

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 91/92 (1928)  
**Heft:** 8

**Artikel:** Die Hebung der Eisenbahn-Rheinbrücke zwischen Buchs und Schaan  
**Autor:** Kaiser, R.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-42555>

### **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:** 21.12.2024

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

INHALT: Die Hebung der Eisenbahn-Rheinbrücke zwischen Buchs und Schaan. — Der Raketentor und seine Aussichten. — Vom Internat. Wohnungs- und Städtebau-Kongress, 2. bis 8. Juli 1928 in Paris. — Von der schweizerischen Maschinenindustrie im Jahre 1927. — Korrespondenz. — Mitteilungen: Ueber die technische und wirtschaftliche Entwicklung der Hochspannungskabeltechnik. Ausstellung „Vertriebstechnik“ des V. D. I. Sommervilla des Conde de Güell bei Barcelona. Diesel-elektrische Motorschlepper auf dem Panama-Kanal. Strassenbau-

Tagung in Leipzig. Leipziger Baumesse. Internat. Sportflugzeug-Wettbewerbe. Eine grosse Minensprengung. Autofähre Konstanz-Meerburg. Von der Genfersee-Regulierung. Die neue Reussbrücke bei Mellingen. — Wettbewerbe: Neubau des Kunstmuseums in Basel. Ausbau des Seeufers Romanshorn. Schulhaus Grafstall. Stadtbauplan für die Stadtgemeinde Luzern. — Nekrolog: Henri Tudor. — Preisaus-schreiben: Messmethode für Wasserturbinen. — Literatur. — Mitteilungen der Vereine: Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein. S. T. S.

Band 92.

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

Nr. 8

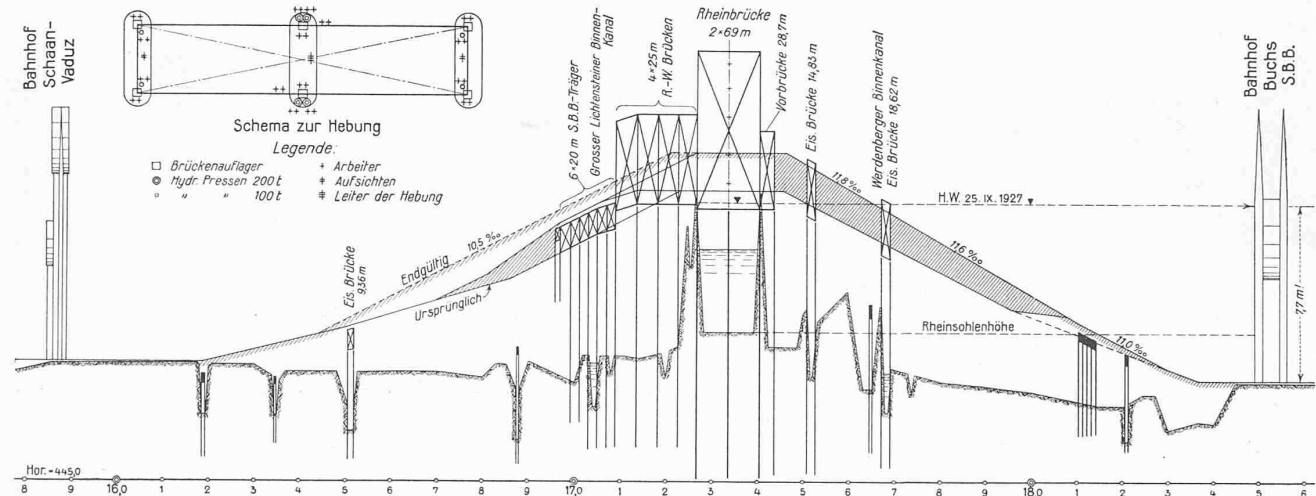


Abb. 1. Längenprofil der Strecke Schaan-Buchs mit Angabe der ursprünglichen, gegenwärtigen und zukünftigen Nivelette. — Längen 1 : 15000, Höhen 1 : 300.

### Die Hebung der Eisenbahn-Rheinbrücke zwischen Buchs und Schaan.

Von Oberbaurat R. KAISER, Oc. B. B., Feldkirch.

Das Hochwasser des Rheins vom 25. September 1927 lenkte die öffentliche Aufmerksamkeit auf die Strecke der Oesterreichischen Bundesbahnen, die von Feldkirch durch das Fürstentum Liechtenstein zum Grenzbahnhof Buchs führt und hierbei, kurz vor Buchs, den Rhein überbrückt. Damals erfolgte 160 m von der Eisenbahnbrücke flussaufwärts ein Dammdurchbruch des liechtensteinischen Hochwuhres, der die gewaltigen Wassermassen mit ungeahnter Schnelligkeit in das Land fliessen liess, und ausser Verwüstungen der fruchttragenden Fluren und friedlicher Ortschaften auch die Zerstörung des hohen Eisenbahndammes auf 300 m Länge und den Einsturz der 32 m langen rechtsufrigen Vorbrücke verursachte<sup>1)</sup>. Die Wiederherstellung dieses zerstörten Streckenteiles mit Hilfe österreichischer Roth-Waagner- und Schweizer. Bundesbahn-Hilfsbrücken wurde in Nr. 25 der „S. B. Z.“ (vom 17. Dezember 1927) ausführlich geschildert.

Schon vor dieser Katastrophe hatten die Oesterr. Bundesbahnen beabsichtigt, eine Hebung der Rheinbrücke um 120 cm vorzunehmen und es waren Vorbereitungen für die Durchführung im Winter 1926/27 getroffen worden. Die Verhandlungen zur Austragung im Zusammenhang stehender Rechtsfragen, zur finanziellen Beteiligung der Grenzstaaten und die Budgetierung brachten aber Verzögerungen und damit eine Verschiebung des Baubeginnes auf den Winter 1927/28 mit sich. Der Verlauf des Hochwassers und besonders die Feststellung, dass zur kritischen Stunde im Rhein über Erwarten 2600 m<sup>3</sup>/sek abgeführt worden sind, veranlassten die Uferstaaten Schweiz und Liechtenstein, an beiden Ufern Erhöhungen der Dämme auszuführen. Dadurch ergab sich auch für die Oesterr. Bundesbahn die Notwendigkeit, das Projekt über die Hebung der Rheinbrücke von neuem zu überprüfen, wobei, in Abänderung der ersten Verhandlungen, eine Hebung um 170 cm vereinbart wurde.

