

Alle Rechte vorbehalten.

## Strömungsuntersuchung an selbsttätigen Saugüberfällen.<sup>1)</sup>

Von Dipl.-Ing. A. Hinderks, Hannover.<sup>2)</sup>

### 1. Allgemeines.

Der selbsttätige Saugüberfall oder Heber ist ein in Eisen, Mauerwerk oder Eisenbeton erstelltes Bauwerk zur Entlastung von Staubecken, Teichen und Wasserkraftanlagen bei Hochwassergefahr. In seinen verschiedenen Ausführungsformen, von denen in Deutschland seit langem der durch mehrere Patente geschützte Heynsche „Wasseregulierung“ die größte Verbreitung gefunden hat, stellt er ein mehr oder weniger fein arbeitendes Regelorgan für den Wasserstand des Staubeckens dar.

Die Wirkungsweise des Hebers darf als hinreichend bekannt angenommen werden. Steigt das Oberwasser über die Höhe der Heberkronen  $K$  (Abb. 1), so wirkt der Heber zunächst als einfacher Überfall, bis die Überstauung der Einlaufoberkante  $h_{\bar{a}}$  so groß geworden ist, daß ein Nachschlüpfen von Luft vom Einlauf her nicht mehr stattfinden kann und die im Heberinnern noch vorhandene Luft vom Wasser mitgerissen wird. Damit setzt die Heberwirkung ein, und die bei Volleistung des Hebers abgeführte Wassermenge beträgt  $Q = v \cdot F$ , worin

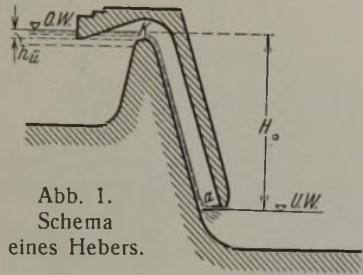


Abb. 1. Schema eines Hebers.

$$v = \eta \sqrt{2gH_0}, \quad F = a b, \quad \text{also } Q = a b \eta \sqrt{2gH_0},$$

$Q$  = Wassermenge  $m^3/\text{sek}$ ,  
 $v$  = Geschwindigkeit  $m/\text{sek}$ ,  
 $F = a b$  = Austrittsquerschnitt  $m^2$ ,  
 $a$  = Profilbreite  $m$ ,  
 $b$  = Heberbreite  $m$ ,  
 $H_0$  = Gefälle  $m$ .

$\eta$  ist ein der Austrittsgeschwindigkeit zugeordneter Beiwert, der die Energieverluste zum Ausdruck bringt. Es soll hier zunächst  $\eta = 0,7$  gesetzt werden. Die erforderliche Heberbreite wird damit

$$b = \frac{Q}{a \eta \sqrt{2gH_0}}$$

Setzt man sie ins Verhältnis zu der Breite eines Überfallwehres gleicher Leistung bei gleicher Wasserspiegelerhöhung  $a$ , die bekanntlich

$$b_w = \frac{3Q}{2\mu a \sqrt{2ga}} \quad \text{ist, wo } \mu = 0,7 \text{ angenommen werde,}$$

so ergibt sich

$$\frac{b}{b_w} = \frac{0,66 \sqrt{a}}{\sqrt{H_0}}, \quad \text{also } b = \frac{\text{Konst. } b_w}{\sqrt{H_0}},$$

woraus hervorgeht, daß sich das Verhältnis von Heberbreite zu Wehrbreite, das beispielsweise bei  $a = 0,65 m$  und  $H_0 = 9 m$  bereits rd. 0,18 beträgt, umso mehr zugunsten des Hebers verschiebt, je größer das Hebergefälle  $H_0$  ist.

Wenn nun auch die Baukosten eines Hebers zu denen eines Überfallwehres sich nicht im Verhältnis ihrer Breiten stellen, da naturgemäß ein Heber teurer ist als ein Wehr gleicher Breite, so ist doch für große Gefälle die Überlegenheit des Hebers durch diese Überschlagrechnung genügend gekennzeichnet.

Die aus dem Verwendungszweck und der Wirkungsweise des Hebers resultierenden wichtigen technischen Gesichtspunkte: Wahl des Hebergefalles und der Querschnittsformen für eine bestimmte geforderte Wassermenge, Energieverlauf und Druckverteilung längs der Heberwände bei verschiedenen Betriebszuständen, erfordern ein näheres Eingehen auf den Strömungsvorgang im Heber und eine Nachprüfung theoretisch gewonnener Ergebnisse durch Modelluntersuchungen.

### 2. Theoretische Gesichtspunkte.

Für die theoretische Behandlung soll, da die Saugüberfälle durchweg mit konstanter Querschnittstiefe  $b$  gebaut werden, die Vereinfachung der Zweidimensionalität eingeführt und die stationäre Strömung einer homo-

genen und nicht zusammendrückbaren Flüssigkeit betrachtet werden. Die strömende Flüssigkeit ist zunächst der Kontinuitätsbedingung unterworfen, die zum Ausdruck bringt, daß aus irgend einem Raume der Flüssigkeit nur so viel ausströmen kann als einströmt, und die in der Eulerschen Form lautet:<sup>3)</sup>

$$(1) \quad \frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} = 0, \quad \text{oder, vektoriell geschrieben,} \\ \text{div } v = 0.$$

Die ideale Flüssigkeit gehorcht außerdem bei jedem Bewegungsvorgange der dynamischen Grundgleichung, die, angewandt auf ein Flüssigkeitselement  $\rho dx dy b$ , zu den bekannten, nach Euler benannten Bewegungsgleichungen führt:

$$(2) \quad \begin{cases} \rho \left( v_x \cdot \frac{\partial v_x}{\partial x} + v_y \cdot \frac{\partial v_x}{\partial y} \right) = - \frac{\partial}{\partial x} (\gamma H + p) \\ \rho \left( v_x \cdot \frac{\partial v_y}{\partial x} + v_y \cdot \frac{\partial v_y}{\partial y} \right) = - \frac{\partial}{\partial y} (\gamma H + p) \end{cases}$$

wenn

$x$  und  $y$  die wagerechte bzw. lotrechte Richtung,  
 $H$  das Schwerepotential oder die geodätische Höhe,  
 $\gamma$  das spezifische Gewicht der Flüssigkeit,  
 $\rho$  die Dichte der Flüssigkeit,  
 $p$  den Einheitsdruck

bezeichnet.

Mit weiterer Annahme der Wirbelfreiheit der Strömung läßt sich der Geschwindigkeitsvektor als Differentialquotient einer Ortsfunktion, des sogenannten Geschwindigkeitspotentials  $\Phi$ , darstellen:

$$v_x = \frac{\partial \Phi}{\partial x}, \quad v_y = \frac{\partial \Phi}{\partial y} \quad \text{oder in Vektorform} \\ v = \nabla \Phi,$$

womit die Kontinuitätsgleichung übergeht in

$$(3) \quad \text{div } v = \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial y^2} = \nabla^2 \Phi = 0.$$

Gleichzeitig gehen die Eulerschen Gl. (2) über in die bekannte Bernoullische Energiegleichung

$$(4) \quad \frac{\rho v^2}{2} + \gamma H + p = \text{Konst.} = E.$$

Diese Gleichung stellt ein wichtiges Hilfsmittel für die Beurteilung des Energieverlaufs in dem durchströmten Kanal dar. Da die verfügbare Energie  $E$  bekannt und die Geschwindigkeit bei gerader Kanalachse gemäß  $v = \sqrt{2gH_0}$  gegeben ist, so wäre damit auch der auf der Kanalwand lastende innere Flüssigkeitsdruck  $p$  als Differenz aus Gleichung (4) sofort zu ermitteln. Sobald jedoch die Wasserfäden in Kanalkrümmungen umgelenkt werden, tritt durch Fliehkräfte eine andere Druckverteilung auf, die, da die Energiesumme konstant bleibt und  $H$  durch die Lage des Wasserteilchens gegeben ist, eine Änderung der Geschwindigkeitsenergie des Stromfadens bedingt. Die aus der Annahme der Wirbelfreiheit der Strömung gewonnene Gleichung (3) sagt hierüber zunächst nichts aus. Lösungen einer nach (3) aufgebauten Gleichung stellen nun bekanntlich der reelle und imaginäre Bestandteil einer analytischen Funktion  $W(z) = \Phi + i\psi$  der komplexen Variablen  $z = x + iy$  dar. Sei entsprechend Gleichung (3)  $\nabla^2 \Phi = 0$  und  $\nabla^2 \psi = 0$ , so ist hiernach der Zusammenhang zwischen  $\Phi$  und  $\psi$  gegeben durch

$$(5) \quad W = \Phi + i\psi = f(z) = f(x + iy).$$

Die Funktion  $\psi$  hat, wie sich weiter beweisen läßt, für die Strömung eine ähnlich wichtige Bedeutung wie das Geschwindigkeitspotential  $\Phi$ ; schreitet man nämlich um  $ds$  in der Geschwindigkeitsrichtung eines Wasserteilchens fort, so wird

$$(6) \quad d\psi = 0; \quad \psi = \text{konst.}$$

Die Kurven der Gleichung (6) stellen die sogenannten Stromlinien dar, die bei der hier vorausgesetzten stationären Strömung mit den Bahnlinien der Wasserteilchen identisch sind. Beim Übergang von einer Stromlinie zur anderen erhält man verschiedene Werte der Stromfunktion  $\psi$ , deren Differenz jeweils die zwischen den beiden Stromlinien in der Zeiteinheit hindurchfließende Wassermenge angibt.

<sup>3)</sup> Bezüglich des Rechnungsganges und der Bezeichnungen vergl. A. Föppl, Technische Mechanik, Bd. IV und VI, Verlag von Teubner, Leipzig.

<sup>1)</sup> Die Modellversuche wurden in der Versuchsanstalt für Grundbau und Wasserbau der Technischen Hochschule Hannover durchgeführt. Vergl. „Die Bautechnik“, 1926, Heft 44; 1927, Heft 14 u. 16.  
<sup>2)</sup> Eingang der Abhandlung 16. VII. 1928.

Mit Gleichung (5) ist außerdem die Handhabe für die Anwendung der Lehren der konformen Abbildungen auf Strömungsprobleme gegeben. Dabei geht man bekanntlich von der Darstellung der komplexen Veränderlichen  $z = x + iy$  im rechtwinkligen Cartesischen Netz aus, in dem die Linien  $x = C_1$  und  $iy = C_2$  zueinander rechtwinklige Geraden bilden. Wählt man die Konstanten  $C_1$  und  $C_2$  so, daß das Grundnetz aus lauter Quadraten zusammengesetzt ist, so geht bei konformer Abbildung der  $z$ -Ebene in die  $W$ -Ebene, für die jetzt die Gleichung (5) besteht, jedes geradlinige Quadrat der  $z$ -Ebene in ein geradliniges oder krummliniges Quadrat der  $W$ -Ebene über, und die Winkeltreue der Abbildung bleibt auch erhalten, wenn mehrere Transformationen nacheinander vorgenommen werden, wenn etwa zunächst ein Netz  $\zeta = \xi + i\eta$  als Funktion von  $z = x + iy$  ermittelt und erst daraus durch eine weitere Abbildung das Strömungsnetz  $W = f(\zeta)$  gewonnen wird.

Die Geschwindigkeit eines Wasserteilchens in irgendeinem Punkte nach der Richtung der Stromlinie  $s$  wird nun, wenn der Wert für  $\Phi$  durch  $W = \Phi + i\Psi$  bekannt ist, durch Differentiation von  $\Phi$  nach  $s$  gefunden, und damit wäre für die ideale Flüssigkeit der Energieverlauf in dem durchströmten Kanal mit Hilfe der Energiegleichung (4) vollkommen zu übersehen.

Hier tritt jedoch die Schwierigkeit auf, daß die Kanalwände selbst als Stromlinien erscheinen, da sich längs ihnen notwendigerweise Wasserteilchen bewegen müssen. Diese Grenzstromlinien sind daher von vornherein bestimmend für die Art der Funktion  $W$ . Für die analytische Behandlung der Aufgabe ist damit der Weg vorgeschrieben: Da es schwierig ist, für beliebig gestaltete, festliegende Profilbegrenzungen eine Funktion zu finden, die die Begrenzungen selbst als Stromlinien mitenthält, so sucht man eine Formfunktion für ein passendes Strömungsnetz, wählt daraus zwei geeignete Stromlinien als Grenzstromlinien aus und bildet danach das Kanalprofil, oder man findet bei umströmten Profilen die Form unmittelbar als singuläre Stromlinie. Dieser Weg ist bereits mit Erfolg beschrieben worden, und neuerdings hat Prof. Kulka<sup>4)</sup> gezeigt, daß bei der Strömung um Wehrkörper die Ermittlung der Energiegrößen mit Hilfe des Potentialnetzes und Anwendung der Energiegleichung (4) zu Ergebnissen führt, die den durch Versuch erhaltenen sehr nahe kommen.

