

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 81/82 (1923)
Heft: 14

Artikel: Versuchsergebnisse an einem Turbogebläse Bauart Escher Wyss & Cie.
Autor: Ostertag, P.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-38888>

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: 17.05.2025

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

INHALT: Versuchsergebnisse an einem Turbogebläse, Bauart Escher Wyss & Cie. — Ueber Gebirgsdruck. — Der Treffpunkt des Wasserstrahls eines Ueberfalls mit dem Boden. — Genossenschafts-Wohnbauten in Prélaz bei Lausanne. — Vereinheitlichung der Hochspannungen in der Schweiz. — Miscellanea: Ersatz der Batignolles-Tunnel in Paris durch einen offenen Einschnitt. Schweizer Mustermesse. Der Diepolds-

aer Durchstich. Normalien des Vereins Schweizerischer Maschinen-Industrieller. Im Zuger Stadttunnel det S.B.B. Explosion auf einer elektrischen Lokomotive der Gott-hardlinie. Der elektrische Wassergeschwindigkeitsmesser, System D. B. F. — Literatur. Vereinsnachrichten: Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein. S. T. S.

Band 81.

Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 14.

Versuchsergebnisse an einem Turbogebläse Bauart Escher Wyss & Cie.

Von Prof. P. Ostertag, Winterthur.

Die schweizerische Maschinen-Industrie hat wohl nur ausnahmsweise Gelegenheit, Maschinen und Apparate für den Bergwerks- und Hüttenbetrieb zu erstellen, da in unserem an Kohlen und Erzen armen Lande die Absatz-Möglichkeit fehlt und der Export der meist sehr schweren Stücke in Rücksicht auf die hohen Transportkosten kaum in Frage kommen kann. Um so erfreulicher ist die Tatsache, dass gewisse hochwertige Erzeugnisse unseres Maschinenbaues volle Anerkennung im Ausland gefunden haben. Hierzu gehören die Turbogebläse und ihre Antriebsmaschinen, insbesondere die Dampfturbinen. In den folgenden Mitteilungen soll deshalb über den Aufbau und die Versuchsergebnisse eines der drei *Hochofen-Gebläse* berichtet werden, die die Maschinenfabriken Escher Wyss & Cie. in Zürich an die Kon. Ned. Hoogovens & Staalfabrieken im Haag zu liefern hat.

Beschreibung des Gebläses.

Wie aus dem Längsschnitt Abb. 1 hervorgeht, besitzt das Gebläse vier hintereinander geschaltete Laufräder, deren eigenartige Zusammensetzung besondere Erwäh-

nung verdient. Mit Rücksicht auf die zur Erreichung genügender Druckwirkungen erforderlichen hohen Umfangsgeschwindigkeiten von 180 bis 220 m/sek sind die Seitenscheiben und die Schaufeln aus hochwertigem Stahl angefertigt. An beide Blechscheiben sind kräftige Stahlringe genietet, um die bedeutende Fliehkraft abzubinden (Abb. 2). Infolge der symmetrischen Anordnung werden die Materialbeanspruchungen der Scheiben, Ringe und Nieten auf beide Seiten gleichmässig verteilt. Dementsprechend sind auch die radialen Ausdehnungen beiderseits gleich und

