

DIE BAUTECHNIK

11. Jahrgang

BERLIN, 13. Oktober 1933

Heft 44

Alle Rechte vorbehalten.

Tasse und Halbwiebel als Schalenformen und ihre Anwendung, besonders im Eisenbetonbehälterbau.

Von Dr.-Ing. Fritz Wingerter, Königsberg/Pr.

Die Ableitung der invarianten Beziehungen der Schalen- bzw. Membrantheorie wird vorausgesetzt, und die allgemeinen, üblichen Bezeichnungen werden beibehalten. Danach bedeutet:

- T_1 = Spannungsergebnende in der Meridianrichtung,
 T_2 = Spannungsergebnende in der Ringrichtung,
 φ = Argument in der Meridianrichtung,
 ψ = desgl. in der Ringrichtung,
 X } Komponente der äußeren Kräfte (Belastung) in Richtung der Tangente
 Z } bzw. der Normalen zur Meridiankurve,
 γ = spezifisches Gewicht der einzelnen Stoffe,
 Q_z = lotrechte Komponente aller äußeren Kräfte oberhalb des Schnittes $z-z$,
 H = Horizontalschub,
 R_1 = erster Krümmungshalbmesser (der Meridiankurve),
 R_2 = zweiter Krümmungshalbmesser.

Weitere Bezeichnungen gehen aus den zugehörigen Abbildungen hervor.

I. Die invarianten Beziehungen.

$$(1) \quad T_1 = \frac{Q_z}{2r\pi \cdot \sin \varphi},$$

$$(2) \quad T_2 = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{dQ_z}{ds},$$

wobei nur achsensymmetrische Belastung vorgelegt sein soll.

$$(3) \quad \frac{T_1}{R_1} + \frac{T_2}{R_2} = Z \text{ oder: } T_2 = Z R_2 - T_1 \cdot \frac{R_2}{R_1},$$

$$(4) \quad H = Q_z \cdot \cotg \varphi.$$

II. Die Tasse.

Die doppeltgekrümmte Schale als Behälterwand wird im folgenden kurzweg mit Tasse bezeichnet (Abb. 1).

a) Die geometrischen Größen.

Für die weitere Untersuchung wird das Achsenkreuz so verschoben, daß die Z -Achse durch den Schnittpunkt von Tasse und deren Boden geht und die X -Achse um die willkürlich zu wählende Größe a , je nach der mehr oder minder steil verlaufenden Form der Tasse, gesenkt

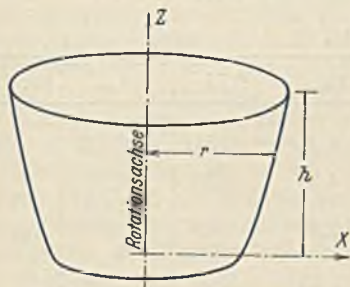


Abb. 1.

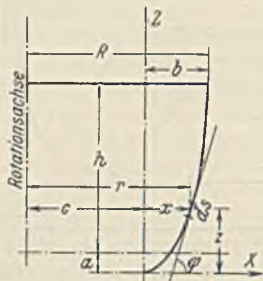


Abb. 2.

wird (Abb. 2). Dann folge die Meridiankurve der Kettenlinie:

$$(5) \quad z = a \cdot \text{Coj} \left(\frac{x}{a} \right).$$

Hierzu lautet das Bogenelement: $ds = \text{Coj} \left(\frac{x}{a} \right) dx$. Ferner ist:

$$(6) \quad \begin{cases} \sin \varphi = \text{Zg} \left(\frac{x}{a} \right) \\ \cos \varphi = \frac{1}{\text{Coj} \left(\frac{x}{a} \right)} \\ \cotg \varphi = \frac{1}{\text{Sin} \left(\frac{x}{a} \right)} \end{cases}$$

Die Ableitung der Krümmungshalbmesser soll erspart bleiben. Da jedoch die Krümmungslinien zugleich Parameterkurven sind, so lassen sich die Halbmesser in einfacher Weise bestimmen. Sie sind:

$$(7) \quad \begin{cases} R_1 = a \cdot \text{Coj}^2 \left(\frac{x}{a} \right) \\ R_2 = (c+x) \text{Coj} \left(\frac{x}{a} \right) = r \cdot \text{Coj} \left(\frac{x}{a} \right). \end{cases}$$

b) Eigengewicht.

Die mittlere Wanddicke der Tasse sei δ_m . Das Gewicht eines Mantel-elementes ist $dg = \gamma \delta_m ds r d\varphi$, bzw. das eines Tassenringes:

$$dG = \gamma \delta_m ds \cdot 2r\pi.$$

Mithin ist das Eigengewicht der Tasse für den Teil oberhalb des Schnittes z :

$$G_z = \gamma \delta_m \cdot 2\pi \int_x^b r ds = \gamma \delta_m \cdot 2\pi \int_x^b (c+x) \text{Coj} \left(\frac{x}{a} \right) dx.$$

Das ausgewertete Integral lautet:

$$(8) \quad \left\{ G_z = \gamma \delta_m \cdot 2\pi a \left\{ R \cdot \text{Sin} \left(\frac{b}{a} \right) - a \cdot \text{Coj} \left(\frac{b}{a} \right) - r \cdot \text{Sin} \left(\frac{x}{a} \right) + a \cdot \text{Coj} \left(\frac{x}{a} \right) \right\} \right.$$

Die Komponente der äußeren Kraft in Richtung der Normalen zur Tassenwand ist:

$$(9) \quad Z_g = -g \cdot \cos \varphi = -\gamma \delta_m \cdot \cos \varphi,$$

wobei die Kraft, weil sie nach außen gerichtet ist, negatives Vorzeichen erhält.

Somit ergibt sich:

$$(10) \quad \left\{ T_{1g} = \gamma \cdot \frac{a \delta_m}{r \cdot \sin \varphi} \left[R \cdot \text{Sin} \left(\frac{b}{a} \right) - a \cdot \text{Coj} \left(\frac{b}{a} \right) - r \cdot \text{Sin} \left(\frac{x}{a} \right) + a \cdot \text{Coj} \left(\frac{x}{a} \right) \right], \right.$$

$$(11) \quad \left\{ T_{2g} = -\gamma \delta_m \left[\frac{r}{\text{Sin} \left(\frac{x}{a} \right)} + \frac{1}{\text{Coj}^2 \left(\frac{x}{a} \right)} \left[R \cdot \text{Sin} \left(\frac{b}{a} \right) - a \cdot \text{Coj} \left(\frac{b}{a} \right) - r \cdot \text{Sin} \left(\frac{x}{a} \right) + a \cdot \text{Coj} \left(\frac{x}{a} \right) \right] \right], \right.$$

$$(12) \quad \left\{ H_g = \gamma \delta_m \cdot \frac{2\pi a}{\text{Sin} \left(\frac{x}{a} \right)} \left[R \cdot \text{Sin} \left(\frac{b}{a} \right) - a \cdot \text{Coj} \left(\frac{b}{a} \right) - r \cdot \text{Sin} \left(\frac{x}{a} \right) + a \cdot \text{Coj} \left(\frac{x}{a} \right) \right]. \right.$$

Während T_1 und H Druckspannungen liefern, gibt T_2 Zugspannungen.

c) Wasserdruck.

Der Inhalt eines Tassenringes $dJ = r^2 \pi dz$. Mithin ist der gesamte Tasseninhalt:

$$J = \pi \int r^2 dz = \pi \int_x^b (c+x)^2 \cdot \text{Sin} \left(\frac{x}{a} \right) dx.$$

Die Auswertung des Integrals ergibt:

$$J = a\pi \left\{ \text{Coj} \left(\frac{b}{a} \right) (c^2 + 2bc + b^2) - 2 \cdot \text{Sin} \left(\frac{b}{a} \right) (ac + ab - a^2) - \text{Coj} \left(\frac{x}{a} \right) (c^2 + 2cx + x^2) + 2 \cdot \text{Sin} \left(\frac{x}{a} \right) (ac + ax - a^2) \right\}.$$

Die nun oberhalb des Schnittes z wirkende, gesamte Wassermasse ergibt sich aus Gleichung:

$$(13) \quad \left\{ Q_z = \gamma a \pi \left\{ R^2 \cdot \text{Coj} \left(\frac{b}{a} \right) - 2a(R-a) \text{Sin} \left(\frac{b}{a} \right) + 2a(r-a) \text{Sin} \left(\frac{x}{a} \right) - r^2 \left(\frac{h}{a} + 1 \right) \right\} \right.$$

Aus dem Wasserdruck berechnet sich die Normalkraft auf die Oberfläche:

$$(14) \quad Z = -\gamma (h + a - z).$$

Mit diesen Gl. (13) u. (14) lassen sich unschwer die Spannungsergebnenden und der Horizontalschub aus den Gl. (1), (3) u. (4) bestimmen.

III. Die Halbwiebel.

Die Meridiankurve nehme den aus der Parabelgleichung

$$(15) \quad x = \frac{2pc - z^2}{2p}$$

bestimmten Verlauf. Der somit um die Z-Achse aufgespannte Drehkörper wird kurz Halbwiebel genannt (Abb. 3).

a) Die geometrischen Größen.

Aus Gl. (15) findet man:

$$z^2 = 2p(c - x); \quad \frac{dx}{dz} = -\frac{z}{p}; \quad ds = dx \sqrt{1 + \left(\frac{dz}{dx}\right)^2};$$

und gemäß Abb. 3 ist:

$$t = \frac{z}{p} \sqrt{z^2 + p^2}; \quad v = \frac{z^2}{p}$$

Also ergibt sich:

$$(16) \quad \begin{cases} \sin \varphi = \frac{z}{t} = \frac{p}{\sqrt{p^2 + z^2}} \\ \cos \varphi = \frac{v}{t} = \frac{z}{\sqrt{p^2 + z^2}} \\ \cotg \varphi = \frac{z}{p} \end{cases}$$

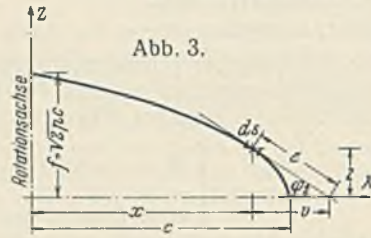


Abb. 3.

Wie bei der Tasse sind auch hier die Krümmungslinien zugleich Parameterkurven, so daß:

$$(17) \quad \begin{cases} R_1 = 2 \sqrt{\frac{2(c-x + \frac{p}{2})^3}{p}} \\ R_2 = \frac{x}{\sin \varphi} \end{cases}$$

b) Eigengewicht.

