

Die Bedeutung des Bausystems bei der Ausführung von Eisenbahntunneln

Autor(en): **Andreae, C.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **75/76 (1920)**

Heft 4

PDF erstellt am: **08.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-36409>

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.

INHALT: Die Bedeutung des Bausystems bei der Ausführung von Eisenbahntunneln. — Die Wasserkraftanlage „Gösgen“ an der Aare. — Wettbewerb für genossenschaftlichen Wohnungsbau in Burgdorf. — Miscellanea: Die Techniker in Island; etwas Sprachliches. Simplon-Tunnel II. Ueber die Erzfunde im Fricktal. Bremsgestell als Ersatz für den Prellbock. Deutsche Gesellschaft für Metallkunde. Ecole centrale des

Arts et Manufactures, Paris. — Nekrologie: H. Roelli. M. Hoegger. H. L. Cantt. — Konkurrenzen: Neubau des Schweiz. Bankvereins in Lausanne. Neubau der Volksbank in Payerne. Arbeiter-Wohnhäuser im „Pré d'Ouchy“ in Lausanne. — Literatur. — Vereinsnachrichten: Schweizer. Ing.- und Arch.-Verein. Gesellschaft ehemaliger Studierender: Einladung des Ausschusses; Maschineningenieur-Gruppe: Stellenvermittlung.

Band 75.

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

Nr. 4.

Die Bedeutung des Bausystems bei der Ausführung von Eisenbahntunneln.

Von Ingenieur C. Andraea, Zürich.

(Schluss von Seite 27.)

IV.

Sind Lage des Richtstollens und Abbaungsweise bestimmt, so ist von grosser Bedeutung die Art ihrer Ausführung, die *Betriebsweise*. Dabei kommt es hauptsächlich auf die Einteilung der Arbeitstrecke an, auf die Entfernung, in der sich die verschiedenen Arbeitsstufen folgen.

Von Bedeutung ist das Mass, um das der Richtstollen den übrigen Arbeitsstufen, bezw. der fertigen Mauerung voreilt. Im langen Tunnel ist ein Voreilen überhaupt notwendig. Der Bau solcher Tunnel erfordert grosse Summen und muss infolgedessen so wirtschaftlich als möglich durchgeführt werden. Die Arbeitstrecken müssen so lang sein, die einzelnen Arbeitsstufen so weit auseinander, dass, wie bereits bemerkt, nicht jede Störung und Verzögerung im einen gleich auf den ganzen Baubetrieb übertragen wird. Den meisten Schwankungen und Störungen ist aber der Vortrieb unterworfen. Er stösst zuerst auf unerwartete Schwierigkeiten, Druck, Quellen, hartes Gestein usw. Aber das Mass darf auch nicht zu gross sein. 1) Bekannt ist die Kalamität, die während des Baues des Gotthardtunnels bestand, weil dort der Stollen der fertigen Mauerung stets viel zu weit voraus war (bis 2 bis 3 km). Eine zu grosse Entfernung kann mit Rücksicht auf die Organisation der Förderung unwirtschaftlich werden. Sie kann aber auch in vielen Fällen — und darauf kommt es in unserer Betrachtung in erster Linie an — die Qualität des fertigen Tunnels ungünstig beeinflussen, weil sie unserm Grundsatz rascher Mauerungs-Vollendung widerspricht.