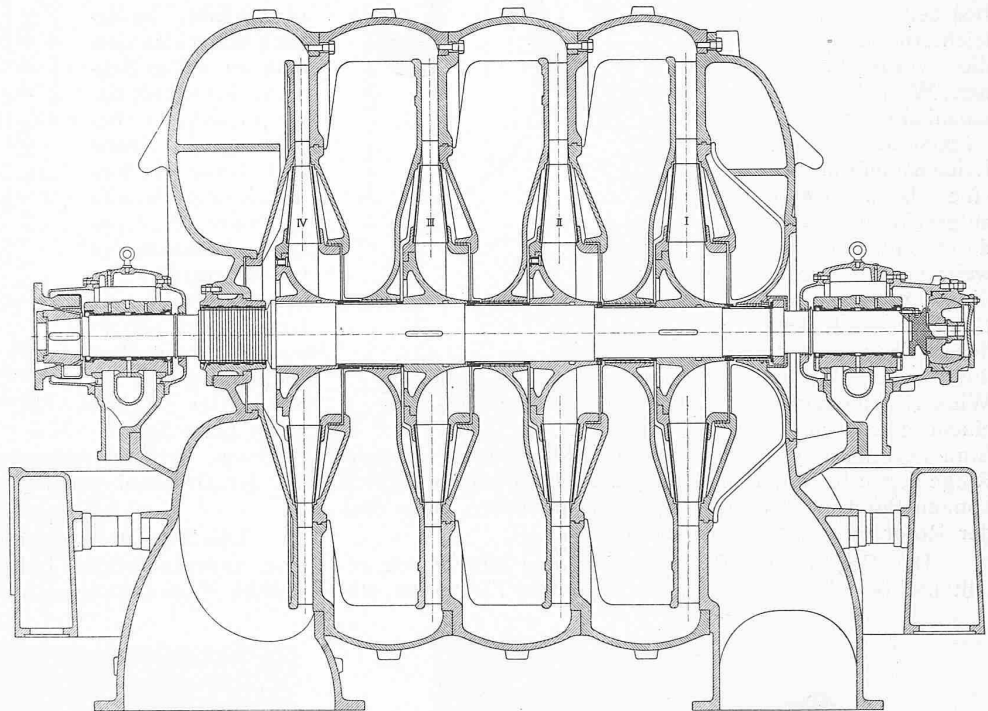


Abb. 1. Schnitt durch das Hochofen-Gebläse, Bauart Escher Wyss & Cie., Zürich. — Masstab 1:15.

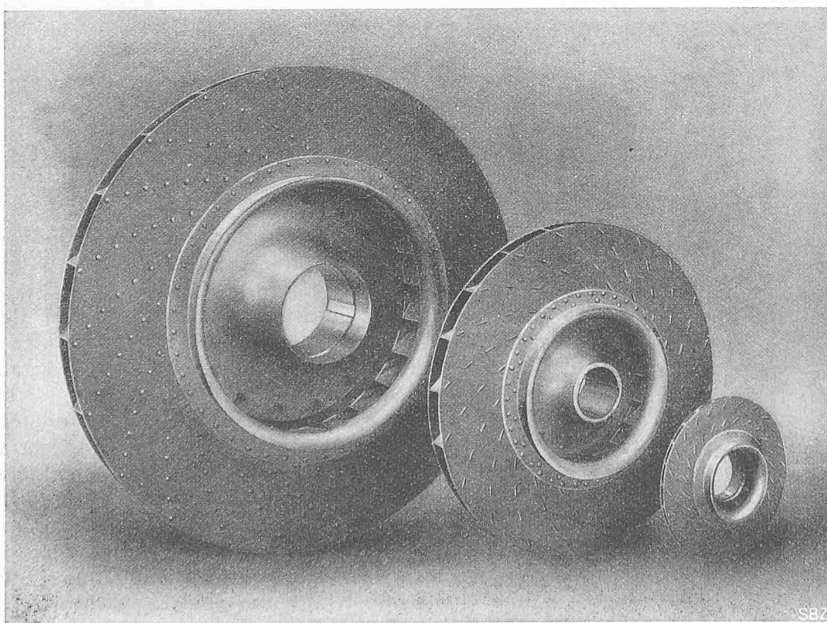


Abb. 2. Turbogebläse-Laufräder verschiedener Grössen, Bauart Escher Wyss & Cie.

das „Werfen“ des Rades wird vermieden. Die Verbindung des einen Stahlrings mit der Nabe erfolgt durch Büchsen, die so durch die zylindrische Trennungsfuge geführt sind, dass die radiale Ausdehnung des „äusseren Rades“ nicht gehemmt wird, dass aber andererseits das äussere Rad genau zentrisch geführt bleibt, auch wenn sich im Betrieb in der zylindrischen Trennungsfuge ein kleines Spiel bildet. In axialer Richtung sind die Büchsen durch einen Anpass und durch eine in der Büchse sitzende Niete mit Anpass gesichert. Da in neuester Zeit die Möglichkeit besteht, geschmiedete Radscheiben aus hochwertigem Stahl mit kurzer Lieferzeit zu erhalten, werden nun Scheiben aus einem Stück vorgezogen (Abb. 3, S. 166). Die symmetrische Bauart ist auch hier beibehalten, die Dicke der Nabenscheibe nimmt nach aussen ab, wodurch sich die Festigkeitsverhältnisse bessern.

