

DEUTSCHE BAUZEITUNG

MITTEILUNGEN ÜBER ZEMENT, BETON- UND EISENBETONBAU

20. JAHRGANG.

BERLIN, DEN 22. DEZEMBER 1923.

No. 18.

Bemessung von zylinderförmigen Kühlturmwänden aus Eisenbeton.

Von Dr.-Ing. Ernst Rausch, Berlin.



Kühltürme aus Eisenbeton werden in neuerer Zeit immer häufiger ausgeführt, da diese Bauweise manche Vorteile gegenüber den Holztürmen mit Eisengerippe aufweist. So sind meistens schon die Herstellungskosten geringer, die Instandhaltungskosten besonders niedrig und vor allem ist eine längere Lebensdauer zu erwarten. Sie wirken auch in der äußeren Erscheinung günstiger als Holztürme.

Die Vorbedingung einer großen Lebensdauer ist eine sorgfältige Bemessung vor allem der verhältnismäßig dünnen Mantelfläche des am Eisenbeton-Unterbau sitzenden Schlotes und so soll im Folgenden hierfür ein handliches Bemessungs-Verfahren gezeigt werden. Wir beschränken uns dabei auf einen Kreiszyylinder, weil diese Form — wie beim Schornstein — am zweckmäßigsten sein dürfte und wohl am häufigsten Anwendung finden wird.

Für die Bemessung sind Wind- und Temperaturkräfte zu berücksichtigen.

1. Einfluß der Windkräfte.

Auf das Ringelement mit der Höhe von 1 m (Abb. 1, S. 119) wirkt die verteilte Windlast, deren Lastordinate bei φ

$$w_x = w \cdot \sin^2(90 - \varphi) = w \cdot \cos^2 \varphi \dots \dots (1)$$

ist, wobei w den Winddruck auf 1 m² senkrecht getroffener Fläche bedeutet. Die gesamte in der x-Richtung auf das Ringelement wirkende Windlast ist:

$$W = 2 \cdot \int_0^{\frac{\pi}{2}} w \cdot \cos^2 \varphi \cdot ds \cdot \cos \varphi = 2 \cdot w \cdot r \cdot \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos^3 \varphi \cdot d\varphi$$

$$= \frac{2}{3} \cdot 2 \cdot r \cdot w \dots \dots (2)$$

also $\frac{2}{3}$ des auf die senkrechte Projektion der Kreisfläche entfallenden Winddruckes. Der biegungsfeste Ring übergibt diese wagerechte Kraft durch Tangentialkräfte dem darunterliegenden Ringelement. Das Verteilungsgesetz dieser am Umfang wirkenden Tangentialkräfte finden wir durch Anlehnung an die allgemeine Schubspannungsformel für Vollwandquerschnitte. Danach ist die y-Komponente der Schubspannung (Abb. 2)

$$\tau_y = \frac{Q \cdot S}{b \cdot J}$$

wobei bedeuten: Q die Querkraft, b die Querschnittsbreite an der betreffenden Stelle, J das Trägheitsmoment des Querschnittes und S das statische Moment der schraffierten Fläche für die x-Achse. Für den Kreisquerschnitt ist dann:

$$\tau_y = \frac{4}{3} \cdot \frac{Q}{r^2 \cdot \pi} \cdot \sin^2 \varphi;$$

die Randspannung $\tau = \frac{\tau_y}{\sin \varphi} = \frac{4}{3} \cdot \frac{Q}{r^2 \cdot \pi} \cdot \sin \varphi$