Die Mantelfläche der Halbwiebel findet man aus:

$$O = 2\pi \int x ds = \frac{2\pi}{p} \int (c - \frac{z^2}{2p}) \sqrt{1 + \left(\frac{p}{z}\right)^2} z dz$$

Die Integration führt zur Formel:

$$(18) \quad \begin{cases} 0 = \frac{\pi}{p} \left\{ \sqrt{2pc} \left(\frac{c}{2} - \frac{p}{8} \right) \sqrt{p^2 + 2pc} \right. \\ \quad \left. + \left(cp^2 + \frac{p^3}{8} \right) \ln \left(\frac{\sqrt{2pc} + \sqrt{p^2 + 2pc}}{p} \right) \right. \\ \quad \left. - \left(cz - \frac{z^3}{4p} - \frac{pz}{8} \right) \sqrt{p^2 + z^2} - \left(cp^2 + \frac{p^3}{8} \right) \ln \left(\frac{z + \sqrt{p^2 + z^2}}{p} \right) \right\} \end{cases}$$

Mit den neuen Bezeichnungen:

$$(19) \quad f = \sqrt{2pc}; \quad R = \sqrt{2pc + p^2}; \quad r = \sqrt{z^2 + p^2}$$

geht die Gl. (18) über in

$$(20) \quad \left\{ Q_z = \frac{\pi}{p} \left\{ fR \left(\frac{c}{2} - \frac{p}{8} \right) - r \left(cz - \frac{z^3}{4p} - \frac{pz}{8} \right) \right. \right. \\ \quad \left. \left. + \left(cp^2 + \frac{p^3}{8} \right) \ln \left(\frac{f+R}{z+r} \right) \right\} \right.$$

Mithin sind die lotrechte Komponente der Eigenlasten oberhalb des Schnittes z und die Oberflächenkraft in Richtung der Flächennormalen bei der mittleren Schalenstärke δ_m :

$$(21) \quad \begin{cases} Q_z^g = g O_z = \gamma \delta_m O_z \\ Z_g = g \cdot \cos \varphi = \gamma \delta_m \cdot \frac{z}{r} \end{cases}$$

c) Gleichmäßige Nutzlast (q = konstant).

Hierfür lassen sich Q_z und Z sofort anschreiben. Es ist:

$$(22) \quad \begin{cases} Q_z^p = q x^2 \pi \\ Z_p = q \cdot \cos^2 \varphi = q \cdot \frac{z^2}{r^2} \end{cases}$$

Entspricht beispielsweise q einer konstanten Wassersäule h oberhalb des Zwiebelscheitels, dann ist:

$$(23) \quad \begin{cases} Q_z^a = \gamma h x^2 \pi, \text{ jedoch} \\ Z_a = \gamma h. \end{cases}$$

d) Veränderlicher Wasserdruck

(Abb. 4).

Das Wasser reicht bis zum Scheitel f. Die gesamte Wassermenge oberhalb des Schnittes z ist nun zu bestimmen. Wenn

$$dQ = 2\gamma \pi x dF,$$

und $dF = (f - z) dx$

dann ist:

$$Q_z^d = 2\gamma \pi \int x (f - z) dx = \gamma \cdot \frac{2\pi}{p} \int (f - z) \left(c - \frac{z^2}{2p} \right) z dz$$

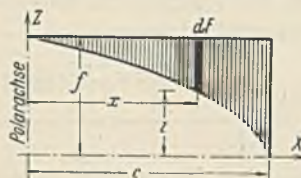


Abb. 4.

Die Integration liefert die Gleichung:

$$(24) \quad Q_z^d = \gamma \cdot \frac{\pi}{p} \left\{ 7f^3 \cdot \frac{c}{30} - cfz^2 + \frac{2}{3} \cdot cz^3 + f \cdot \frac{z^4}{4p} - \frac{z^5}{5p} \right\}$$

Die normal gerichtete Oberflächenkraft ist:

$$(25) \quad Z_d = \gamma (f - z)$$

Die Auswertung der Gl. (1) bis (4) ergibt sich durch einfache Substitution, wobei in Gl. (1) (im Nenner) r durch x zu ersetzen ist.

e) Massenausgleich.

Da diese Schalenform meist mit veränderlicher Dicke, im Scheitel schwächer als im Gürtel, zur Ausführung gelangt, so kann auch hier unschwer und mit Vorteil das Verfahren des Massenausgleichs verwendet werden; denn auch hierbei entstehen die Meridiankurven aus der gleichmäßigen Verzerrung der Ordinaten einer anderen Meridiankurve. Es gelten somit die bekannten Beziehungen¹⁾, wenn die Werte ohne Zeiger für die ausgeglichene Schale zutreffen (Abb. 5).

$$(26) \quad ds \delta = ds' \delta', \text{ d. h.: } \delta = \delta' \sqrt{\frac{p}{p'}} \sqrt{\frac{f'^2 + p'^2}{f^2 + p^2}}$$

$$(27) \quad \sigma_1 = \sigma'_1 \cdot \frac{z^3}{z'^3} \cdot \frac{p' r'^2}{p r^2}$$

$$(28) \quad \sigma_2 = \sigma'_2 \cdot \frac{f'}{f}$$

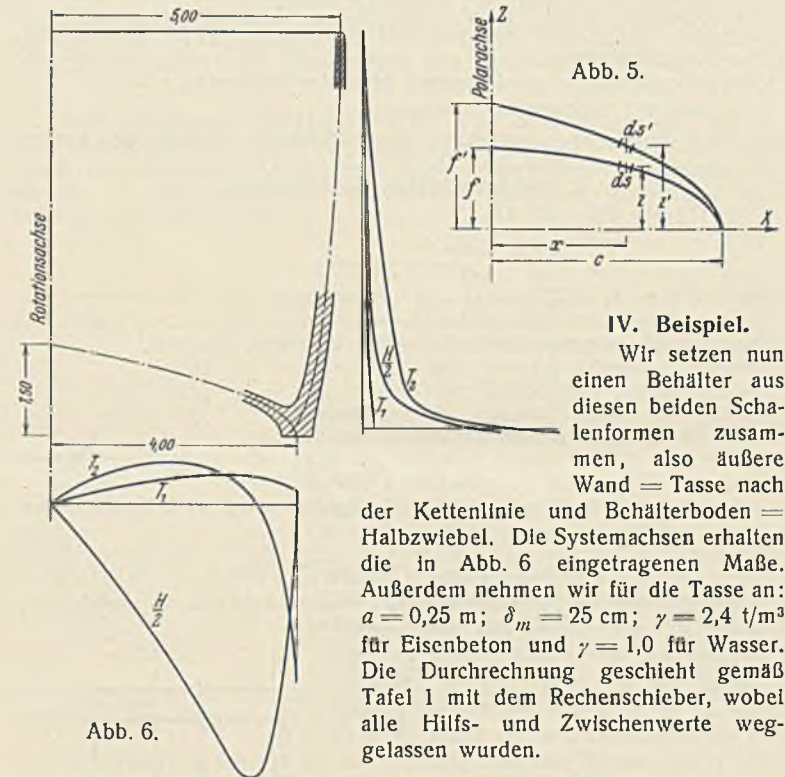


Abb. 5.

Abb. 6.

IV. Beispiel.

Wir setzen nun einen Behälter aus diesen beiden Schalenformen zusammen, also äußere Wand = Tasse nach der Kettenlinie und Behälterboden = Halbwiebel. Die Systemachsen erhalten die in Abb. 6 eingetragenen Maße. Außerdem nehmen wir für die Tasse an: a = 0,25 m; $\delta_m = 25$ cm; $\gamma = 2,4$ t/m³ für Eisenbeton und $\gamma = 1,0$ für Wasser. Die Durchrechnung geschieht gemäß Tafel 1 mit dem Rechenschieber, wobei alle Hilfs- und Zwischenwerte weggelassen wurden.

Tafel 1.

x =	0,25	0,5	0,75	1,0	Nr. d. Gl.
$z = a \cdot \cos \left(\frac{x}{a} \right)$	0,386	0,94	2,517	6,827	(5)
r	4,25	4,50	4,75	5,00	
$\frac{G_z}{2r\pi}$	4,42	3,81	2,67	0	aus (8)
$\frac{Q_z}{2r\pi}$	3,74	2,02	0,64	0	aus (13)
T_{1g} (Eig.-Gew.)	5,23	3,96	2,69	0	(1)
T_{1a} (Wasser)	4,42	2,10	0,65	0	(1)
$T_1 = T_{1g} + T_{1a}$	9,65	6,06	3,34	0	
H_g (Eig.-Gew.)	100,5	29,7	7,90	0	(4)
H_a (Wasser)	85,0	15,7	1,90	0	(4)
$H = H_g + H_a$	185,5	45,4	9,80	0	
Z_g (Eig.-Gew.)	- 0,39	- 0,16	- 0,06	- 0,02	(9)
Z_a (Wasser)	- 6,44	- 5,89	- 4,31	- 0	(14)
$Z = Z_g + Z_a$	- 6,83	- 6,05	- 4,37	- 0,02	
T_z	-128,6	-36,2	-21,5	-0,10	(3)

¹⁾ Vgl. Handb. f. Eisenbetonbau, 4. Aufl., VI. Bd., Dachbauten. Berlin 1928. Wilh. Ernst & Sohn.

Tafel 2.

$x =$	0	2,0	3,0	3,5	4,0	Nr.d.Gl.
$c - x$	4,0	2,0	1,0	0,5	0	
z^2	2,24	1,16	0,56	0,28	0	(15)
z	1,497	1,077	0,748	0,529	0	
$r = \sqrt{p^2 + z^2}$	1,523	1,113	0,799	0,599	0,28	(19)
Oberfläche O	0	12,6	29,70	40,70	58,90	(18)
Q_z^g (Eig.-Gew.)	0	4,50	10,00	14,70	21,20	(21)
Q_z^a (Wasser)	0	60,0	136,00	185,00	241,00	(23)
Q_z^d (Wasser)	0	3,25	13,35	21,85	25,45	(24)
ΣQ	0	67,75	159,35	220,55	287,65	
T_1	0	21,3	24,1	21,40	11,50	(1)
H_g	0	17,4	26,7	27,8	0	(4)
H	0	261,0	426,0	418,0	0	(4)
Z_g (Eig.-Gew.)	0,354	0,349	0,338	0,318	0	(21)
Z_a	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	(23)
Z_d	0	0,42	0,75	0,97	1,5	(25)
ΣZ	5,154	5,569	5,888	6,088	6,3	
T_z	0	+ 34,0	+ 18,70	- 13,10	- 139,8	(3)

Für die Halbzweibel ist der Parameter $p = \frac{2,25}{8} = 0,28$, und hiermit findet man unter den gleichen Voraussetzungen wie vor die Tafel 2. Die mittlere Schalendicke wurde mit $\delta_m = 0,15$ m zugrunde gelegt. Die spezifischen Gewichte sind die nämlichen wie vor. Über dem Zwiebel-scheitel wird ein Wasserstand von 4,80 m angenommen.