Bei der Untersuchung des Saugüberfalles stößt die Herleitung der Profilform auf einem nach einer bekannten Formfunktion ermittelten Netz auf unüberwindliche Schwierigkeiten, da hier die nach praktischen Gesichtspunkten entwickelte Form nicht zu weit verlassen werden darf. Wir sind daher genötigt, die bisher erhaltenen Zusammenhänge bei der Strömung einer idealen Flüssigkeit in anderer Art, und zwar zum großen Teil graphisch, zu verwerten. Ist für einen Saugüberfall der Aufriß gegeben, so wird irgendeine Netzfunktion möglich sein, die die Profilwände als Stromlinien mitenthält. Über den Aufbau der Funktion und die absoluten Werte des Potentials  $\Phi$  und der Stromfunktion  $\Psi$  ist nichts bekannt. Zwischen je zwei Potentiallinien  $\Phi = \text{konst.}$  besteht aber gleiche Potentialdifferenz.

Wickelt man daher die Kanalwandung ab und trägt zu ihr als Abszisse das Potential mit dem Werte  $\Phi = 0$  beginnend als Ordinate auf, wobei es auf den absoluten Wert des Potentials nicht ankommt, sondern man nur darauf zu achten hat, daß bei jedem neuen Schnittpunkt einer Potentiallinie mit der abgewickelten Wand  $s$  eine konstante Länge  $\Delta\Phi$  zu dem vorhergehenden  $\Phi$  hinzugetragen wird, so ergibt die Differentiation dieser Kurve  $\Phi = f(s)$ , bei entsprechendem Maßstabe, die Geschwindigkeit längs der Kanalwand

$$(7) \quad v_s = \frac{d\Phi}{ds}$$

Um den Geschwindigkeitsverlauf längs der Potentiallinie  $n$  zu erhalten, kann man in gleicher Weise  $\Psi = f(n)$  auftragen und längs der Potentiallinie differenzieren, denn nach früherem gibt ja  $\Delta\Psi$  die in der Zeiteinheit zwischen zwei Stromlinien  $\Psi_1$  und  $\Psi_2$  fließende Wassermenge an. Da im quadratischen Netz  $\Delta\Psi = \text{Konst.}$ , so fließt zwischen je zwei Stromlinien die gleiche Wassermenge  $Q$  oder, was dasselbe besagt, die Stromlinien bzw., wenn man die Kanalbreite  $b$  mit berücksichtigt, die Flutflächen begrenzen Teilkanäle gleicher Schluckfähigkeit. Die Kurve  $\Psi = f(n)$  ist demnach bei entsprechendem Maßstabe mit der Kurve  $Q = f(n)$  identisch, und die Geschwindigkeiten senkrecht zu  $n$ , also in Richtung  $s$ , können wieder gleich der Steigung der Kurve gesetzt werden:

$$(8) \quad v_s = \frac{d\Psi}{dn}$$

Bei der Behandlung der Strömung in den untersuchten Modellen wurden die Differentiationen durch streifenweise Differenzenbildung  $\Delta\Phi_n = \Phi_{n+1} - \Phi_{n-1}$  und Division  $\frac{\Delta\Phi_n}{\Delta s} \cong v_n$  ausgeführt und kontrolliert durch Konstruktion von Tangenten an die  $\Phi$ -Kurve, wobei mit Hilfe eines Spiegellineals zunächst die Normale zu der Kurve gezogen

<sup>4)</sup> Kulka; Strömungen und Drücke an beweglichen Wehren. „Die Bautechnik“ 1926, S. 634; ferner: Der Eisenwasserbau, I. Band, Berlin 1928. Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn.

wurde. Als weitere Kontrolle für die Geschwindigkeit diente die Geschwindigkeitskurve nach Gl. (8), deren Anfangs- und Endordinate mit den entsprechenden Werten an der Wandung nach Gl. (7) übereinstimmen müssen, sowie die Umrechnung der Geschwindigkeiten aus den Quadratseitenlängen des Netzes; denn die Geschwindigkeiten sind bei hinreichend klein gewähltem  $\Delta n$ , wie aus der Bestimmung der Flutflächen (Stromlinien) als Grenzflächen von Teilkanälen gleicher Schluckfähigkeit leicht zu überlegen, den Quadratseitenlängen umgekehrt proportional.

Für die Ermittlung der wahren Werte der Geschwindigkeiten wurde — und das ist eine der Hauptvoraussetzungen der nach-

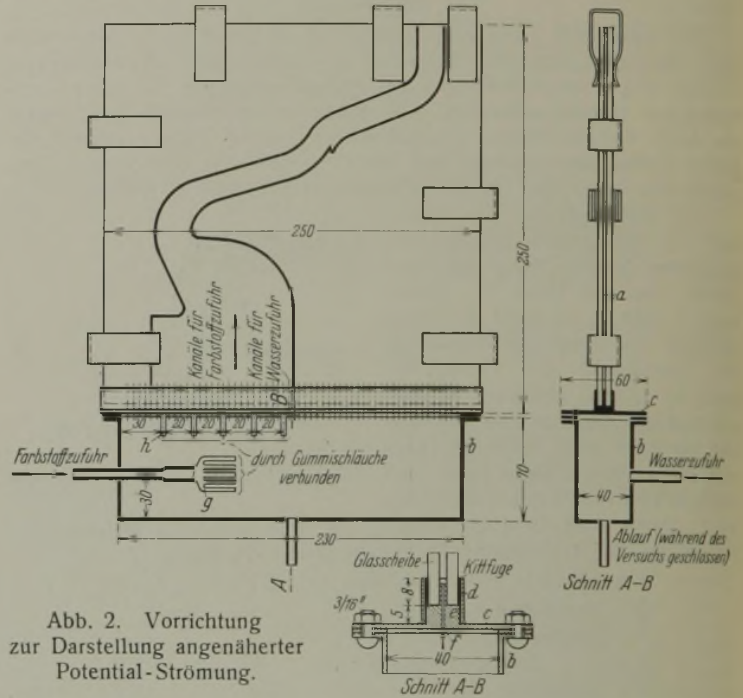


Abb. 2. Vorrichtung zur Darstellung angenäherter Potential-Strömung.

folgenden Untersuchungen — die am Modell gemessene Wassermenge verwandt, die auf einfache Weise eine Maßstabkonstante für die Geschwindigkeitskurve nach Gl. (7) oder Gl. (8) ergibt.

Bei den obigen Erörterungen war bis jetzt vorausgesetzt, daß das Strömungsnetz für das untersuchte Modell in dem Profilaufriß bereits richtig eingezeichnet ist. Das ist jedoch noch nicht der Fall. Da das Netz, wie oben bemerkt, für Heberformen analytisch nicht ermittelt werden kann, so muß dafür ein graphisches oder mechanisches Verfahren angewandt werden. Es liegt zunächst nahe, das Netz durch Probieren zu finden. Da die oben hergeleiteten analytischen Beziehungen über

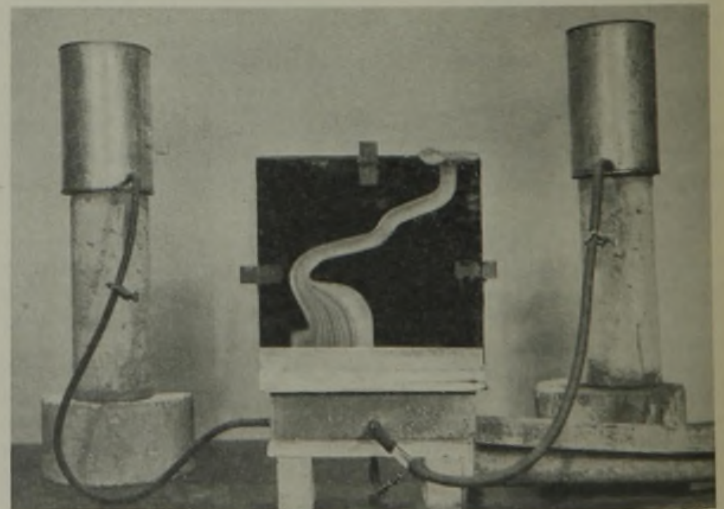


Abb. 3. Vorrichtung zur Darstellung angenäherter Potentialströmung.

die zahlenmäßigen Werte der Energiegrößen nichts aussagen, so kann man an einer beliebigen Stelle des Kanals anfangen, die Kanalbreite in eine Anzahl Teilkanäle aufzuteilen und die Strom- und Potentiallinien gefühlsmäßig einzuzichnen, wobei nur überall auf die quadratische Struktur des Netzes zu achten ist. Zur Korrektur und Kontrolle kann man sich dabei der Diagonalen des Netzes bedienen, die zusammen wiederum ein quadratisches Netz bilden. Für einfache Kanalformen führt dieses Verfahren zu einem befriedigenden Ergebnis. Für das Profil eines Saughebers ist es anwendbar, eine hinreichend genaue Konstruktion des

Netzes ist aber wegen der doppelten Krümmung des Kanals recht zeitraubend.

Als recht geeignete Unterlage für die Aufzeichnung des Netzes erweist sich die der Potentialbewegung sehr nahe kommende Strömungsdarstellung in dem Kanalprofil zwischen zwei planparallelen Platten in der Art, wie sie von Hele Shaw<sup>5)</sup> zuerst angegeben und bereits vielfach zur Veranschaulichung von Strömungsvorgängen verwendet ist. Sie beruht auf der Eigenschaft zäher Flüssigkeiten, unterhalb einer bestimmten Geschwindigkeitsgrenze bei kleinem Plattenabstand, also geringer Schichtdicke, einem anderen Bewegungsgesetze zu gehorchen als oberhalb. Während oberhalb dieser hier nicht näher interessierenden Grenze eine Durchwirbelung der ganzen Flüssigkeit stattfindet, bildet sich unterhalb eine vollkommen regelmäßige, der Potentialbewegung sehr nahe kommende Strömung aus.

Für die Versuchsauswertung ist das Verfahren vom Verfasser nutzbar gemacht in der Art, wie sie die Abb. 2 und 3 zeigen. Das zu untersuchende Modell wird in kleinem Maßstabe — für das später beschriebene Hebermodell I wurde 1:5, für das Modell II 1:6 gewählt — auf einer 1 1/2 mm starken Hartgummiplatte angerissen und ausgeschnitten und die stehengebliebenen Teile der Platte mit Stahlkammern zwischen zwei gleich große Glasplatten *a* gespannt. Dadurch wird ein frei durchgehender Kanal von der Form des Modells und von 1 1/2 mm Kanaltiefe gebildet. Die Wasser- und Farbstoffzuführung geschieht in der aus Abb. 2 und 3 ersichtlichen Weise. Der Überdruck wird durch je einen kleinen Hochbehälter für das Wasser und für den Farbstoff erzielt und die Durchflußgeschwindigkeit mit Hilfe von Schlauchklemmen geregelt.

Die Farbstoffzuführung durch einzelne, regelmäßig verteilte Kanäle gestattet naturgemäß nicht die Darstellung von Stromlinien in den Abständen, wie sie durch die Bedingung von Teilkanälen gleicher Wasserführung gefordert werden, es wird vielmehr eine beliebige Gruppe von Stromlinien erzeugt. Bei den Aufnahmen wurde daher Wert darauf gelegt, daß keine scharf ausgeprägten Linien, sondern durch etwas reichliche Farbwasserzufuhr möglichst viele schattierte Streifen entstanden, die in der Vergrößerung nur matt hervortraten, für die Einzeichnung der Stromlinien aber überall gute Führung gaben. Die Potentiallinien konnten dann ohne große Schwierigkeit hindurchgelegt werden.

Die Abb. 4 und 5 zeigen das Strombild mit dem eingetragenen Netz für die beiden zur Untersuchung gelangten und weiter unten näher beschriebenen Modelle; die kleinen Ziffern im Netz geben die Ordnungsnummern der Potentiallinien an, die größeren Ziffern außerhalb des Profils kennzeichnen die Lage der Druckmeßstellen in den Heberwänden.

Das Strömungsnetz wird, wie aus den Abbildungen ersichtlich, auf die geschilderte Art mit guter Annäherung erhalten. Zur Kontrolle für die Stromlinienabstände kann ein analytisches oder graphisches Verfahren nachträglich angewandt werden. Vom Verfasser wurde das von Flügel<sup>6)</sup> angegebene, graphische Verfahren zur Kontrolle an einzelnen Stellen benutzt. Ergaben sich dabei geringe Abweichungen, so konnte von einer Berichtigung der Netzlinien abgesehen werden, da die Krümmung der Stromlinien, auf der das Verfahren von Flügel beruht, nur ungenau gemessen werden kann und daher von vornherein eine gewisse Unsicherheit bei der Anwendung des Verfahrens entsteht.

Der bisherigen Untersuchung war die Annahme wirbelfreier Strömung einer reibungslosen, „idealen“ Flüssigkeit zugrunde gelegt, bei der, da Verluste nicht auftreten, die gesamte, im Kanal verbrauchte Lagenenergie *H* am Kanalaustritt als Druck- oder Geschwindigkeitsenergie vorhanden sein muß.