Statt der in Abbildung 1 gezeichneten glatten Wellen verwenden Escher Wyss & Cie. für kleinere und mittlere Einheiten

eine Welle mit halbrunden Eindrehungen (Abb. 4); dadurch kommt der ringförmige Eintrittsquerschnitt am Rad näher an die Rotationsaxe heran, der äussere Durchmesser kann daher auch kleiner gehalten werden, was bei gleicher Umfangsgeschwindigkeit eine grössere Drehzahl ergibt. Dieser Gedanke kann soweit ausgebildet werden, dass die eigentliche Nabe am Laufrad wegfällt und die Radscheibe unmittelbar auf den Wellenkamm zu sitzen kommt.

Die Laufräder schleudern die Luft radial auswärts dem *Diffusor* zu. Dieser besteht aus den zwei radial gerichteten Seitenwandungen und den dazwischen liegenden Leitschaufeln (Abbildung 5). Um die Bearbeitung zu erleichtern und um die vorgeschriebenen Winkel genau einzuhalten, sind die schmiedeisernen Leitschaufeln an die eine Diffusorwand aufgeschraubt. Dadurch entsteht der weitere Vorteil, dass die Kennlinie des Gebläses noch auf dem Versuchstand durch eine kleine Winkelverstellung in einem gewünschten Sinn beeinflusst werden kann. Die zweiteiligen Diffusor-Ringe liegen in Nuten im Gehäuse; auch die untern Hälften können durch Drehen herausgenommen werden, ohne dass der Rotor entfernt werden muss.

Das Gehäuse ist in der horizontalen Mittelebene geteilt und besteht im übrigen aus einzelnen Elementen, wo-

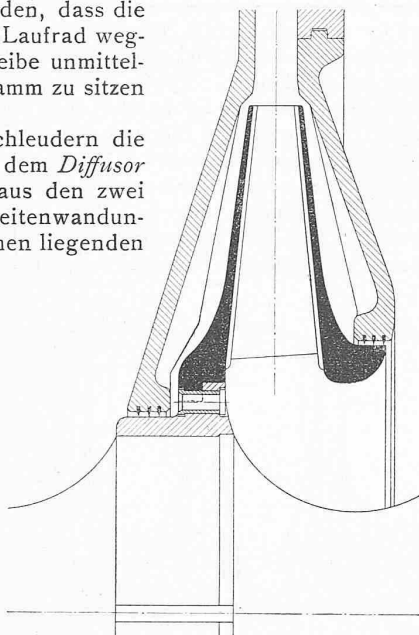


Abb. 3. Schnitt durch ein Laufrad mit je aus einem Stück geschmiedeten Scheiben, auf eingedrehter Welle nach Abb. 4.

zunehmen hat. Eine Entlastungsvorrichtung fehlt grundsätzlich, um die damit verbundenen Luftverluste zu umgehen, bzw. auf den Verlust in der Wellenabdichtung zu beschränken. Wie Abb. 1 erkennen lässt, trägt die Welle den mit ihr verschraubten Druckkamm aus Stahl, der genau plan gedreht ist. Die ruhende Drucklinse aus Gusseisen besitzt radial laufende Oelnuten; ihre Lauffläche wird dadurch in Segmente geteilt, die gegenüber der Rotationsebene ganz kleinen Anzug zeigen (unter $\frac{1}{10}$ mm), sodass nur ein kleiner Teil der Fläche plan bleibt. Im Betrieb bildet sich deshalb an jedem Segment ein Oelkeil, der die metallische Berührung von Kamm und Linse verhindert. Zufolgeder hier benützten Schleppkraft (Viscosität) des Oeles entsteht an gewissen Stellen ein Druck bis zu 100 at, wie dies direkte Messungen ergeben haben. Der Anlauf bietet keine Schwierigkeiten, weil der Achsschub bei den Turbokompressoren mit der Drehzahl von Null an steigt.

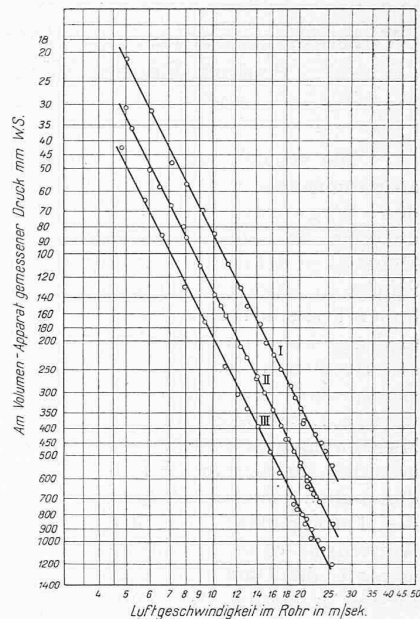


Abb. 7. Eichkurven des Volumenmessapparats für 730 mm Hg-Säule, 15°C, Rohrdurchm. 500 mm, Tellerdurchmesser 80 mm (I), 100 mm (II), 120 mm (III).