Bevor auf die mit der Brückenhebung verbundenen Einzelarbeiten eingegangen wird, möge ein Rückblick auf die lokalen Verhältnisse Interesse finden. Die Rheinbrücke

<sup>1)</sup> Vgl. „S. B. Z.“, Bd. 90, S. 206 (15. Oktober 1927), mit Bildern und Plänen. Red.

ist als Fachwerkbrücke im Jahre 1871/72 erbaut, und für die höhern Verkehrslasten im Jahre 1892 verstärkt worden; sie umfasst zwei Stromöffnungen von je 69 m, die, das ganze Strombett überspannend, zum kontinuierlichen Träger verbunden sind, und an die auf jeder Seite eine Nebenöffnung von 32 m Länge sich angeschlossen hatte. Die auf der liechtensteinischen Seite gelegene Nebenbrücke fiel dem September-Hochwasser zum Opfer; an ihrer Stelle grenzen nun die im Herbst 1927 erbauten vier Roth-Waagner Hilfsbrücken von je 45 m Länge und sechs schweizer Blechbalkenträger von je 20 m Länge (siehe Abb. 1), die alle auf hohen hölzernen Jochen gelagert sind.

Die auch heute noch bestehende Erscheinung der hier ständig sich erhöhenden Sohle des Rheinbettes führte schon im Baujahre 1871 dazu, die Brückenpfeiler 1 m höher aufzurichten, als wie sie ursprünglich beabsichtigt waren. Die Aufschotterung der Flusssohle zwang die Ufergemeinden, ständig auf die Erhöhung der Dammkronen besorgt zu sein, und so kam es, dass die Bahnbrücke, die ursprünglich oberhalb der Dammkronen angelegt war, schon im Jahre 1892 mehr als 1,00 m unterhalb der Kronen in Dammeinschnitten lag. Die mit dieser Lage verbundene Gefährdung der Brücke und Störungen im Verkehr — die Brücke wurde bei Hochwasser bespült — veranlassten die Bahnverwaltung im genannten Jahre, eine Hebung der Brücke um 150 cm vorzunehmen. Nach Vollendung dieser Arbeit hegte man die Hoffnung, dass die bevorstehende Rheinregulierung die Sohlenhöhe bei Buchs vorteilhaft beeinflussen und eine Wiederholung der Brückenhebung in un-absehbarer Zeit vermieden werde.

Die Erwartungen haben sich leider nicht erfüllt. Die Rheinsohle liegt heute rund 2,00 m höher als die Geleise des Bahnhofes Buchs, und der am 25. September 1927 beobachtete Höchstwasserstand reicht 7,70 m über diesen Bahnhof (Abb. 1, rechts). Aus diesen beiden Angaben ist zu erkennen, wie furchtbar sich ein Dammbbruch auf schweizer Seite auswirken müsste.

Es war geplant, die Brückenhebung vom 12. April bis 15. Mai auszuführen. Vorher wurde erwogen, ob nicht die eigentlichen Hebungsarbeiten an den Brücken, die während

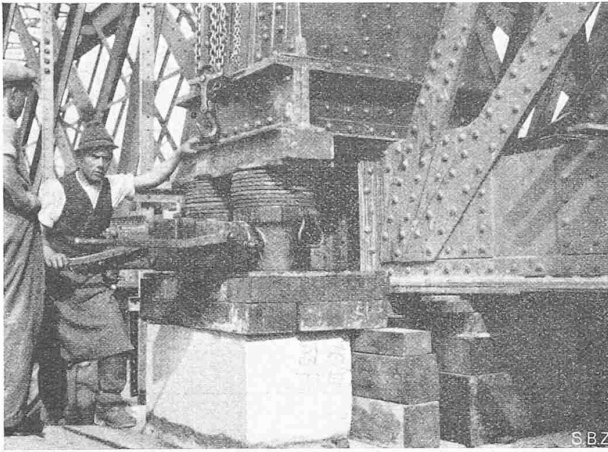


Abb. 5. Hydraulische Pressen unter der mittlern Anhebekonsole.

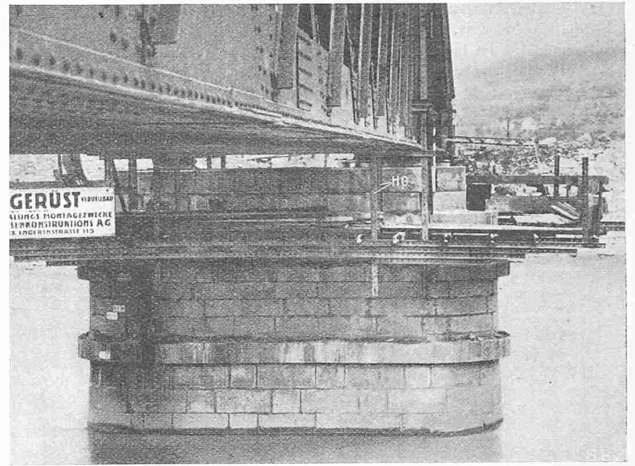


Abb. 6. Hängegerüst für die Aufmauerung des Mittelpfeilers.

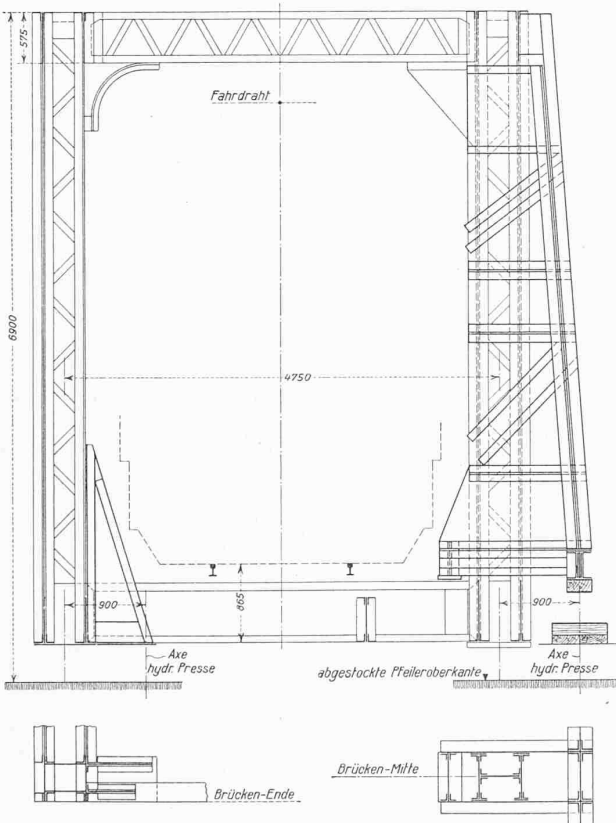


Abb. 2. Eiserner Anhebstützen an den Brücken-Enden (links) und in Brückenmitte. — 1 : 75.