Wie die Erfahrung zeigt, ist das praktisch nicht der Fall, da wir immer zähe Flüssigkeiten vor uns haben. Bei ihnen wird eine Ver-

änderung des Strömungszustandes hervorgerufen durch die Haftwirkung zwischen Flüssigkeit und Kanalwand, sowie durch die innere Reibung zwischen Flüssigkeitsteilchen, die sich, wie das bei Strömungen mit ungleicher Geschwindigkeitsverteilung quer zur Stromrichtung stets der Fall ist, in relativer Bewegung zueinander befinden. In engem Zusammenhang hiermit steht weiter die Erscheinung der Ablösung der Strömung von der Kanalwand und der Wirbelbildung da, wo bei einer starken Kanalerweiterung oder hinter einer scharfen Krümmung eine plötzliche Verringerung der Geschwindigkeit auftreten müßte. Das Zusammenwirken dieser Umstände, sowie die unterschiedliche Wirkung der Wandreibung gegenüber der inneren Flüssigkeitsreibung ruft oberhalb einer bestimmten Geschwindigkeitsgrenze, der sogenannten kritischen Geschwindigkeit, eine mehr oder minder starke Durchwirbelung der gesamten Strömung, die Turbulenz, hervor und überlagert der Hauptströmung verschiedenartige, rechnerisch bisher nicht erfäßbare Nebenströmungen.

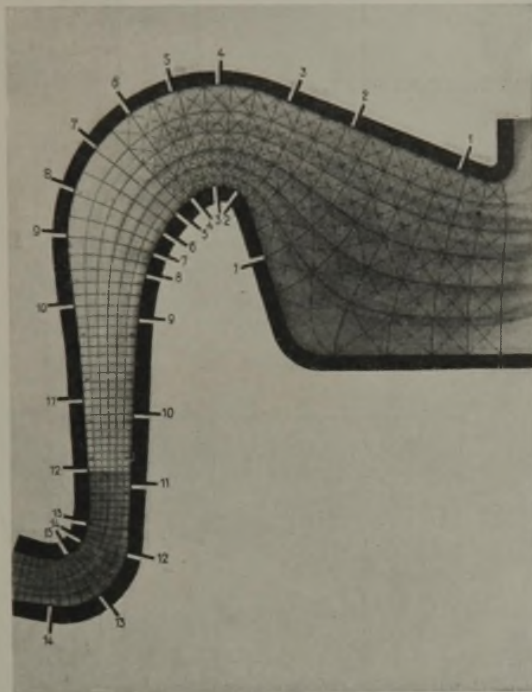


Abb. 4. Strömungsnetz und Meßstellen im Heberprofil Modell I.

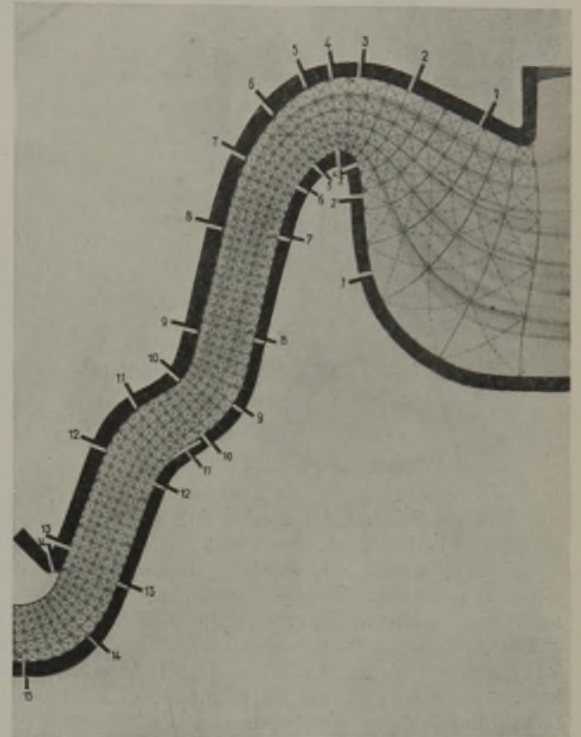


Abb. 5. Strömungsnetz und Meßstellen im Heberprofil Modell II.

Obwohl man nun wegen dieser Störungserscheinungen im Endergebnis der theoretischen Untersuchung womöglich starke Abweichungen der Energiegrößen von den Meßergebnissen am Modell bekommt, so spricht doch der Umstand, daß man im allgemeinen im Interesse eines möglichst geringen Energieverlustes die Kanalform, in unserem Falle



Abb. 6. Wirbelraum in einem Kreiskrümmen.

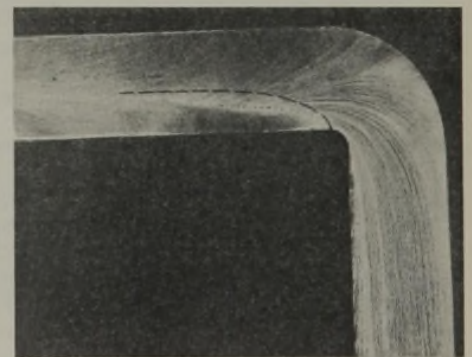


Abb. 7. Sekundärstrombild im Kreiskrümmen nach Abb. 6.

den Aufriß des Saugüberfalles, möglichst den physikalischen Bedingungen des Wassers anpaßt, dafür, zunächst mit verlustfreier Strömung zu rechnen, und man darf eine um so bessere Annäherung an die Theorie erwarten, je mehr man durch passende Wahl der Kanalform den Energieverlust reduziert hat.

Auf die mannigfachen Untersuchungen an verschiedensten Kanalformen, bei denen dieses Ziel verfolgt wurde, näher einzugehen, würde hier zu weit führen, und wie neuere, z. T. noch in Bearbeitung befindliche Versuche zeigen, läßt sich insbesondere bei Kanalkrümmungen etwas Allgemeingiltiges über die für jeden Einzelfall hydraulisch günstigste Krümmenform bisher kaum aussagen.

<sup>5)</sup> Rothe: Beitrag zur Beurteilung des Reibungswiderstandes von Schiffen; Z. d. V. d. I. 1898, S. 1387.

<sup>6)</sup> Flügel: Ein neues Verfahren der graphischen Integration. Diss. Danzig 1914.

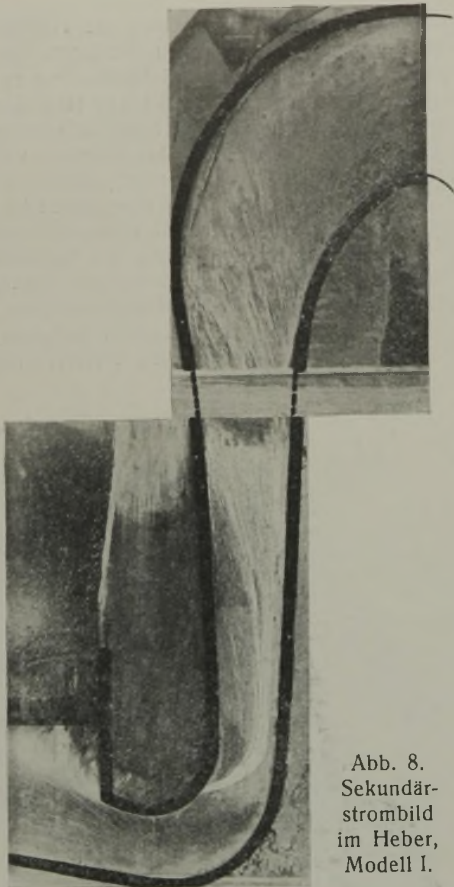


Abb. 8. Sekundärstrombild im Heber, Modell I.

Abb. 9. Hebermodell I, im Modellkasten eingebaut.

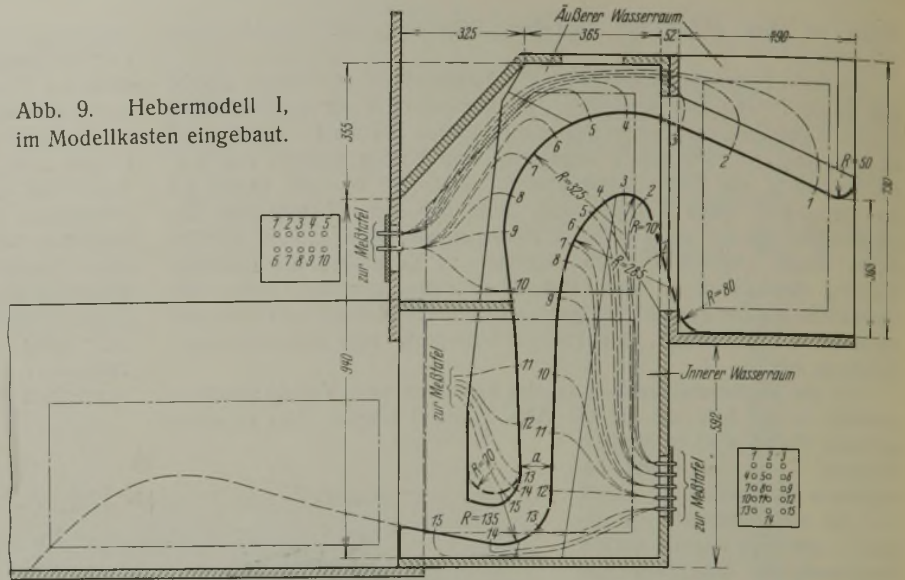
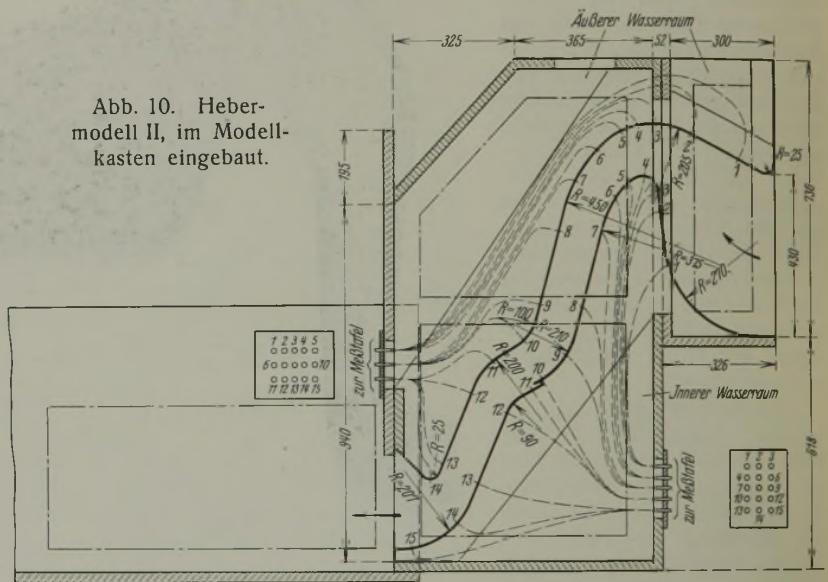


Abb. 10. Hebermodell II, im Modellkasten eingebaut.



Gewisse Schlüsse lassen sich dagegen aus dem durch ein-geblasenen Farbstoff oder, nach dem vom Verfasser angewandten Verfahren,<sup>7)</sup> durch Auftragen von Farbe auf die Kanalwand sichtbar gemachten Strombild ableiten. Zeigt ein Strombild nach dem letzteren Verfahren die bei Krümmern bekannte Sekundärströmung in regelmäßiger, zweifach-schraubenartiger Bewegung der Wasserteilchen von der Krümmenaußenwand zur Innenwand, so ist daraus zu schließen, daß die Strömung im Innern des Kanals, abgesehen von der sekundären Überlagerung, wesentlich wirbelfrei verläuft, während das Auftreten eines Ablösungswirbels an und hinter dem Krümmerscheitel in dem Randschichtstrombilde sich deutlich kennzeichnet, wie die Abb. 6 u. 7 zeigen.<sup>8)</sup>

Erheblich verbessern lassen sich derartige Krümmern durch Ausfüllen des nach einem der genannten Verfahren festgestellten Wirbelraumes. Man geht dabei von der Überlegung aus, daß eine den Kanal um die Breite des Wirbelraumes einengende, feste Wand weniger Verlust erzeugt als die Grenzfläche des Wirbelraumes, da bei vorhandenem Wirbelraum ein Übertreten von Wasserteilchen aus der freien Strömung in den Wirbel und damit verbundene Energieabgabe und außerdem ein Abschwimmen von Wirbeln in die freie Strömung, das allerdings seiner Art nach noch wenig geklärt ist, stattfindet, während die feste Wand statt dieser Erscheinungen den reinen Reibungsverlust hervorruft und die Ausbildung der normalen Sekundärströmung ermöglicht. Über die Abhängigkeit der Wirbelbildung von den verschiedenen bestimmenden Faktoren läßt sich Allgemeines nicht aussagen, da es noch zu sehr an systematischem Versuchsmaterial hierfür fehlt, jedoch ist die Strömung von der absoluten Höhe des Druckes, solange es sich um Überdruck handelt, weitgehend unabhängig, wie Versuche verschiedener Forscher übereinstimmend dargetan haben. Bei Auftreten von Unterdruck können dagegen in dem Wirbelraum durch Luftausscheidung und Hohlraumbildung starke Veränderungen der Strömung, vermehrte Energieverluste und Beschädigungen der Kanalwände auftreten.

