus dem Jahre 1878 „Mechanismus der Gebirgsbildung“ be-

Seite eines Freundes.<sup>1)</sup> Den gleichen Vorwurf könnte auch ich erheben, dass Herr Dr. Heim von meinem Vortrag, gehalten in der Fachgruppe der Bau- und Eisenbahningenieure des österreichischen Ingenieur- und Architektenvereines am 14. Februar 1889, „Ueber die Dynamik der Gebirge mit Rücksicht auf die in denselben geschaffenen Hohlräume“, keine Kenntnis genommen hat. Es sind seit dieser Zeit 16 Jahre verstrichen, aber ich kann auf Grund meiner weitem, eigenen Erfahrungen die damals gegebenen Darstellungen auch heute noch nahezu vollkommen aufrecht halten und lasse daher in Nachstehendem meine damaligen Ausführungen nochmals folgen:

„Es wurde schon mehrfach der Versuch gemacht, die Kraftäusserungen der Gebirge auf die in denselben herzustellenden Hohlräume in bestimmte Formen zu bringen, und man ging zum Teile daran, Theorien aufzustellen, auf Grund deren in der Praxis vorgegangen werden sollte. Die Zergliederung der Wirkungen wurde gewöhnlich, entsprechend der Trennung der Gebirge, nach den einzelnen Formationen aufgefasst oder auf Grund eines speziellen Falles vorgenommen. Es wird zwar von manchem Autor zugegeben, dass auf die so erhaltenen, theoretischen Resultate ein nicht allzu grosses Gewicht gelegt werden darf und im allgemeinen erst angestrebt werden müsse, bei ausgeführten unterirdischen Bauten, wo der Gebirgsdruck zerstörend auf den im Gebirge gemachten Einbau einwirkt, durch vielseitige Beobachtungen und daran anschliessende statistische Berechnungen in den Besitz vieler Zahlenwerte zu gelangen, die dann weitere bestimmte Schlüsse zulassen. Es wurden aber auch ohne diese vergleichenden Daten für die Dimensionierung der provisorischen und definitiven Einbauten besondere Werte entwickelt und zur Anwendung empfohlen.“

Die bezüglichen Autoren betonen hiebei, dass nicht nur das Gewicht, die Reibung und die Kohäsion der Gesteine, sondern vor allen Dingen auch die Schichtenbildung und die chemischen Zersetzungen mitsprechen. Alle diese sehr schätzenswerten Bemühungen, welche in dieser Richtung gemacht wurden, leiden nun meiner Ansicht nach an einer gewissen Einseitigkeit, und infolgedessen sind die daraus abgeleiteten Resultate nur scheinbar richtig. Wenn wir selbst annehmen würden, dass uns heute bereits ein grosses Material für vergleichende Studien zur Verfügung steht und wir bezüglich der Druckäusserungen gewisse Gesetze aufstellen könnten, so würden sich doch in der direkten Anwendung grosse Schwierigkeiten ergeben, da in der Praxis kaum Fälle vorkommen werden, die einerseits in bezug auf die geologischen Verhältnisse, andererseits aber auch in bezug auf die Durchführung der Arbeit mit jenen Fällen gleich wären, die für die Ableitung der allgemeinen Gesetze geeignet haben.

Wir werden die grosse Einflussnahme beider Faktoren besser erkennen, wenn wir auf dieselben näher eingehen.

Die Geologen, welche sich mit der Bestimmung der Konstruktion der festen Erdrinde beschäftigen, mussten, um sich klar verständigen zu können, neben der Teilung der

Gesteinsvorkommen in gewisse Formationen, bald noch zu einem anderen Mittel schreiten, nämlich zur Ausscheidung besonderer Lokalitäten, und diese Lokalitäten konnten erst wieder nicht für die ganze Erde als typisch aufgefasst

<sup>1)</sup> Der betreffende Sonderabdruck ist uns von Professor Heim ebenfalls zur Besprechung zugesandt worden; wir sind glücklich, in dem Verfasser der vorliegenden Arbeit einen gewiss kompetenten Referenten über das interessante Thema gewonnen zu haben.  
Die Red.