HEBUNG DER EISENBAHN-RHEINBRÜCKE BUCHS-SCHAAN,

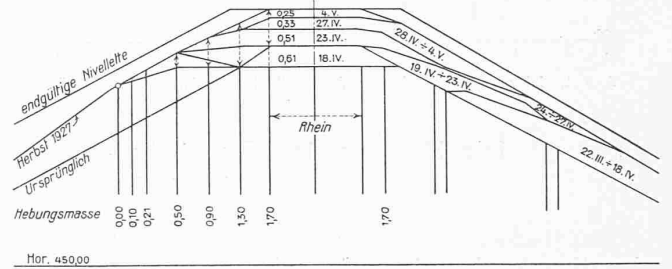


Abb. 3. Schema der aufeinanderfolgenden Hebungsoptionen.

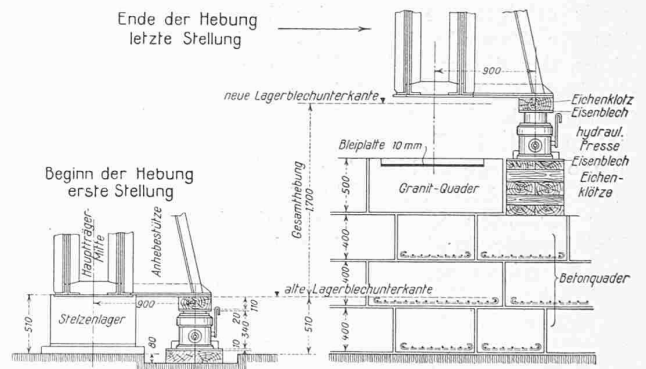


Abb. 4. Vorgang der Hebung an den Tragwerk-Enden.

ihrer Dauer einen Zugsverkehr ausschliessen, dadurch beschleunigt werden könnten, dass für die unumgänglich notwendige Zeit der Gesamtverkehr der Strecke Feldkirch-Buchs über St. Margreten zu leiten wäre, oder ob, unter Aufrechterhaltung des Verkehrs, für die in Teilabschnitte zergliederte Hebung, nur grössere Zugspausen in Anspruch zu nehmen wären. Der zweiten Lösung wurde der Vorzug gegeben. Hierdurch blieben die Schwierigkeiten für beide Bahnverwaltungen vermieden, die unvermeidlich mit der Verlegung der Schnell- und Güterzugwege verbunden sind, und es erschien leichter möglich, durch exakte Vorbereitungen die Hindernisse zu beseitigen, die durch pünktliche Abschliessung des Arbeitsvorganges bei Teilhebungen in Zugspausen mit der Herstellung der Wiederfahrbarmachung der Bahn im Zusammenhange stehen. Der Fahrplan ermöglichte die Einschaltung von täglich zwei Zugspausen und zwar von 6 bis 11 Uhr in der Dauer von 5 Stunden

und von 12<sup>1</sup>/<sub>2</sub> bis 16<sup>1</sup>/<sub>2</sub> Uhr in der Dauer von gegen 4 Stunden. Dazu musste für vier Personenzüge Schaan-Buchs ein Ersatzverkehr mit Postautos geschaffen werden, der über Vaduz und Sevelen nach Buchs führte und, wie die Praxis zeigte, dem Verkehrsbedürfnis vollkommen genügte.

Als erste bauliche Vorbereitung für die Hebungsarbeiten ist die Anbringung von Angriffstellen an den Brücken-Enden und in Brückenmitte zu beiden Seiten der Bahn anzuführen. In der Brückenmitte wurden eigene Anhebkonsolen an der Aussenseite der Tragwände mit gleichzeitiger Verstärkung des Ständers angeietet, die Raum gaben, auf jeder Brückenseite je zwei Pressen zu unterstellen, um das für jede Seite in Betracht kommende Gewicht von 172 t bewältigen zu können (Abbildung 2 rechts, sowie Abb. 5 bis 7). An den Brücken-Enden musste die Anbringung solcher Konsolen wegen Raum mangels an der Innenseite erfolgen; man bereitete die Unterstellung von

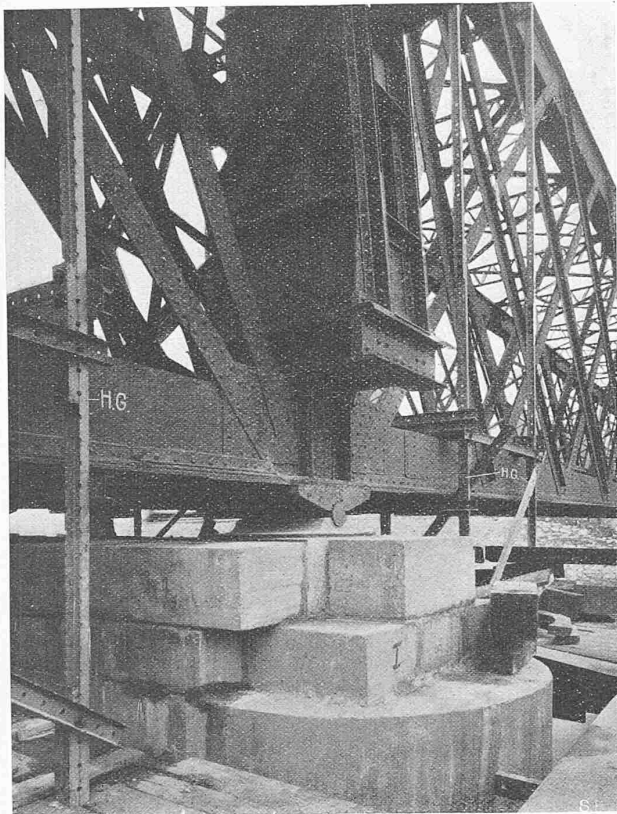


Abb. 7. Mittelpfeiler mit fertig eingebautem festem Lager.



