

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 59/60 (1912)  
**Heft:** 14

**Artikel:** Stützmauer in Eisen-Beton  
**Autor:** [s.n.]  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-29968>

#### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### **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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### **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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 19.02.2026

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

später verschieben und die Bremsung einleiten kann. Dabei tritt also nur Luft aus der Seitenleitung und dem Hülsbehälter in die Hauptleitung, ohne dass dieser gleichzeitig irgend welche Luftmenge entzogen wird. Das hat aber zur Folge, dass der Druck in der Hauptleitung langsamer sinkt, als ohne solchen Luftzutritt, und erst recht langsamer als durch die Luftentziehung bei den Schnellbremsungen. Daher kommt auch die Unstetigkeitsstelle mit geringerem Druckunterschied je an der folgenden Abzweigung an und verzögert das Ansprechen des dortigen Bremsventils.

Man könnte unter Durchschlagszeit auch die Zeit verstehen, welche zwischen dem Umlegen des Bremshahnes auf der Lokomotive und dem *Anlegen der Bremsklötzte an die Räder der Wagen* verstreicht. Und das wäre eigentlich die für die Bremswirkung entscheidende Zeit. Dann würde noch eine weitere Verzögerung dadurch hinzukommen, dass zwischen dem Ansprechen des Bremsventils und der Verschiebung des Bremskolbens ebenfalls eine gewisse Zeit erforderlich ist. Aber auch hierbei würden sich die Betriebsbremsungen ungünstiger stellen, als die Schnellbremsungen. Denn bei ihnen wird nur eine geringere Bremswirkung verlangt und daher auch nur ein kleinerer Ueberdruck zur Verschiebung des Bremskolbens und zum Anpressen der Bremsklötzte hergestellt. Dieser kleinere Ueberdruck erfordert aber eine längere Zeit, um den Bremskolben in Bewegung zu setzen und genügend zu verschieben.

Unabhängig davon, was man bei den Versuchen unter der Durchschlagszeit versteht, beginnt also schon der ganze Durchschlagsvorgang bei den Betriebsbremsungen etwas später, als bei den Schnellbremsungen. Ausserdem vergeht eine längere Zeit bis zum Ansprechen der Bremsventile und erst recht bis zum Anlegen der Bremsklötzte. Und das kann ganz gut zur Folge haben, dass die beobachtete Durchschlagszeit bei den Betriebsbremsungen grösser ausfällt, trotzdem sich, wie man aus den Formeln schliessen muss, die Unstetigkeit in der Hauptleitung rascher fortbewegt.

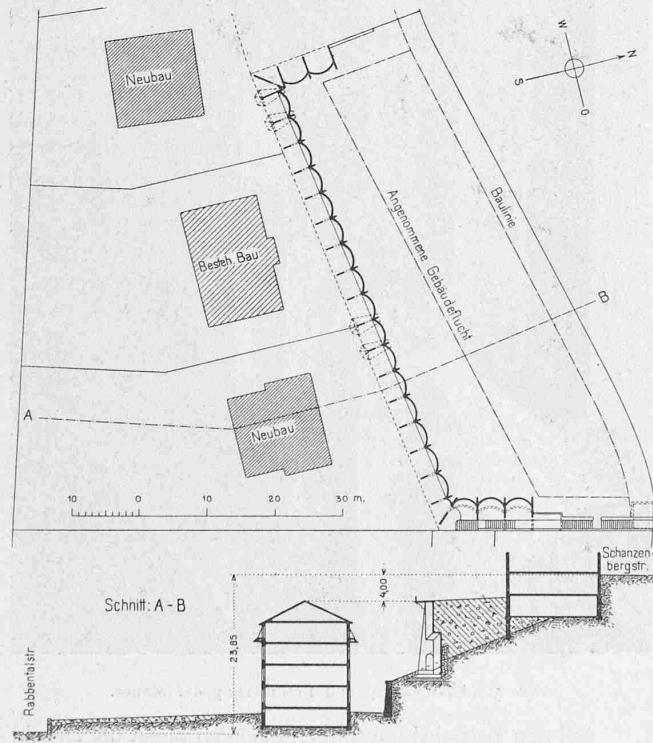


Abb. 1. Lageplan und Querprofil A-B. — Masstab 1:1000.