### Das Haus zum „Oepfelbäumli“.

Erbaut von Pflighard & Haefeli, Architekten in Zürich.

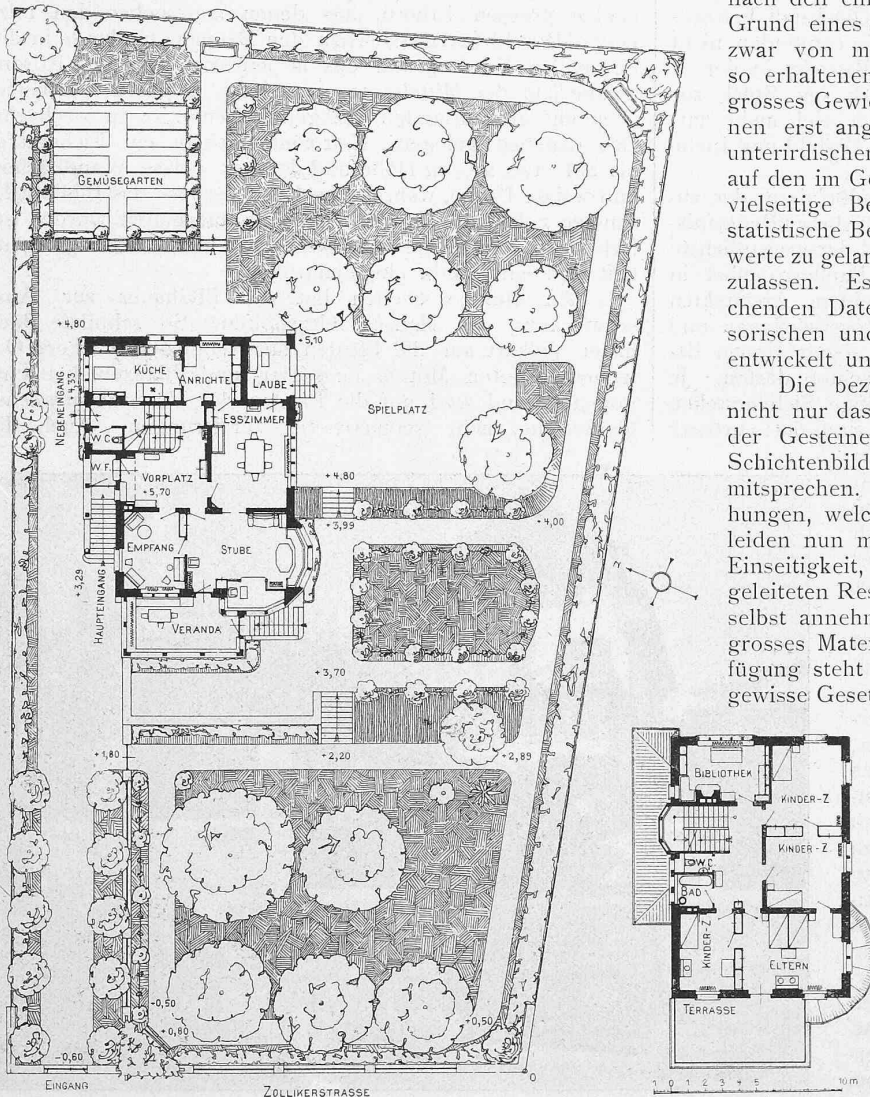


Abb. 2 u. 3. Grundrisse vom Erdgeschoss und ersten Obergeschoss sowie Lageplan des Gartens.  
Masstab 1 : 400.

achtet habe und diese in den Lehrbüchern über den Tunnelbau nicht verwertet wurden.

Der Vorwurf erscheint nicht ganz begründet, weil Herr Dr. Heim versäumt hat, seine geologisch-technische Studie auch in einer den Ingenieuren zugänglichen Zeitschrift zu veröffentlichen. Auch diesmal gelangte ich nur zur Kenntnis der geologischen Nachlese des Herrn Dr. Heim durch die Zusendung eines Sonderabdruckes von



Das Haus zum „Oepfelbäumli“ in Zürich V.

Erbaut von den Architekten *Pfeghard & Haefeli* in Zürich.