Abb. 9. Leitung der Arbeiten mittels Telefon.

Brückenbau- und Eisenkonstruktions-A.-G. innerhalb 17 Tage besorgt (siehe Schema links oben auf Abb. 1).

Die nächste wichtige Vorbereitung war die Herstellung der zur Pfeileraufmauerung benötigten Quader. Entsprechend den beabsichtigten Hebungstufen wurde die ganze aufzumauernde Höhe von 170 cm in vier Schichten von  $1 \times 50$  und  $3 \times 40$  cm unterteilt (Abb. 3 und 4). Für die grössere Inanspruchnahme der druckverteilenden Steine unter den neuen Auflagerquadern und für die zur Aufstellung der Pressen dienenden Steine wurden in Beton gegossene, armierte Quader gewählt, während für die übrige Ausmauerung von einer Armierung Abstand genommen wurde. Nur für die Auflagerung der Brücke wurden Mauthauser Granitsteine vorgesehen. Im ganzen wurden 268 Betonsteine in 58 verschiedenen Grössen verbraucht, die in der Betonwerkstätte der Oesterr. Bundesbahnen in Landeck in Tirol unter Verwendung von frühhochfestem Zement mit einem Mischungsverhältnisse von  $1 : 2 : 3$  erzeugt und fertig in den Lagerbahnhof Schaan-Vaduz abgeliefert wurden.

Gleichzeitig war ein Arbeitsgerüst für den in der Strommitte gelegenen Brückenpfeiler vorzubereiten (H. G.

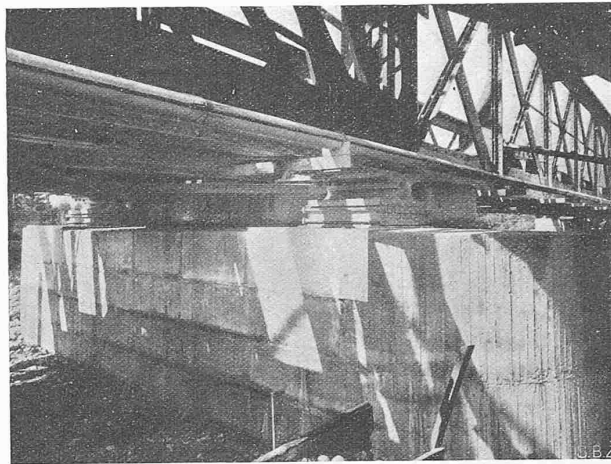


Abb. 8. Endpfeiler Seite Schaan mit fertig eingebauten Lagern.

in Abb. 6 und 7). Hierzu wurde das aus gleichartigen Elementen bestehende, einfach und vorteilhaft mit der Brückenkonstruktion zu verbindende eiserne Patentgerüst der Wiener Brückenbau- und Eisenkonstruktions-A.-G.<sup>1)</sup> verwendet. Damit wurde die Umgürtung des Mittelpfeilers mit einer auf allen Seiten ungefähr 3 m breiten und mit 8 cm starken Bohlen belegten Plattform bewerkstelligt, die, vom Mauerwerk unabhängig, die Hebung mitmachte, ein bequemes und sicheres Hantieren gestattete und auch den benötigten Baumaterialien und Geräten hinreichend Platz bot. Für die in den Dammkronen stehenden Brückenpfeiler wurden die Arbeitsplätze durch Schwellen-Unterlagen vorbereitet.

Mit besonderer Sorgfalt mussten die hydraulischen Pressen und die für die Hebung notwendigen Ausrüstungsgegenstände bereitgestellt werden. Wenn auch für den Hebungsvorgang selbst nur vier stärkere Pressen für den Mittelpfeiler und vier mittlere für die Endpfeiler notwendig waren, war es geboten, 100% Reserve bereitzuhalten, um bei dem erfahrungsgemäss doch möglichen Versagen einzelner Pressen die Sicherheit zu haben, innerhalb der durch die Geleisesperren begrenzten Arbeitszeiten den Hebungsvorgang zu beendigen und Verspätungen der Schnellzüge zu vermeiden. Es waren demnach fünf hydraulische Pressen für 200 t, eine für 150 t und 20 für 100 t Tragfähigkeit vorhanden, wovon die letztgenannten auch für die jeweils gleichzeitig durchzuführende Hebung der Nebenbrücken Verwendung fanden. Die verlässlich auszunützbare Hubhöhe der Pressen war mit 13 cm begrenzt; zur Füllung wurde ein Gemisch von gleichen Teilen Wasser und Glycerin mit einem Zusatz von Spiritus verwendet. Ferner waren für jede Presse Halbringe aus Flacheisen in Stärken von 3 bis 20 mm vorzubereiten, die zur Einlage unter dem aufsteigenden Presskolben in Verwendung kamen und dazu dienten, im Falle des Versagens einer Presse einen Verlust der Hebungshöhe zu verhindern (Abb. 5). Schliesslich wurden rund 1000 Eichenklötze in Stärken von 6 bis 30 cm und Längen von 60 bis 120 cm, sowie Eisenblechstreifen von 10 bis 25 mm Stärke für Unterlagen der Pressen und der Brücken während der Hebungsvorgänge und der vorübergehenden Auflagerung zugerichtet.

Nach Beendigung aller dieser Einrichtungen konnte am 18. April die erste Hebung der Hauptbrücke vorgenommen werden. Die eisernen Auflager auf allen drei Pfeilern waren schon vorher mit Hilfe der Pressen ausgebaut worden, und es konnte der freigewordene Raum schon benützt werden, den ersten Mauerstein bei jedem Auflager einzubringen und die Brücke darauf abzustützen. An allen sechs Arbeitsstellen waren Masstäbe in Millimeterteilung in fester Lage angebracht, an denen ein an der

<sup>1)</sup> Näher beschrieben in Heft 11/12 der „Zeitschrift des Oesterr. Ingenieur- und Architekten-Vereins“, 1928.