Die für T_1 , T_2 und H ermittelten Werte der beiden Schalenformen sind in Abb. 6 zeichnerisch aufgetragen. Während T_1 in beiden Fällen Druck ist, äußert sich T_2 bei der Tasse als Zug, wechselt im Boden aber vom Druck im Scheitel nach Zug im Gürtel. H erzeugt in der Wand Druckspannungen, im Boden Zugspannungen. Die Bruchfuge, d. h. die Stelle, wo der Horizontalschub der Zwiebel seinen Größtwert erreicht, liegt etwa in $\frac{1}{5}$ des Gürteldurchmessers, dort, wo T_2 zu Null wird.

Die Bemessung bietet nichts Neues und wird weggelassen.

V. Konstruktion und Ausführung.

Da es im Behälterbau nicht allein auf die Standfestigkeit des Behälters, sondern vor allem auch auf dessen Dichtigkeit ankommt, so wird man danach trachten, die Konstruktionselemente so zu wählen und zusammenzufügen, daß sich zunächst ein möglichst klares statisches System ergibt, in dem Unstetigkeiten im Spannungsverlauf vermieden und Neben-spannungen tunlichst ausgeschaltet werden. Deshalb setzt man bekanntlich Tasse und Behälterboden an den Stellen zusammen, wo ihre Horizontal-schübe aus dem am häufigsten auftretenden Belastungsfall gleich groß, wenn auch entgegengesetzt gerichtet sind. Während nun der Bodenschub Zugformänderungen hervorruft, erzeugt der Tassenschub Druckverformungen. Beide Formänderungen zerstören sich gegenseitig sehr schnell, so daß zusätzliche Biegungsspannungen beim Übergang von Tasse in den Boden theoretisch nicht entstehen, die andernfalls durch die Nachgiebigkeit (Elastizität) eines sonst erforderlichen Zug- oder Druckgliedes (Ring) bedingt werden.

Auch beim Zweikammer- oder Zwillingsbehälter, gleichgültig ob mit oder ohne Aufgangszylinder, ist der nämliche Konstruktionsgrundsatz beizubehalten (Abb. 7). Ist die innere Kammer allein gefüllt oder sind beide Kammern gleichzeitig voll, so gilt das vorhin schon Gesagte von selbst. Im Falle aber, daß nur in der äußeren Zelle sich Wasser befindet, kann obige Forderung nicht mehr aufrechterhalten bleiben. Zusätzliche Biegungs-momente für die Tassenwände lassen sich jetzt nur vermeiden, wenn das zwischen den beiden Tassenwänden liegende Bodenstück von wesentlich geringerer Abmessung ist als der unterste Teil der Tasse. Das läßt sich durchweg erzielen, wenn Behälter und Tragkonstruktion (Tisch) auch konstruktiv getrennt sind. Natürlich bleibt es immer noch empfehlenswert, bei der Bewehrung der einzelnen Konstruktionsteile den Spannungsübergängen von Boden zur Wand gefühlsmäßig Rechnung zu tragen.

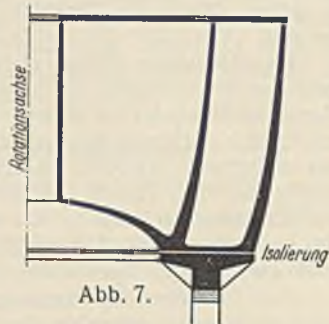


Abb. 7.

In allen Fällen aber ist es erforderlich — und darauf wird auch heute noch viel zu wenig Rücksicht genommen — den Ausführungsvorgang, d. h. das Betonieren eines Behälters so zu wählen, daß auch die beim Abbinden und Erhärten auftretenden Schwindspannungen besonders dort, wo in der Hauptsache reine Zugspannungen errechnet sind, keine wesent-

lich höhere Beanspruchung hervorrufen. Deshalb dürfte es vor allem bei größeren Behältern zweckmäßig sein, zuerst die Wände und dann den Boden zu betonieren.

Zumeist besteht auch die Forderung, daß der Behälter abgedeckt sein muß. Wird dann die Decke ebenfalls in Eisenbeton ausgeführt, so empfiehlt es sich, diese nicht starr (monolith) an die Wände anzuschließen, sie vielmehr nur lose aufzuliegen (Abb. 8),



Abb. 8.

gegebenenfalls mit Pappzwischenlage, damit die Behälterwand auch die der Festigkeitsberechnung zugrunde gelegte Bewegungsfreiheit in radialer Richtung tatsächlich erhält.

VI. Nachtrag.

Nicht allein als Behälterboden läßt sich die Halbzweibel vorteilhaft anwenden, sondern auch als Dachkuppel, weil sie gewisse Vorzüge des Zelt- oder Kegeldaches in sich birgt. Deshalb soll zur Ergänzung des Abschnittes III noch die Untersuchung für antisymmetrische Belastung hinzugefügt werden. Im Falle von Schneelast gelten die Formeln (22).

Unter Zugrundelegung des „linearen“ Windgesetzes

$$(29) \quad w = w_0 \cdot \sin \varphi \cdot \sin \psi,$$

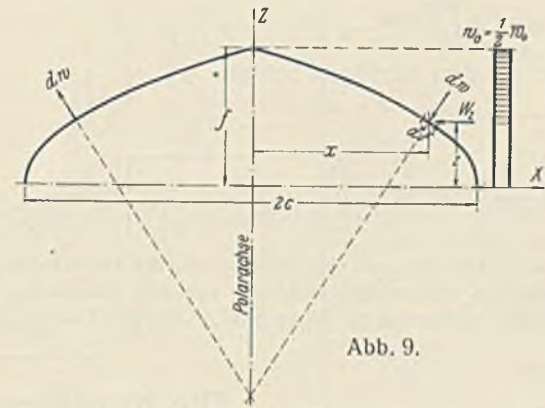


Abb. 9.

wo w_0 gleich ist dem halben Werte des vorgeschriebenen, waagerechten Winddruckes auf 1 m² der lotrechten, ebenen Fläche, weil der Druck auf die Windseite (Luvseite) gerade so groß ist, wie die Saugwirkung auf der Windschattenseite (Leeseite), beträgt der senkrechte Druck auf die Schalenoberfläche (Abb. 9):

$$dW = w_0 \cdot \sin \varphi \cdot \sin \psi \cdot dF.$$

Das Flächenelement wird ausgedrückt durch

$$dF = ds \cdot x \cdot d\psi = x \sqrt{1 + \left(\frac{p}{z}\right)^2} dx \cdot d\psi.$$

Mithin erhält man:

$$dW = w_0 \cdot \sin \varphi \cdot x \sqrt{1 + \left(\frac{p}{z}\right)^2} dx \cdot d\psi.$$

Die waagerechte Komponente des Winddruckes auf den Kuppelring in der Höhe z beträgt jetzt:

$$dW_z = w_0 \cdot \sin^2 \varphi \cdot \sin^2 \psi \cdot x \sqrt{1 + \left(\frac{p}{z}\right)^2} dx \cdot d\psi,$$

und auf den gesamten Kuppelabschnitt oberhalb des Schnittes z läßt sich die waagerechte Windkraft bestimmen durch:

$$W_z = 4 w_0 \int_0^{\frac{\pi}{2}} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin^2 \varphi \cdot x \sqrt{1 + \left(\frac{p}{z}\right)^2} \sin^2 \psi \cdot dx \cdot d\psi$$

$$= \frac{w_0 \pi}{2} \left\{ 2 p c \int_z^f \frac{z \sqrt{1 + \left(\frac{p}{z}\right)^2}}{p^2 + z^2} \cdot dz - \int_z^f \frac{z^3 \sqrt{1 + \frac{p^2}{z^2}}}{p^2 + z^2} \cdot dz \right\}.$$

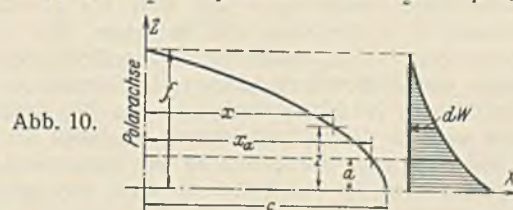


Abb. 10.

Die Integration liefert mit den Bezeichnungen der Gl. (19):

$$(30) \quad W_z = -\frac{w_0 \pi}{4} \left\{ fR - zr - (4pc + p^2) \ln \left(\frac{f+R}{z+R} \right) \right\}.$$

Der waagerechte Winddruck auf die ganze Halbzweibel ist:

$$(31) \quad W_h = -\frac{w_0 \pi}{4} \left\{ fR - (4pc + p^2) \ln (f+R) \right\}.$$

Aus diesem Winddrucke ergibt sich das Windmoment gemäß Abb. 10, wo auch die Winddruckfunktion angedeutet ist. Alsdann ist:

$$M_a = \int_a^f (z-a) dW_z = w_0 \pi \int_a^f \frac{p^2}{p^2 + z^2} \cdot \frac{2pc - z^2}{2p} \sqrt{1 + \left(\frac{p}{z}\right)^2} \frac{z}{p} (z-a) dz$$

$$= \frac{w_0 \pi}{2} \left\{ f^2 \int \frac{z dz}{\sqrt{p^2 + z^2}} - a f \int \frac{dz}{\sqrt{p^2 + z^2}} - \int \frac{z^3 dz}{\sqrt{p^2 + z^2}} + a \int \frac{z^2 dz}{\sqrt{p^2 + z^2}} \right\}_a^f.$$

Auch diese Integrale lassen sich mühelos und geschlossen auswerten und ergeben das Moment:

$$(32) \quad \left\{ \begin{aligned} M_a &= \frac{\omega_0 \pi}{2} \left\{ R \left(\frac{2}{3} \cdot R^2 + \frac{a}{2} \cdot f \right) - r_a \left(f^2 + \frac{2}{3} \cdot p^2 + \frac{a^2}{6} \right) \right. \\ &\quad \left. - a \left(f^2 + \frac{p^2}{2} \right) \ln \left(\frac{f+R}{a+r_a} \right) \right\}. \end{aligned} \right.$$

Hierbei erzeugt das Moment links der Drehachse Z Druckspannungen, rechts davon Zugspannungen.