Ansicht der Südseite vom Garten aus.

Seite / page

2 (3)

leer / vide /  
blank



werden, da die einzelnen Ablagerungen der gleichen Zeit, aber verschiedener Zonen nicht immer unter denselben Bedingungen erfolgten. In der Lokalität finden wir das möglichst vollkommenste Bild der Ablagerung, in den übrigen Vorkommen gewöhnlich nur einzelne Glieder derselben und diese möglicherweise als Variationen ausgebildet.

Da der Techniker durch künstliche Einbauten eine Störung der natürlichen Verhältnisse hervorruft, ist er bemüht, den Wechselbeziehungen zwischen dem künstlichen Einbau und der Natur ein ganz besonderes Augenmerk zuzuwenden, und deshalb darf er umso weniger die abgelagerten Massen als tote ansehen.

Wenn auch das unmittelbare Eindringen der Gewässer in den Boden nicht als aussergewöhnlich intensiv bezeichnet werden kann, so wird man sich doch leicht überzeugen, dass sukzessive fast alle Gesteine bis in jede Tiefe von Wasser durchdrungen werden. Der Grad der

Durchdringlichkeit der Gesteine ist sehr verschieden; es kommen dieser die Schichten-Kluftbildung sowie die Spaltung stets zu gute. Durch die Einwirkung der Wässer, welche eine sehr wechselvolle sein kann, wird eine verschiedenartige Umbildung der vielleicht ursprünglich gleichen Ablagerungen stattfinden. Wenn wir daher auch nicht von einem Leben der Gesteine im organischen Sinne sprechen können, so können wir ein solches im chemischen Sinne voraussetzen.

Und diese Voraussetzung zergliedert unsere vorkommenden Gesteinsgattungen im Detail so weitgehend, dass wir eben davon absehen müssen, ganz gleiche Vorkommen zu finden, weil vorherrschend gerade jene Gebilde, die eben Druckerscheinungen zeigen, besondern Umsetzungen im vorangeführten Sinne ausgesetzt waren oder noch ausgesetzt sind.

Betrachten wir nun irgend einen Querschnitt unserer Erdrinde, so werden wir auf weitere Komplikationen stossen, die auf eine Alterierung der abgelagerten Schichten durch die daneben anstehenden Gebirgsmassen zurückzuführen sind.

Die einzelnen Schichten sind aufgestellt, überkippt u. s. w., sie stehen zum grossen Teil unter bedeutendem Druck. Alle diese Einflüsse haben nun die verschiedenartigsten Trennungsflächen, Spaltungen, Klüfte, Gänge erzeugt. Sehen wir daher nach der Konstruktion der Schichten der Gebirgsmassen, so werden wir bei der Ausführung von unterirdischen Objekten in denselben auch kaum auf gleiche Lagerungsverhältnisse stossen.

Wie weit aber gerade die Richtung der Auffahrung zu dem Streichen und Fallen der Gesteinsschichten massgebend sein kann, geht ja aus dem Beispiele hervor, dass in gegebenem Falle ein Gestein, bei steiler Lage der Schichten senkrecht zur Streichungslinie von einem Tunnel durchfahren, keine Stützung erfordern wird, während, wenn die Auffahrung der Schichten parallel zur Streichungslinie erfolgt, sogar oft stärkere Mauerprofile eingebaut werden müssen, um den Hohlraum entsprechend zu erhalten. Wir

sehen daher, dass auf keine gleichen Fälle im Sinne der Gebirgsvorkommen gerechnet werden kann, und ich glaube, dass die vorangeführten Momente, die dies begründen sollen, nicht minimaler Natur waren.

Nehmen wir nun an, wir hätten in einem gegebenen Falle wirklich gleiche Vorkommen, haben wir dann auch unter der bis jetzt gewohnten Auffassung der Verhältnisse, das gleich geschulte Individuum, welches zu beobachten und darnach die Grundsätze aufzustellen hat, nach welchen das Gebirge bezüglich seiner Druckäusserungen beurteilt werden soll? Auf den Grad der Spezifikation aber kommt ja alles an.

Wie leicht kann dann durch eine unrichtige Auffassung der bestehenden Verhältnisse manche grosse Verirrung hervorgerufen werden!