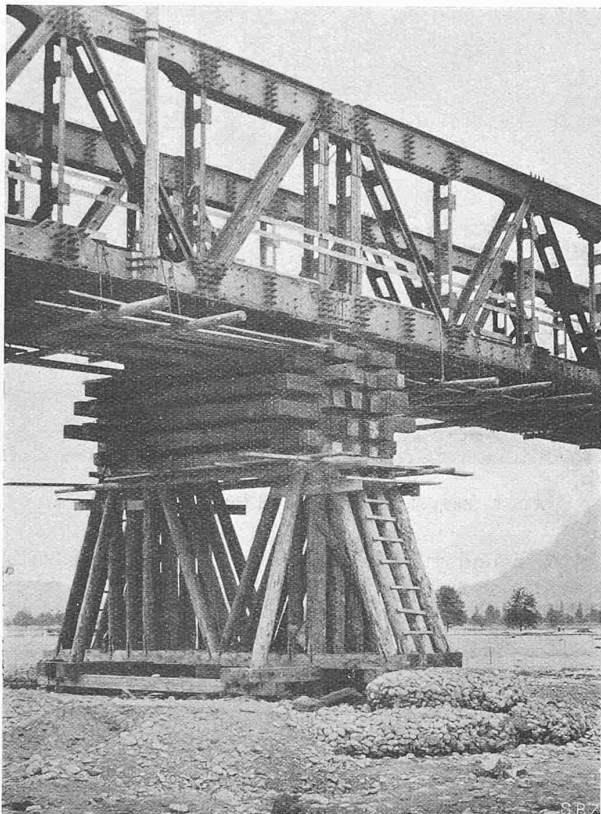


Abb. 11. Erhöhtes Holzjoch zwischen 3. und 4. Roth-Waagner-Brücke.



Abb. 12. Beidseitige Hebejoche für die Roth-Waagner-Brücken.

Eisenkonstruktion befestigter Zeiger den Fortschritt der Hebung anzeigte. Ein gleichmässiges Fortschreiten zu beachten war besonders wichtig, um nicht unzulässige Spannungen in dem kontinuierlichen Träger oder vielleicht eine Verschiebung der Brückenlage hervorzurufen. Der die Brückenhebung leitende Ingenieur nahm seinen Platz auf dem Gerüst des Mittelpfeilers ein und verständigte sich mit einer Telephoneinrichtung mit den auf den beiden andern Pfeilern tätigen Aufsichten. Diese Organe waren ebenso wie der Hebungsleiter mit einem aus Kopfhörer und an der Brust befestigten Mikrophon ausgerüstet und konnten sich untereinander in einfachster Weise verständigen, ohne den Arbeitsplatz verlassen zu müssen (Abb. 9, Seite 95). Zur Bedienung der acht Pressen waren je ein Schlosser und ein Gehilfe und zur Einlegung der Unterlagen bei jedem Pfeiler je vier Mann angestellt. Die gesamte bei der Hebung tätige Mannschaft zählte 30 Arbeiter (siehe Schema oben links in Abb. 1).

Sofort nachdem der letzte Güterzug vor der nun beginnenden Geleisesperre um 5.54 Uhr über die Brücke gerollt ist, werden alle Vorrichtungen bereitgesetzt. Die elektrische Oberleitung (150 000 V) wird abgeschaltet. Vom Hebungsleiter geht durch das Mikrophon die Frage „Ist alles bereit?“ zu den Aufsichten an den Brückenenden. Auf die Antworten „Alles fertig“ erfolgt der Befehl „Achtung, es wird gehoben“, worauf dann alle acht Pressen mit dem Kommando „Auf“ in Tätigkeit gesetzt werden. Nun folgen die Meldungen von den Brückenenden: 3 cm, 5 cm, 8 cm gehoben“ die vom Hebungsleiter mit der erreichten Hebung am Mittelpfeiler verglichen werden und je nach dem Ergebnis durch neue Befehle „Feldkircher Pfeiler halt“ oder „Buchs rascher“ zur Erzielung möglichst gleichmässiger Hebung geregelt werden. Wie sich bei diesem Vorgang die Brücke von ihren Unterlagen abzuheben beginnt, werden sofort zuerst Bleche, dann Holzunterlagen in die entstandenen leeren Räume auf dem bisherigen Auflager geschoben, sodass bei einem plötzlichen Versagen der Pressen die Brücke nicht fallen kann. Ebenso

wird der aufsteigende Presskolben aller Pumpen mit den vorbereiteten Flachringen unterlegt. Ist die zulässige Hubhöhe der Pressen mit 13 cm erreicht, so stellt der Befehl „Halt“ die Hebung ein und ordnet die feste Unterbauung der Brückenlagerstellen an, worauf dann auf die von beiden Pfeilern einlangenden Meldungen „Unterlegt“ der Befehl „Pressen niederlassen“ ergeht. Die Flachringe vom Presskolben werden entfernt, die Ventile geöffnet und mit einem geringen Höhenverlust von 5 bis 10 mm legt sich das Brückengewicht auf die unterbauten Holzklötze. Nun werden bei allen Anhebestützen die Pressen auf das möglichste Mass erhöht von neuem aufgestellt, und der vorgehend beschriebene Vorgang wiederholt sich. Bei hinderlicher Tätigkeit aller Pressen erfolgte die Hebung mit bemerkenswerter Geschwindigkeit. Der Hub von 13 cm, der eine effektive Hebung der Brücke von 11 bis 12 cm erzielte, dauerte ungefähr 15 Minuten. Das Umstellen der Pressen nach jeder Hebungsteilstufe und die Abwicklung aller Arbeiten bis zur neuerlichen Bereitstellung der Pressen zur Hebung benötigte eine Zeitspanne von 45 bis 60 min.

Um 10.45 Uhr ist die geplante Tageshebung der Brücke um 61 cm erreicht. Die an die Hauptbrücke anschliessenden Nebenöffnungen wurden in ihrem angrenzenden Auflager gleichmässig fortschreitend mit der ersten mitgehoben, während das abgelegene Auflager noch unverändert blieb. Der Geleisestrang zeigt daher an diesen Brückenenden einen sehr unvermittelten Neigungswechsel, der wohl für die nächst passierenden Züge belassen, aber dessen Ausgleich jeweils in der nachmittägigen Geleisesperre nachgeholt wurde. Die Fahrleitung hat, verbunden mit der Brücke, die Hebung mitgemacht, sodass hinsichtlich Regelung dieser Anlage vor Aufhebung der Geleisesperre keinerlei Nebenarbeiten durchzuführen sind. Nach erfolgter Axkontrolle werden um 11.15 Uhr die beiden Nachbarbahnhöfe von der Fahrbarkeit der Strecke verständigt, der Strom wird eingeschaltet, und wenige Minuten darauf rollt der fällige Schnellzug in langsamster Fahrt über die gehobene Brücke.