Die lotrechte Komponente der Meridiankraft auf den Meridian $\psi = 90^\circ$ sei T_{1n}^ψ und hat bei dem Widerstandsmoment des Kuppelringes W_a die Größe:

$$(33) \quad T_{1n}^\psi = \frac{M_a}{W_a}$$

Das Widerstandsmoment beträgt:

$$(34) \quad W_a = x_a^2 \pi.$$

Als dann ist:

$$(35) \quad T_1 = \frac{M_a \cdot \sin \psi}{W_a \cdot \sin \varphi}$$

und der Größtwert im Gürtel:

$$(36) \quad \max T_1 = \frac{\omega_0}{2c^2} \left\{ \frac{2}{3} \cdot R^3 - p \left(f^2 + \frac{2}{3} \cdot p^2 \right) \right\}.$$

Die Normalkomponente aus dem Winddruck beträgt:

$$(37) \quad Z = \omega_0 \cdot \sin \varphi \cdot \sin \psi.$$

Daraus findet man nun:

$$(38) \quad T_2 = \omega_0 x_a \left\{ 1 - \frac{M_a}{W_a} \cdot \frac{1}{2 \cdot \sin^2 \varphi} \sqrt{\frac{p}{2(c-x_a + \frac{p}{2})^3}} \right\} \sin \psi.$$

Die Schubkraft setzt sich zusammen aus den Teilschüben, die einmal von den T_1 -Kräften aufgenommen werden und andermal von den Spannungsergebnissen der Schubspannungen S zu tilgen sind. Der Anteil der T_1 -

Kräfte wird mit H_1 bezeichnet, während H_2 der Beitrag für die S -Kräfte sei. Nach Abb. 11 herrscht dann Gleichgewicht, wenn

$$H_2 = W_z - H_1.$$

Aus dem Wind ist $T_1 = T_{1n} \cdot \sin \psi$, und dazu gehört die waagerechte Komponente $T_1^H = T_{1n} \cdot \sin \psi (\cos \varphi \cdot \sin \psi) = T_{1n} \cdot \cos \varphi \cdot \sin^2 \psi$.

Jetzt ist:

$$H_1 = 4 \int_0^{\pi/2} T_{1n}^H x d\psi = 4 x T_{1n} \int_0^{\pi/2} \sin^2 \psi d\psi = \pi x T_{1n} \cdot \cos \varphi$$

und

$$(39) \quad H_2 = W_z^{(a)} - \pi x_a \cdot \frac{M_a}{W_a} \cdot \frac{\cos \varphi}{\sin \varphi} = W_z^{(a)} - \frac{M_a}{W_a} \cdot \pi x_a \cdot \cotg \varphi.$$

$W_z^{(a)}$ bedeutet den Winddruck W_z oberhalb des Ringes a .

Daraus ergibt sich der Größtwert der resultierenden Schubspannung:

$$(40) \quad S_n = \frac{H_2}{\pi x} = \frac{W_z^{(a)}}{\pi x} - \frac{M_a}{W_a} \cdot \cotg \varphi$$

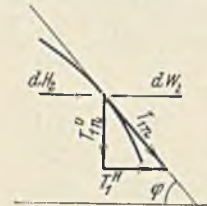


Abb. 11.

und im Gürtel

$$(41) \quad \max S_n = \frac{W_z^{(h)}}{\pi c}$$

$W_z^{(h)}$ ist der gesamte Winddruck gemäß Gl. (31). Der Verlauf der Schubkraft innerhalb des Kuppelringes folgt der Gleichung:

$$(42) \quad S = S_n \cdot \cos \psi.$$

Die Untersuchung der Kuppel nach dem „quadratischen“ Windgesetze $w = \omega_0 \cdot \sin^2 \varphi \cdot \sin^2 \psi$ bietet größere Schwierigkeiten, ohne daß der Spannungsverlauf übersichtlicher wird. Bekanntlich ist ja auch der Unterschied aus den beiden Windgesetzen nicht wesentlich, besonders nicht bei flachen Kuppeln. Bei hohen und sehr weitgespannten Kuppeln dagegen dürfte es sich empfehlen, sofern man nicht auf graphisch-analytische Weise die Untersuchung durchzuführen vorzieht, von vornherein mit erhöhtem — etwa mit dem zwei- bis dreifachen — Winddruck zu rechnen.

Alle Rechte vorbehalten.

Die Kanalisierung der Flüsse.

Von Regierungsbaurat Dr.-Ing. Wittmann, Berlin.

(Schluß aus Heft 42.)

9. Betrieb einer längeren kanalisierten Flußstrecke.

Eine Stauregelung mit konstantem Oberwasser kann an kanalisierten Flüssen, die mit gleichartigen Wehr- und Schiffahrtsanlagen ausgestattet sind und an denen sämtliche Kraftwerke auf ein gemeinsames großes Netz arbeiten, mit den durch die notwendige Unregelmäßigkeit des Schleusenbetriebs bedingten geringen Schwankungen im allgemeinen eingehalten werden. Schwierigkeiten stellen sich aber dort ein, wo die Wasserführung wesentlich beeinflusst wird, durch Wasserkraftanlagen in Seitenflüssen, durch nicht einheitlichen Betrieb der Kraftwerke im Hauptflusse, durch Wehrverschlüsse, die hinsichtlich ihrer Dichtigkeit nicht gleichwertig sind, durch ungleiche Größe der Schleusen und den Betrieb von Floßgassen. Um hierbei das Oberwasser konstant halten zu können, müssen auch zufällige kleine Anschwellungen an die unteren Haltungen weitergegeben werden. Die Schwankungen pflanzen sich von Stufe zu Stufe in verstärktem Maße fort und erzeugen schließlich auf der anschließenden freien Flußstrecke Wasserstandschwankungen, die die Fahrwassertiefen namentlich bei NW erheblich beeinträchtigen. An der Oder und am mittleren Main werden deshalb die Schwankungen in einem erweiterten Stauraum einzelner Stufen aufgefangen und stets nur allmählich und gedämpft abgelassen, d. h. die Stufe wird auf einen dem natürlichen Wasserzufluß entsprechenden Unterwasserstand reguliert. Schließt sich an die Auffangstufe eine längere unkanalisierte Flußstrecke an, dann ist zur Verhütung schädlicher Niedrigwasserabsenkungen der Ausgleichraum möglichst groß zu machen. So ist beabsichtigt, den Inhalt der Staustufe Ransern an der Oder zu vergrößern, und an der Staustufe der böhmischen Elbe bei Streckow, an die flußabwärts die freie, regulierte Elbe anschließt, ist hierfür ein Speicherraum von 2 m Höhe über dem normalen Stauspiegel mit 7 Mill. m³ Fassungsvermögen vorgesehen.

Eine weitere Behinderung der Schifffahrt, ja ihre über die unbedingt notwendige Zeit hinausgehende Stilllegung auf der kanalisierten Strecke bedeutet es, wenn aus Wassermangel die infolge Frostes gelegten Stau nicht aufgerichtet werden können, ohne eine auf dem freien Fluß im Gange befindliche Schifffahrt zu beeinträchtigen. Es war deshalb z. B. nach dem sehr milden und niederschlagarmen Winter 1929/30 wochenlang nicht möglich, an der Oder die des Frostes wegen gelegten Nadelwehre aufzurichten und die Haltungen zu füllen. Bei den neuzeitlichen Wehrverschlüssen tritt zwar die Notwendigkeit, den Stau wegen der Eisgefahr ganz aufzuheben, seltener ein; sie kommt aber vor, und die Schwierigkeiten, auf einer kanalisierten Strecke von hundert und noch mehr km den Vollstau möglichst rasch wiederherzustellen, bleiben bestehen und werden ganz besonders groß, wenn dem Eisabgang keine höheren Wasserstände folgen.

Die Auffüllung der Stauräume könnte durch einen Speicher am oberen Ende der kanalisierten Strecke erleichtert werden, und es ist eine wirtschaftliche Frage, ob die Schifffahrt am Ausfall einer Anzahl Schiffahrtstage schwerer trägt als an den durch den Bau des Speichers erhöhten Abgaben. Die Belastungen für die Schifffahrt lassen sich für einen solchen Fall zweifellos auf ein erträgliches Maß zurückschrauben, wenn in der übrigen Zeit die aufgespeicherten Wassermengen für den Kraftwerkbetrieb im Sinne einer Durchlaufspeicherung der Kanalisierungsstapel, wie sie Ludin⁴⁾ vorgeschlagen hat, verwendet werden können. Etwaige ungünstige Einwirkungen auf eine freie anschließende Flußstrecke durch Unregelmäßigkeiten im Speicherbetrieb könnten durch den Ausgleichraum am unteren Ende der kanalisierten Strecke aufgehoben werden. Und zuletzt können bei günstigen wasserwirtschaftlichen Verhältnissen der obere und untere Speicher den Anforderungen entgegenkommen, die wegen der Vergrößerung der Selbstreinigungskraft und der Ausnutzung der Haltungen als Volkserholungsstätten an den kanalisierten Fluß gestellt werden.

Der Gedanke, die Haltungen zum Speicher zu erweitern, ist auch bei der Planung des Kraftwerks Wildegge-Brugg an der Aare aufgenommen worden, wo durch Absenken des Stausees ein Tagesausgleich vorgesehen ist. Bei zweckmäßiger Anordnung der Absenkung haben alle unterhalb liegenden Kraftwerke durch diese Speicherung Nutzen und können ihrerseits Kraftspitzen decken. Der Ausbau der Aare durch Staustufen sieht in seinen Plänen die Durchführung der Großschiffahrtstraße vom Rhein her vor.

Im allgemeinen gelingt es nach kurzen Hochwasserwellen, zu deren gefahrlosem Durchgang die Stau aufgehoben werden müssen, die Stauräume rasch wieder zu füllen. Hier bewähren sich besonders die neuzeitlichen Verschlüsse der Wehre, während es am Ohio, dessen 49 Wehre mit umlegbaren Klappen ausgerüstet sind, nicht möglich ist, bei rasch abfallenden Hochwässern die Klappen genügend schnell aufzurichten und die Stauräume zu füllen. Da wegen der Breite der Wehre zwischen 200 und 400 m eine Änderung der Verschlüsse nicht wirtschaftlich ist, wird der Bau von Speicherräumen in den seitlichen Zuflüssen geplant.

Eine besondere Stauregelung ist dort anzuordnen, wo die Förderung der Landeskultur mitbestimmend für die Ausführung der Kanalisierung ist. Soll wie an der Netze eine Frühjahrsberieselung der Polder statt-

⁴⁾ Ludin, „Die Wasserkräfte“, Bd. 1, S. 525. — Ders., „Durchlaufspeicherung in Kraftstapellüssen“, Schweiz. W.W. 1925, S. 76. — Ders., „Fortschritte der Durchlaufspeicherung in der Praxis“, Schweiz. W.W. 1931, S. 85.