Gehen wir nun zu dem zweiten Faktor, der als massgebend genannt wurde, nämlich zur Herstellung des Hohlraumes, zur eigentlichen Arbeitsleistung über, so werden wir die Verschiedenartigkeit in der Ausführung am besten bei der Herstellung eines Tun-

nels beleuchten können. Wir finden schon in der Zulässigkeit der Anwendung verschiedener Systeme die Möglichkeit eines verschiedenen Grades von Solidität. Die Frage der Vor- und Nachteile der einzelnen Systeme kann hier nicht erörtert werden; ich möchte im allgemeinen nur sagen, dass unter bestimmten Verhältnissen ein jedes der üblichen Systeme, das österreichische, englische und belgische, für sich oder kombiniert, Vorteile bringen kann. Es wird somit der Grad der Solidität der Arbeit im gegebenen Falle 1. von der richtigen Wahl des anzuwendenden Systems und 2. in der Art der Durchführung desselben liegen.

Ist ein Hohlraum im Gebirge zu schaffen, so wäre es die ideal aufgefasste Aufgabe des Ausführenden, keine Lockerung des Gebirges in der Umgebung des Ausbruchprofils zu erzeugen. Da aber dieses Ziel, trotz der grössten Vorsicht, im vollen Sinne des Wortes nicht erreichbar ist, so wird die günstigste Arbeitsleistung jene sein, welche die geringste Lockerung zur Folge hat, denn mit der Zunahme der Lockerung, beziehungsweise mit dem Weichen jener Elemente, welche den Hohlraum in seiner bestimmten Querschnittsfläche erhalten, nehmen die Kraftäusserungen zu.

Der Grad der Kraftäusserungen sowie die Dauer derselben ist nach den Gebirgsverhältnissen verschieden, beide aber sind massgebend für die definitiven Herstellungen, weil letztere die Kräfte aufzunehmen und in ihrer gegenseitigen Verspannung den Gleichgewichtszustand wieder herzustellen haben.

Nicht allein der Betrieb im Detail ist aber einflussnehmend, sondern auch der ganze Arbeitsplan. Gerade so wie es von schädlichem Einflusse sein kann, einen Tunnelbau nach Erschliessung des Gebirges durch Stollen zu langsam zu betreiben, gerade so kann eine übermässige Forcierung die Herstellung eines derartigen Objektes in Frage stellen.

Wie will man nun alle diese ausserordentlich wichtigen Einflüsse in eine strenge theoretische Form bringen?

#### Das Haus zum „Oepfelbäumli“.

Erbaut von *Pfleghard & Haefeli*, Architekten in Zürich.



Abb. 4. Blick in die Wohnstube.

Die Voraussetzung, dass diese theoretisch gefundenen Werte nur bei der solidesten Ausführung anwendbar wären, würde die Definierung der solidesten Arbeit bedingen, und da stehen wir an einem sehr misslichen Punkte. Ich glaube, es wäre unrichtig, dem stets vorwärts schreitenden Geiste des Technikers durch eine solche Definition Fesseln anzulegen; ich erlaube mir sogar den Ausspruch, es wäre vom baugeschäftlichen Standpunkte aus geradezu gefährlich.

Wenn wir nun zur Betrachtung der *Druckerscheinungen* selbst übergehen, so müssen wir uns vor Augen halten, dass die Kraftäusserungen nicht allein als kontinuierlich wirkende zu betrachten sind, sondern dass auch momentane Kräfte zur Wirkung gelangen können.

Es wird sich auch aus den folgenden Auseinandersetzungen noch ergeben, dass oft Kräfte auftreten, deren Intensität sich bis zu einem gewissen Stadium im Zunehmen, sodann aber im Abnehmen befindet. Die Intensität dieser Kräfte wurde bisher aus der Zerstörung jener Elemente abgeleitet, die diese Kräfte aufnehmen sollten. Es wurde daher entweder aus dem zerdrückten Mauerwerke oder aus dem gebrochenen Einbauholze rückgeschlossen. Man bediente sich z. B. bei den Holzeinbauten der Methode, dass man einen gebrochenen Balken auswechselte und aus dem unzerstörten Teile Latten schnitt, welche direkt auf ihre Festigkeit untersucht wurden. Aus den so erhaltenen Festigkeits-Koeffizienten und dem Querschnitt des Balkens u. s. w. ergab sich dann der Gebirgsdruck.