## VON DER HEBUNG DER EISENBAHNBRÜCKE ÜBER DEN RHEIN BEI BUCHS

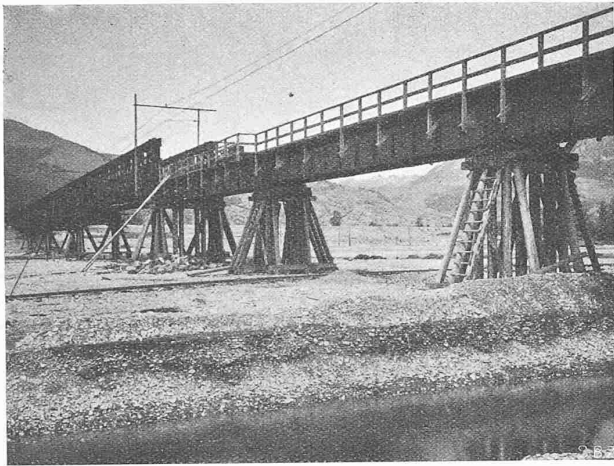


Abb. 10. Die 1927 erstellte Hilfsbrücke, gegen Buchs gesehen.

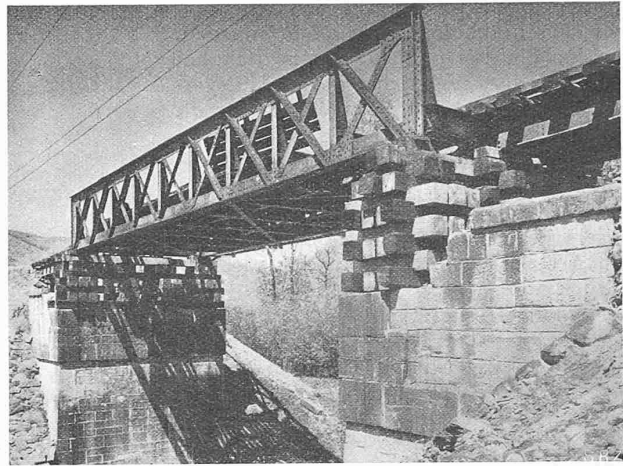


Abb. 13. Hebung der Nebenbrücke bei Km. 17,518.

In ähnlicher Weise erfolgten die nächsten Hebungen am 23. April um 51 cm, am 27. April um 33 cm und am 4. Mai um 25 cm. Die dazwischen liegenden Arbeitstage waren ausgefüllt mit dem Aufbau des Pfeilermauerwerks und mit dem Nachheben der anschliessenden Streckenteile. Von Bedeutung war hierbei die Hebung der vier Roth-Waagner-Hilfsbrücken in der Gesamtlänge von 184 m, die im Herbst 1927 in horizontaler Lage auf hölzernen Jochen errichtet wurden (Abb. 10 links), und nun durch die Hebung der Rheinbrücke in eine geneigte Lage von 8,7‰ gebracht werden mussten. Wohl erstreckte sich der Ausgleich der Nivelette gegen Schaan-Vaduz auch noch auf zwei Hilfsbrücken von je 20 m Länge, doch waren die erforderlichen Hebungen und Erhöhungen dieser Auflager geringfügig. Die drei Holzjoche der Roth-Waagner-Brücken mussten um 50, 90 bzw. 130 cm aufgebaut werden. Die Erhöhung der Holz-Pfeiler erfolgte durch stufenweisen Einbau von im Querschnitt 30/30 cm geschnittenen Lärchenhölzern, die zu Kreuzstössen verkämmt und verschraubt wurden; nur die zur unmittelbaren Auflagerung der Brücken dienenden Kappen wurden in Eichenholz ausgeführt (Abb. 11). Die beiden höhern Holzstösse wurden noch mit oberflächlich angeschraubten Winkeleisen verstärkt und der höchste Holzstoss bekam noch bis zum Boden führende schiefe Streben in der Brückenrichtung, um Schwankungen in dieser Richtung aufnehmen zu können. Die zum Einbau dieser Holz-Unterlagen notwendigen Hebungen wurden unter einfachen Holzböcken bewerkstelligt, die beiderseits des Joches aufgestellt wurden (Abb. 12).

Mit der Verbreiterung und Erhöhung der beiden Zufahrtsrampen musste schon zu einem früheren Zeitpunkt begonnen werden. Die vom Bahnhof Schaan-Vaduz ausgehende Rampe wurde schon anlässlich der Wiederherstellungsarbeiten der zerstörten Strecke mit 12 000 m<sup>3</sup> Materialschüttung verbreitert und für die ursprünglich beabsichtigte Hebung von 1,20 m erhöht; es erübrigte sich jetzt nur noch die Ergänzung für die höhere Lage der Nivelette auszuführen, die mit Zufuhr von 4 000 m<sup>3</sup> aus einer Abgrabung im Bahnhof Nenzing mit eigenen Arbeitszügen leicht bewältigt werden konnte. Die Materialschüttung für die in Buchs beginnende 786 m lange Zufahrtsrampe musste im Zusammenhange mit den Brückenhebungsarbeiten ausgeführt werden und wurde in Anbetracht der erforderlichen Menge von 15 000 m<sup>3</sup> bereits am 13. Februar 1927 begonnen. Das Material wurde in ausgezeichneter Beschaffenheit aus einer am schweizer. Ufer vom Hochwasser 1927 zurückgelassenen Kiesbank im Rheinbett gewonnen und durch die Firma J. Gantenbein in Buchs mit Hilfe von zwei elektrisch betriebenen Schrägaufzügen in Rollwagen von  $\frac{3}{4}$  m<sup>3</sup> Inhalt,

getrennt für jede Bahnseite, auf die Rheindammkrone gebracht und von dort auf beide Flanken des Eisenbahndammes verfahren. Durch diese Einrichtung war es möglich, die Schüttung vom Zugsverkehr unabhängig und diesen nicht gefährdend in der kurzen Zeit von 50 Arbeitstagen zu bewältigen. Die höchste Tagesleistung betrug hierbei 425 m<sup>3</sup>.