Durchfahrt der Stollen Gebirge, das zu Druck oder chemischen Veränderungen neigt, so muss dafür gesorgt werden, dass es nur kürzeste Zeit offen bleibt. Entweder sind dort Vollaussbruch und Mauerung zu beschleunigen, oder aber es ist der Vortrieb solange zurückzuhalten, bis diese nachgerückt sind. Es geht nicht an, mit dem Vortrieb in solchen Strecken über 1,5 km vorzueilen und die Mauerung erst 6 bis 7 Monate später zu schliessen, wobei in der Zeit sich Druck auslösen oder Wasser chemisch veränderliches Gebirge durchnässen kann. Vielleicht wird dadurch kein „Rekord“ geschlagen²⁾, *unsere Tunnelbauten sind aber keine Sportplätze!* Von Wichtigkeit kann hier auch die Art und Weise sein, wie die monatlichen Abschlagzahlungen erfolgen. Im Gotthardtunnel hatte die Unternehmung einen hohen Preis für den Richtstollen, niederere für die hintern Arbeiten. Wo es die Verwaltung in der Hand hat, sollte für die Teilzahlungen der Gesamtpreis des Tunnelprofils auf die einzelnen Arbeitsgattungen so verteilt werden können, dass für die vordern Arbeiten eher etwas niedrige Preise, für die hintern verhältnismässig mehr bezahlt wird. Auf den raschen Durchschlag, wie es etwa vorgekommen ist, eine Prämie zu setzen, ist geradezu ein Fehler.

In *kurzen Tunneln* braucht also der Stollen nicht vorzueilen. In schwierigen Fällen mit Druck wird er nur soweit voran sein, als zu einer zweckentsprechenden Ausführung von Ausweitung und Mauerung durchaus nötig

1) Vergl. F. Rothpletz: «Ein- und zweispurige Alpentunnel». — Bd. XLVIII, S. 73 (vom 11. August 1906).

2) Wir können angesichts des unbefriedigenden Zustandes des neuen Hauenstein-Tunnels nicht umhin, auf unsere Bemerkungen zu der dort beobachteten «Rekord»-Sucht hinzuweisen (Bd. LXIV, S. 67 und S. 70 vom 1. August 1914), umso mehr als jene «Rekordleistungen» damals auch in Ingenieurkreisen da und dort sichtlich imponierten. Red.

ist. Stark gebräches oder rolliges Gebirge wird man nicht durch rasches Durchtreiben eines Stollens lockern und in Bewegung bringen, sondern auch mit diesem, sogar nur in Ringlängen, schrittweise vorwärts gehen.

Vollaussbruch und Mauerung können ringweise ausgeführt werden. Dabei werden der ganze Ausbruch und die Mauerung in einem Ring fertig erstellt, bevor damit in den Nachbarringen begonnen wird.

Um in einem längern Tunnel die Kontinuität der Arbeit zu sichern, müssen vom Sohlenstollen aus an mehreren Stellen für gleichzeitige Inangriffnahme der Arbeit Aufbrüche gemacht werden. Bei den zahlreichen Tunnelbauten der österreichischen Staatsbahn hat sich hieraus die „neue österreichische“ Tunnelbauweise entwickelt. In regelmäßigen Abständen (4 Ringlängen) werden sogen. Aufbruch-Ringe (1) ausgeführt, es folgen die Nachbarringe (Nachbruchringe) (2) und zuletzt der sogen. Schlussring (3). Dadurch entsteht Kontinuität der Arbeit; innerhalb der fünf Ringe 1, 2, 3, 2, 1 ist die Arbeit eine fortlaufende (Abb. 1).

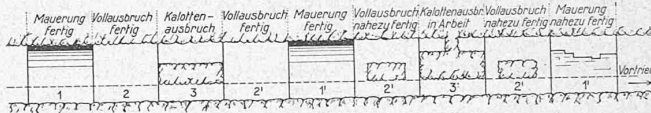


Abb. 1. Schema der neuen österreichischen Tunnelbauweise.