Wenn bei *Saugbremsen* am Bremshahn ein Durchtrittsquerschnitt  $F_b < F$  angewendet wird, so müsste das Einströmen der Außenluft nach den Gleichungen (34) bis (37) berechnet werden, nur wären  $F$ ,  $w_e$  und  $p_e$  zu ersetzen durch  $F_b$ ,  $w_b$  und  $p_b$ . Dann käme aber noch ein neuer Teilvorgang hinzu, nämlich der Uebergang der Luft aus dem

Hahnquerschnitt  $F_b$  mit  $w_b$  und  $p_b$  in den Rohrquerschnitt  $F$  mit  $w_e$  und  $p_e$ . Das wäre eine *plötzliche Erweiterung*, deren Widerstand in der Art eingeführt werden müsste, wie es schon von *Grashof* gezeigt worden ist<sup>1)</sup>. Der Einfluss der Anwendung eines kleineren Durchtrittsquerschnittes  $F_b$  auf den Durchschlagsvorgang würde sich wesentlich gleichartig feststellen lassen, wie es eben für die Ueberdruckbremsen geschehen ist.

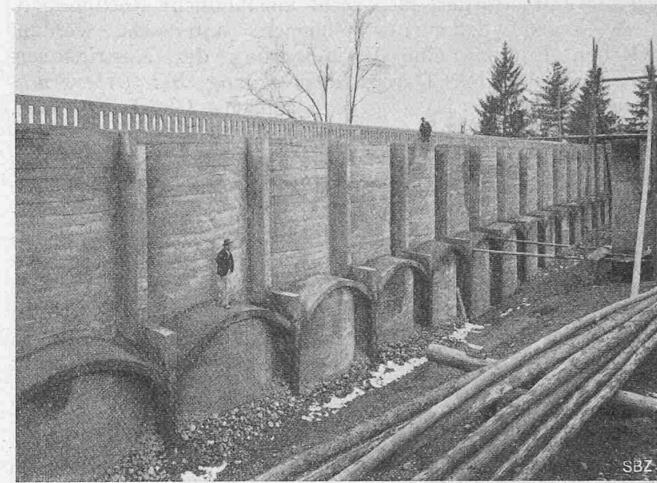


Abb. 6. Fertige Mauer von hinten gesehen.

Die vorstehenden Entwickelungen beanspruchen nicht, eine abschliessende Theorie des Durchschlagsvorganges zu bieten. Sie sollten vielmehr nur versuchen, in möglichst einfacher Weise die Widerstände zu berücksichtigen. Immerhin wird erwartet werden dürfen, dass der *wesentliche Verlauf* der verschiedenen Grössen in den Zahlen-tafeln richtig dargestellt erscheint, namentlich wird sich wohl die wirkliche Durchschlagsgeschwindigkeit gegenüber der adiabatischen Schallgeschwindigkeit gleichartig verhalten, wie die berechnete gegenüber der isothermischen. Die besonderen Zahlenwerte weichen dagegen wahrscheinlich noch bedeutend von den richtigen ab. Denn sie sind in hohem Grade von der Art und Grösse der Widerstände, namentlich beim unstetigen Vorgang, abhängig. Ausserdem entfernt sich die vereinfachende Annahme der überall gleichen Temperatur jedenfalls stark von der Wahrheit. Wie der ganze Vorgang wirklich verläuft, liesse sich nur durch weitere, eingehendere Versuche entschieden. Diese dürften sich aber nicht auf die Bestimmung der Durchschlagszeit beschränken, sondern es müssten ausserdem an mehreren Stellen der ganzen Bremsleitung noch der Druck, die Temperatur und die Strömungsgeschwindigkeit gemessen werden. Erst wenn alle diese Grössen durch unmittelbare Beobachtung bekannt sind, wird es möglich sein, mit einiger Sicherheit auf die Gesetze zu schliessen, denen die einzelnen Teilvergänge folgen. Solche genauere Untersuchungen werden aber jedenfalls auf bedeutend verwickeltere Gleichungen führen, als sie hier hergeleitet wurden.