Beim Saugüberfall tritt längs eines großen Teils der Innen- und Außenwand Unterdruck auf, der besonders stark wird bei großem Hebergefälle. Man muß daher, will man ein größeres Gefälle ausnutzen, besondere Sorgfalt auf die Krümmerprofilierung verwenden, um mit Sicherheit die Gefahren der Ablösung zu vermeiden. Bei den beiden untersuchten Modellen wurde durch entsprechende Formgebung eine im wesentlichen von Ablösungswirbeln freie Strömung erzielt, wie beispielsweise aus

dem Randschichtstrombilde Abb. 8 für Modell I, in dem die sekundäre Schraubenbewegung regelmäßig ausgebildet ist, zu erkennen ist. In dem Modell II, das dem Heynschen Saugüberfall nachgebildet wurde, zeigte sich ein kleiner Wirbelraum an der Doppelkrümmung im Heberschlauch gegenüber der Anspringkante.

Für die weiteren Untersuchungen wäre somit nach Wegfall der Ablösungswirbel die Aufgabe der Ermittlung von Energieverlusten, die Abweichungen der Messungsergebnisse vom theoretischen Energieverlauf verursachen, einzuschränken auf die rechnerische Bestimmung der inneren und Wandreibungsverluste. Dabei ist zu beachten, daß in dem bekannten Ansatz für den Reibungsverlust  $h_v = \zeta \cdot \frac{v^2}{2g} \cdot \frac{l}{r}$  ( $v$  = Geschwindigkeit,  $l$  = Kanallänge,  $r$  = „hydraulischer Radius“) die Verlustziffer  $\zeta$  von den als zufällig anzusehenden Modellmessungen unabhängig zu machen ist, d. h. mit Rücksicht auf die Gesetze der mechanischen Ähnlichkeit als Funktion der Reynoldsschen Zahl  $R = \frac{vr}{\nu}$  ( $r$  = geeignete Längenabmessung, z. B. hydraulischer Radius,  $\nu$  = kinematische Zähigkeit) sowie einer die Wandrauigkeit charakterisierenden Größe auszudrücken ist<sup>9)</sup>. Außerdem müßte bei Auftreten von Krümmungen, durch die die verlust-erzeugenden Wege der einzelnen Wasserteilchen vom Kanaleinlauf bis zum Auslauf in ganz verschiedener Art verlängert werden, entweder die Verlustziffer  $\zeta$  oder die Kanallänge  $l$  in einer der jeweiligen Krümmerform zugehörigen Art abgeändert werden.

Da vorhandene Versuchsergebnisse eine derart allgemeine Behandlung des Verlustproblems bisher nicht zulassen und nach älteren Formeln für die Verluste in den kurzen, weiten Heberkanalteilen nur sehr rohe Annäherungen hätten erzielt werden können, so wurde auf die rechnerische Ermittlung von Reibungsverlusten überhaupt verzichtet und das Messungsergebnis dem Druckverlauf der reinen Potentialströmung gegenübergestellt.

<sup>7)</sup> Hinderks: Nebenströmungen in gekrümmten Kanälen, Z. d. V. d. I. 1927, S. 1779 und 1928, S. 86; ferner Grundströmung an Pfeilern, „Die Bautechnik“ 1928, S. 133.

<sup>8)</sup> Nachbildungen des von v. Cordier (Diss. Berlin 1910) untersuchten Krümmers. Abb. 6 ist der Arbeit von v. Cordier entnommen.

<sup>9)</sup> Vergl. hierzu die neueren Untersuchungen und Modellversuche von Schiller, Z. f. angew. Math. u. Mech. 1921, S. 436; Hopf, ebenda 1923, S. 329; Fromm, ebenda 1923, S. 339.

**3. Die Modellversuche.**

Über den Aufbau und die Abmessungen der zur Untersuchung gelangten Modelle ist alles Nähere aus den Zusammenbauzeichnungen Abb. 9 u. 10 und den Lichtbildern Abb. 11 u. 12 zu entnehmen. Die konstante Heberbreite  $b$  beträgt bei beiden Modellen 302 mm. Für die Modellkonstruktion waren folgende Forderungen maßgebend:

1. Der Aufbau des eigentlichen Durchflußprofils sollte so ausgeführt werden, daß eine Abänderung einzelner Profiltteile und der Neueinbau einer gänzlich veränderten Form ohne große Kosten und Zeitverlust erfolgen konnte.
2. Um aus den Versuchsergebnissen möglichst sichere Schlüsse für die vergrößerte praktische Ausführung ableiten zu können, sollten die Modelle möglichst groß ausgeführt werden.

Der Erfüllung der zweiten Forderung war durch die nach den gegebenen Raumverhältnissen ausgebaute Versuchseinrichtung eine Grenze gezogen. Die verwendeten Wassermengen lagen zwischen 70 und 115 l/sek.

Der ersten Forderung glaubte ich am besten entsprechen zu können durch Einbau von Profilschablonen aus Holz in einen Modellkasten und Umkleiden der Schablonen mit Zinkblech. Der Modellkasten, dessen äußere Form aus den Abb. 9 bis 12 zu erkennen ist, besteht aus zwei aus astfreier Mittelkiefer angefertigten Teilen. Um das Holz gegen Fäulnis zu schützen, wurden die fertigen Teile geölt und zweimal mit

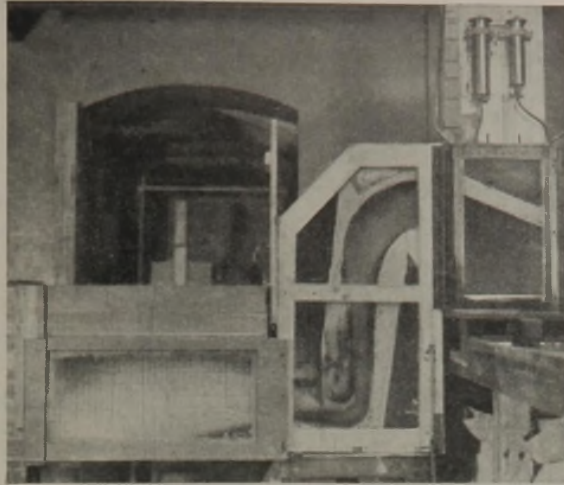


Abb. 11. Hebermodell I in Betrieb,  $Q = 83$  l/sek.

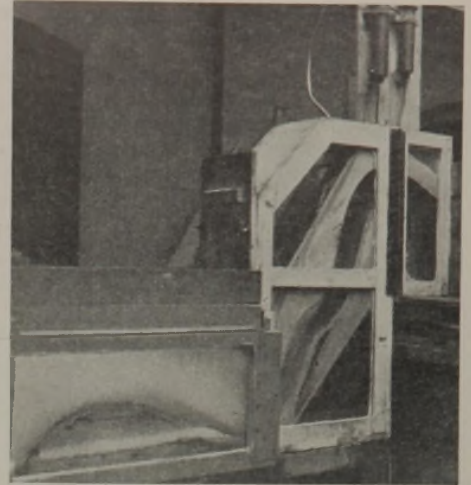


Abb. 12. Hebermodell II in Betrieb,  $Q = 100$  l/sek.

weißer Ölfarbe gestrichen. — Die Profilschablonen und Blechbelegungen wurden gegen die Kastenwand bzw. gegen die vorderen Glasscheiben mit Glaserkitt und Ölfarbe gedichtet. Eine vollkommene Abdichtung des Heberkanals gegen die Außenluft konnte dadurch zwar nicht erzielt werden, da der Kitt bei Berührung mit Holz allmählich an Ölgehalt verliert und rissig wird, jedoch gestattet die Art des Modellaufbaues eine weitere Dichtung durch Auffüllen der durch die Kastenwände und die Blechmängel gebildeten Räume mit Wasser (in den Abb. 9 u. 10 mit „innerer“ und „äußerer Wasserraum“ bezeichnet). (Schluß folgt.)

**Eiserne Spundbohlen bei Herstellung der Kammerwände für die Schleusen Friedrichsfeld und Hünxe des Kanals Wesel—Datteln.**

Alle Rechte vorbehalten.

Von Oberregierungs- und -baurat **Baertz**, Essen.  
(Schluß aus Heft 17.)

Das eigentliche Rammen der Kasten ging selbst bei der Schleuse Friedrichsfeld, bei der über dem Ton Steine von z. T. beträchtlicher Größe lagen, ohne Schwierigkeit und in verhältnißmäßig kurzer Zeit vorstatten. Bei einer Fallhöhe von 80 cm genügten bei der Schleuse Hünxe durchschnittlich 150 Rammschläge, die durchschnittliche Tagesleistung betrug 11 Kasten mit einer Ramme und bei zehnstündiger Arbeitszeit. Bei Schleuse Friedrichsfeld war die Leistung wegen der größeren Widerstände im Boden geringer, Aufreißungen oder Bördelungen sind trotz teilweise sehr schwerer Beanspruchung der Bohlen nicht vorgekommen.



Abb. 8. Schleuse Hünxe. Faltungen in einer gerammten Wand vor Anbringen der Ankergerüstungen und dem Ausrichten.

Auch bei dem Rammen der Kastenprofile zeigte sich das bekannte Voreilen der Bohlen, so daß trotz guter Rammarbeit die Verwendung von Keilbohlen nicht zu vermeiden war.

Da die aus Bohlen und Schloßeisen zusammengesetzten Kasten weich und elastisch sind und zudem in einer Schräglage 30 : 1 ohne stützendes Hilfsgerüst aufgestellt wurden, zeigten die noch nicht verankerten Wände zunächst mehr oder weniger große Faltungen (Abb. 8), die aber schon nach dem Einbau der Verankerungsriegel

wandfreies Ergebnis zeitigte. Abb. 10 führt die ausgerichteten Kammerwände der Schleuse Hünxe vor Augen.

Gehalten werden die Kammerwände, wie die Systemskizze Abb. 11 zeigt, durch Rückhaltwände, die in etwa 15 m Entfernung parallel zu

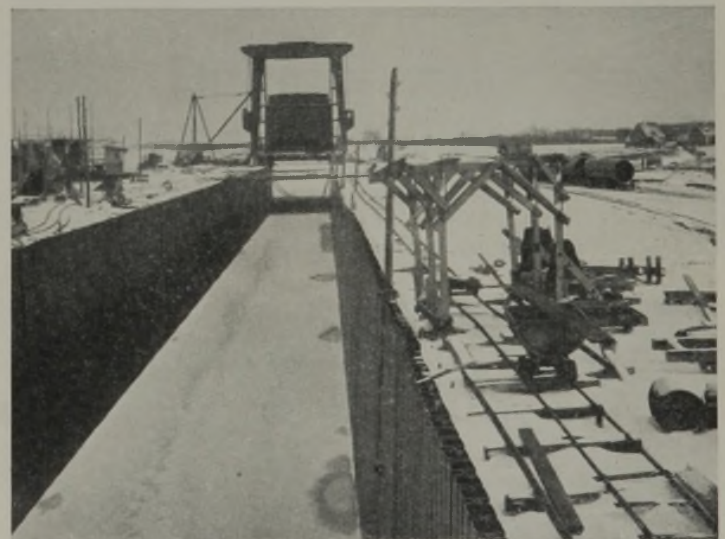


Abb. 9. Schleuse Hünxe. Kammerwand ausgerichtet und hinterfüllt.

verschwanden, so daß die Kammerwände zu einer vollkommen ebenen Fläche ausgerichtet werden konnten (Abb. 9). Nur an einer Stelle war bei Beginn der Rammarbeiten eine Faltung etwas tief geraten. Es wäre möglich gewesen, sie durch Anwendung von Zwang auszupressen, man zog es aber zur Vermeidung von Spannungen vor, in der Mitte der Faltung einen Kasten an seinen beiden Außenseiten keilförmig aufzuschneiden und nach geschehenem Ausgleichen wieder zusammenzuschweißen, eine Arbeit, die leicht ausgeführt wurde und ein ein-

ihnen verlaufen und aus Larssenbohlen, Profil V, bestehen. Die für die gesamte Konstruktion besonders wichtige Verankerung wird durch zwei Rundeisenankersysteme bewirkt, die mittels Kugelgelenkplatten und Haltebleche an Riegelpaaren aus U-Eisen angreifen, die hinter den Kammerwänden liegen und mittels Bolzen, die durch die Schloßeisen gehen, an die Kastenbohlen gepreßt werden (Abb. 11a).