Das setzt natürlich einen Sohlenstollen voraus, der um ein gewisses Mass voreilt. In Gebirge, wo mit äusserster Sorgfalt vorgegangen werden muss, z. B. unter geringer Ueberlagerung, wo Tagbrüche unter allen Umständen zu vermeiden sind, kann, da hier der Stollen nicht voreilen darf, nicht ringweise abgebaut werden. In nur einem Ring mit Vollaussbruch und Mauerung abzuwechseln, geht schon deshalb nicht, weil jeweilen ein Teil der Arbeiter unbeschäftigt und im gegebenen Moment nicht gleich wieder zur Hand wäre. Der bautechnische Nachteil liegt aber darin, dass die Brust bei jedem Ring gebölzt werden muss; dies verlangsamt die Ausbrucharbeit ungemäss und widerspricht unserm Grundsatz. Die hohe Brust selbst wird auch drückend werden und der Vollaussbruch wird jeweils in bereits gelockertem Gebirge angesetzt. Namentlich bei Wahl einer kleinen Ringlänge, bei der alle 4 bis 6 m immer die ganze Brust verzogen werden muss, würden sich ein Baubetrieb und Zustände entwickeln, die mit Sicherheit zu Druck und Tagbrüchen führen müssten und dem Tunnel selbst kein gutes Alter sichern würden.

In der Arbeit muss unbedingt eine gewisse Kontinuität bestehen. Unsere grössern schweizerischen Tunnelbauten sind grösstenteils mit „fortlaufendem“ Betriebe ausgebrochen und ausgemauert worden. Bei dieser Betriebsart sind die einzelnen Arbeitsstufen auf eine gewisse Tunnelänge je auf einen oder mehrere Ringlängen verteilt. So arbeitet z. B. eine Arbeitergruppe an einer Stelle am Firststollen oder Firstschlitz und geht kontinuierlich mit der gleichen Arbeit von Ring zu Ring weiter. Hinter ihr her rückt eine andere Gruppe nach, die in gleicher Art die Kalotte ausbricht, eine weitere die Strossen usw., zuletzt folgt die Mauerung, Widerlager- und Gewölbemauerung meist ebenfalls abgestuft. Die Entfernung, auf der sich die Arbeiten folgen, kann sehr verschieden gehalten werden. Sie kann mehrere Ringlängen betragen, kann aber auch auf eine oder gar halbe Ringlänge vermindert werden; letztgenanntes ist in Druckgebirge notwendig.

Die fortlaufende Bauweise hat den Vorteil der kleineren Zahl von Gewölbe-Schlüssen; auch Aufbruchringe,

die oft leiden, kommen weniger häufig vor. Ihre Lage kann freier gewählt werden, sie kann insbesondere in vielen Fällen an weniger druckhafte Stellen verlegt werden. In nicht zu langen Druckstrecken grosser Tunnel können sie beidseitig im sichern Gebirge ausgeführt werden, worauf die schlechte Stelle von einer oder beiden Seiten aus ohne Aufbruch durchgehend ausgeführt wird. Es findet kein oder nur ausnahmsweise an den Aufbruchstellen Brustverzug statt, wenn nicht gerade plastisches oder schwimmendes Gebirge vorliegt. Die Gruppen arbeiten freier, korrekter und rascher, *wir gelangen rascher zum fertigen Tunnel*. Die Bauweise ist auch wirtschaftlicher, da sie eine freiere und fortlaufendere Arbeit sichert mit geringerer Zahl der teuern Aufbrüche und Schlüsse.

Muss in einem langen Tunnel einem raschen Vortrieb mit den hintern Arbeiten Schritt gehalten werden, so muss an diesen eine den höhern Leistungen entsprechende Arbeiterzahl beschäftigt werden. Je mehr Leute wir hinstellen, desto weiter auseinander müssen die einzelnen Arbeitsstellen liegen, sonst stören sich die Gruppen, und jede Störung an einer Stelle macht sich gleich in den andern fühlbar. Will man die einzelnen Arbeitsgattungen auf eine einzige Strecke verteilen, d. h. nur an einer Stelle gleichzeitig die gleiche Arbeit ausführen (Abbildung 2), so ergibt sich zwischen Ort (A) und Gewölbeschluss (B) eine Länge von wenigstens 1200 bis 1300 m. In Wirklichkeit, namentlich bei forciertem¹⁾ Betrieb, wird sie oft grösser sein, 1500 m und mehr.