### Stützmauer in Eisen-Beton.

Unterhalb des Kursaals Schänzli in Bern, längs der Schanzenbergstrasse, wurde im Jahre 1911 zum Zwecke der Ueberbauung eines steilen Hanges dieser mit Hülfe einer grossen Stützmauer in Eisen-Beton entsprechend terrassiert. Abbildung 1 zeigt das Objekt in Plan und Profil, sowie die Hauptmass-Verhältnisse der inzwischen durch die Architekten *Lutstorf & Mathys* in Bern z. T. durchgeführten Ueberbauung. Die Länge der Mauer beträgt, einschliesslich der beiden Flügelmauern etwa 100 m, ihre Höhe talseitig im Mittel rund 10 m. Ihre Hauptfront setzt

<sup>1)</sup> *Grashof*, «Theoretische Maschinenlehre», Band I, § 76.

sich zusammen, wie Abbildung 2 im Einzelnen erkennen lässt, aus 25 cm starken, rippenförmigen Stützen im Seitenabstand von je 4,10 m, zwischen die sich liegende, in

unter Bestimmung des Erddruckes sowohl analytisch wie graphisch nach Müller-Breslau. Der analytischen Berechnung lag folgende Erddruckformel zu Grunde:

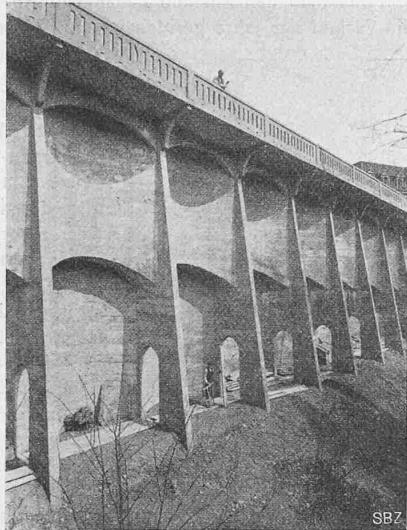


Abb. 7. Fertige Mauer von vorn.

halber Höhe nach vorn abgesetzte Gewölbe spannen. Diese übertragen den Erddruck auf die Rippen, die auf entsprechend ausgebildeten Fundament-Verbreiterungen ruhen; die Abmessungen der Einzelteile sind der Abbildung 2 zu entnehmen. Die oben der liegenden Gewölbe ruhen auf normalen Gewölben von 1,15 m Breite, die zugleich die Stabilität der Mauer erhöhen sollen. Eine abermalige Querverspannung durch Gewölberippen erfolgt unter der auf Konsole 1,50 weit vorkragenden Gesimsplatte, die eine ebenfalls in Eisenbeton konstruierte Brüstung tragen (vergl. Abbildungen 3 bis 7). Der Anzug der Vertikallstützen ist 1:8. Als Armierung wurden eingelegt in die untern liegenden Gewölbe 8 × Ø 8 mm per m sowohl an innerer wie äusserer Leibung, in den Zwischen gewölben 8 × Ø 10 und im oben liegenden Gewölbe 7 × Ø 8 per m innen und aussen. Das System der liegenden Gewölbe zwischen Vertikallrippen wurde auch an den Flügelmauern bis auf eine Mauerhöhe von rund 5 m angewendet; bei geringerer Höhe wurde es dann abgelöst durch eine einfache Stützmauer mit breiter horizontaler