Die Durchbrechung der Schloßeisen wird durch Bleibuchsen fest verschlossen. Diese Verankerung ist momentensicher und erlaubt es, große Kräfte aufzunehmen, auch werden Bewegungen in der Verankerung, die

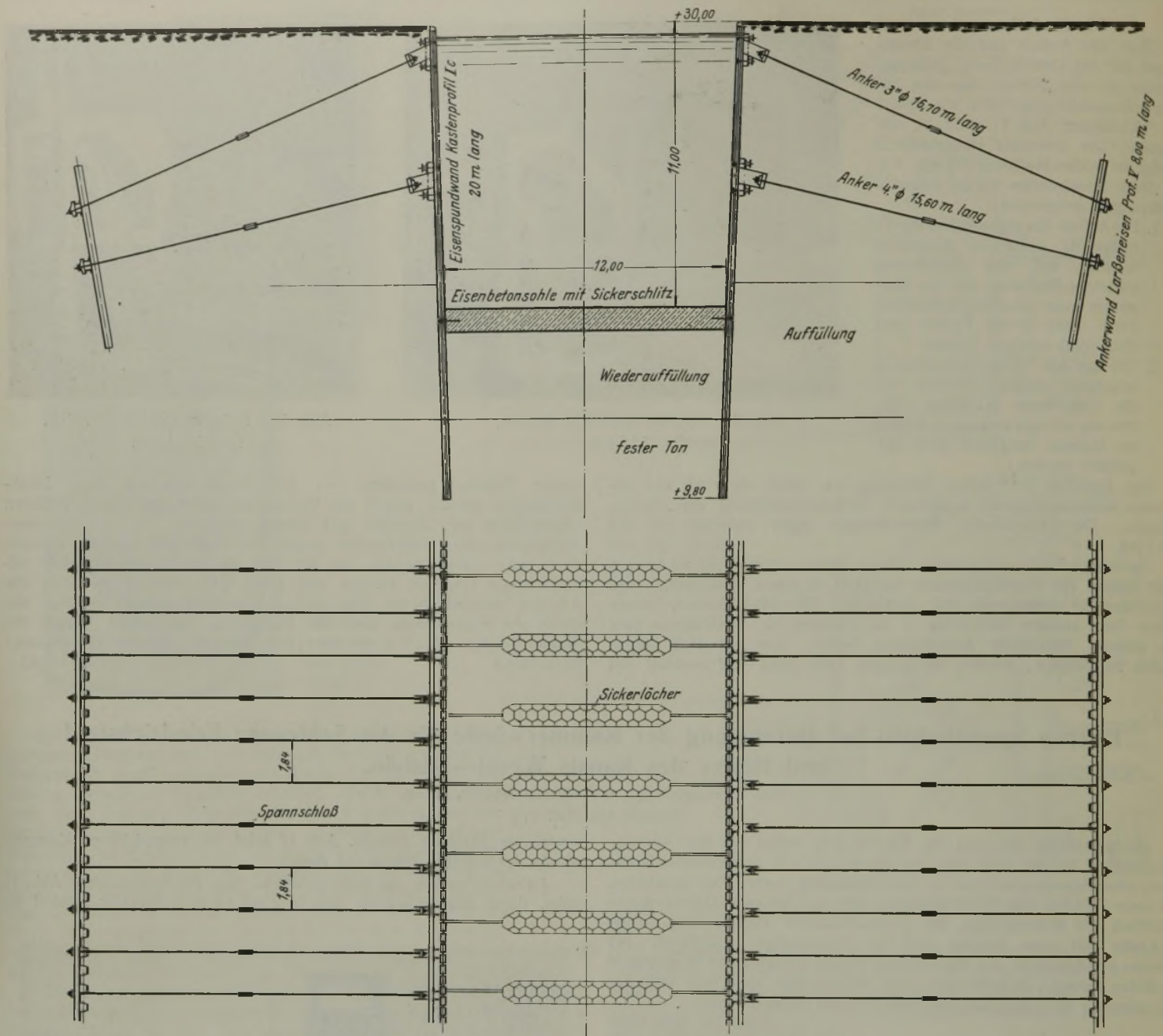


Abb. 11. Begurtung und Verankerung der eisernen Kammerwände.

bei der Schleusen hinterfüllung und im vorliegenden Falle besonders durch Bergsenkungen auftreten können, unschädlich gemacht. Die Anker sind 2 bis 4 1/2" stark und in der Mitte mit einem Spansschloß versehen.

Auch die Konstruktionsteile der Verankerung einschließlich der Anker und Rückhaltewände sind aus gekupfertem Stahl hergestellt. Mit Hilfe eines fahrbaren Gerüsts konnte das Anbringen der Riegel und Anker-

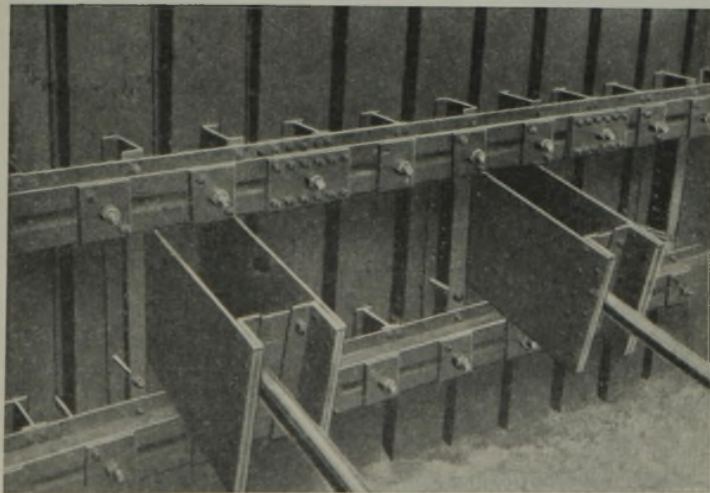


Abb. 13. Schleuse Hünxe. Begurtung und Verankerung der Kammerwände.

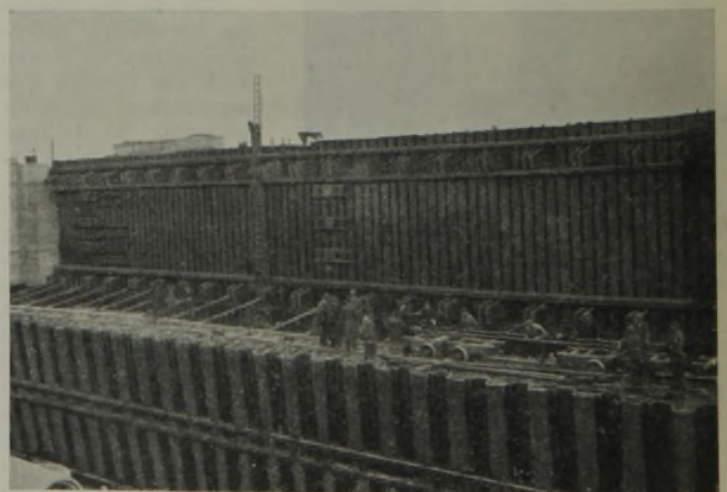


Abb. 13a. Schleuse Hünxe. Begurtung und Verankerung der Kammerwände.

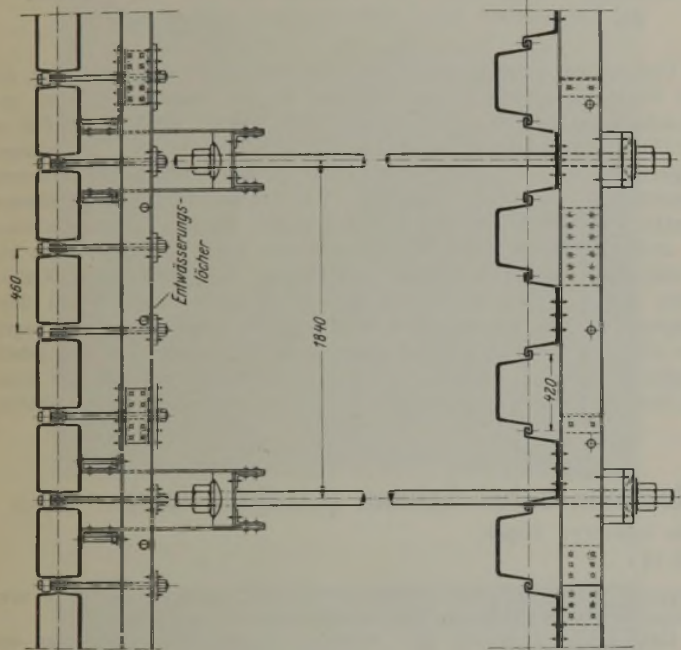
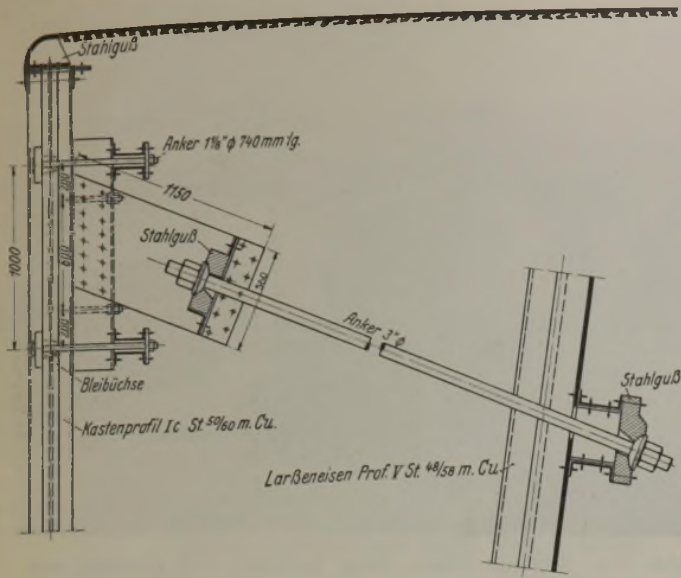


Abb. 11 a. Verankerung der Kammerwände.

platten hinter der Kammerwand ohne Schwierigkeit durchgeführt werden (Abb. 12). Auch die übrigen Verankerungsarbeiten gingen glatt und verhältnismäßig schnell vor sich. Abb. 13 u. 13a zeigen die fertig angebrachte Begurtung mit der Verankerung in der Einzeldarstellung und im Gesamtbilde.

Nach Fertigstellung der Rammungen und Anbringen der Verankerungsriegel hinter den Kammerwänden wurden die 1,4 m dicken Spannbalken

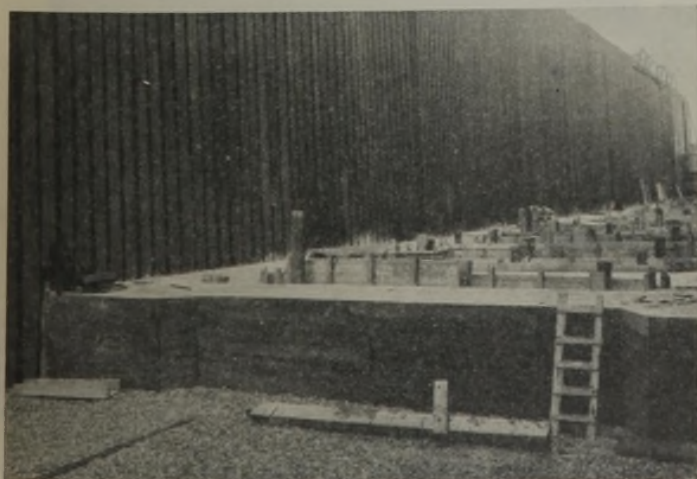


Abb. 14. Schleuse Hünxe. Einbau der Spannbalken.

in der Kammersohle, die zum Auseinanderhalten der Kammerwände beitragen sollen und ihnen zu der doppelten Verankerung den dritten festen Stützpunkt geben, betoniert (Abb. 14), und die Schleusen hinterfüllung in drei Absätzen, entsprechend den Ebenen der Ankerlagen, hochgeführt, so daß die Hinterfüllung Hand in Hand mit der Fertigstellung des Schleusenkörpers vor sich ging (Abb. 15).

Hierin liegt ein großer Vorteil gegenüber den Betonschleusen, deren Betonierungszeit etwa gleich der Rammzeit der eisernen Schleusen ist, bei denen jedoch mit der langwierigen Hinterfüllung erst nach vollständiger Fertigstellung der Schleusenmauern begonnen werden kann. An Schleuse Hünxe, deren Hinterfüllungsarbeiten bereits vollendet sind, hat sich bei einer freien Höhe der Kammerwände von 11,8 m trotz des hohen Drucks der eingeschlämmt Sandmassen kein Vorneigen der Wände nachweisen lassen. Zuletzt



Abb. 12. Schleuse Hünxe. Montagegerüst für das Anbringen der Gurtungen der Kammerwände. Hochziehen der oberen Gurtung.



Abb. 10. Schleuse Hünxe. Gesamtansicht der Kammer vom Unterpaupt gesehen. Die Holme auf den Spundwänden sind noch nicht angebracht. Die Montage der Hubtore ist in Angriff genommen.



Abb. 15. Schleuse Hünxe. Hinterfüllungsarbeiten in zwei Kippebenen.



Abb. 16. Schleuse Hünxe fertig betoniert und gerammt, vom Unterhaupt aus gesehen. Im Vordergrund die Leitwerkswände aus Larsseneisen.



Abb. 16a. Schleuse Hünxe fertig betoniert und gerammt, vom Oberhaupt aus gesehen. Im Vordergrund die Leitwerkswände aus Larsseneisen (noch nicht verankert und ausgerichtet).

werden die Kasten noch durch Ausgießen mit Beton gegen Schiffstöße ausgesteift und zur Bekrönung der Abdeckkasten aufgesetzt.

Abb. 16 u. 16a geben nochmals einen Überblick über die Spundwandbauteile der Schleuse Hünxe und zeigen die fertig betonierte und gerammte Schleuse von den Vorhäfen aus gesehen. Im Vordergrund stehen die Leitwerkswände aus Larsseneisen<sup>1)</sup>. Die Verankerung ist noch nicht eingebaut, mit dem Anbringen der Verankerungsriegel wird begonnen.