Die Hebung des Geleises wurde nach erreichter Damm-Verbreiterung durch eine geschulte Arbeiterrotte von 30 Mann mit Hilfe Robelscher Geleiseheber und Prätzenwinden in Stufen von 20 bis 30 cm in Zugspausen vorgenommen. Die Steigerung der Neigungsverhältnisse machte sich auf der liechtensteiner Zufahrtsrampe durch eine Verlängerung der bestehenden Höchststeigung von 10,5‰ von 371 m auf 770 m geltend. Auf der schweizer. Zufahrtsrampe musste die Steigung von 10,5‰ auf 11,8 und 11,6‰ erhöht werden (vergl. Abb. 1); sie reicht wie früher bis knapp an die erste Weiche des Bahnhofes.

Zu erwähnen ist noch, dass zwei Eisenbrücken von 16 und 20 m Länge auf dieser Rampe den gleichmässigen Fortgang der Hebungsarbeiten unterbrachen (Abb. 1). Die 1,80 bzw. 1,60 m betragende Hebung dieser Konstruktionen bedingen eine Verstärkung der Widerlager; der Zustand und das Alter der Tragwerke erheischen deren Erneuerung. Da hierfür die Entwürfe noch nicht bereitgestellt waren, wurden die alten Tragwerke durch vorbereitete Holzstapel in die neue Lage gebracht; die spätere Verstärkung der Widerlager wurde durch vorgelagerte 10 m lange Hilfstragwerke vorbereitet (Abb. 13).

Auch auf die Anpassung der elektrischen Fahrleitung musste bei den Hebungsarbeiten Bedacht genommen werden. Kostspielige Umgestaltungen konnten vermieden werden, weil schon im Jahre 1926 bei den Ausrüstungsarbeiten für die Elektrifizierung in der Mastaufstellung in Hohlfundamenten Rücksicht auf die geplante Hebung der Brücken genommen worden war. Das Höherziehen der Maste war in Zugspausen leicht durchzuführen; auch die Verlegung der 600 m von der ersten Weiche in Buchs entfernt gelegenen 40 m langen Trennstrecke zwischen dem schweizerischen und dem österreichischen Speisebereich ist zu erwähnen. Durch die notwendige Verminderung der Fahrgeschwindigkeit, wegen der durch die Hebungsarbeiten oft gestörten Geleiselage, war im Befahren der stromlosen Trennstrecke das Liegenbleiben der von Buchs ausfahrenden Züge zu befürchten. Mit dankenswerter Entgegenkommen übernahmen die Schweizerischen Bundesbahnen die zeitweise Speisung der Oberleitung des Bahnhofes Schaan-Vaduz, sodass die Trennstrecke vor diesen Bahnhof verlegt werden konnte.

Am 4. Mai waren die Gesamtarbeiten der Brückenhebung im wesentlichen beendet (Abb. 7, 8 und 14) und konnten die langen Geleisesperren, die den Zugverkehr beschränkten, aufgehoben werden. Der für die Personenzüge vom Bahnhof Schaan-Vaduz eingerichtete Auto-Hilfsverkehr konnte daher am 5. Mai eingestellt und am folgenden Tage wieder der unbeschränkte Verkehr aller Züge nach Buchs aufgenommen werden.

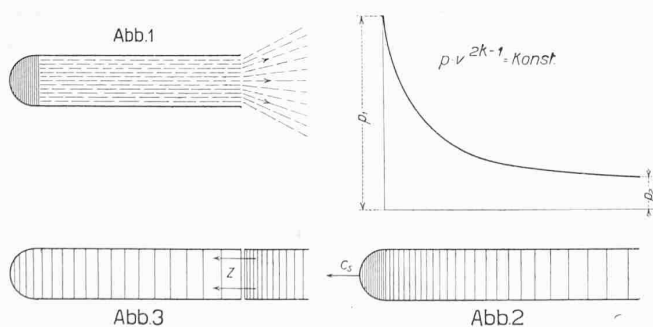
Der Erfolg dieser grossen, durch kein ausserordentliches Vorkommnis und durch keinen Unfall gestörten Bauarbeit ist der peinlich genauen Vorbereitung an Hand der von der Generaldirektion der Oesterr. Bundesbahnen in Wien aufgestellten Pläne und Arbeitsentwürfe zu verdanken. Die Bundesbahn-Direktion Innsbruck übertrug für die Zeit der Brückenhebung die Leitung und Ueberwachung dieser Spezialarbeit ihrem erfahrenen Brückenpersonal, während die Leitung der Gesamtausführung dem Berichtersteller oblag.

Damit wurde die zweite grössere Arbeit vollendet, die den Oesterr. Bundesbahnen durch das Hochwasser des 25. Sept. 1927 erwachsen war, wenn die Errichtung der 314 m langen Notbrücken auf hölzernen Jochen im Oktober und November des vergangenen Jahres als die erste Arbeit bezeichnet wird. Nun harret noch als letzte Aufgabe der endgültige Ausbau dieser beschädigten Strecke. Es ist zu hoffen, dass zwischen den Oesterr. Bundesbahnen und Liechtenstein eine befriedigende Verständigung über dieses Projekt zu Stande komme, die einerseits den Bundesbahnen die Möglichkeit gibt, den Bau in zweckentsprechender und wirtschaftlicher Weise auszuführen, andererseits der immer noch unter dem Schrecken der Hochwasserbedrängnis stehenden Bevölkerung volle Beruhigung bietet.