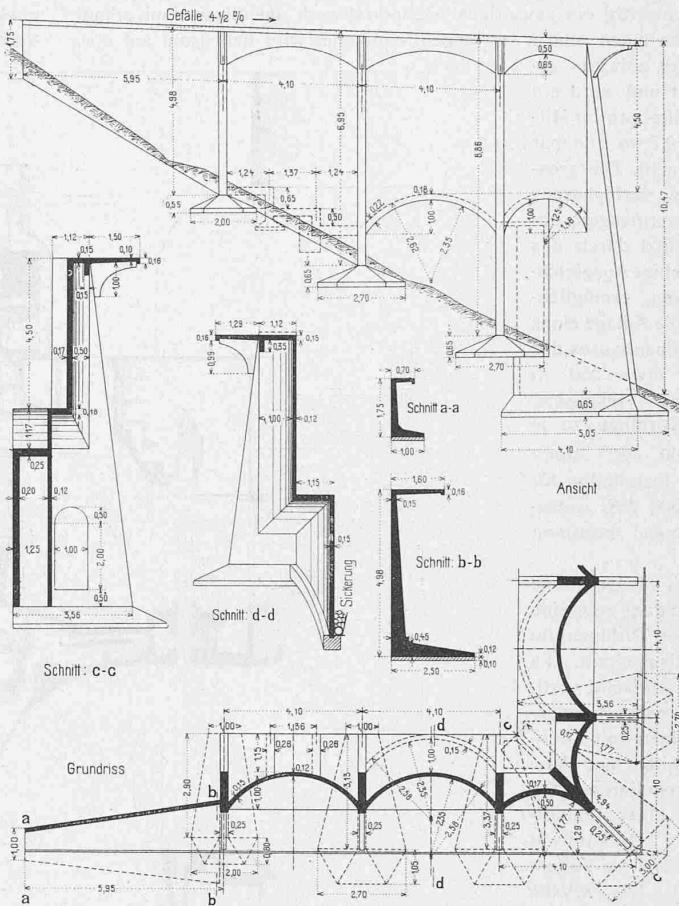


Abb. 2. Einzelheiten der westlichen Ecke. — Masstab 1:200.

$P = \frac{1}{2} \gamma h^2 \cdot \operatorname{tg}^2 \left( 45 - \frac{\varphi}{2} \right)$  worin, gestützt auf mehrfache Versuche  $\gamma$  zu 1,6 und  $\varphi = 35^\circ$  angenommen waren. Die Gewölbe wurden nach der graph. Methode von Méry bestimmt; sie erfahren bei einer Drucklinie im äussern Drittel der Scheitel- und innern Drittel des Kämpfer-Querschnitts max. 39 kg/cm<sup>2</sup> Druck. Als rechnerische Maximalspannungen treten auf 40 kg/cm<sup>2</sup> für Beton und 1200 kg/cm<sup>2</sup> im Eisen. Die durch die keilförmige Form der Fundament-Platten möglichst gleichmässig verteilte Bodenpressung erreicht im max. 2 kg/cm<sup>2</sup>. Schliesslich sei noch mitgeteilt, dass die Bauzeit etwa vier Monate betrug und dass die Gesamtkosten, ohne Erd- und Entwässerungsarbeiten, sich auf rund 40 000 Fr. belaufen haben.

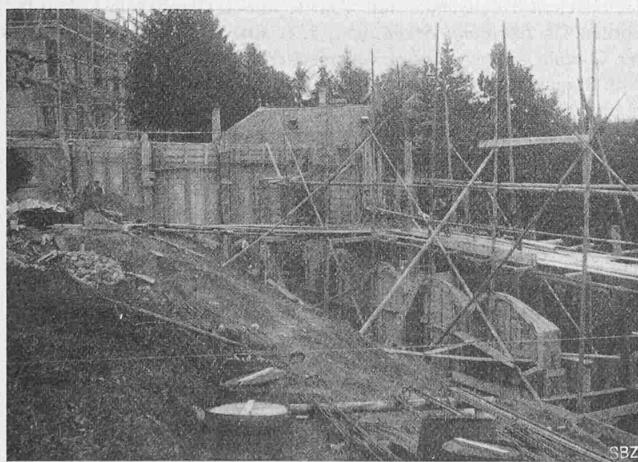


Abb. 3. Einschalung der östlichen Ecke, von hinten.

Fundamentplatte (vgl. Abbildung 2, Schnitte a-a und b-b). Die Berechnung der von Ingenieur S. de Mollins in Lausanne entworfenen und durch die Unternehmer Anselmier, Müller & Cie. in Bern ausgeführten Mauer erfolgte



Abb. 4. Blick von hinten in die vollendete östliche Ecke.

bekannt.  $w_b$  und  $p_b$  sind dann nach den Grenzbedingungen (46) und (47) zu finden. Es wird nämlich für:

$$\left. \begin{array}{l} w_b p_b > s p_a: w_b = s; p_b = \frac{F w_u}{F_b s} p_u, \\ w_b p_b < s p_a: p_b = p_a; w_b = \frac{F p_u}{F_b p_a} w_u. \end{array} \right\} \quad \dots \quad (50)$$

Die Werte von  $p_e$  und  $w_e$  müssten endlich unter Berücksichtigung von (46) und (48) aus (44) ausprobiert werden. Dieser Fall erfordert also recht umständliche Rechnungen.