Regulierung des Gebläses.

Das Schmelzen eines Einsatzes im Hochofen verlangt eine unveränderliche Luftmenge, dagegen ist der Druck starken Veränderungen unterworfen, hervorgerufen durch

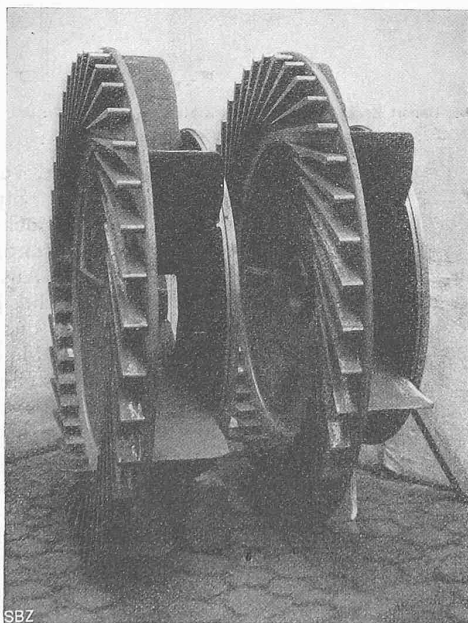


Abb. 5. Diffusoren mit angeschraubten Leitschaufeln.

durch die Herstellung von Gebläsen mit verschiedenen Stufenzahlen erleichtert und die Lieferzeit entsprechend abgekürzt wird.

Von den übrigen Einzelheiten ist insbesondere das Drucklager bemerkenswert, das den ganzen Achsschub auf-

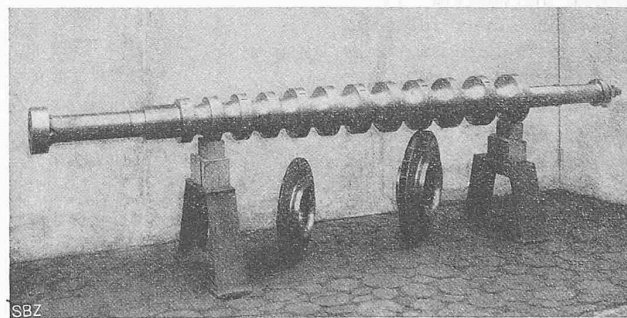


Abb. 4. Welle mit Eindrehungen für Turbogebälse kleiner Leistung.

die verschieden hohe Beschickungssäule und durch die verschieden eingestellten Düsenöffnungen. Daher muss die Regulierung auf konstante Liefermenge wirken. Bei dem Antrieb durch Dampfturbine ist diese Bedingung in der zweckmässigsten Weise lösbar, indem man eine kleine Veränderung der Liefermenge benützt, um die Drehzahl der Gruppe entsprechend zu beeinflussen.

Zu diesem Zweck sind sinnreiche Apparate erdacht worden, von denen zunächst der *Volumenmessapparat* (Abb. 6) erwähnt werden soll. Die Strömung im genügend langen geradlinigen Druckrohr erzeugt auf dem Teller A am Ende des Hebels H einen dynamischen Druck; das andere Ende trägt das Ventil V, das vom Raum R aus dem Druck der Luft ausgesetzt ist. Bei einer bestimmten Oeffnung des Ventils halten sich beide Kräfte das Gleichgewicht. Dabei steht der Druck im Raum R im Zusammenhang mit der Geschwindigkeit im Druckrohr, d. h. mit der Liefermenge.

Durch Ablesen dieses Druckes im Raum R ergibt sich aus der zugehörigen Eichkurve (Abb. 7) die Fördermenge. Der Verbrauch an Druckluft ist gering (rd. 0,02%), da die Luft vor dem Eintritt an der Blende B gedrosselt wird.

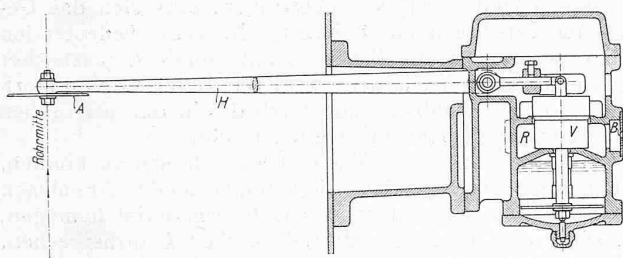


Abb. 6. Volumenmessapparat, Bauart EWC, für Turbogebläse.