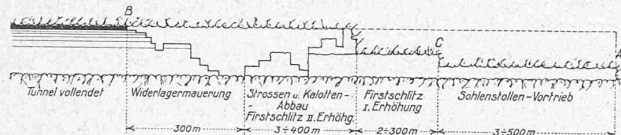


Abb. 2. Schema fortlaufender Bauweise mit je einem Arbeits-Ort.

Bei einem Tagesfortschritt des Abbaues und der Mauerung von 10 m, was viel ist, wird die fertige Mauerung (B) die Stelle A in fünf Monaten erreichen. Für Gebirge, das zu Druckbildung oder chemischer Veränderung neigt, ist das eine zu lange Zeit. Wohl gestattet der Sohlenstollen schlechte Partien vorweg in Angriff zu nehmen, abzubauen und zu mauern. Da dies aber den Betrieb stört, wird man in vielen Fällen versucht sein, dies nicht zu tun, oder man entschliesst sich zu spät dazu. Bei mehreren schweizerischen Tunnelbauten, Weissenstein, Lötschberg (Nordseite), Grenchenberg, Simplon II hat sich²⁾ eine Betriebsweise ausgebildet, die diesem Rechnung trägt. Dabei wird die Strecke B bis C auf Längen von 64 m bis max. 120 m (Vielfache der Ringlänge) vermindert. Jede dieser Strecken erhält einen Aufbruch, von dem aus sich über die betreffende

¹⁾ «Forciert» heisst ein Betrieb dann, wenn erstrebt wird, nicht nur die Bau- und Betriebsweise anzuwenden, die eine angefahrne Stelle in kürzester Frist zum fertigen Tunnel führt, die somit naturgemäss und ganz von selbst auch rascheste und wirtschaftlichste Durchführung des Baues bei normaler, d. h. wirtschaftlichster Besetzung der einzelnen Arbeits-Orte und ebensolcher Verwendung der Materialien (Sprengstoffe u. a.) und Installationen, zur Folge hat, sondern bei dem das Ziel besteht, unter allen Umständen, d. h. durch verstärkte, unwirtschaftliche Besetzungen oder Materialaufwände, ja selbst unter Hintansetzung anderer Rücksichten, grösste Schnelligkeit des Fortschrittes einzelner Arbeitstadien (z. B. Vortrieb) oder des ganzen Baues zu erreichen. An solchem Vorgehen kann eine Unternehmung Interesse haben, wenn grosse laufende Generalunkosten dadurch so gekürzt werden, dass der Gesamt-Vorteil den Mehraufwand an Baukosten überwiegt. Vom Standpunkt des Bauherrn ist dies im Tunnelbau *nur dann* zulässig, wenn von der Fertigstellung eines grossen Tunnels die Betriebsöffnung einer neuen grossen Linie, d. h. der Beginn eines *neuen* Verkehrs, somit der Verzinsung eines grossen Baukapitals abhängt; immerhin auch dann nur unter der Voraussetzung, dass die Qualität des Bauwerkes darunter nicht leidet. Oertlich darf oder muss gelegentlich eine einzelne Stelle forciert werden, um beginnender Bewegung zuvor zu kommen. Der «forcierte Betrieb» ist also nicht identisch mit unserem allgemeinen Grundsatz des Tunnelbaues und mit ihm nicht zu verwechseln.

²⁾ Unter Leitung von Ing. F. Rothpletz.