ändert sich somit nach dem Sinus-Gesetz, ihr Wert ist an den Stellen 2 und 4 am größten, und verschwindet an den Stellen 1 und 3. Diese Gesetzmäßigkeit wollen wir auch im vorliegenden Falle beibehalten: die Tangentialkraft für 1 lfm Umfang ist also

$$t_\varphi = c \cdot \sin \varphi.$$

Die Konstante c wird aus der Bedingung bestimmt, daß die x-Komponenten der Tangentialkräfte als Summe die Windkraft W ergeben müssen, also

$$4 \cdot \int_0^{\frac{\pi}{2}} t_\varphi \cdot ds \cdot \sin \varphi = 4 \cdot r \cdot c \cdot \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin^2 \varphi \cdot d\varphi = r \cdot c \cdot \pi = W;$$

daraus ist: $c = \frac{W}{r \cdot \pi}$ und $t_\varphi = \frac{W}{r \cdot \pi} \sin \varphi \dots \dots (3)$

Die angreifenden Windkräfte w_φ und die Reaktionen t_φ sind somit gegeben und miteinander in Gleichgewicht (auf die lotrechten Zusatzspannungen kommen wir später zu sprechen), und so können die inneren Ringkräfte berechnet werden. Infolge einseitiger Symmetrie ist die Bestimmung der Ringmomente eine statisch zweifach unbestimmte Aufgabe. Es sei bemerkt, daß die als Funktion von φ aufgeschriebenen Arbeitsgleichungen sehr verwickelt werden, sodaß sich Verfasser darauf beschränkt hat, an Stelle eines Kreises ein 32-Eck zu untersuchen und die Integrationen zumteil durch Summationen zu ersetzen. Die Genauigkeit der Ergebnisse ist — mit Rücksicht auf die enge Unterteilung des Kreises — vollkommen ausreichend. Die Momentenfläche zeigt Abb. 3; es ergeben sich für das 1,00 m hohe Ringelement die Größtmomente:

$$M_w^+ = \frac{w \cdot r^2}{10} \text{ an der Stelle 1 (Windseite)}$$

$$M_w^- = -\frac{w \cdot r^2}{12} \text{ an den Stellen 2 und 4} \dots \dots (4)$$

Das positive Moment verursacht außen Druck, innen Zug. Aus diesen Momenten ergeben sich die vom Winde herrührenden Ringspannungen des Kühlturmmantels.

Die Windkraft ruft außer Ringspannungen auch lotrechte Zusatz-Belastungen bzw. Entlastungen hervor. Für den untersten Schnitt I—I in Abb. 4 werden diese wie folgt ermittelt:

Das Windmoment beträgt $M = H_w \cdot \Sigma W$; mit

$$H_w = \frac{H}{3} \cdot \frac{2 \cdot r + R}{r + R} \quad \text{und} \quad \Sigma W = \frac{2}{3} \cdot w \cdot (r + R) \cdot H$$

erhält man $M = \frac{2}{9} \cdot H^2 \cdot w \cdot (2 \cdot r + R)$. Das Widerstandsmoment der Kreislinie ist $\pi \cdot R^2$ und die lotrechte Zusatzkraft für 1 lfm Umfang an den Stellen 1 bzw. 3.

$$t = \pm \frac{M}{\pi \cdot R^2} = \pm \frac{2}{9 \cdot \pi} \cdot \frac{H^2}{R^2} \cdot w \cdot (2 \cdot r + R) \dots \dots (5)$$

Die größte lotrechte Zugkraft tritt an der Stelle 1 des untersten Mantelschnittes auf, sie wird jedoch in der Regel durch das Eigengewicht des Mantels aufgewogen.

Die Tangentialkräfte t_φ addieren sich ebenfalls nach unten (wie die lotrechten Kräfte) und es wirken an den Stellen 2 und 4 des untersten Mantelschnittes die größten Tangentialkräfte für 1 lfm Umfang (aus Formel 3 mit $\sin \varphi = 1$)

$$t_{\max} = \frac{\Sigma W}{\pi \cdot R} \dots \dots (6)$$

2. Einfluß der Temperatur.

Der nach oben ziehende Luftstrom erwärmt sich im Rieseler-Einbau auf etwa 30° C. Bei einer niedrigsten

Außentemperatur von -20°C muß dabei mit einem Temperatur-Unterschiede von 50°C zwischen dem Schlotinneren und der umgebenden Luft gerechnet werden.