Soll dieser Apparat für die Regelung des Hochofen-Gebläses benützt werden, so ist er mit der Regulier- vorrichtung (Abb. 8) derart zu vereinigen, dass der Messdruck im Raum R (Abb. 6) von unten auf die Glocke G (Abb. 8) wirkt. Die Stellung der in Quecksilber eintauchenden Glocke ist damit in Abhängigkeit von der Liefermenge gebracht. Die Glocke trägt den Steuerschieber S, der zur Steuerung eines umlaufenden Oelmotors dient; dieser stellt in bekannter Weise die Drehzahl der Dampfturbine. Nimmt z. B. der Widerstand im Hochofen zu, so nimmt die Liefermenge etwas ab, dadurch sinkt die Kraft auf den

Man kann die Regulierungsvorrichtung (Abb. 8) auch benützen, wenn das Gebläse einen unveränderlichen Druck einhalten soll. Zu diesem Zwecke ist nur die Verbindung mit dem Volumenmessapparat zu unterbrechen und der Raum unter der Glocke mit dem Druckstutzen des Gebläses zu verbinden. Nun verursacht jede kleine Druckänderung eine Verstellung der Drehzahl.

Vermeidung des labilen Betriebes.

Bei vielen Anlagen wird eine Liefermenge verlangt, die sich in weiten Grenzen verändern lässt. Eine Vergrößerung über die normale Menge hinaus ist leicht möglich, soweit dies die Leistungsfähigkeit des Motors zulässt. Die dabei auftretende Drucksenkung kann durch Vergrößerung der Drehzahl vermieden werden. Auch die Verkleinerung der Menge bietet keine Schwierigkeit, solange der nach links wandernde Betriebspunkt den Scheitelpunkt der Druck-Volumenkurve nicht überschreitet. Darüber hinaus treten unzulässige Betriebsverhältnisse auf, die Druckerzeugung ist heftigen Schwankungen ausgesetzt, ebenso der Energiebedarf, da die Luftströmung im Druckrohr unter starkem Geräusch in pendelartige Bewegung gerät. Dieses mit dem Namen „Pumpen“ bezeichnete Verhalten tritt bei jeder Drehzahl auf und die Verbindungslinie der Scheitelpunkte der entsprechenden Kennlinien gibt die Grenze zwischen dem stabilen und dem labilen Gebiet an.

Damit der Betriebspunkt bei Förderung kleiner Mengen diese Scheitellinie nicht nach links überschreitet, ordnet