Es soll daher nur allgemein untersucht werden, welchen Einfluss eine Verkleinerung des Austrittsquerschnitts auf den Durchschlagsvorgang der *Ueberdruckbremse* ausübt. Da zeigt nun zunächst Gleichung (22a), wenn man in ihr  $x$  und  $p_e$  als *laufende Koordinaten* auffasst, dass der Zusammenhang dieser beiden Grössen nur von  $w_u$  und  $p_u$  abhängt.  $w_u$  und der ganze unstetige Vorgang sind aber nach (26), (30) und (31) durch  $p_i$  und  $p_u$  vollständig bestimmt. Ist nun  $p_i$  gegeben, und hat man  $p_u$  gewählt, so ist damit nicht nur  $v_u$ ,  $w_u$  und  $c$  als bekannt anzusehen, sondern auch der Verlauf der Kurve  $p = f(x)$  von der Unstetigkeitsstelle nach auswärts zu. Wendet man jetzt einen Austrittsquerschnitt  $F_b < F$  an, so muss dadurch der Druck  $p_e$  am Ende des Rohres erhöht, also  $p_u$  genähert werden. Daher nimmt nach (22a)  $x$  ab, und von der Kurve  $p = f(x)$  kommt nur noch ein kürzeres, aber, wie früher, mit  $p_u$  beginnendes Stück in Frage. Das heisst nun nichts anderes, als dass die Unstetigkeitsstelle für einen bestimmten Wert von  $p_u$  im Rohre weiter nach aussen hin rückt, oder, dass die Unstetigkeit an einer bestimmten Stelle des Rohres mit einer kleineren Druckdifferenz  $p_i - p_u$  ankommt. Je kleiner aber diese Differenz ist, desto mehr nähert sich die Durchschlagsgeschwindigkeit der Schallgeschwindigkeit. Man sollte daher erwarten, dass der Durchschlag bei den Betriebsbremsungen rascher erfolgt, als bei den Schnellbremsungen.

Dieses Ergebnis ist jedoch durch die Beobachtungen nicht bestätigt worden, vielmehr hat sich gezeigt, dass die Durchschlagszeit bei den Betriebsbremsungen grösser ausfällt als bei den Schnellbremsungen. Hr. Langrod kommt bei seinen Untersuchungen auch auf diesen Widerspruch und sucht ihn dadurch zu erklären (L. 1910, S. 59), dass in seinen Formeln die Widerstände in der Leitung nicht berücksichtigt worden sind. Nach den letzten Erörterungen kann aber dieser Erklärungsversuch nicht befriedigen.

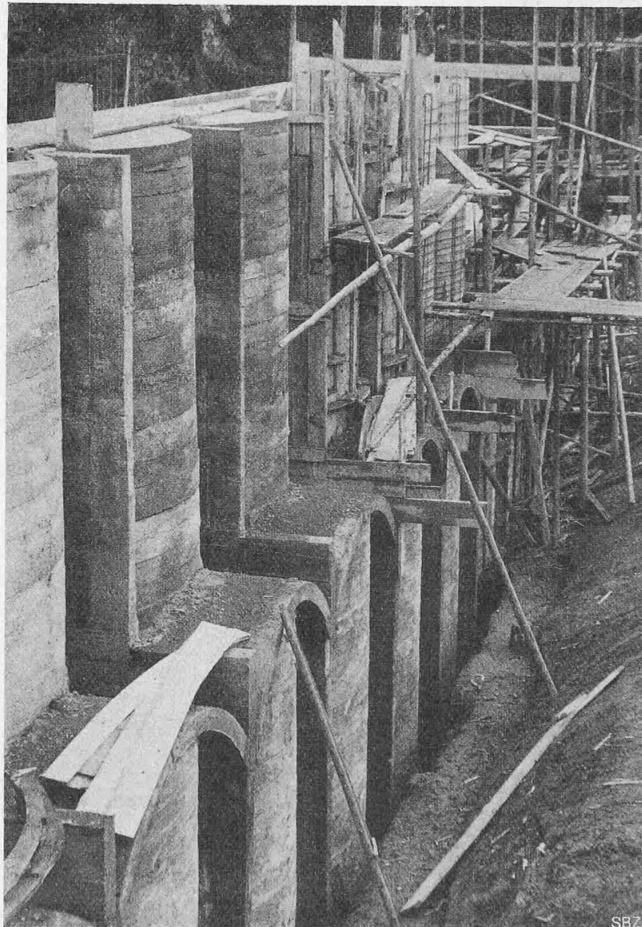
Die wahre Ursache des Widerspruches liegt vielmehr jedenfalls darin, dass mit den Worten „Durchschlagsgeschwindigkeit“ und „Durchschlagszeit“ nicht immer die gleichen Begriffe verbunden werden. In den Formeln bedeutet nämlich „Durchschlagsgeschwindigkeit“ die Geschwindigkeit, mit der die Unstetigkeitsstelle, d. h. der Beginn der Druckabnahme, im Rohre forschreitet. Bei den Versuchen dagegen versteht man darunter die Geschwindigkeit, „mit der sich das aufeinanderfolgende Ansprechen der Bremsventile nach dem Umlegen des Bremshahnes durch den Lokomotivführer im Zuge fortpflanzt“ (L. 1910, S. 56). Und dabei liegen allerdings die Verhältnisse für die Betriebsbremsungen ungünstiger, als für die Schnellbremsungen. Den folgenden Erörterungen über diese Frage ist eine *Westinghouse-Schnellbremse* zu Grunde gelegt, wie sie sich z. B. in Brosius und Koch, „Die Schule des Lokomotivführers“, ausführlich beschrieben findet.