Strecke die sämtlichen Stufen von Ausbruch und Mauerung in kurzer Entfernung folgen (Abbildung 3). Ist das Gebirge standfest, dann kann die Mauerung, um Ausbruch und Mauerung nicht abwechseln zu lassen, zuhinterst mit einem einzigen Ort (bezw. einem Widerlager- und einem Gewölbe-Ort) folgen. Ist Druck oder chemische Veränderung zu befürchten, so kann in jeder Ausbaustrecke auch gleich die Mauerung folgen. Bei Auftreten von Druck können die Arbeitstrecken und damit die ganze Strecke B bis C gekürzt werden. Im einzelnen Angriff können sich die Arbeitstadien sehr nahe, auf Ringlänge, sogar halbe Ringlänge folgen. Wo dies notwendig erscheint, können einzelne Strecken ohne wesentliche Störung des ganzen Betriebes rasch abgebaut und ausgemauert werden, sogar von zwei Seiten her. Der Betrieb lässt sich ohne weiteres der gestellten Forderung in weitgehendem Masse anpassen.

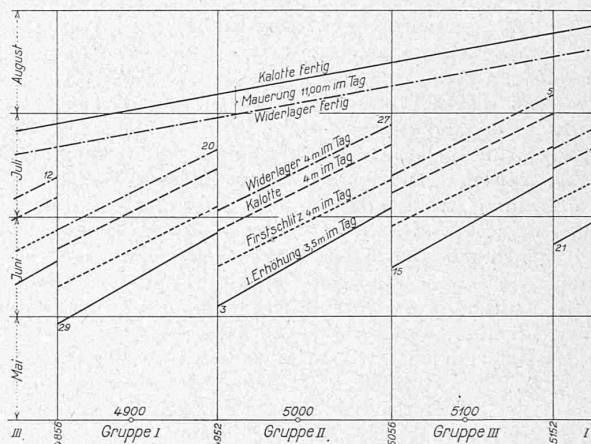


Abb. 3. Ausschnitt aus dem Bauprogramm des Simplontunnels II.

Ein kurzer Tunnel in schwierigem Gelände, dessen Ausführung grosse Sorgfalt erheischt, wird, wenn tunlich, von beiden Seiten, wo dies aus bestimmten Gründen nicht möglich ist auch nur von einer Seite her, zweckmässig auch mittels kontinuierlichem Betriebe abgebaut und ausgemauert und zwar derart, dass die einzelnen Stufen je auf einen, oder sogar auf einen halben Ring beschränkt bleiben, die sich unmittelbar folgen. Bei Sohlenstollen-Vortrieb wird sich dadurch folgendes Bild ergeben:

Sohlenstollen	1 bis 2 Ringe
Firstschlitz oder -Stollen	1 Ring
Kalottenausbruch	1 "
Strossenabbau	1 "
Widerlagermauerung	1 "
Gewölbemauerung	1 "
Sohlungewölbe	1 "
Total	7 bis 8 Ringe zu 8 m = 56 bis 64 m

Ist noch grössere Sorgfalt nötig, so können diese Längen noch vermindert werden:

Sohlenstollen	1 Ring
Firstschlitz oder -Stollen	1/2 "
Kalottenabbau	1/2 "
Strossenabbau	1/2 "
Widerlager und Gewölbemauerung	1/2 "
Sohlungewölbe	1/3 "
Total	3 1/2 Ringe = 28 m

Beim Firststollenbetrieb:	
Firststollen	1 1/2 Ring
Kalottenabbau	1 "
Gewölbemauerung	1 "
Sohlenschlitz	1 "
Strossenabbau	} 2 Ringe (übers Kreuz)
Widerlagermauerung	
Sohlungewölbe	1 Ring
Total	7 1/2 Ringe zu 8 m = 60 m

Auch hier kann eine Verminderung der Längen auf die Hälfte stattfinden; Sohlenschlitz und Strossenabbau können sogar zusammengezogen werden. Eine allzustarke Längenreduktion ist indessen als allgemeine Regel nicht zu empfehlen, da die Bewegungsfreiheit leidet, was wiederum die Arbeitsdauer verlängert. Das Mass der Reduktion ist von Fall zu Fall zu prüfen, und den vorliegenden Umständen, der Erfahrung entsprechend, allenfalls auch durch Ausprobieren, anzupassen.