### Der Raketenmotor und seine Aussichten.

Von Oberbaurat KONRAD BAETZ, Würzburg.<sup>1)</sup>

Wird in einem röhrenförmigen Stahlgefäss (Abb. 1), dessen eine Seite offen ist, eine, grosse Gasmassen entwickelnde Ladung zur Verpuffung gebracht, so erhält das Gefäss (die Rakete) bei der in Abb. 1 gezeichnete Lage einen Antrieb nach links. Ist die Rakete von der atmosphärischen Luft umgeben, so treten die auspuffenden Gase an der Mündung rechts mit Schallgeschwindigkeit aus, wenn der Druck der Gase in der Rakete im Verhältnis zum Aussendruck grösser ist, als das sogenannte kritische Druckverhältnis,



das für Gase 1,892 beträgt. Der Druck in der Rakete kann demnach zu sehr hohen Werten anwachsen, wenn die Menge der in der Zeiteinheit erzeugten Gase grösser ist, als die in der Sekunde aus der Öffnung ausströmende Menge. Wächst der Druck in der Rakete über das 1,89 fache des Aussendruckes, so werden die mit der Schallgeschwindigkeit ausgestossenen Gasmassen ausserhalb der Mündung explosiv nach allen Seiten auseinandergerissen. Ein solcher Antrieb erscheint daher zunächst wärmeökonomisch ausserordentlich ungünstig. Der Antrieb, der der Rakete erteilt wird, berechnet sich aber

<sup>1)</sup> In Anbetracht der Aktualität des Raketenproblems haben wir uns zur Aufnahme des vorliegenden Artikels entschlossen, für dessen Inhalt wir indessen dem Autor die volle Verantwortung überlassen müssen. Red.

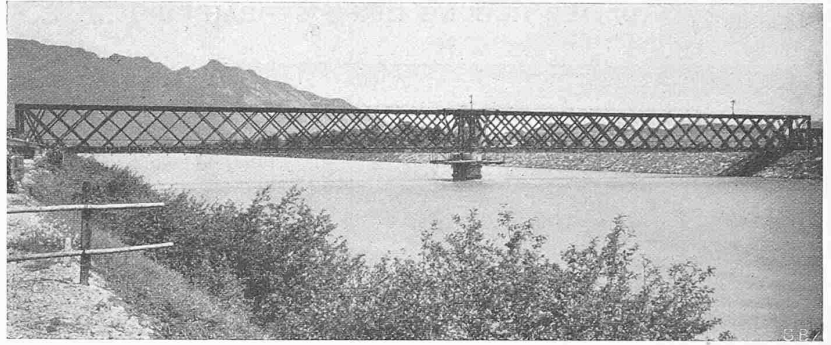


Abb. 14. Die Eisenbahn Rheinbrücke Buchs-Schaan nach vollendeter Hebung.

sehr einfach als das Produkt aus dem erreichten Gasdruck in der Rakete und dem Raketenquerschnitt.

Die Umsetzung der Wärmeenergie der verpuffenden Ladung beginnt nun in dem Augenblick, da die Rakete eine grössere Geschwindigkeit nach links erlangt hat. Je schneller sich die Rakete nach links bewegt, um so besser wird auch die Energieumsetzung bei ihrem Antrieb. Sobald die Rakete die Schallgeschwindigkeit der auspuffenden Gase selbst annimmt, tritt eine fast ideale Umsetzung der Gasenergie in Treibenergie ein. An der Mündung nimmt nämlich das auspuffende Medium, gegen den festen Raum betrachtet, eine viel grössere Geschwindigkeit als die Schallgeschwindigkeit an. Die Gase expandieren also in der Rakete ähnlich wie in der Düse einer Dampfturbine. Werden vom Boden der Rakete her fortwährend Gase mit hohem Druck nachgeliefert, so kann sich in der Rakete ein sogenannter stationärer Zustand ausbilden (Abb. 2).

Zwischen dem Boden und der Mündung der Rakete entsteht nämlich dauernd ein Druckabfall, dem ebenso eine Abnahme in der Dichte entspricht. Der Druckverlauf in der Rakete ist dann ähnlich, wie beim Expansionshub einer Gasmaschine, bleibt aber solange bestehen, als Gas geliefert wird. (Abb. 2 zeigt den Druckabfall, darunter die Aenderung in der Dichte). Mit der Abnahme des Druckes und mit der Zunahme des spez. Gasvolumens ist nach den Gesetzen der Wärmelehre auch eine Temperaturabnahme verbunden. Die Gase expandieren, während sie nach rechts ausströmen, indem sie die verfügbare Arbeitsleistung gleichzeitig als Antrieb an die Rakete abgeben. Die Energieumsetzung ist ideal, wenn der Enddruck  $p_2$  gleich dem Aussendruck in der Umgebung wird. Der Antrieb, den die Rakete erfährt, ist dann  $F \cdot (p_1 - p_2)$ , wenn  $F$  die Querschnittfläche,  $p_1$  der Druck am Boden,  $p_2$  der an der Mündung ist.

Man erkennt nun leicht, dass es auf diese Weise möglich sein muss, solche Raketen zu ausserordentlichen Geschwindigkeiten anzutreiben, wenn man sie z. B. von vornherein aus einem Geschütz abschießt. Die Geschwindigkeit eines Artilleriegeschosses kann 800 bis 1000 m/sek betragen. Werden nun die Treibgase der Raketenladung erst nach dem Abschuss der Rakete zum Verpuffen gebracht, so wird die gesamte Gasenergie der Ladung auf die Rakete übertragen, weil sie sich von vornherein mit einer Geschwindigkeit bewegt, die grösser als die Schallgeschwindigkeit ist. Dringt die Rakete in die dünnern hohen Luftschichten und schliesslich in den luftleeren Raum vor, so wird die Energieumsetzung fortwährend günstiger, weil die in der Rakete expandierenden Gase auf einen immer mehr verschwindenden Gegendruck sich ausdehnen.

Beim Raketenmotor von Opel hat man bisher offenbar zur Erzeugung der Gasmassen hohen Drucks ein explosives festes Treibmittel wie zum Beispiel Blättchenpulver verwendet. Wie man einen wirtschaftlichen Raketenmotor mit Benzin oder Benzol betreiben kann, ergibt sich aus nachfolgender Beschreibung.

Wird eine, mit brennbarer Ladung gefüllte, einseitig geschlossene Röhre am offenen Ende (Abb. 3) bei  $Z$  gezündet, so pflanzt sich die Verbrennung ins Innere fort. Hierbei tritt eine Kompression der noch nicht entzündeten Schichten der Ladung in den grösseren Tiefen der Röhren auf. Die Verdichtung kommt dadurch zustande, dass sich die brennenden Schichten durch ihre Erwärmung sehr schnell ausdehnen. Ein Teil der verbrannten Gase muss also am offenen Ende der Röhre entweichen. Die Reaktion dieser abgeschleuderten Gasmasse verdichtet dann die noch nicht brennenden Schichten. Wandert die Zündstelle sehr schnell nach innen, dann