Bei den Schnellbremsungen wird nämlich durch das Drehen des Bremshahnes in diesem selbst eine Oeffnung frei gemacht, sodass das Ausströmen der Luft aus der Bremsleitung und damit der Durchschlagsvorgang gleichzeitig mit dem Drehen des Hahnes beginnen können. Bei den Betriebsbremsungen öffnet dagegen der Hahn die Leitung gar nicht unmittelbar, sondern er veranlasst nur die Erhebung des Ausgleichsventils im unteren Teil des Hahnes, und erst wenn dieses geöffnet hat, kann die Luft aus der Leitung durch eine andere, kleinere Oeffnung auszuströmen beginnen. Da nun das Ausgleichsventil eine gewisse Masse besitzt, so muss zwischen dem Umlegen des

Hahnes und der genügenden Erhebung dieses Ventils eine gewisse Zeit verstreichen, und der Durchschlagsvorgang kann daher überhaupt erst etwas später beginnen.

Dazu kommt dann noch, dass die Bremsventile an den Wagen des Zuges gar nicht unmittelbar von der Druckabnahme in der Leitung beeinflusst werden. Denn wenn die Unstetigkeitsstelle in der Hauptleitung an der Abzweigung zu einem solchen Ventil angekommen ist, so muss sich erst die Seitenleitung entleert haben, ehe das Ventil ansprechen kann. Bei den Schnellbremsungen sinkt nun der Druck in der Leitung stark, und der entstehende grosse Druckunterschied hat zur Folge, dass sich die Seitenleitung rasch entleert und dass das Funktionsventil rasch und ganz verschoben wird. Dabei setzt es aber zunächst das Rückschlagsventil in Tätigkeit und lässt durch dieses umgekehrt wieder Luft aus der Hauptleitung durch die Seitenleitung in den Bremszylinder eintreten. Diese Luftentziehung überwiegt jedenfalls und beschleunigt die Druckabnahme in der Hauptleitung. Daher kommt die Unstetigkeitsstelle mit einem grösseren Druckunterschied, als ohne Entziehung, je an der nächsten Abzweigung an und bringt dadurch das dortige Bremsventil auch rascher zum Ansprechen.

#### Stützmauer in Eisen-Beton.



SBZ

Abb. 5. Einschalung und Betonierung der Mauer.

Bei den Betriebsbremsungen dagegen bleibt die Druckabnahme in der Hauptleitung von vornherein kleiner. Die Seitenleitungen können sich daher nur langsamer entleeren. Am Anfang der Druckabnahme in ihnen, noch ehe der Hauptkolben des Funktionsventils mit seiner Bewegung begonnen hat, wird sogar durch die Füllnuten in diesem Kolben Luft aus dem Hülfsbehälter in die Hauptleitung strömen und die Druckabnahme in ihr verzögern, so dass sich der Hauptkolben erst