Mit diesen Ausführungen soll natürlich nicht versucht werden, irgendeine Bau- oder Betriebsweise als die „allein seligmachende“ hinzustellen. Wenn irgendwo, so ist es im Tunnelbau schädlich, nach allgemein gültigem Schema arbeiten zu wollen oder gar nach „Routine“. Vor allem sind die geologischen und besondern Verhältnisse des zu bauenden Tunnels zu untersuchen und darnach jene Bau- und Betriebsweise zu wählen, die bei den zu erwartenden Verhältnissen *in kürzester Frist nach Aufschluss des Gebirges zum fertig gemauerten Tunnel führt*. Damit ist die Sache aber nicht getan. Auch während des Baues ist für sachgemässe und den Verhältnissen entsprechende Durchführung zu sorgen und stets darauf zu achten, nicht nur ob programmgemäss und korrekt gearbeitet wird, sondern ob Bau- und Betriebsweise auch stets den angetroffenen Verhältnissen andauernd entsprechen. Nötigenfalls sind sie zu ändern.

Dies erfordert aber, dass der Bauweise, besonders dem Abbau erhöhte Aufmerksamkeit geschenkt werde, sowohl der Systemwahl *wie der Durchführung in allen Einzelheiten*. Denn, wie Rziha schon 1872 sagte: „Zur grössten Kunst des Tunnelbauers gehört es, den Druck fernzuhalten“.

Die Wasserkraftanlage „Gösgen“ an der Aare der A.-G. „Elektrizitätswerk Olten-Aarburg“.

Mitgeteilt von der A.-G. «Motor» in Baden.

(Fortsetzung von Seite 24.)

Die Wehrschützen.

Die zweiteiligen Abschlusschützen haben entsprechend der Stauhöhe der Wehrschwelle bei vier Schützen eine Höhe von 6,10 m, für den Grundablass links eine solche von 6,60 m und eine theoretische Stützweite von je 16,76 m. Zur Verringerung der Kolkgefahr an der Flusssohle und an den Ufern wurde, wie bereits früher erwähnt, die Regu-

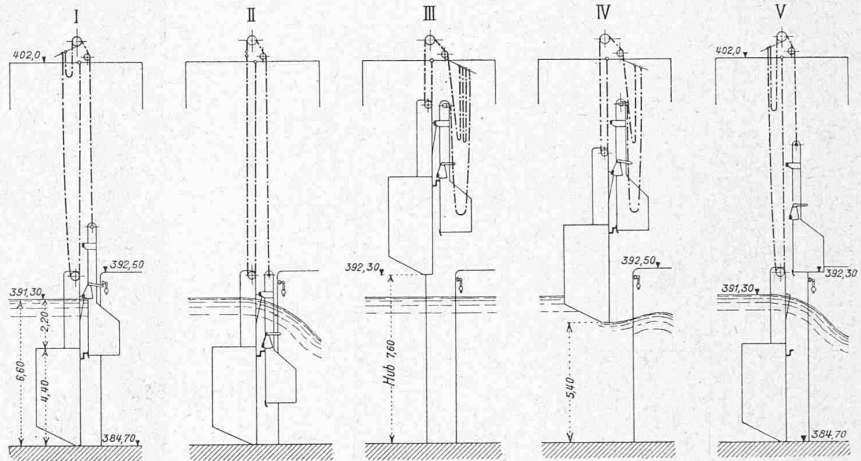


Abb. 29. Schematische Darstellung der verschiedenen Doppelschützen-Stellungen. — 1 : 300.