Unter den bei den Schleusen Friedrichsfeld und Hünxe vorliegenden besonderen Untergrundverhältnissen sind große Ersparnisse durch die Verwendung der eisernen Kammerwände gegenüber einer Herstellung der Wände in Beton erzielt worden. Auch für normale Verhältnisse, besonders

<sup>1)</sup> Vergl. „Die Bautechnik“ 1928, Heft 31, S. 455.

bei Vermeidung eines größeren Baugrubenaushubes, sind Ersparnisse, die eine Verwendung von Spundwandisen für die Kammerwände als angebracht erscheinen lassen, möglich, doch werden hierüber von Fall zu Fall Untersuchungen anzustellen sein. Technisch ist die Verwendungsfähigkeit der eisernen Kammerwände durch die Ausführung an den Schleusen Friedrichsfeld und Hünxe bewiesen. Der Kahnschiffer, der die Schleusen benutzt, wird mit den festen, glatten Wänden, die sein Fahrzeug schonen und ihm viel Arbeit ersparen, einverstanden sein, besonders, wenn wie bei den Schleusen Friedrichsfeld und Hünxe, die geradflächigen Kastenprofile verwandt werden. Die eisernen Wände können wegen ihrer Festigkeit von den schleusenden Schiffen nicht aufgeschauert und wegen ihrer Glätte den Schiffen selbst kaum gefährlich werden, es wird jedoch trotzdem der Einbau besonderer Schutzvorrichtungen erwogen, um sicher jede Beschädigungsmöglichkeit von den schleusenden Schiffen fernzuhalten.

### Die Wiederherstellung des rechtseitigen Rheindammes bei Schaan (Liechtenstein).

Alle Rechte vorbehalten.

Von Dr. sc. techn. E. Wiesmann, Ingenieur, Zürich.  
(Schluß aus Heft 18.)

Für den Abtransport des Materials diente eine Feldbahnanlage von insgesamt 6 km Gleislänge mit 60 cm Spurweite und bestehend aus schweren, auf Holzschwellen gelagerten Schienen. Es bestanden vier verschiedene Transportbetriebe nebeneinander: zwei Baggerbetriebe, der Handbetrieb zur Kiesgewinnung und der Steintransport. Eine ausgedehnte Rangieranlage, wo alle Betriebe durchgeleitet werden mußten, konnte auf dem Kolmationsplateau zwischen Rheindamm und Binnendamm eingerichtet werden (Abb. 12).

schuppen, Wasserstationen, Steinverladekrane, Reparaturwerkstätte usw. ergaben sich von selbst aus den Betriebseinrichtungen (Abb. 13).

Das erste Stadium der Arbeiten umfaßte die Herstellung des Damms auf Kote 58,20 entsprechend der Kronenhöhe des Hilfsdamms, die auf den 12. Mai 1928 festgesetzt wurde. Dabei waren zu leisten: 44 000 m<sup>3</sup> Dammschüttung, 2000 m<sup>2</sup> Böschungspflasterung und 4000 m<sup>3</sup> Vorgrund.

Der Arbeitsvorgang wickelte sich zeitlich folgendermaßen ab:

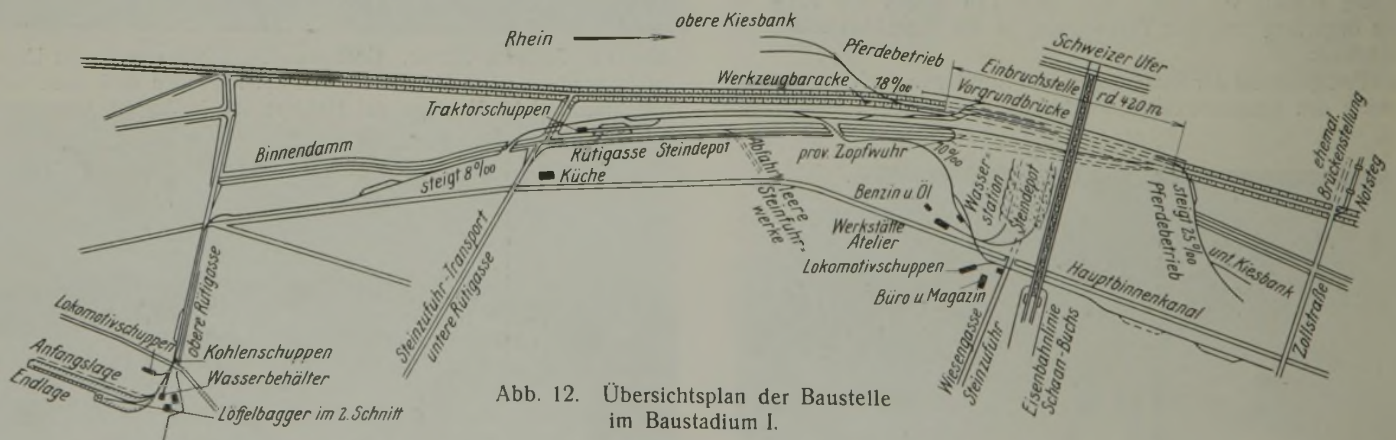


Abb. 12. Übersichtsplan der Baustelle im Baustadium I.

An Rollmaterial war vorhanden: 50 hölzerne Kastenkipper von 1,5 m<sup>3</sup> Inhalt für den Rüfibetrieb, 60 eiserne Muldenkipper von 1 m<sup>3</sup> für den Kanalbetrieb und 60 der gewöhnlichen Kipper von 750 l Inhalt.

Die gesamte Anlage war für eine Tagesleistung von 1000 m<sup>3</sup> Dammschüttung berechnet.

Der Zugdienst verfügte über sieben Dampflokomotiven, zwei Elektrobenzinmotoren, Pferdezug für den Transport der Kiesgewinnung von Hand. Die Dammschüttung mußte auf 60 000 m<sup>3</sup> und der Steinbedarf auf 7000 m<sup>3</sup> erhöht werden. Die übrigen Einrichtungen an Baracken, Lokomotiv-

Herstellung eines Transportsteiges für die Zufuhr und das Abwerfen des Vorgrundsteinmaterials, nach vorausgehender Kiesschüttung das Ansetzen der Pflasterung an den Vorgrund. Zu gleicher Zeit wurde auf dem Hilfsdamm das Fördergleis für Rüfizüge verlegt (Abb. 14 bis 18). Das lehmige Material des Rüfibetriebes bewirkte eine vollständige Dichtung des noch ziemlich wasserdurchlässigen Hilfsdamms.

Mit dem Fortschreiten der Anschüttung mußten selbstredend die Fördergleise entsprechend verlegt werden. Für die Kieszufuhr zu den Arbeitsstellen der Pflasterung zog man in dieser Periode den Handbetrieb





Abb. 13. Baustelle „Wiesengasse“. Im Hintergrund das Brückenprovisorium der österreichischen Bahnlinie Buchs—Feldkirch; links Zugseilbagger in der Trasse des zugeschütteten Binnenkanals und rechts Lokomotivschuppen. Im Vordergrund ein Materialzug des „Kanal“-Betriebes und rechts Wagenwerkstatt.



Abb. 14. Vorgrundgleise.



Abb. 15. Ansetzen der Böschung. Die Vorgrundschüttung vollendet.



Abb. 18. Dammstrecke flußaufwärts.



Abb. 16. Kippe im unteren Teil; rechts Kiesschüttung im Handladbetrieb.



Abb. 20. Anschüttung des neuen Dammes.



Abb. 17. Pflasterung der Wasserseite.



Abb. 21. Anschüttung und Pflasterung.

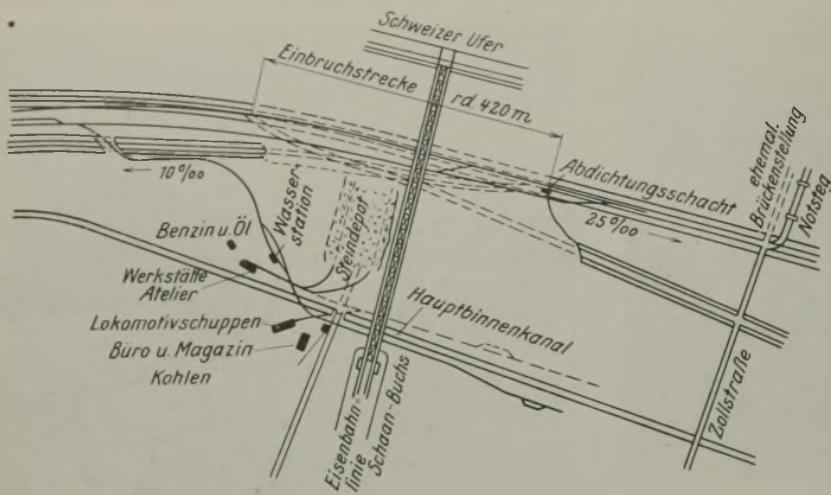


Abb. 19. Übersichtsplan der Baustelle bei der alten Eisenbahnbrücke im Baustadium II.

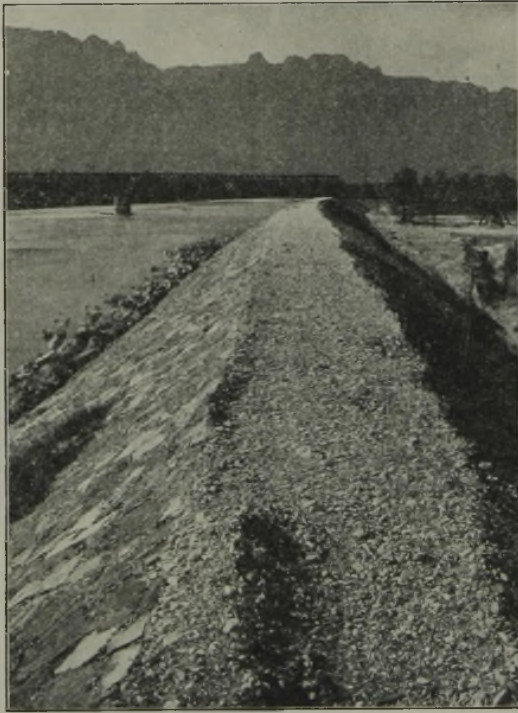


Abb. 22. Fertiggestellter Dammtteil von der oberen Einbruchsstelle bis zur Eisenbahnbrücke.



Abb. 23. Steinwalzen und Pfähle als Dammschutz.

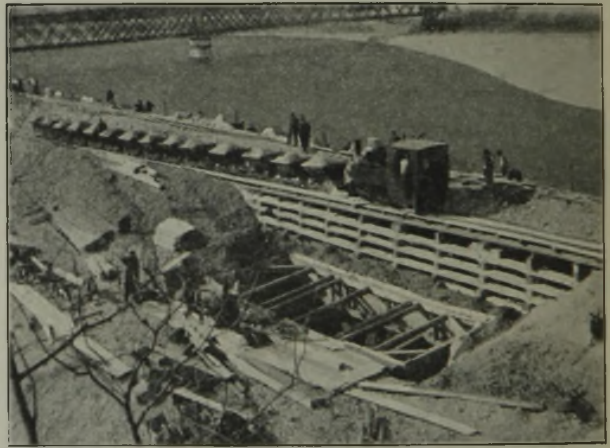


Abb. 24. Dammschüttung an der unteren Einbruchsstelle mit Dichtungsschacht.

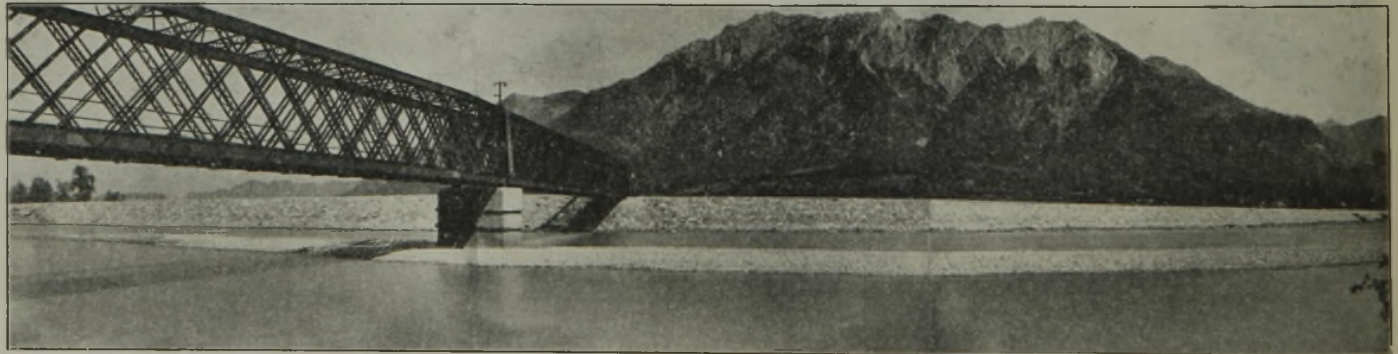


Abb. 25. Ansicht des fertiggestellten neuen Dammes nach Hebung der Eisenbahnbrücke.

von den Kiesbänken im Rhein heran. Dadurch wurde eine Erhöhung der Tagesleistung in der Dammschüttung auf 1200 bis 1400 m<sup>3</sup> erzielt. Man sicherte außerdem auf diese Weise die Fertigstellung der ersten Bauetappe auf den 12. März, an welchem Tage der Damm auf die ganze Länge bis auf die Höhe des Hilfsdammes vollendet war.