Dadurch entstehen im Mantel nicht unerhebliche Spannungen. Das Wandmaterial hat allerdings nicht den ganzen Temperatur-Unterschied zu tragen, sondern nur einen Teil, wie folgende Überlegung zeigt:

Für den stündlichen Wärmeübergang zwischen 1 m^2 Wandfläche und der Luft besteht die Gleichung:

$$Q_1 = u \cdot \Delta t_1$$

wobei Q_1 die übergehende Wärmemenge (in Wärmeinheiten), Δt_1 den Temperatur-Unterschied zwischen Wandfläche und Luft und u die Wärmeübergangszahl (für 1°C Temperatur-Unterschied) bedeuten, welche letztere in unserem Falle ungefähr 20 beträgt.

Für die stündliche Wärmeleitung des Wandmaterials gilt ferner für 1 m^2 der Wandfläche die Gleichung

$$Q_2 = k \cdot \Delta t_2$$

wobei Q_2 die durchgehende Wärmemenge, Δt_2 den Temperatur-Unterschied auf eine Entfernung von $1,0\text{ m}$ (im Inneren des Stoffes) und k die Wärmeleitungszahl (für 1°C Temperatur-Unterschied) bedeuten, welche letztere für Beton zu ungefähr 0,7 angenommen werden kann.

Aus Abb. 5 ergibt sich $\Delta t_2 = \frac{\Delta T}{h}$

wobei ΔT der Temperatur-Unterschied zwischen Innen- und Außenfläche der Wand mit Wandstärke h (in m), und

$$\Delta t_1 = \frac{\Delta T - \Delta t}{2}$$

wenn ΔT den Temperatur-Unterschied zwischen der inneren und äußeren Luft angibt. Aus der Gleichung $Q_1 = Q_2$ folgt zur Bestimmung von Δt die Beziehung:

$$u \cdot \frac{\Delta T - \Delta t}{2} = k \cdot \frac{\Delta t}{h} \quad \text{und}$$

$$\Delta t = \Delta T \cdot \frac{1}{1 + \frac{2k}{u \cdot h}} = \Delta T \cdot \frac{1}{1 + \frac{0,07}{h}} \dots \dots \dots (7)$$

Für Wandstärken von

10 15 20 25 30 40 50 70 100 cm
 ergeben sich aus Formel 7 die Faktoren für Δt zu
 0,59 0,68 0,74 0,78 0,81 0,85 0,88 0,91 0,93;

der Temperatur-Unterschied ΔT zwischen Innen- und Außenfläche der Wand wächst also mit zunehmender Wandstärke bei gleichbleibendem Temperatur-Unterschied ΔT der inneren und äußeren Luft.

Zur Ermittlung der Temperaturspannungen wollen wir den Temperatur-Unterschied Δt zunächst als gegeben voraussetzen. An einer gedachten Schnittstelle des Ringelementes wirkt nur das statisch unbekannte, am ganzen Ring gleichbleibende Moment M_1 , das sich wie folgt berechnet:

Verdrehungswinkel des Elementes ds :

$$d\alpha = - \frac{\alpha \cdot \Delta t \cdot ds}{h}$$

wobei α die Temperatur-Dehnungszahl für 1°C bedeutet. Die gesamte Verdrehung des aufgeschnittenen Ringelementes beträgt:

$$\alpha_0 = - \int_0^{2\pi} \frac{\alpha \cdot \Delta t \cdot ds}{h} = - \frac{\alpha \cdot \Delta t \cdot 2 \cdot r \cdot \pi}{h}$$

wobei r , wie bisher, den Schlotradius (bezogen auf Wandmitte) angibt. Die Verdrehung infolge $M_1 = -1$ ist

$$\alpha_1 = \int_0^{2\pi} \frac{ds}{E \cdot J} = \frac{2 \cdot r \cdot \pi}{E \cdot J}$$

worin E den Elastizitätsmodul für Beton, J das Trägheitsmoment des $1,0\text{ m}$ hohen Mantelstreifens bezeichnen. Das zu ermittelnde Moment ist demnach:

$$M_1 = \frac{\alpha_0}{\alpha_1} = - \frac{\alpha \cdot \Delta t \cdot E \cdot J}{h} \dots \dots \dots (8)$$