lierung des Oberwasserspiegels durch Ueberfall angestrebt. Die Schützen sind daher als sogenannte Doppelschützen ausgeführt. Es besteht die Möglichkeit, die obere Schütze bis 2,30 m abzusenken, womit ein entsprechender Ueberfall-Querschnitt frei wird (Abb. 28, Stellung II). Bei vollständig abgesenkten fünf oberen Schützen können durch den Ueberfall 590 m³/sek abgeführt werden, sodass mit den durch den Kanal fliessenden 300 m³/sek Hochwassermengen bis 900 m³ abgeführt werden können, ohne dass die Schützen gezogen werden müssen. Nur bei noch grösseren Hochwassern, die aber nur ganz kurze Zeit andauern, tritt dies ein. Bei dem dazumal sich einstellenden Ueberdruck zwischen Ober- und Unterwasser von nur etwa 1,5 m ist aber auch die Gefahr der Auskolkungen eine viel geringere. Nach den bisherigen zweijährigen Betriebserfahrungen hat sich die Regulierung durch Ueberfall gut bewährt und sind oberhalb wie unterhalb des Stauwehres keine Kolkungen aufgetreten, die bei der vorhandenen Fundationstiefe irgendwelche besonderen Sicherungsarbeiten notwendig machten. Die mittlere, bald nach Inbetriebsetzung eingetretene Kolk-tiefe unterhalb des Wehres reicht nur bis 2,50 m unter Oberkant-Abfallboden, also 7,0 m über Schwellenfundament. Ebenso sind an den beidseitigen Uferböschungen vom Wehr abwärts keine Angriffe eingetreten, die eine Ergänzung des Uferschutzes erforderten.

In Abbildung 29 sind die verschiedenen Stellungen der beiden Schützen schematisch dargestellt. Bei Stellung I fliesst alles Wasser durch den Kanal ab und schliessen beide Schützen die Wehröffnung bis zur vollen Stauhöhe von Kote 391,30 ab, während bei Stellung II die obere Schütze vollständig hinter die untere abgesenkt ist, sodass der ganze Ueberfallquerschnitt frei wird. Selbstverständlich ist jede Zwischenstellung der oberen Schütze möglich, sodass der Stauspiegel genau auf der verlangten Höhe von Kote 391,30 innegehalten werden kann. Hat die obere Schütze die Endlage II erreicht und muss noch mehr Wasser durchgelassen werden, so können bei weiterem Drehen des Windwerkes in gleicher Richtung beide Schützen zusammen gehoben werden, wobei die obere Schütze von

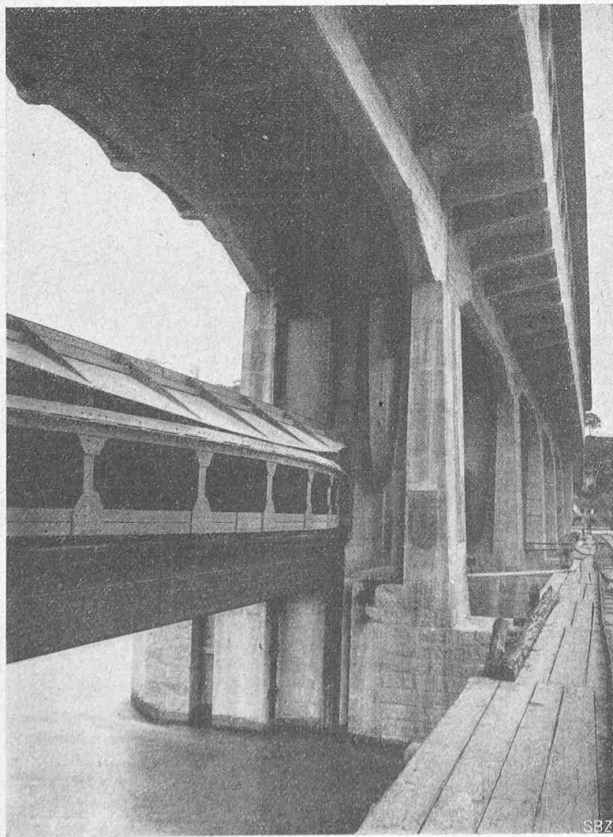


Abb. 30. Doppelschütze von der Unterwasserseite, in Stellung III.