Im zweiten Baustadium (Abb. 19 bis 22) mußte der Damm auf seine endgültige Höhe gebracht werden mit Endermin auf den 15. Mai 1928. Für die Gleisanordnung war die Lage der Eisenbahnbrücke ausschlaggebend, die damals noch nicht gehoben war.

In diesen Zeitabschnitt fällt auch die Abdichtung des Anschlusses des

neuen an den alten Damm. Die zur Sicherung der Dammköpfe verlegten Steinwalzen (Abb. 23) bildeten eine wasserdurchlässige Stelle, die nun durch Lehmdichtung in Schachtbetrieb behoben wurde (Abb. 24).

Der fertiggestellte Damm (Abb. 25) hat in bezug auf Dichthalten und Standfestigkeit anlässlich der Hochwasserwelle vom Mai und vom 30. August 1928 die Belastungsprobe gut bestanden.

Die Regenperiode der letzten Augustwoche brachte mancherorts Hochwassergefahr. Besonders ernst war die Lage im obern Rheintal und im Bergell, ähnlich wie im September des Vorjahres. Die Hochwasserwelle des Rheines machte sich infolge der langen Niederschlagsdauer auch im unteren Rheintal in bedrohlicher Weise geltend, so daß einzelne Gemeinden zu

Abwehrmaßnahmen greifen mußten.

Den Höchststand erreichte der Rhein am 30. August 11 Uhr, ebenso hoch wie in den Vormittagsstunden des 25. September 1927.

Die beiden Dammlücken unterhalb Schaan wurden ebenfalls zu dem vorgeschriebenen Zeitpunkte geschlossen. Zu ihrer Schließung wurden insgesamt ungefähr 94 000 m<sup>3</sup> Material aufgewendet, dazu Böschungspflasterung 7800 m<sup>2</sup> und für den Vorgrund 3000 m<sup>3</sup> Steinblöcke.

Man darf zuversichtlich annehmen, daß die neuen Dammsrecken auch größeren zukünftigen Angriffen standhalten werden und dem schwer heimgesuchten Liechtenstein sicheren Schutz gewähren.

Vermischtes.

Der I. internationale Kongreß für Beton und Eisenbeton soll in Lüttich gelegentlich der Lütticher Weltausstellung 1930 vom 25. bis 30. August stattfinden. Die belgische Regierung hat die Regierungen sämtlicher Staaten zur Teilnahme eingeladen.

Der Kongreß besteht aus zwei Abteilungen, deren eine sich mit der Berechnung, Regelung und Erfassung von Arbeiten aus Beton und Eisenbeton befaßt, während die andere sich mit der Ausführung dieser Arbeiten und aller damit im Zusammenhang stehenden Fragen, wie Anwendung der Materialien, Werkzeuge, Überwachung der Bauplätze, Unterhaltung usw. beschäftigt.

Insbesondere sollen behandelt werden von Abteilung I: 1. Umschnürter Beton; 2. Versuche und theoretisches Studium des Eisenbetons, insbesondere der Platten, Dächer und Kuppeln großer Weite; 3. Große Bauten aus Beton und Eisenbeton; 4. Schwinden und Wärmedehnungen in den aus Beton und Eisenbeton ausgeführten Arbeiten und dementsprechende Anordnungen; von Abteilung II: 1. Beton- und Eisenbeton-Architektur; 2. Zusammenstellung, Herstellung und Einbringen von Beton und Eisenbeton auf den Baustellen und ihre Überwachung; 3. Teile aus Beton (in Serien gegossen), wie Rohre, Pfähle, Schwellen usw.; 4. Verwendung von Beton und Eisenbeton in den Kolonien.

Alle Mitteilungen und Anfragen sind zu richten an das Sekretariat des I. Internationalen Kongresses für Beton und Eisenbeton: 4, Place Saint-Lambert, Lüttich (Belgien).

Der Umbau des Rangierbahnhofes in Mechanicville der Boston- und Maine-Eisenbahn. Der alte Bahnhof in Mechanicville, N.Y., war 1914 in der herkömmlichen Bauart mit Eselsrücken gebaut worden. Der Eselsrücken war hoch und hatte ein langes Gefälle, um den Wagen eine große Beschleunigung zu geben. Die Gleise waren in zwei Gruppen nach dem Fischgrätenmuster angelegt. Vom Gipfel des Eselsrückens bis zur letzten Trennungswiche betrug der Abstand 945 m, durchschnittlich war der Laufweg durch die Weichenzone 610 m.

Über die Gesichtspunkte, die beim Umbau des Bahnhofes in den Jahren 1926 und 1927 maßgebend waren, entnehmen wir einem Bericht in der „Railway Gazette“ vom 17. August 1928 folgende Angaben:

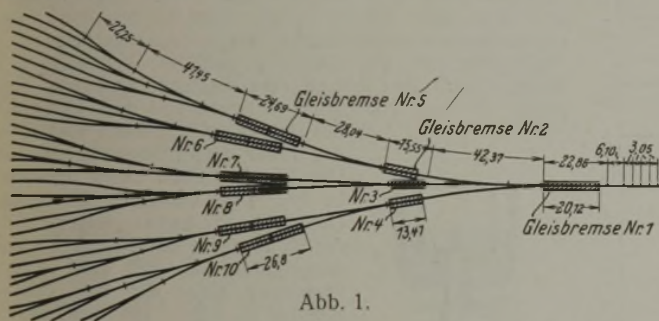


Abb. 1.

Die Laufweite der Wagen in der Weichenzone ist möglichst klein gehalten, denn dadurch ist eine schnelle Trennung der ablaufenden Wagen nach vielen Richtungen möglich. Auch bedeutet das eine Ersparnis an Arbeit und eine Verringerung der Schwierigkeiten, die durch die verschiedenen Laufeigenschaften der Wagen verschiedenen Gewichtes und verschiedenen Luftwiderstandes entstehen. Als günstigste Anordnung ergab sich der in Abb. 1 dargestellte Gleisplan, bei dem die Richtungsgleise in sechs Gruppen zusammengefaßt sind. Zur Verkürzung der Gleisentwicklung dienen Doppelweichen, und zwar liegt die erste, die die vom Ablaufberg kommenden Wagen in drei Verkehrsströme teilt, 38,1 m von dem Gipfel-punkte entfernt. Im Abstände von 57,61 m folgen drei einfache Weichen, so daß die Wagen bereits 95,71 m unterhalb des Ablaufberges in die sechs Hauptgruppen getrennt sind. Die größte Entfernung von der obersten Weiche bis zu der am weitesten entfernten Verteilungswiche beträgt 181,35 m. Die Gleislängen ergeben sich aus folgender Zusammenstellung:

	Anzahl	Aufnahmefähigkeit in Wagen
Ankunftsgleise . . . . .	10	737
Richtungsgleise . . . . .	36	1930
Umladeschuppen . . . . .	7	237
Ausbesserungsschuppen . . . . .	6	240

Die gewählten Neigungen des Ablaufberges gehen aus dem Gleisplan der Abb. 1 hervor. Entfernung und Gefälle zwischen den Weichen wurden so gewählt, daß in jedem Falle ein Umstellen der Weichen zwischen zwei aufeinanderfolgenden Wagen möglich war.

In die Weichenzone sind insgesamt zehn Gleisbremsen eingebaut, von denen die vier oberen im wesentlichen dazu dienen, die Geschwindigkeitsunterschiede zwischen langsam und schnell laufenden Wagen auszugleichen, während die unteren sechs die Geschwindigkeit des Wagens auf die je nach dem Füllungsstande des in Frage kommenden Richtungsgleises verschiedene Laufweite begrenzen. Die angegebenen Gefälle bringen einen leeren Wagen etwa mit einer Geschwindigkeit von 11 km/h zur letzten Gleisbremse. Abb. 2 gibt einen Überblick über den Bahnhof vom Ablaufberg aus.

Nach dem Umbau, jedoch vor der Inbetriebnahme der Gleisbremsen, zeigten sich schon die Vorteile der neuen Gleisanordnung, die sich vorwiegend aus der kürzeren Gleisentwicklung ergaben. Während vor dem

Umbau 35 Hemmschuhleger, eine Motorlokomotive und drei Lokomotiven für den Betrieb erforderlich waren, kam jetzt mit 16 Hemmschuhlegern und zwei Lokomotiven aus.

Die Gleisbremsen (Abb. 3) ergeben einen gleichmäßigen Bremsdruck, der unabhängig ist von der Dicke des Rades und der Spurweite des Wagens. Der Kraftantrieb geschieht elektrisch durch drei voneinander unabhängige Kraftquellen, das städtische Elektrizitätswerk, die Kraftzentrale der Lokomotivwerkstatt und eine in einem Stellwerk eingebaute Akkumulatoren-batterie. Die Kraft wird durch ein Hebelsystem übertragen, das die Teile der Bremse vor Überbeanspruchung schützt und eine schnelle Veränderung der Bremskraft gestattet (Abb. 4).

Die Anlage wird von zwei Stellwerken bedient, von denen das eine 109,7 m vom Ablaufberg entfernt ist und fünf Gleisbremsen und 18 Weichen steuert, während das zweite zwischen Gleis 12 und 13 errichtet ist und die übrigen Weichen und Gleisbremsen steuert. Zur Bedienung ist in jedem Stellwerk ein Mann, bei lebhaftem Verkehr zwei Mann erforderlich. Die Leistungsfähigkeit der Ablaufanlage beträgt im ersten Falle etwa 125 Wagen/h, im zweiten etwa 250 Wagen/h.

Die Wagen werden kurz vor dem Abflauen mit heißem Öl geschmiert, um sie gut lauffähig zu machen.

Die Signalgebung geschieht durch farbige Lampen, bei Nebel auf akustischem Wege durch Hörner und lautsprechende Telephone. Die Zugbildungspläne, Wagenablaufpläne, Frachtbriefe usw. werden durch Rohrpost von und zu den Stellwerken gesandt. Die tägliche Abfertigung beträgt zurzeit etwa 1100 Wagen.

Durch die neue Anlage haben sich die Rangierkosten um etwa 40% ermäßigt, zugleich verminderten sich der Aufenthalt der Wagen in den Ankunfts-gleisen und die Kosten für die Ausbesserung der beim Abflauen beschädigten Wagen auf je 50%.

Vom Reichshaushalt 1929. (Schluß aus Heft 18.)

Für Seewasserstraßen.

In Preußen:

Vertiefung, Verbreiterung und Befahrung des Königsberger See-kanals, 12. Betrag 1186 000, Verbesserung der Schifffahrtstraße Stettin—Swinemünde, 15. Betrag 3400 000, Instandsetzung des Ostufers der Mellin-fahrt im Bezirk des Hafenbauamts Swinemünde, Rest 45 000, Weiterer Ausbau des Bunnensystems vor der Landzunge bei Dievenow, Rest 100 000, Verstärkung und Erhöhung der Düne auf der Landzunge zwischen Berg-Dievenow und Ost-Dievenow, Rest 118 000, Ersatzbau für die Holz-bearbeitungswerkstatt der Staatswerft Stralsund 49 000, Beschaffung einer seetüchtigen Motor-Lotsenbarkasse für die Insel Ruden 40 000, Ausbau der alten Süderelbe im Interesse der Vorflut und Kleinschifffahrt, 2. Betrag 60 000, Fortsetzung des Ausbaues der Krückau zur Verbesserung der Schifffahrtverhältnisse, 1. Betrag 65 000, Einführung des elektrischen Betriebes beim Feuerschiff „Außeneider“ 100 000, Beschaffung und Einbau eines 250-PS-Dieselmotors zum Antrieb des Feuerschiffes „Außeneider“ 120 000, Umbau der Bühnen 1 bis 7 auf Borkum, 3. Betrag 250 000, Trockenlegung und Instandsetzung der Oldersumer Seeschleuse und ihre Einrichtung für elektrischen Antrieb, Rest 77 000, Ausrüstung der wichtigsten Feuerschiffe und Küstenpunkte der Ostsee mit Anlagen zur Aus-führung von Richtungs- und Abstandsbestimmungen für die Schifffahrt bei Nebel, 2. Betrag 250 000.



Abb. 2.

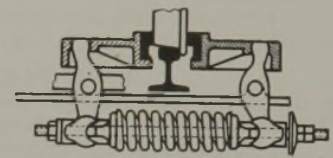


Abb. 3.

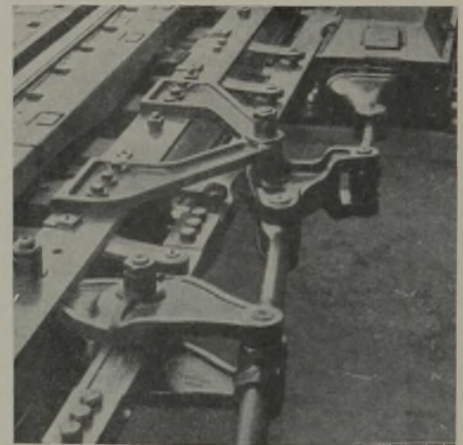


Abb. 4.