Das negative Vorzeichen bedeutet, daß durch die im Inneren höhere Temperatur die Wand außen Zug — innen Druckspannungen erleidet. In der Formel kommt der Radius r nicht vor, das Temperaturmoment ist also vom Schlotdurchmesser unabhängig. Da dieses Moment ferner eine Funktion des Trägheitsmomentes ist, so kann gleich für die Randspannung geschrieben werden:

$$\sigma_t = \pm \frac{M_1 \cdot x}{J} = \pm \alpha \cdot \Delta t \cdot E \cdot \frac{x}{h} \dots \dots \dots (9)$$

Für den homogenen, nicht bewehrten Betonquerschnitt

$$\text{ergibt sich mit } x = \frac{h}{2} \quad \sigma_t = \frac{\alpha \cdot \Delta t \cdot E}{2}$$

$$\text{Für } \alpha = \frac{1}{10^5}, \quad E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ wird } \sigma_t = 1,05 \cdot \Delta t,$$

also soviel kg/cm^2 Spannung, wie Temperatur-Unterschied in $^{\circ}\text{C}$. Bei gegebenem Luft-Temperatur-Unterschied ΔT wächst Δt mit zunehmender Wandstärke (wie wir es vorher gesehen haben), sodaß auch die Temperaturspannung bei Vergrößerung der Wandstärke zunimmt! Bei einem Temperatur-Unterschied $\Delta T = 50^{\circ}\text{C}$ und beispielsweise $h = 40\text{ cm}$ ergibt sich Δt zu $0,85 \cdot 50 = 42,5^{\circ}\text{C}$ und $\sigma_t = 1,05 \cdot 42,5 = \sim 45\text{ kg/cm}^2$. Da der Beton diese hohe Zugspannung nicht aufnehmen kann, so sind hierbei Risse an der Außenfläche die im großen ganzen lotrechten Verlauf nehmen werden, unvermeidlich. Die lotrechten Rißerscheinungen bei gemauerten Schornsteinen sind — abgesehen von etwaigen Gasexplosions-Ursachen — auf diesen Umstand zurückzuführen, umso mehr, da dort noch größere Temperatur-Unterschiede auftreten.

Die Formel 9 hat allgemeine Bedeutung und kann somit auch auf den Eisenbetonquerschnitt angewendet werden. Um zu brauchbaren Formeln zu gelangen, nehmen wir den Eisenabstand zu 10% der Wandstärke an und schreiben:

$$h = 1,1 \cdot h_1$$

wobei h_1 die theoretische Querschnittshöhe (Eisenabstand vom Druckrande) bedeutet. Es ist dann die von der Temperatur verursachte Beton-Druckspannung an der Innenfläche:

$$\sigma_{bt} = \frac{\alpha \cdot \Delta t \cdot E}{1,1} \cdot \frac{x}{h_1} \dots \dots \dots (10)$$

und die Eisenspannung auf der Außenseite (nach der bekannten Beziehung zwischen σ_b und σ_c)

$$\sigma_{et} = 15 \cdot \sigma_{bt} \cdot \frac{h_1 - x}{x} = 15 \left(\frac{\alpha \cdot \Delta t \cdot E}{1,1} - \sigma_{bt} \right) \dots \dots (11)$$

Die letzte Formel kann auch geschrieben werden:

$$\sigma_{et} + 15 \cdot \sigma_{bt} = \frac{15 \cdot \alpha \cdot \Delta t \cdot E}{1,1} = \text{Konstant} \dots \dots (12)$$