Schon der Vorgang selbst, dass diese Kräfte nur dort einer Untersuchung unterzogen werden, wo die provisorischen oder definitiven Einbauten zum Verbruche gelangen, zeigt, dass die so erhaltenen Zahlenwerte die Intensität der Kräfte nicht richtig charakterisieren werden, indem die Beurteilung derselben eine zufällige wird, weil wir nur dort näherungsweise zu Zahlen gelangen, wo die von uns gewählten Konstruktionen sich als zu schwach erwiesen

haben. Alle andern Werte, welche die Beurteilung ermöglichen würden, ob richtig und ökonomisch gehandelt wurde, gingen bis jetzt, weil nicht erkannt, verloren.

Im weitern kann aber auch noch die Frage erhoben werden, ob bei dem Einbauholze die Inanspruchnahme nur

#### Das Haus zum „Oepfelbäumli“.

Erbaut von *Pfeghard & Haefeli*, Architekten in Zürich.



Abb. 7. Ornamentierte Pfosten der Veranda, geschnitzt von Bildhauer *Volkart* in Zürich.



Abb. 6. Pfosten der Wohnzimmererker, geschnitzt von Bildhauer *Volkart* in Zürich.

in einer Richtung erfolgt und welcher Grad der Widerstandsfähigkeit im gegebenen Falle bei dem Mauerwerke anzunehmen ist, da vorausgesetzt werden muss, dass das Mauerwerk schon zu einer Zeit in Funktion zu treten hat, wo von einer vollkommenen Erhärtung des Mörtels nicht die Rede sein kann.

Um einen vollkommenen Einblick in die Druckäusserungen der Gebirge zu erhalten, müssten wir uns für diese Zwecke einen eigenen, ganz auserlesenen Einbau erst konstruieren, oder wir müssten wenigstens die Hauptelemente, welche die grössten Druckäusserungen aufzunehmen haben, gleichzeitig als Kraftmesser konstruiert einsetzen. Dann bekommen wir auch die Maximaldrücke und, wenn man will, in jeder beliebigen Zeit. Durchführbar ist alles, wenn uns die Mittel und, was bei derartigen Bauten wohl auch in die Wagschale fällt, wenn uns die Zeit für solche Versuche gegeben wäre, was bisher nicht der Fall war.

Ich dachte mir die Untersuchung dadurch ermöglicht, dass an die Stelle der einzelnen, auf Druck beanspruchten Elemente des bis jetzt z. B. üblichen Holzeinbaues eiserne, in einander verschiebbare, auf einer Seite geschlossene und vollkommen gedichtete Rohre gesetzt werden, die mit einer entsprechenden Flüssigkeit gefüllt sind, wobei ein Manometer die vorhandenen, wirkenden Kräfte anzuzeigen hätte.

Ich könnte somit ideal z. B. die einzelnen Gespärre eines ganzen Ringes aus solchen Kraftmessern zusammensetzen, ohne die Sicherheit des Einbaues zu gefährden, denn wir brauchen für die Messungen nur einen Spielraum von wenigen Millimetern in der Beweglichkeit der Rohre.

Wenn es auch von grossem Interesse wäre, gleichzeitig in allen Teilen eines Ringes die wirkenden Kräfte kennen zu lernen, so ist dies mit Rücksicht auf die schwierige Dichthaltung solcher Spannsäulen im allgemeinen, sowie der Verhältnisse halber, welchen solche Apparate beim Baue ausgesetzt sind, heute praktisch noch nicht leicht durchführbar.

Es wird aber auch genügen, wenn wir mit einem Kraftmesser die Untersuchungen anstellen, indem mit demselben an allen wichtigen Punkten die Kräfte übernommen



werden können, bis die daselbst funktionierenden Einbauholzer entlastet sind, was als stets durchführbar bezeichnet werden kann. Bei dieser Manipulation entfällt auch die Bedingung bezüglich der vollkommenen Dichtigkeit der Spansäulen, welche beim ganzen Gespärre aufrecht erhalten werden müsste, weil ich mit einer hydraulischen Presse arbeiten kann, welche so lange in Funktion steht, bis das betreffende Einbauholz entlastet ist.