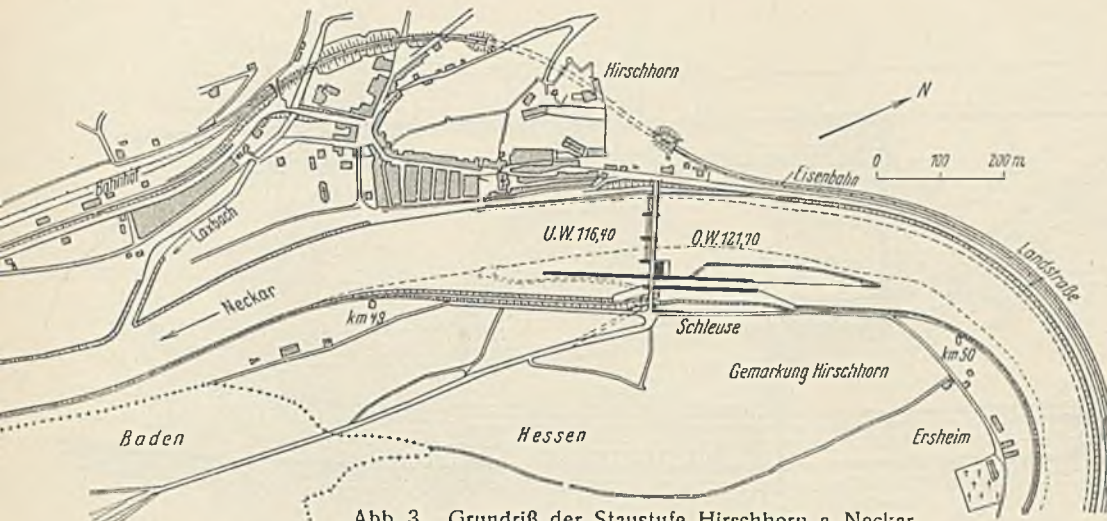


Abb. 3. Grundriß der Staustufe Hirschhorn a. Neckar.

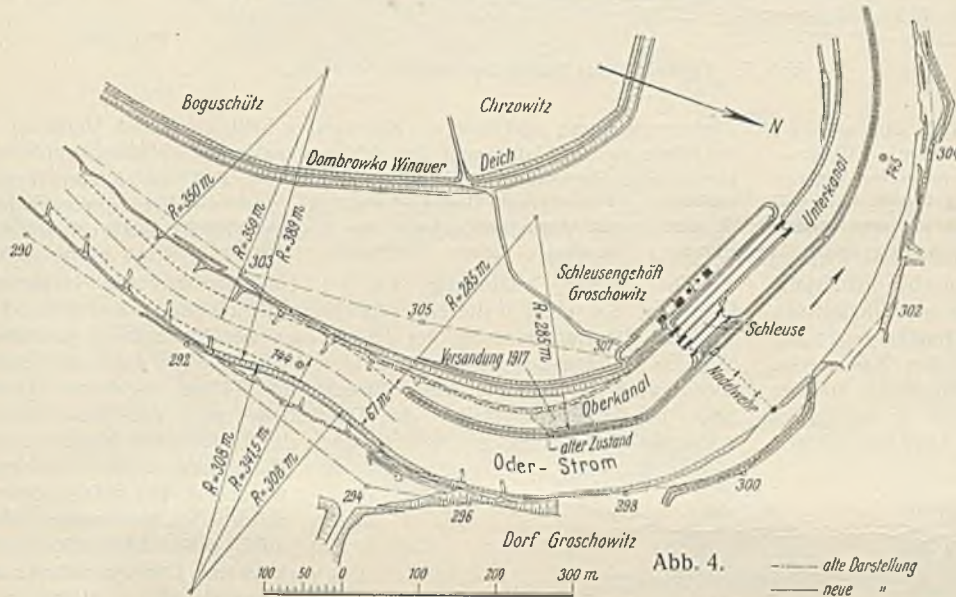


Abb. 4. — alte Darstellung
— neue "

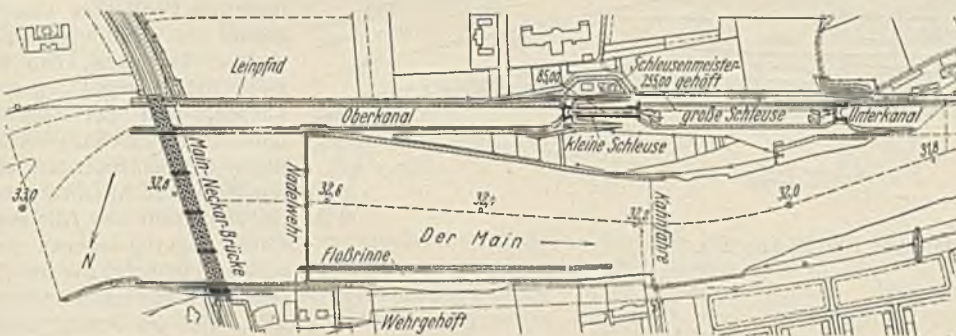


Abb. 6. Grundriß der Staustufe Frankfurt a. Main.

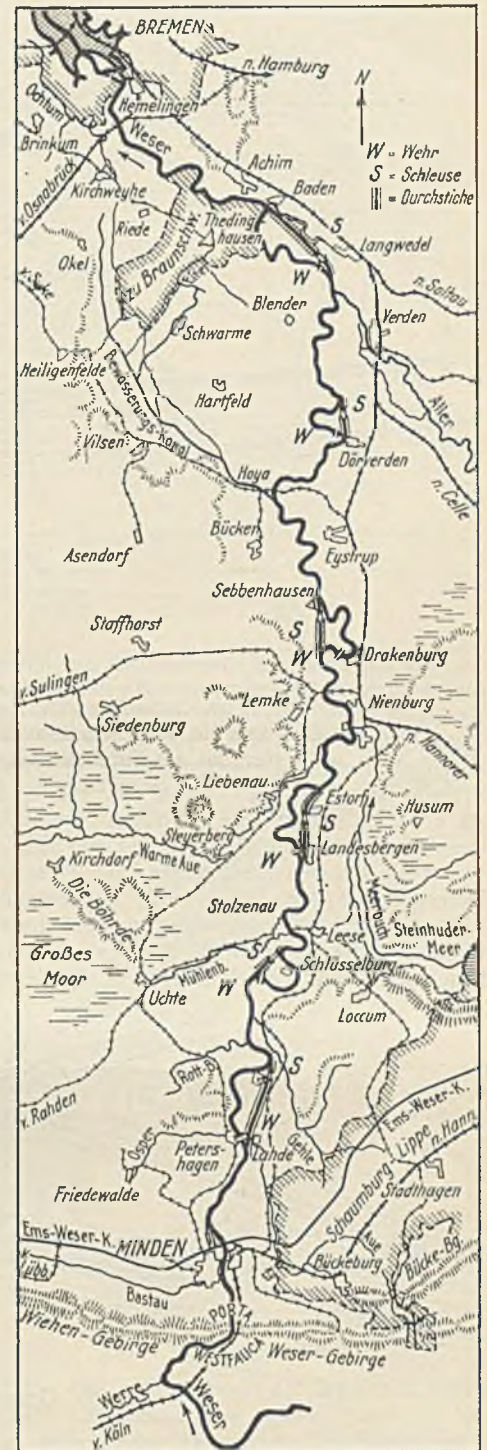


Abb. 5. Lageplan für die Kanalisierung der Mittelweser.

finden, so werden die Stau nach Abgang des Eises und der Schmelzflut zur Berieselung voll aufgerichtet. Nach der Berieselung wird der Stau nur so weit hochgehalten, als dies im Schifffahrtsinteresse notwendig erscheint; es wird also das Unterwasser jeder Haltung möglichst gleichmäßig gehalten. Diese Art der Wehrbedienung beeinflusst auch die natürliche Geschiebeführung und Sohlensausbildung weitaus geringer als eine Regelung mit konstantem Oberwasser.

10. Anordnung der Kanalisierungswerke.

Es sind zwei grundsätzliche Anordnungen zu unterscheiden:

1. Für die Unterbringung der Bauwerke kommt nur das Flußbett oder seine unmittelbare Umgebung in Betracht.
2. Altarme, Durchstiche zum Abschneiden langer Flußschleifen und Seitenkanäle erfordern eine Trennung der Bauwerke.

Die erste Anordnung wird bei den engen Flußtälern der Nebenflüsse die Regel bilden. Für den Grundriß ist die Lage der Schleuse ausschlaggebend; sie soll möglichst an dem Ufer angelegt werden, an dem die geringste Versandung der Vorhäfen eintritt. Es ist deshalb anzustreben, die Bauwerke der Stufe in einer möglichst geraden oder wenig gekrümmten Flußstrecke wie bei Kleinheubach (Abb. 8) anzuordnen

oder Wehr und Kraftwerk in einer kurzen, stärkeren Stromkrümmung und im Durchstich dieser Krümmung die Schleusen unterzubringen. Die Anordnung am einbuchtenden Ufer wie bei der Neckarstufe Hirschhorn (Abb. 3) läßt sich nur aus zwingenden örtlichen Gründen und auch dann nur vertreten, wenn der Fluß wie der Neckar geringe Geschiebe und Sandführung hat. Die im Grundriß ähnliche Anlage der Staustufe Groschowitz (Abb. 4) an der sandführenden Oder hat wie viele Staustufen der Oder bei geringem HW erhebliche Versandungen des Ober- und Unterhafens aufzuweisen, die dadurch verbessert wurden, daß man die oberen Trennungsdämme verlängerte und an die Stromkonkave anschoß und die unteren Trennungsdämme spornartig weiterführte und etwas nach dem Strom zu abbog. Wo sehr lange Vorhäfen notwendig werden, verlangt schon die Übersicht und eine einwandfreie Betriebsregelung eine nur gerade oder wenig gekrümmte Anordnung der Vorhäfen (Abb. 9). Ob es zweckmäßig ist, in einer Krümmung die Schleuse am ausbuchtenden Ufer, also im Talweg anzuordnen, läßt sich nur von Fall zu Fall entscheiden. Die Einfahrt eines Schleppzuges kann sich hierbei bei höheren Wasserständen schwierig gestalten, und lange Leitmauern im offenen Fluß wirken im OW bei HW leicht als Schöpfzelle und rufen in der überfluteten Schleusenanlage starke Querströmungen und hohe Fließgeschwindigkeiten hervor.