Die Betonspannung ist also Funktion von $\frac{x}{h_1}$, dem Verhältnis des o-Achsen-Abstandes zur theoretischen Wandstärke. Diese Verhältniszahl hängt wieder vom Bewehrungsprozentsatz ab: je größer die prozentuale Bewehrung des Querschnittes, umso größer werden $\frac{x}{h_1}$ und σ_{bt} . Für die Eisenspannung gilt umgekehrt: je größer die prozentuale Bewehrung (und damit σ_{bt}), umso kleiner wird die Eisenspannung. Es ist zu beachten, daß die Wandstärke selbst — bei gegebenem ΔT — in den Formeln 10—12 keine Rolle spielt, die Formeln geben also für die Bemessung der Wand keine Handhabe. Allein durch die

Änderung der Verhältniszahl $\frac{x}{h_1}$ kann die Betondruckspannung verringert bzw. vergrößert werden, wobei aber gleichzeitig eine Vergrößerung bzw. Verringerung der Eisenspannung auftritt. Durch Vergrößerung der Wandstärke werden die Spannungen nicht vermindert, im Gegenteil, sie werden noch etwas größer, wenn man bedenkt, daß der Temperatur-Unterschied Δt bei gegebenem ΔT mit der Wandstärke zunimmt, wie wir das beim unbewehrten Beton schon festgestellt haben.

Der Schlotmantel muß gleichzeitig die ungünstigsten Wind- und Temperatur-Einflüsse aushalten können, und so müssen diese beiden Einwirkungen in Zusammenhang gebracht werden. Wie wir aus folgenden Ausführungen ersehen werden, erhalten wir durch die Hinzuziehung der Windmomente gleichzeitig feste Anhaltspunkte für die Bemessung. Es ergeben sich sogar sehr einfache Bemessungsformeln, die ebenso gehandhabt werden können, wie die Bemessungsformeln für einfache Eisenbetonplatten.

3. Zusammenwirken der Wind- und Temperaturspannungen.

Die vom Windmoment (M^w) aus Formel 4) hervor-

gerufene Betondruckspannung σ_{bw} bzw. Eisenspannung σ_{ew} ergeben mit den Temperaturspannungen σ_{bt} und σ_{et} die resultierenden Spannungen

$$\left. \begin{aligned} \sigma_b &= \sigma_{bw} + \sigma_{bt} \\ \sigma_e &= \sigma_{ew} + \sigma_{et} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (13)$$

Es ist ferner $\frac{\sigma_b}{\sigma_e} = \frac{\sigma_{bw}}{\sigma_{ew}} = \frac{\sigma_{bt}}{\sigma_{et}} \dots \dots (14)$

denn das gegebene Verhältnis $\frac{\sigma_b}{\sigma_e}$ bedingt eine bestimmte

Verhältniszahl $\frac{x}{h_1}$ und damit einen bestimmten Bewehrungsprozentsatz, das auch für die Wind- und Temperaturspannungen gleich bleibt, da der Querschnitt derselbe ist. Bei gegebenem Verhältnis $\frac{\sigma_b}{\sigma_e}$ können also die

Temperaturspannungen σ_{bt} und σ_{et} aus den Formeln 11 und 14 ermittelt werden, wonach sich auch die einzuhaltenden Windspannungen σ_{bw} und σ_{ew} aus Formel 13 ergeben. Die aufgeschriebenen Formeln gestatten also anzugeben, welcher Teil der Gesamtspannungen σ_b und σ_e für das Windmoment in Anspruch genommen werden kann. Die Bemessungsfrage ist so auf die Bemessung einer gewöhnlichen Eisenbetonplatte für das Windmoment zurückgeführt, wobei die gegebenen Spannungen σ_{bw} und σ_{ew} einzuhalten sind. Zur Bestimmung der Bemessungskoeffizienten genügt es, die Spannungen σ_b und σ_{bw} in Beziehung zu bringen. Es ist aus Formel 14:

$$\sigma_{bt} = \frac{\sigma_b}{\sigma_e} \cdot \sigma_{et}$$

und der Wert für σ_{et} aus Formel 11 eingesetzt ergibt

$$\sigma_{bt} = \frac{\sigma_b}{\sigma_e} \cdot 15 \cdot \left(\frac{\alpha \cdot \Delta t \cdot E}{1,1} - \sigma_{bt} \right) = \frac{15 \cdot \alpha \cdot \Delta t \cdot E}{1,1 \left(15 + \frac{\sigma_e}{\sigma_b} \right)}$$