Ich will heute diese Idee nicht weiter entwickeln, soviel ist aber sicher, sie ist leicht durchführbar und einfach, da man nur einer hydraulischen Presse und eines Manometers bedarf, um die wirkenden Kräfte zu bestimmen. Wenn wir das Mass der Kräfte genauer beurteilen können, dann erhalten wir auch einen Boden für theoretische Betrachtungen, die aber stets nur im allgemeinen aufzufassen sein werden und nicht dazu dienen können, um Hilfstabellen dafür zu entwickeln, wie man sich von vornherein einem gegebenen Falle gegenüber zu verhalten habe.

Wir werden daher selbst dann, wenn wir über die Intensität der auftretenden Kräfte in verschiedenem Vorkommen besser orientiert sind als heute, noch immer nicht mit bestimmten Ziffern rechnen können, sondern stets auf Grund einer möglichst scharfen Beobachtung der Verhältnisse des aufgedeckten Gebirges und dessen Aeusserungen während der Aufschliessung und nach vollendeter Bauherstellung vorgehen.

Wenn wir auch zu Beginn einer derartigen Bauherstellung vielleicht mit einem höhern Sicherheits-Koeffizienten arbeiten, so wird sich bald das ökonomisch richtige Mass finden lassen, und es können dann auch jene Kraftäusserungen nicht übersehen werden, die oft sehr spät zur Wirksamkeit gelangen.

Detaillieren wir nun die Druckerscheinungen, so können wir, wenn von schwimmendem Gebirge abgesehen wird, als Ursache derselben die Lockerung der Gebirgsmassen oder die chemische Veränderung derselben an der Umgrenzung des geschaffenen Hohlraumes anführen.

Am häufigsten ist wohl die erstere Erscheinung, wobei die Lockerung und das Verbrechen der Gebirgsmassen in verschiedener Weise erfolgen kann:

1. Durch das Ablösen von Gesteinsmassen an der Umgebung des Hohlraumes und den sukzessiven Nachbruch infolge der eigenen Schwere;
2. infolge vorhandener innerer Kräfte, durch Spannungen in den Schichten;
3. aus beiden vorgenannten Ursachen zusammengekommen oder
4. durch die Bewegung des Terrains, in das der herzustellende Hohlraum zu liegen kommt.

Denken wir uns einen Hohlraum geschaffen, der gestützt werden muss, und berauben wir ihn seiner Stütze, so wird er je nach der Kohäsion der ihn umgebenden Massen, oder nach der Schichtung der einzelnen Glieder, oder der in denselben vorhandenen Trennungsf lächen, oder der Wasserführung usw., mehr oder minder langsam zum Verbruche kommen. Die Art des Verbruches solcher Hohlräume ist dann verschieden, je nachdem die Gebirgsmasse geneigt ist, sich in einzelne Fragmente zu lösen oder zusammenhängend niederzusinken.

Nehmen wir an, wir hätten einen Hohlraum in leicht gebundenem Gebirge hergestellt, und wir würden diesen auf eine gewisse Strecke zum Verbruche kommen lassen, so erhalten wir Hohlräume, welche den in Abb. 1 skizzierten ziemlich ähnlich sehen werden und im allgemeinen nie abnorme Formen zeigen, wenn die Masse eine gleichmässige und durch anderweitige Einflüsse nicht alteriert ist. Die Abtrennungslinie der Masse nähert sich in diesem Falle der Eiform. Diese Nachbrüche haben nun in bestimmten Fällen ihre Grenze, indem durch den Verbruch eine Lockerung des verbrochenen Gebirges, somit auch eine Volumvergrösserung desselben eintritt. Es kann daher ein Moment eintreten, in dem der Inhalt des geschaffenen Hohlraumes und

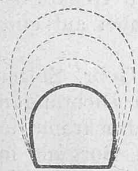


Abb. 1.