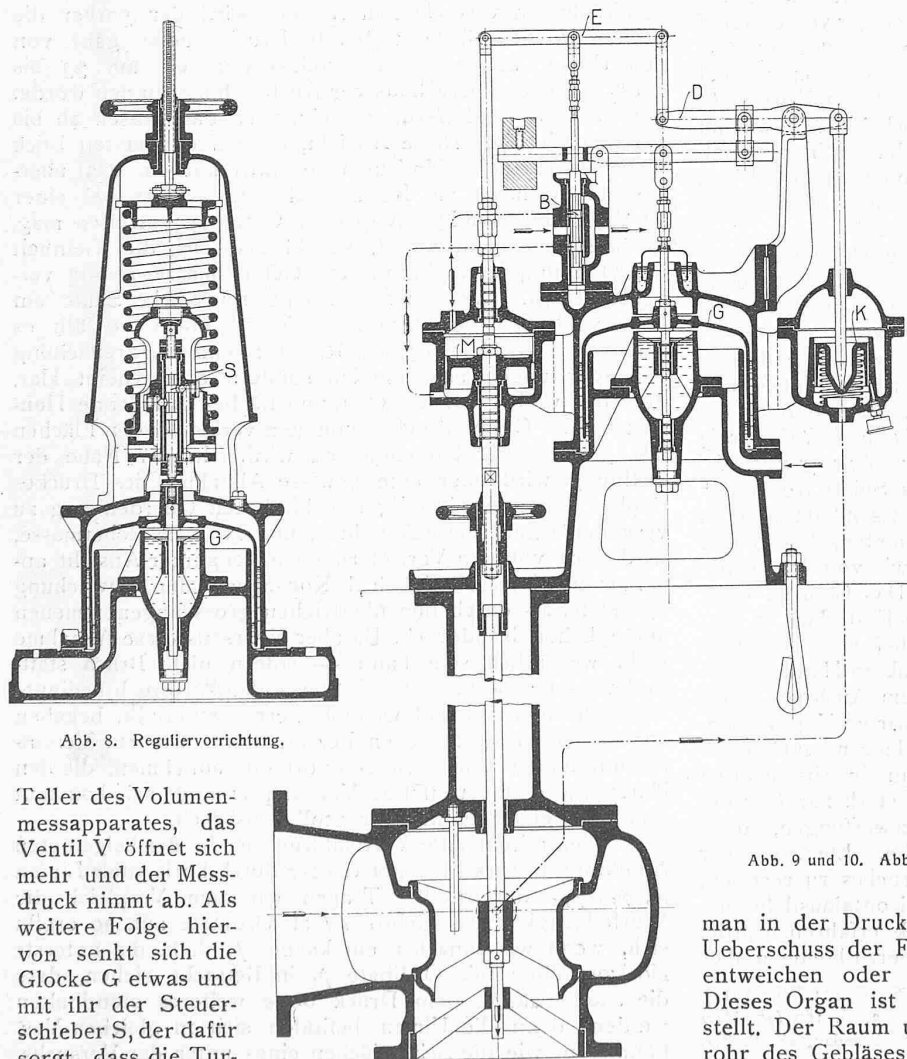


Abb. 8. Reguliervorrichtung.

Teller des Volumenmessapparates, das Ventil V öffnet sich mehr und der Messdruck nimmt ab. Als weitere Folge hiervon senkt sich die Glocke G etwas und mit ihr der Steuerschieber S, der dafür sorgt, dass die Turbine rascher läuft; die Kennlinie schiebt sich nun etwas höher hinauf und der grössere Widerstand kann bei der ursprünglichen Liefermenge bewältigt werden.

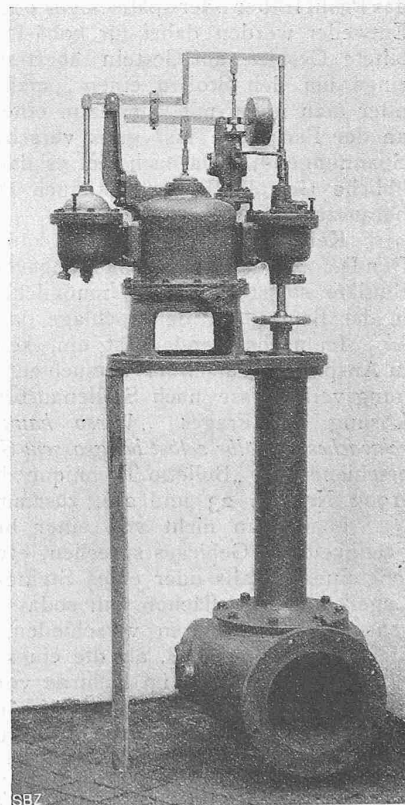


Abb. 9 und 10. Abblaseventil mit seiner Steuerung. — Schnitt und Ansicht.

man in der Druckleitung ein Abblaseventil an, das den Ueberschuss der Fördermenge über den Bedarf ins Freie entweichen oder in die Saugleitung zurückführen lässt. Dieses Organ ist mit seiner Steuerung in Abb. 9 dargestellt. Der Raum unter dem Kolben K ist mit dem Druckrohr des Gebläses, der Raum unter der Glocke G mit dem beschriebenen Volumenmessapparat verbunden, die Glocke steht also unter dem Einfluss der Liefermenge. Beide Organe sind durch Gestänge gelenkartig miteinander verbunden und stehen mit ihren Kräften im Gleichgewicht,

wenn der Betriebspunkt vor der Grenzkurve angelangt ist. Wird sie vollends erreicht, so überwiegt der Einfluss des Druckkolbens K; dadurch wird der Steuerschieber B nach abwärts gezogen und gibt Drucköl auf die untere Seite des Kraftkolbens M, wodurch sich das Abblaseventil hebt. Das Gestänge D-E bildet die Rückführung zur Mittellage und die Steuerung kommt erst wieder in Tätigkeit, wenn die kleine Eröffnung des Abblaseventils den stabilen Betrieb noch nicht hergestellt hat. Abb. 10 gibt die Aussenansicht der Vorrichtung. Die beschriebene Wirkung tritt bei beliebiger Drehzahl erst dann ein, wenn der Betriebspunkt an die Grenzkurve heranrückt und die Eröffnung ist immer nur so gross, als zum Vermeiden des Pumpens eben nötig ist. (Schluss folgt.)