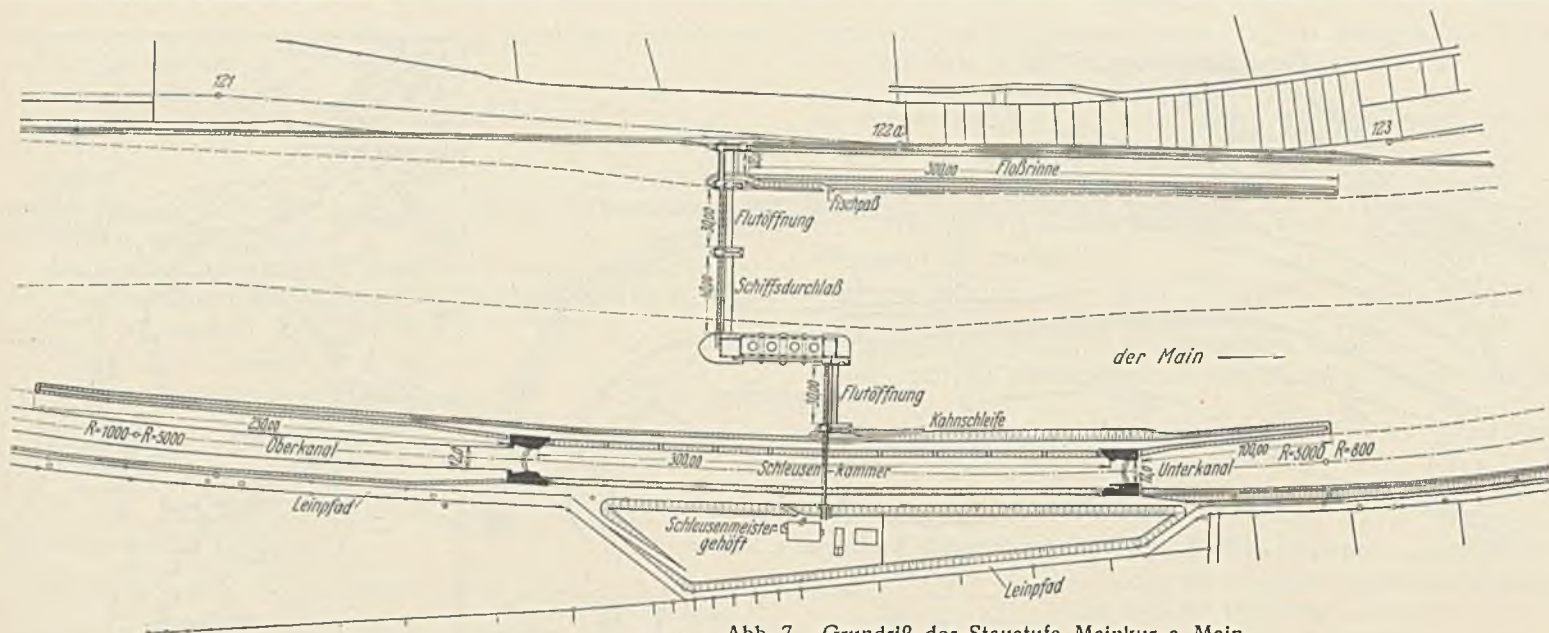


Abb. 7. Grundriß der Staustufe Mainkur a. Main.

Bei der Staustufe Kleinheubach am oberen Main (Abb. 8) liegen die einzelnen Bauteile am zweckmäßigsten zueinander: Schleuse — Wehr — Kraftwerk. Hier stören die vom Kraftwerk ständig abströmenden Wassermengen am wenigsten die auf Schleusung im Unterwasser außerhalb des unteren Vorhafens wartenden Schiffzüge. Die Anordnung bei Hirschhorn: Schleuse — Kraftwerk — Wehr ist aus örtlichen Gründen notwendig; sie erfordert eine längere Leitmauer im Unterwasser, die aber keinesfalls den Abflußquerschnitt einengen darf. Je nach den Untergrundverhältnissen bedarf die Leitmauer bei dieser Lage eines kräftigen Schutzes gegen die Unterspülung durch das ständig abströmende Wasser des Kraftwerks. Ähnliche Grundrißanordnungen weisen auch die Kachletstufe an der Donau bei Passau und die Staustufe Eddersheim (Abb. 9) auf. Hier liegen aber zwischen dem Kraftwerk und den Vorhäfen lange und kräftige

Trennungsdämme und Inseln. Bei kurzen Schleusen und Vorhäfen ist das Wehr an das Unterhaupt der Schleuse zu legen. Neben dem Vorteil in statischer Beziehung ergibt sich für den Fall, daß bei höheren Wasserständen und größeren Fließgeschwindigkeiten ein Fahrzeug die Einfahrt in den oberen Vorhafen verfehlt, der längste Weg für das noch rettende Setzen des Ankers.

Die zweite Anordnung ist am Neckar unterhalb Heidelberg (Abb. 10), die einer weiteren Erläuterung nicht bedarf, und beim Entwurf für die Kanalisierung der Mittelweser zur Anwendung gekommen (Abb. 5). Infolge des Abschneidens der Weserschleifen durch die Durchstiche wird die 156 km lange Strecke um 24 km abgekürzt. Unterhalb der Abzweigungstelle der Durchstiche wird das Wehr erbaut, während die Schleuse am unteren Ende des Durchstichs angeordnet ist.

Die Oberdempel der Schleuse werden so tief gelegt, daß die Schiffe bei geöffnetem Wehr noch die Schleuse benutzen können. Der Querschnitt des Durchstichs ist gleich dem mehr als Fünffachen des eingetauchten Schiffquerschnitts und so bemessen, daß sich zwei Schleppzüge begegnen können. Bei der Staustufe Lobositz der Elbekanalisation liegen die Schleusen am oberen Ende des Altarms, damit die beiderseits des Altwassers ziemlich tief gelegenen wertvollen Grundstücke dem Einfluß des Stauwassers entzogen sind. Um die Personenschiffahrt unter allen Umständen aufrechterhalten zu können, ist hier der Oberdempel der kleinen Schleuse — große und kleine Schleuse liegen nebeneinander — und die Sohle des Oberkanals in einer Breite von 13 m tiefer gelegt und für eine sichere Zufahrt der Dampfer aus der Fahrstraße des freien Flusses in den Oberkanal gesorgt. Bemerkenswert ist bei dieser Staustufe noch, daß die Flußschleuse, die bei der verhältnismäßig großen, nicht durch ein Kraftwerk genutzten Wassermenge der Elbe während der Schifffahrt fast ständig geöffnet bleibt, gleichzeitig auch als Fischpaß dient.

Ein geradezu klassisches Beispiel für die Entwicklung des

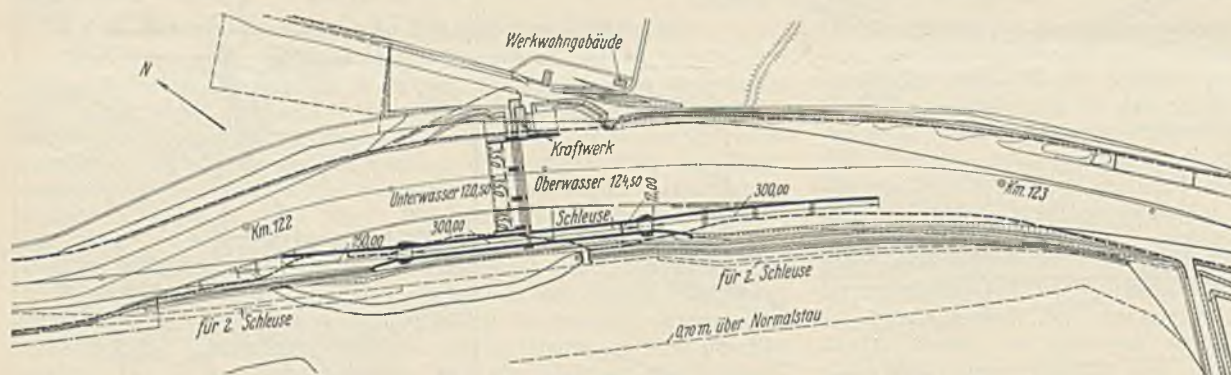


Abb. 8. Grundriß der Staustufe Kleinheubach a. Main.

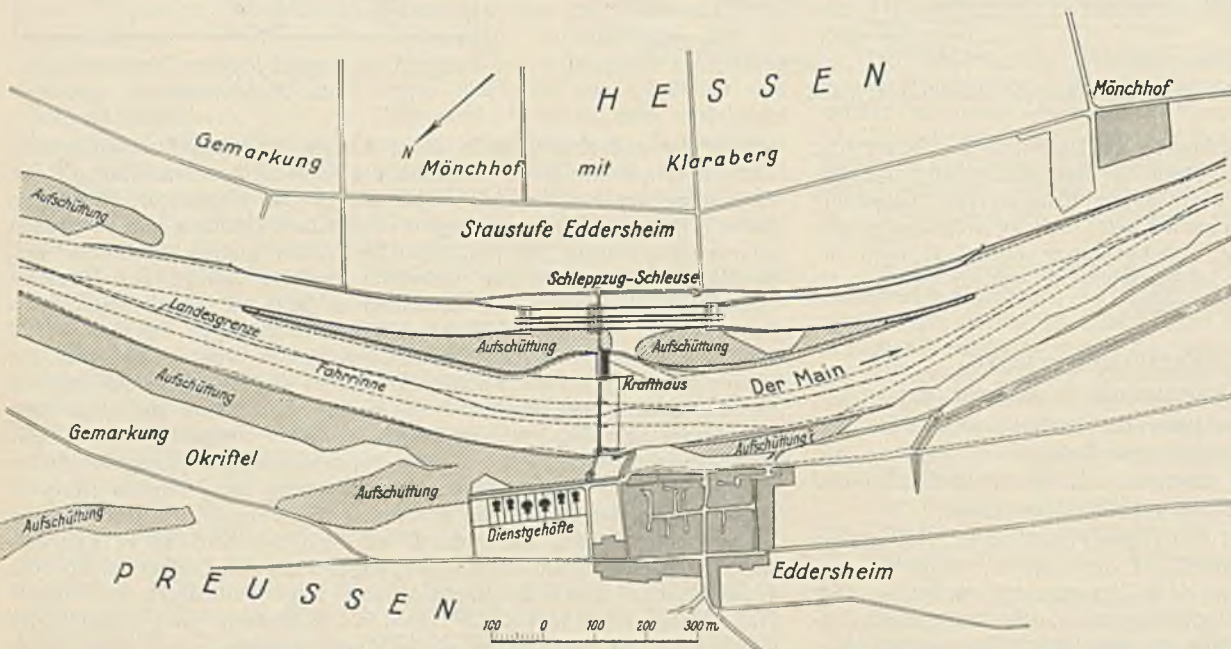


Abb. 9. Stromkarte Eddersheim.



Zu Abb. 10.

Baues von Flußkanalisierungen und für die Änderung der Grundrißanordnungen durch die Bedürfnisse des wachsenden Verkehrs und der Wasserkraftnutzung bietet der Main zwischen seiner Mündung und Würzburg. Die Untermainstrecke von der Mündung bis Frankfurt wurde bereits in den Jahren 1883 bis 1886 durch fünf Staustufen mit einem mittleren Gefälle von 2,10 m und einer mittleren Haltungslänge von 7,3 km kanalisiert. Der Stau wurde durch Nadelwehre mit Zwischenpfeilern gebildet, und für die Schifffahrt waren zunächst einfache Kammer-schleusen von 10,5 m lichter Weite und 85 m Nutzlänge errichtet. Einige Jahre später wurden sie durch den Anbau von 255 m langen geböschten Kammern mit 12 m weiten Unterhäuptern ergänzt (Abb. 6). Durch eine sechste Nadelwehrstufte wurde 1900 die kanalisierte Strecke bis oberhalb Offenbach verlängert, und 1921 wurde die zweite Schleuse der Eingangstufte Kostheim mit einer 350 m langen Kammer, geböschten Wänden und 12 m weiten Häuptern fertiggestellt. Sämtliche Staustufen weisen Floßgassen und Fischpässe auf. Die Wasserkraft ist nicht ausgenutzt. Mit den nicht dichten Nadelwehren konnte in wasserarmen Zeiten nicht immer die notwendige Fahrwassertiefe gehalten werden, so daß Grundberührungen der Schiffe wiederholt vorkamen.