des verbrochenen Raumes gleich wird dem Volumen der verbrochenen Masse, mehr ihrer Vermehrung durch den Verbruch. Hierbei muss wohl auch berücksichtigt werden, dass die gelockerte, verbrochene Masse wieder in gewissem Grade zusammengedrückt werden wird. Wir haben über die letztere Erscheinung keine direkten Beobachtungen, können aber von den häufig vorzunehmenden Versatzarbeiten im Bergbau rückschliessen, die bei guter Arbeit auf 0,6 ihrer Höhe zusammengepresst werden. Reicht jedoch die Verbruchsgrenze über das natürliche Terrain, dann werden die Formen andere. Ich skizziere auch einen

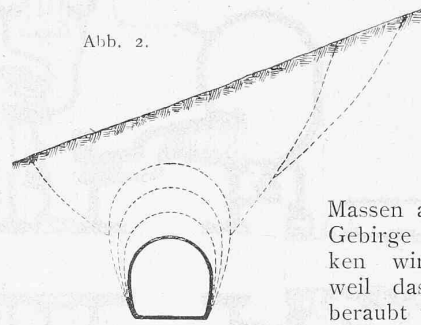


Abb. 2.

solchen Fall in Abb. 2; es werden diese Linienbildungen eintreten können, indem in einem gewissen Stadium die innere Verspannung der Massen aufhört, wonach das Gebirge bis zu Tag nachsinken wird, ebenso seitlich, weil dasselbe seines Fusses beraubt wurde.

In gewisser Beziehung verhalten sich die geschichteten Gebirgsmassen anders. Setzen wir für den ersten Fall vorerst eine horizontale Schichtung voraus, so wird der Verbruch sich in einer Linie abgrenzen, die der Parabel nahe kommt. (Abb. 3.) Die parabolische Form dieser Abgrenzung darf natürlich nicht im streng mathematischen Sinne genommen werden, sondern sie wird sich als im Mittel bestehend ergeben. Dieselbe Erscheinung wird auch bei geneigter Lage der Schichten gegenüber dem Hohlraum auftreten; es kann im allgemeinen angenommen werden, dass die Achse der Parabel, wie in Abb. 4 an-

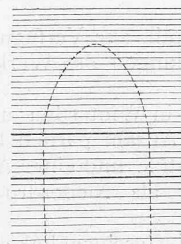


Abb. 3.

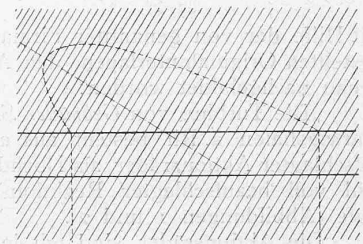


Abb. 4.

gedeutet, normal auf die Schichtungsfläche steht. Wir sehen daher, dass wir bei totalen Verbrüchen in Stollen oder Tunnels auf kein ruhiges Nachsinken der Schichten rechnen können, weil die Höhe der von uns geschaffenen Hohlräume gegenüber der Breite zu gross ist.

Beim Bergbau, wo Räume mit grosser Flächenausdehnung und relativ geringer Höhe zum Verbruche kommen, wird vorherrschend ein mehr gleichmässiges Nachsinken der Schichten möglich, was sich durch die Fortpflanzung der Senkung bis zu Tage, sogar bei grosser Tiefenlage des Abbaues nachweisen lässt. Andererseits wurde dieser Vorgang aber auch dadurch bestätigt, dass Kohlenflötze, die nach dem Abbaue und dem Verbruche der tieferliegenden zur Aufdeckung gelangten, völlig unverändert, zum mindesten aber im Zusammenhange vorgefunden wurden.

(Forts. folgt.)

## Dampf-Turbine von Gebrüder Sulzer.

Mit gefälliger Zustimmung des Verfassers und des Verlegers sowie der Herren Gebr. Sulzer entnehmen wir das folgende Kapitel als Probe der III. Auflage von Professor Dr. A. Stodolas Werk „Die Dampfmaschinen“, das bei Julius Springer in Berlin erschienen ist und in Bd. XLV, S. 303 u. Z. besprochen wurde. Die Abbildungen sind von uns,