Ueber Gebirgsdruck.

Von Ing. Rob. Maillart, Genf.

Während von Prof. Dr. Alb. Heim die Ansicht vertreten wurde¹⁾, die Ausmauerung eines Tunnels müsse in einer Tiefe, in der die Druckfestigkeit des Gesteins überschritten ist, das volle Gewicht des überlagernden Gebirges tragen, betonen die Praktiker²⁾, dass dies nicht zutrifft, indem man mit viel schwächeren Mauerungen auskommt, als es nach Heim nötig wäre.

Des öfters ist versucht worden, diesen Widerspruch zu erklären. Dies geschah immer durch Annahme einer derart gründlichen Aenderung der Spannungsverhältnisse in der Nähe des Stollens, dass der grosse Druck rings um das Profil früher oder später mehr oder weniger verschwand. Entweder werden dabei für kohäsionsloses Material abgeleitete Gesetze auf Gestein übertragen³⁾ oder man schuf rings um den Stollen einen „spannungslosen Körper“⁴⁾, oder man nahm mit Wiesmann eine „Schutzhülle“ an mit an der Peripherie fast ganz verschwindenden Tangential-Spannungen⁵⁾. Darnach fiel es dann nicht mehr schwer, übliche Gewölbestärken als auch theoretisch einwandfrei herauszurechnen.

Keine dieser Annahmen kann jedoch befriedigen. Der Deformationen und Spannungsverteilungen beurteilende Statiker stösst dabei auf Unmöglichkeiten. Die Unklarheit in der Beurteilung der Sachlage dauerte also fort.

Im nachstehenden ist ein, keine dieser Hypothesen in Anspruch nehmender Versuch zur Beurteilung der Spannungsverhältnisse nach Stollenausbruch, insbesondere zur Lösung der Frage: „Wieso kann ein verhältnismässig schwaches Gewölbe selbst bei grossem Gebirgsdruck genügen?“ erschienen im „Bulletin Technique de la Suisse Romande“ (1922 Nr. 22, 23 und 25), zusammenfassend dargestellt.

Man kann nicht von einer bestimmten, konstanten Festigkeit des Gebirges sprechen, etwa wie von der Festigkeit eines Metalls oder eines Steines. Das Gebirge weist Lager- und Spaltflächen auf, sodass die Festigkeit in verschiedenen Richtungen verschieden, dabei aber jedenfalls kleiner ausfallen wird, als die eines intakten Handstückes.

Auch über die im Gebirge vor dem Ausbruch eines Stollens vorhandenen Pressungen sind wir im Ungewissen. Ganz sicher wirkt das Gewicht der überlagernden Gebirgsmasse; aber es ist anzunehmen, dass es an einer bestimmten Stelle mehr, an einer andern weniger stark zur Geltung kommt, infolge von Schichtungen und Verwerfungen, sowie unregelmässiger Gestalt der Erdoberfläche. Ebenso sicher ist mit einem Minimum des Horizontaldruckes zu rechnen, entsprechend der Hinderung der Horizontalausdehnung, die das Gebirge unter dem Vertikaldruck erfahren würde, wenn es sich frei ausdehnen könnte. Hierzu kommen aber

noch die in der Erdrinde aus der Abkühlung unseres Planeten herrührenden, zweifellos vorhandenen Horizontalpressungen. Sie werden verhältnismässig gering sein, wo Einschnitte durch Talbildung geschaffen worden sind, bei wachsender Tiefe aber rasch zunehmen und die Vertikalpressungen bald dermassen übertreffen, dass sich das Gebirge im Bruchzustande befindet. In ganz bedeutenden Tiefen ist nicht mehr Bruchzustand, sondern plastischer Zustand anzunehmen und es wird die Differenz von Horizontal- und Vertikaldruck nur durch die in der plastischen Masse bestehende Reibung begrenzt sein.