1914 begann der Bau der sechs Staustufen zwischen Offenbach und Aschaffenburg mit durchschnittlichen Stauhöhen von 2,40 m und Haltungslängen zwischen 5 und 10 km. An vier Stufen wurde die Wasserkraft ausgenutzt. Ihre Wehre haben drei Öffnungen von 40 m Weite in den Schiffsdurchlässen und 30 bis 35 m in den Flußöffnungen, die sämtlich mit Walzen verschlossen sind. In den beiden Stufen ohne Wasserkraftausnutzung, die zwei Öffnungen aufweisen, sind für die Schiffsdurchlässe Walzenverschlüsse, für die Flutdurchlässe Nadeln angewendet worden. Das Kraftwerk der Stufen mit Wasserkraftausnutzung ist in einem sog. Prüssmannschen Turbinenpfeiler untergebracht, wodurch ein gebrochenes Wehr entsteht (Abb. 7). Die Schlepptugschleusen von 300 m Nutzlänge, 2,50 m Mindesttiefe haben 12 m weite Häupter und 1:1 geneigte Pflasterböschungen in den Kammern. Die Floßgassen an dem der Schleuse gegenüberliegenden Ufer haben 12 m Sohlenbreite, ein Sohlengefälle von 1:200 und 0,90 m Mindesttiefe. Sie sind durch ein Trommelwehr abgeschlossen. Fischpaß, Kahnschleife und Dienstgehöft ergänzen die Gesamtanlage.

Im Jahre 1926 wurde die Fortführung der Kanalisierung über Aschaffenburg hinaus bis Würzburg begonnen. Fünf der 13 Stufen sind fertig-

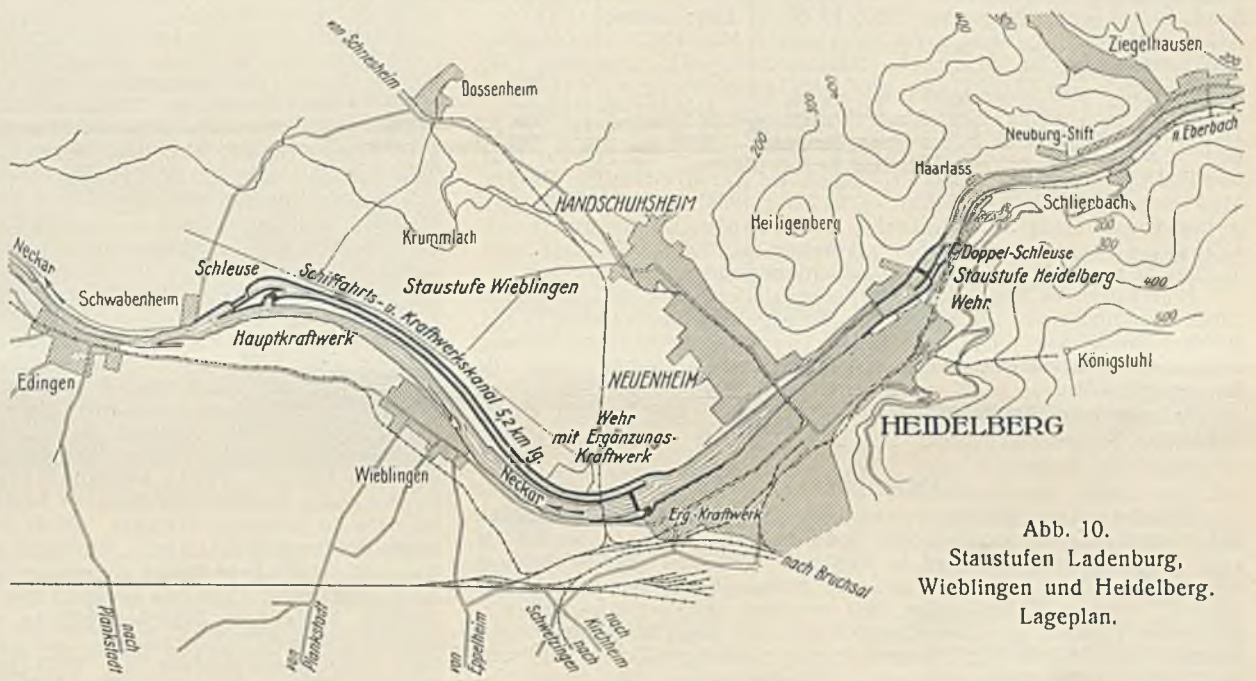


Abb. 10.
Staustufen Ladenburg,
Wieblingen und Heidelberg.
Lageplan.

gestellt, zwei weitere im Bau. Die Abmessungen der Schleusen waren durch die Maße der unterhalb Aschaffenburg gelegenen Staustufen bestimmt. Da man in dieser Strecke der Ausnutzung der Wasserkräfte größten Wert beimaß, wurde bei der Durchbildung der Bauwerke alles vermieden, was Wasserverluste bringen konnte: Die Wehre erhielten dicht schließende Verschlüsse, zumeist Versenkwalzen, die Schleusen senkrechte Kammerwände, und die Floßgassen fielen weg (Abb. 8). Die Kraftwerke wurden in Wehrachse angeordnet, da die Beaufschlagung der einzelnen Turbinen im Prüssmann-Pfeiler sich als ungleichmäßig erwies und dadurch dauernde Energieverluste eintraten.

Den Anforderungen des gesteigerten Verkehrs nach Frankfurt und dem oberen Main waren die 1885 erbauten Kanalisierungswerke des unteren Mains mit ihren nur 10,5 m weiten Häuptern in den Schleusen, den ungenügenden Vorhäfen und den schwer beweglichen Nadelwehren nicht mehr gewachsen. Im Bestreben, gleichzeitig die Wasserkräfte auszunutzen, schritt man 1928 zur Umkanalisierung: Die Eingangstufte vom Rhein her, Kostheim, bleibt bestehen, wird aber umgebaut, die vier anschließenden Stufen werden zu zwei Stufen zusammengefaßt mit einem mittleren Gefälle von 4,49 und 3,62 m und Haltungslängen von im Mittel 12 km. Die 12 und 15 m weiten, 350 m langen Schleusen ermöglichen es auch den größten Rheinkähnen, nach den Frankfurter Häfen zu gelangen. Die Unterteilung in eine 120 und 220 m lange Kammer, die Anordnung einer Kahnschleuse und die Ausbildung der Vorhäfen gewährleisten eine rasche Verkehrsabwicklung und hohe Leistungsfähigkeit der Anlage. Die oberste Stufe Griesheim ist im September 1932 in Betrieb genommen worden, die zweite Stufe Eddersheim (Abb. 9) ist im Bau begriffen, ebenso ist der Umbau der Stufe Kostheim im Gange.

Vermischtes.

Wilhelm Hermes †. Am 29. August verschied der Gründer und Inhaber der Brückenbau-Firma Wilh. Hermes G. m. b. H. in Wuppertal-Wichlinghausen im Alter von 65 Jahren. Er wurde bei der Besichtigung einer Brückenbaustelle auf dem Eisenbahngelände in Wuppertal von einem Personenzuge erfaßt und auf der Stelle getötet. Noch in seinem hohen Alter war er immer noch rastlos für die Firma tätig, bis der Tod seinem wirkungsvollen Schaffen ein Ziel setzte. Wilhelm Hermes gründete die Firma im Jahre 1900. Er hat es verstanden, durch nimmermüden Fleiß und tatkräftige Entschlossenheit aus unbedeutenden Anfängen heraus ein lebenskräftiges Unternehmen von seiner heutigen Bedeutung zu schaffen. Außer dem Werk in Wuppertal-Barmen bestehen neuzeitlich eingerichtete Werke in Rosbach a. d. Sieg und in Holland, deren Leiter er bis zuletzt war. Trotz seiner großen Erfolge blieb er ein zugänglicher, bescheidener Mensch, der infolge auch dieser Charaktereigenschaften sich allseitiger Beliebtheit erfreute.
A. Rüssmann.

Technische Hochschule Danzig. Der Leiter der Stahlbau-Abteilung bei den Schichau-Werken in Elbing, Dr.-Ing. Otto Eiselin, ist auf den Lehrstuhl für Brücken- und Stahlbau berufen worden.

Haus der Technik in Essen. Das neue Vorlesungsverzeichnis für das Wintersemester 1933/34 enthält auch Vorlesungen aus dem Gebiete des Bauwesens und der Randbezirke, u. a.:

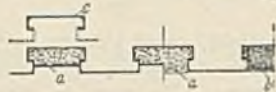
17. Oktober 1933, 20 bis 22 Uhr (allgemeiner Vortrag) im großen Saale des Städt. Saalbaues, Essen: Die Technik im neuen Staate. Staatssekretär Dipl.-Ing. Gottfried Feder, Berlin. — 14. November 1933, 19 bis 21 Uhr: Die gesundheitliche und wasserwirtschaftliche Bedeutung der Flußbecken. Baudr. Dr.-Ing. K. Imhoff, Ruhrverband, Essen. — 21. November 1933, 19 bis 21 Uhr: Schachtbau und Schachtsicherung (Forts. d. Vortrages vom 10. März 1932). Dipl.-Berging. Markscheider Dr.-Ing. Marbach, Gelsenkirchen. — 15. Dezember 1933, 19 bis 21 Uhr: Landerhaltung und Landgewinnung an der deutschen Nordseeküste. Reg.- u. Baurat Dr.-Ing. Heiser, Schleswig. — 12. Januar 1934, 19 bis 21 Uhr: Neuere Forschungen im Straßenbau. O. Prof. Stadtbaurat a. D. F. Knipping, Darmstadt. — 23. Februar 1934, 19 bis 21 Uhr: Technische Probleme in der Siedlung. Dr.-Ing. M. Mengerlinghausen, Berlin. — 9. März 1934, 19 bis 21 Uhr (allgemeiner Vortrag): Technische Hochschule Danzig und deutsches Kulturgut im Osten. Prorektor o. Prof. Dr. F. Krischen, Technische Hochschule Danzig. — Außerdem Sonderveranstaltungen.

Hörerkarten in den bekannten Verkaufsstellen sowie an der Abendkasse. Eintrittskarten für allgemeine Vorträge im Vorverkauf 0,75 RM, an der Abendkasse 1 RM, Hörerkarten für eine technische Vorlesung einschl. eines allgemeinen Vortrages 1,50 RM, Semesterkarten für alle Vorträge 10 RM.