## In Hamburg:

Elberegulierung oberhalb und unterhalb Hamburgs bis Brunshausen, 9. Betrag 50 000, Baggerungen in der Unterelbe an der Ostebank, 9. Betrag 650 000, Arbeiten zur Wiederherstellung und Erleichterung der Unterhaltung des Fahrwassers der Unterelbe bei der Ostebank, 5. Betrag 4 000 000, Regulierung der Unterelbe bei Pagensand, 2. Betrag 1 100 000, Herrichtung des eingezogenen Feuerschiffs „Eidergalio“ als Ersatzfeuerschiff für die Feuerschiffe „Elbe 2“ und „Elbe 4“ 98 000.

## In Bremen:

Baggerungen für die weitere Vertiefung und Verbreiterung der Unterweser, 9. Betrag 3 250 000.

## Für Binnen- und Seewasserstraßen.

Verstärkung der Ersatzbeschaffung abgängigen Geräts der Reichswasserstraßenverwaltung, 4. Betrag 3 000 000.

## Vermischte Ausgaben.

Versuche auf dem Gebiete des Eisenbetonbaues 15 000, Kostenbeitrag für den Fachausschuß für Anstrichtechnik 10 000.

## Für Luftfahrtangelegenheiten.

Beitrag zur Verlegung und zum Ausbau der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt 4 000 000, für die Förderung von Flughäfen 550 000, für neue Einrichtungen des Flugfernmeldedienstes 300 000, für Erweiterungsbauten der Aerodynamischen Versuchsanstalt in Göttingen und ähnlicher Institute 50 000, zur Förderung der Luftschiffahrt 4 500 000.

## Für Kraftfahrwesen.

Zur Förderung der Gebirgsrenn- und Prüfungsstraße Nürburgring 2 000 000, zur Entwicklung des öffentlichen Kraftwagenverkehrs in der Provinz Ostpreußen 500 000.

## Für Eisenbahnwesen.

Beihilfe des Reichs für den Bau der Rheinbrücken bei Ludwigshafen, Speyer und Maxau, 3. Betrag 72 000.

## Im außerordentlichen Haushalt für die Reichswasserstraßenverwaltung.

Beteiligung des Reichs an der Neckar-Aktiengesellschaft durch Übernahme von Aktien und Gewährung von Darlehen 5 184 000, Maßnahmen zur Verbesserung der Hochwasserverhältnisse am Neckar in den Gemarkungen Stuttgart-Cannstatt und Münster, Rest 1 240 000, Beteiligung des Reichs an der Rhein-Main-Donau-Aktiengesellschaft durch Übernahme von Aktien und Gewährung von Darlehen 5 143 000, Beteiligung des Reichs an der Teltowkanal-Aktiengesellschaft 80 000, Rhein-Weser-Kanal bestehend aus: Staubecken in dem oberen Quellgebiet der Weser 2 650 000, Lippe-Kanal Wesel—Datteln 8 200 000, Lippe-Kanal Hamm—Lippstadt 1 200 000, Hohenzollernkanal, 2. Abstieg bei Niederfinow (Liepe), 9. Betrag 3 500 000, Verbesserung der Oderwasserstraße unterhalb Breslau, 9. Betrag 2 000 000, Ausbau des Pregel zwischen Insterburg und Groß-Bubainen, nachträglicher Ergänzungsbetrag 474 000, Bau eines Staubeckens an der Glatzer Neiße bei Ottmachau, 4. Betrag 8 500 000, Verbesserung der Vorflut in der unteren Oder, 9. Betrag 5 250 000, Vollendung des Mittellandkanals ohne Ausbau des Oder-Spree-Kanals 23 254 000, Küstenkanal, 4. Betrag 3 000 000, Umkanalisierung des Untermain, 4. Betrag 4 000 000.

Das Reichsfinanzministerium verlangt im ordentlichen Haushalt u. a.: Schutz des auf der Insel Helgoland befindlichen reichseigenen Geländes gegen Felsabstürze und Angriffe des Meeres 1 220 000, Instandsetzung und Ausbau der durch das Pariser Luftfahrtabkommen wieder in das Eigentum des Reiches gefallenen Flugplatzanlagen 150 000, Wiederherstellung von Dächern auf Reichsgebäuden in Helgoland-Oberland, 2. Betrag 20 000, Verlegung des Heereswaffenamts nach dem Grundstück Fasanenstraße 87 in Berlin-Charlottenburg, 2. Betrag 1 320 700, Ausstattung der Dienststellen der Reichsabgabenverwaltung mit neuzeitigen technischen Hilfsmitteln, 4. Betrag 3 000 000, Anschaffung von Wasserfahrzeugen für die Zollabfertigung und die zollamtliche Überwachung der Küstengewässer und Ströme sowie von schwimmenden Anlagen 500 000.

**Nordamerikanische Straßenbrücken.** Im Jahre 1927 gab es nach der „Chicago Daily Tribune“ vom 12. und 15. 11. 28 in den Vereinigten Staaten 223 Brücken, deren Benutzung von der Entrichtung einer Abgabe abhängig ist. Von diesen Brücken befanden sich 191 in Privatbesitz. Private Kreise haben 75 Mill. \$ für den Bau dieser Brücken aufgebracht, und die Anzahl der Brücken sowie das investierte Kapital dürfte sich bis Ende 1928 vervierfacht haben. Anfang 1928 waren 162 abgabepflichtige Brücken geplant, deren Gesamtkosten auf 313 Mill. \$ veranschlagt wurden, wobei nur 58 Mill. \$ aus öffentlichen Mitteln aufgebracht werden sollten. An der Finanzierung sind vielfach Handelskammern und ähnliche Vereinigungen beteiligt, weil der Kraftfahrer große Umwege der Benutzung von Fähren vorzieht, so daß der Brückenbau eine Förderung des Fremdenverkehrs zur Folge hat. Die Einnahmen der genannten 223 Brücken beliefen sich 1927 auf 13 809 000 \$ = 11,7% des investierten Kapitals. Die Brücken im öffentlichen Besitz verzeichnen Reineinnahmen in Höhe von 5% und diejenigen in Privatbesitz solche von 14% des investierten Kapitals.

Anlässlich der 4. Jahresversammlung der Vereinigung der Straßenbeamten der Nordatlantischen Staaten in Atlantic City sprach Ernest N. Smith von der American Automobile Association gegen den Bau von Straßen und Brücken, deren Benutzung von der Erhebung einer Abgabe abhängig sein soll. Statt den Bau von privaten abgabepflichtigen

Straßen zu gestatten, sollten die Staaten nicht nur eine Erweiterung der bestehenden Durchzugstraßen durchführen, sondern gleichzeitig für ein besseres Straßennetz 2. Ordnung sorgen. Die American Automobile Association will durch große Propaganda erreichen, daß die Regierungen des Bundes und der Staaten alle Einnahmen aus den Abgaben für Kraftfahrzeuge und Brennstoff für den Bau und die Unterhaltung der Landstraßen verwenden müssen. Von über 1000 Mill. \$, die von der Bundesregierung aus dem Kraftfahrzeugverkehr vereinnahmt wurden, ist bisher nur ein Bruchteil für die Verbesserung der Straßen verwendet worden.

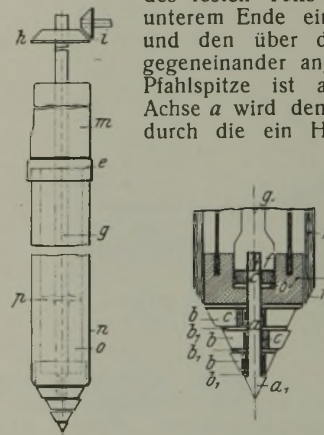
Die Straßenbaubeamten von 46 nordamerikanischen Staaten haben sich einstimmig gegen die weitere Erteilung von Konzessionen und Gerechtsamen für privat gebaute und unterhaltene Brücken im Zuge von Staatsstraßen oder solchen Verkehrswegen ausgesprochen, die mit Bundeszuschüssen gebaut werden. Diese Entschliebung ist anlässlich der 14. Jahresversammlung der American Association of State Highways Officials genommen worden und wurde den zuständigen Behörden unmittelbar hiernach zugestellt.

In diesem Zusammenhange wird auf die Lösung hingewiesen, die der Staat Kentucky gewählt hat, da für den Bau von freien Brücken im Zuge aller Hauptdurchzugstraßen über 30 Mill. \$ notwendig gewesen wären. Das Landstraßenamt ist hier ermächtigt, für jeden einzelnen Brückenplan eine Anleihe aufzunehmen, Diese Anleihe wird öffentlich aufgelegt, und aus den Eingängen werden die Kosten der Brücke gezahlt. Ist die Brücke fertiggestellt, so wird eine Benutzungsabgabe erhoben, die vom Landstraßenamt in solcher Höhe festgesetzt wird, daß die Zahlung von Zinsen und eine Tilgung des Anlagekapitals möglich sind. Auf diese Weise zahlt der Autoverkehr selbst für die Brücken, die er fordert. Nach der Tilgung des Anlagekapitals wird die Benutzungsgebühr der Brücken aufgehoben. Wu.

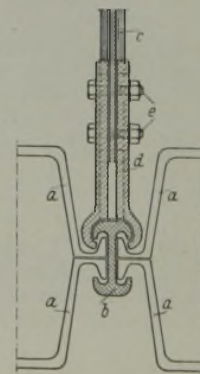
## Patentschau.

Bearbeitet von Regierungsrat Donath.

**Pfahlschuh für Vortreibrohre zur Herstellung von Ortpfählen.** (Kl. 84c, Nr. 458 421 vom 24. 11. 1925, von Johann Fiege und Bernh. Schwelm in Düsseldorf.) Der Pfahlschuh besteht aus der in der Mitte



des festen Teils *d* drehbar gelagerten Achse *a*, an deren unterem Ende eine Spitze *a*<sub>1</sub> exzentrisch angeschweißt ist, und den über dieser Spitze übereinander und versetzt gegeneinander angeordneten festen Exzenterscheiben *c*; die Pfahlspitze ist aus Ringen *b* gebildet; bei Drehung der Achse *a* wird den Ringen eine walzende Bewegung erteilt, durch die ein Hohlraum, entsprechend dem Durchmesser des Betonpfahls, gebildet wird, in den der Pfahl eingetrieben werden kann. Die Ringe werden durch Scheiben *b*<sub>1</sub> in ihrer Lage gesichert. Diesem in einem Gußkörper *d* leicht gelagerte Achse der Rammspitze ist oben als Vierkant *f* ausgebildet und mit einer Mutter *e* versehen, unter der eine Unterlagescheibe *e*<sub>1</sub> liegt. Die schlüsselartige Triebstange *g*, die über ein Kegelradgetriebe *h*—*i* von einem Motor in Drehung versetzt wird, ist am oberen Ende des Vortreibrohres durch die Rammhaube hindurchgeführt. Die Rammspitze ist durch ein Stützrohr *o* mit dem Gußkörper *d* und der Rammhaube fest verbunden. Zur Führung der Triebstange dienen Scheiben *p*. Nach Vortrieb des Rohres *n* in die vorgesehene Tiefe wird die Rammvorrichtung nebst Stützrohr *o* aus dem Vortreibrohr *n* herausgezogen und der Ortpfahl hergestellt.



**Eiseneinlage für eine beim Bau von Schleusen und ähnlichen Bauwerken zwischen eisernen Kastenspundwänden durch Schüttbeton unter Wasser herzustellende Eisenbetonsohle.** (Kl. 84a, Nr. 463 562 vom 19. 9. 1925, von Hermann Oberschulte in Essen, Ruhr.) Um auch eine Schüttbetonsohle durch Eisenbewehrungen einwandfrei zu verstärken, sind die Bewehrungsstücke zwecks Führung und Verankerung an den Schloßbeisen der Kastenspundwände an den Enden mit Klauen versehen und mit den Klauen längsverschieblich verbunden. Die Spundwändeisen *a* werden durch den Schloßriegel *b* zusammengehalten, der zusammen mit den Spundwandbohlen *a* die Führung der an den Enden mit Klauen versehenen Eisenbewehrung bildet, die aus zwei Teilen *c*, *d* besteht. Der Teil *c* ist mit *d* längsverschieblich verbunden und wird durch Bolzen *e* gehalten.

**INHALT:** Strömungsuntersuchung an selbsttätigen Saugüberfällen. — Eisernen Spundbohlen bei Herstellung der Kammerwände für die Schleusen Friedrichsfeld und Hünxe des Kanals Wesel—Datteln. — Die Wiederherstellung des rechtsseitigen Rheindammes bei Schaas (Liechtenstein). — Vermischtes: I. Internationaler Kongreß für Beton und Eisenbeton. — Umbau des Rangierbahnhofes in Mechanicville der Boston- und Malne-Eisenbahn. — Vom Reichshaushalt 1929. (Schluß) — Nordamerikanische Straßenbrücken. — Patentschau.