Wenn wir also, um das Problem erfassen zu können, im folgenden genötigt sind, die vereinfachenden Annahmen zu machen, es sei erstens das Gebirgsmaterial homogen, ihm somit eine bestimmte Würfel Festigkeit k zuzusprechen, und zweitens, es sei der Gebirgsdruck in jeder Richtung gleich dem Ueberlagerungsdruck in der Tiefe h , also gleich $p = h\gamma$, so können die gewonnenen Ergebnisse keineswegs zahlenmässig auf die Fälle der Praxis angewendet werden. Es handelt sich aber hier nur darum, eine plausible Erklärung für nicht abgeklärte Tatsachen zu geben. Gelingt sie für diese einfachsten Annahmen, so wird man lediglich zu beurteilen haben, ob weniger einfache Verhältnisse auf die Ergebnisse von wesentlichem Einfluss sein könnten.

Es sei also im homogenen, unter allseitigem Druck p stehenden Felsen ein quadratischer Stollen ausgebrochen. Wie stellen sich nun die Druckverhältnisse in einem in mittlerer Höhe geführten Horizontalschnitt? Nach einer von Willmann verfochtenen Ansicht wird der vorher die Stollenhorizontalfläche treffende Druck zuerst ganz von den Ulmen aufgenommen, sodass dort ein um 33 bis 200% grösserer Druck als vor Ausbruch stattfinden würde. Mit wachsender Entfernung nehme er dann rasch ab bis auf den Wert p . Diese Ansicht, die auf den ersten Blick plausibel erscheint, indem man unwillkürlich das überlagernde Gebirge als Balken auffasst, — was bei einer im Verhältnis zum Massiv grossen Öffnung zutreffen mag, — hält aber nicht Stand, sobald man sich die Kleinheit der Öffnung im Verhältnis zur Gebirgsmasse richtig gegenwärtigt. Wenn man in eine 1 m dicke Säule ein Loch von ein Quadratcentimeter Weite bohrt, so fällt es Niemanden ein, an dessen Rändern eine Verdreifachung der Spannungen anzunehmen, sondern es erscheint klar, dass der vorher auf die Öffnungsfläche entfallende Hundertstel des Gesamtdruckes von den verbleibenden Flächen fast gleichmässig aufgenommen wird. In der Nähe der Öffnung wird eher eine gewisse Abnahme des Druckes infolge der nun einseitig ungehinderten Querdehnung zu vermuten sein. Diese Abnahme, und zwar im Uebermasse, wird auch von den Vertretern oben genannter Ansicht angenommen, jedoch lediglich als Konsequenz der Schwächung des Materials durch den übertrieben gross angenommenen anfänglichen Randdruck. Da aber einerseits diese Abnahme nicht wesentlich sein kann — sofern nicht Bruch stattfindet — und andererseits die durch den Ausbruch bedingte Mehrbelastung sich auf weite Entfernung verteilt, begehen wir keinen grundsätzlichen Fehler, wenn wir zur Vereinfachung unserer Ausführungen vorläufig annehmen, die den Horizontalschnitt treffende Vertikalpressung sei konstant und zwar gleich p , wie vor Stollenausbruch.

Dieser konstante Vertikaldruck ist in der beigefügten Abbildung in verschiedener Grösse durch horizontale Linien p_I, p_{II}, p_{III} dargestellt. Tragen wir zum Vergleich die Würfel Festigkeit des Gebirges k als Ordinate auf, so ergibt sich, wenn wir zunächst ein kleines p , d. h. die unterste Horizontallinie mit Ordinate p_I in Betracht ziehen, dass die Stollenwände dem Druck ohne weiteres standhalten werden, denn die Ulmen befinden sich in gleichen Verhältnissen, wie die Seitenflächen eines unter der Versuchs- presse befindlichen Probewürfels. Hier wie dort ist die Querdehnung unten und oben gehindert, in der Mitte dagegen nicht. Wir bezeichnen diesen Zustand, wo $p_I < k$, als Stadium I (Standfestes Gebirge).

¹⁾ Siehe z. B. «Schweiz. Bauzeitung», Bd. 59, S. 107 (24. Febr. 1912).

²⁾ Vergl. z. B. Wiesmann, «S. B. Z.», Bd. 53, S. 163 (27. März 1909) und Bd. 60, S. 87 (17. August 1912), sowie Brandau, «S. B. Z.», Bd. 53, S. 2 (2. Jan. 1909).

³⁾ Bierbaumer, «Die Dimensionierung des Tunnelmauerwerks», Leipzig 1913. Brandau, «S. B. Z.», Bd. 53, S. 70 und 71 (6. Februar 1909).

⁴⁾ Willmann, «Einige Gebirgsdruckerscheinungen und ihre Beziehungen zum Tunnelbau», Leipzig 1911.