Programm in der Geschäftsstelle des Hauses der Technik, Essen, Postfach 254.

Patentschau.

Spundwand aus wechselweise ineinandergreifenden Rinnenbohlen mit Verstärkungen durch volle Spundbohlen. (Kl. 84c, Nr. 554 924 vom 7. 7. 1929 von I. Arstad in Koblenz.) Um eine gute Abdichtung der Spundwand zu erreichen und die Bohlen leicht herausziehbar zu machen, werden rinnenförmige, mit zweimal etwa rechtwinklig umgebogenen Rändern versehene Eisenbohlen *c* mit ihren Innenabbliegungen ineinandergehakt und durch Rammbohlen *a* T-förmigen Querschnitts versteift und kraftschlüssig verbunden. Die Rammbohlen *a* können aus Holz bestehen und durch Bandisen verstärkt sein, oder sie können aus Beton oder Eisenbeton *b* hergestellt sein. Das Holz der Bohlen quillt unter Wasser und bewirkt eine gute Abdichtung der Spundwand. Die Rammbohle kann im unteren Teil aus Holz, im oberen Teil der Höhe und oberhalb des Grundwasserspiegels aus Beton bestehen, wodurch die Haltbarkeit der Wand erhöht wird, da das Holz vor Fäulnis geschützt liegt.



Personalmeldungen.

Deutsches Reich. Reichsbahn-Gesellschaft. Ernann: A. bei der Hauptverwaltung: zum Reichsbahndirektor und Abteilungsleiter in der Hauptverwaltung: Reichsbahndirektor und Mitglied der Hauptverwaltung Röbe, Leiter der Bauabteilung; zum Reichsbahndirektor und Abteilungsleiter in der Gruppenverwaltung Bayern: Reichsbahndirektor und Mitglied der Gruppenverwaltung Bayern Dr.-Ing. ehr. Friedrich, Leiter der Technischen Abteilung; zum Reichsbahndirektor und Mitglied der Hauptverwaltung: die Direktoren bei der Reichsbahn Röttcher und Rudolph; B. bei der Betriebsverwaltung: zum Vizepräsidenten einer Reichsbahndirektion: die Direktoren bei der Reichsbahn Pirath in Essen und Professor Grimm in Karlsruhe; zum Direktor bei der Reichsbahn: die Reichsbahnoberräte Sievert in Breslau, Kloeveborn in Halle (Saale), bisher in Hannover, Linnenkohl in Frankfurt (Main), bisher in Stettin, Wiskott, Mitglied der Oberbetriebsleitung West in Essen, Dintelmann, Reichsbahnbeauftragter bei der Kraftfahrbetriebsleitung in Dortmund, Dr.-Ing. Tecklenburg in Halle (Saale), bisher in Münster (Westf.), Püchel, Leiter der Obersten Bauleitung für den Bau von Kraftfahrbahnen in Frankfurt (Main), und Grossart in Frankfurt (Main); zum Reichsbahnoberrat: die Reichsbahnräte Breternitz, Vorstand des Betriebsamts Jena, Strohmayer, Vorstand des Betriebsamts Limburg (Lahn),

Fölsing, Vorstand des Betriebsamts München-Gladbach, Bokelberg, Vorstand des Betriebsamts Halberstadt, Gaecks, Vorstand des Betriebsamts Stargard (Pom.) 2, Beer, Vorstand des Betriebsamts Leipzig 2, und Döhlert, Vorstand des Betriebsamts Freiberg (Sa.); zum Reichsbahnrat: die Reichsbahnbaumeister Fuchs beim Betriebsamt Halle (Saale) 2, Baum bei der RBD Trier, Dr.-Ing. Weiß bei der Obersten Bauleitung für den Bau von Kraftfahrbahnen in Frankfurt (Main), Wattenberg bei der Oberbetriebsleitung West in Essen, Triebel bei der Obersten Bauleitung für den Bau von Kraftfahrbahnen in Frankfurt (Main), Weihe beim RZB in Berlin; Reichsbahnratmann Meinig, Vertreter des Vorstandes des Betriebsamts Zwickau (Sa.), und der technische Reichsbahnoberräte Fischer, Vorstand des Betriebsamts Sulingen.

Versetzt: Reichsbahndirektionspräsident Emrich in Nürnberg nach München zur besonderen Verwendung; Direktor bei der Reichsbahn Rump, Abteilungsleiter der RBD Halle (Saale), als Abteilungsleiter zur RBD Frankfurt (Main); die Reichsbahnoberräte Loycke, Dezernent der RBD Kassel, als Referent zur Hauptverwaltung in Berlin, Kasten, Dezernent der RBD Berlin, als Dezernent zur RBD Osten in Frankfurt (Oder), Bitsch, Dezernent der RBD Trier, als Dezernent zur RBD Stettin, Dr.-Ing. Heinke, Dezernent der RBD Berlin, als Dezernent zur RBD Kassel, Aust, Dezernent des RZB in Berlin, als Dezernent zur RBD Trier, Landenberger, Dezernent der RBD Frankfurt (Main), als Dezernent zur RBD Karlsruhe, Eyert, Vorstand des Betriebsamts Siegen, als Dezernent zur RBD Mainz, Deiß, Dezernent der RBD Halle (Saale), als Dezernent zur RBD Hannover, Semmler, Dezernent der RBD Berlin, als Dezernent zur RBD Breslau, Daus, Vorstand des Betriebsamts Duisburg 1, als Dezernent zur RBD Frankfurt (Main), Reese, Vorstand des Betriebsamts Magdeburg 2, als Dezernent zur RBD Breslau, Erbe, Vorstand des Betriebsamts Wuppertal 1, als Dezernent zum RZB in Berlin, Schanze, Vorstand des Betriebsamts Saalfeld (Saale), als Dezernent zur RBD Oppeln, Lindner, Dezernent der RBD Breslau, als Dezernent zur RBD Essen, Gerteis, Dezernent des RZR in Berlin, als Dezernent zur RBD Münster (Westf.), und Fleiner, Vorstand des Betriebsamts Offenburg, als Dezernent zur RBD Karlsruhe; die Reichsbahnräte Blau, Vorstand des Betriebsamts Braunschweig 1, zur RBD Essen, Kuhnke, Vorstand des Betriebsamts Prenzlau, als Vorstand zum Betriebsamt Berlin 5, Braun, Vorstand des Betriebsamts Arnberg (Westf.), als Vorstand zum Betriebsamt Wuppertal 1, Dr.-Ing. Schröder, Vorstand des Betriebsamts Brandenburg, als Vorstand zum Betriebsamt Berlin 3, Max Müller, bisher bei der RBD Münster (Westf.), als Vorstand zum Betriebsamt Duisburg 3, Löble, bisher bei der RBD Erfurt, als Vorstand zum Betriebsamt Detmold, Dr.-Ing. Halank, Vorstand des Betriebsamts Neustrelitz, als Dezernent zur RBD Wuppertal, Dr.-Ing. Haase, bisher bei der RBD Köln, als Vorstand zum Betriebsamt Wetzlar, Lang, bisher bei der RBD Trier, als Vorstand zum Betriebsamt Arnberg (Westf.), Grandpierre, bisher bei der RBD Essen, als Vorstand zum Betriebsamt Brandenburg, Dr.-Ing. Baumann, Vorstand des Betriebsamts Wetzlar, und Dr.-Ing. Hardt, Vorstand des Betriebsamts Detmold, als Referenten zur Hauptverwaltung in Berlin, Vierkant, bisher bei der RBD Wuppertal, zur RBD Münster (Westf.), Reinhold Burger, Vorstand des Neubauamts Ludwigshafen (Rhein), zur Obersten Bauleitung für den Bau der Kraftfahrbahn in München, Höpner, bisher bei der RBD Dresden, zum Betriebsamt Dresden 3, Lempe, bisher beim Betriebsamt Chemnitz 2, als Vorstand zum Betriebsamt Braunschweig 1, Friedrich König, bisher beim Betriebsamt Flöha, als Vorstand zum Betriebsamt Prenzlau, Dr.-Ing. Uhlisch, bisher beim Betriebsamt Zittau, zur RBD Köln, Siegert, bisher beim Betriebsamt Schwarzenberg, zum Betriebsamt Zittau, Köhn, bisher beim Betriebsamt Bautzen, zur RBD Dresden, Sautter, bisher beim Betriebsamt Ulm, als Vorstand zum Betriebsamt Weiden (Opf.), Keck, bisher beim Betriebsamt Reutlingen, als Vorstand zum Betriebsamt Schwandorf, Leubler, Vorstand des Betriebsamts Karlsruhe 2, zur RBD Karlsruhe, Dr.-Ing. Schachenmeier, Vorstand des Betriebsamts Mannheim 2, als Dezernent zur RBD Karlsruhe, Kömel, Vorstand des Betriebsamts Freiburg (Br.) 2, als Vorstand zum Betriebsamt Offenburg, Ganz, bisher bei der RBD Karlsruhe, als Vorstand zum Betriebsamt Freiburg (Br.) 2, Ritzhaupt, bisher bei der RBD Karlsruhe, als Vorstand zum Betriebsamt Karlsruhe 2, Dippel, bisher bei der RBD Karlsruhe, als Vorstand zum Neubauamt Heidelberg, Braunwarth, bisher beim Betriebsamt Mannheim 2, als Vorstand zum Neubauamt Karlsruhe, und der Reichsbahnbaumeister Heinsch, bisher beim Betriebsamt Harburg-Wilhelmsburg, zum Neubauamt Rügendamm in Stralsund.

Preußen. Der Regierungs- und Baurat (W.) Demont beim Oberpräsidium (Landeskulturabteilung) in Koblenz ist zum Oberregierungs- und -baurat ernannt worden.

Versetzt: der Regierungsbaurat (W.) Arthur Albrecht von der Brückenbauabteilung des Wasserbauamts in Oppeln nach Gleiwitz als Vorstand des Wasserbauamts daselbst, der Regierungsbaurat (W.) Paulus, Kulturbaubeamter in Düsseldorf, an die Regierung in Koblenz und der Regierungsbaumeister (W.) Köhler vom Wasserbauamt in Tapiuan an das in Labiau.

Überwiesen: der Regierungsbaurat (W.) Dr.-Ing. Schumacher vom Neubauamt in Münster i. W. dem Wasserbauamt daselbst.

INHALT: Tasse und Halbzweibel als Schalenformen und ihre Anwendung, besonders im Eisenbetonbehälterbau. — Die Kanallisierung der Flüsse. (Schluß) — Vermischtes: Wilhelm Hermes †. — Technische Hochschule Danzig. — Haus der Technik in Essen. — Patentschau. — Personalmeldungen.

Schriftleitung: A. Laskus, Geh. Regierungsrat, Berlin-Friedenau.

Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin.

Druck der Buchdruckerei Gebrüder Ernst, Berlin.