Daraus ergibt sich nach Formel 13:

$$\sigma_{bw} = \sigma_b - \frac{15 \cdot \alpha \cdot \Delta t \cdot E}{1,1 \left(15 + \frac{\sigma_e}{\sigma_b} \right)} \dots \dots (15)$$

Nach Einführung der entsprechenden Werte ergibt sich

$$\sigma_{bw} = \sigma_b - 28,64 \cdot \frac{\Delta t}{15 + \frac{\sigma_e}{\sigma_b}} \dots \dots (16)$$

Werden in diese Formel die einzuhaltenden Gesamtspannungen σ_b und σ_e , ferner der Temperatur-Unterschied Δt eingesetzt, so ergibt sich die für das Windmoment übrig bleibende Betonspannung σ_{bw} .

Das Verhältnis $\frac{x}{h_1}$ ist ein durch die Annahme von σ_b und σ_e schon gegebener Festwert und beträgt bekannterweise:

$$s = \frac{x}{h_1} = \frac{15 \cdot \sigma_b}{15 \cdot \sigma_b + \sigma_e}$$

Der Faktor r für die Bemessungsformel $h_1 = r \sqrt{M}$ ist

$$r = \sqrt{\frac{2}{\sigma_b \cdot s \cdot (1 - \frac{s}{3})}} = \sqrt{\frac{c}{\sigma_b}}$$

wobei c eine Konstante bedeutet. In unserem Falle ist:

$$r_1 = \frac{c}{\sqrt{\sigma_{bw}}} = r \cdot \sqrt{\frac{\sigma_b}{\sigma_{bw}}} \dots \dots (17)$$

sodaß der Bemessungskoeffizient durch eine einfache Reduktion aus den bekannten Bemessungstabellen ermittelt werden kann, wenn einmal σ_{bw} berechnet ist. Dieselbe Reduktion gilt auch für den Koeffizienten t in der Formel

$$f_e = t \cdot \sqrt{M}, \text{ also } t_1 = t \cdot \sqrt{\frac{\sigma_b}{\sigma_{bw}}} \dots \dots (18)$$

Die Zahlenwerte r_1 und t_1 sind durchweg höher als die gewöhnlichen, da sie auf Grund der Windspannung σ_{bw} ausgewertet sind, die nur einen Teil der Gesamtspannung σ_b bildet. Das zur Bemessung dienende Windmoment M ist in kgm einzusetzen, wobei sich dann f_e für ein $1,00 \text{ m}$ hohes Ringelement ergibt.

Ist nun durch Hilfe des Koeffizienten r_1 , die Wandstärke gefunden, so muß noch untersucht werden, ob der gewählte Temperatur-Unterschied Δt richtig ist. Zu diesem Zwecke wird die ermittelte Wandstärke in die Formel 7 eingesetzt und es wird Δt daraus berechnet. Liegt keine befriedigende Übereinstimmung vor, so ist die Rechnung mit dem berichtigten Temperatur-Unterschied noch einmal zu wiederholen.

Für h_1 könnte auch eine direkte Formel aufgeschrieben werden, diese wird aber sehr verwickelt, sodaß die probe-weise Berechnung rascher zum Ziele führt.

Beispiel.

Der Halbmesser des Schlotes sei oben $r = 6,10 \text{ m}$, unten $R = 6,90 \text{ m}$, die Höhe $H = 17,0 \text{ m}$, der Winddruck für 1 m^2 senkrecht getroffener Fläche $w = 150 \text{ kg/m}^2$, dann sind die Windmomente nach Formel 4:

$$M_w^+ = \frac{w \cdot r^2}{10} = 634 \text{ kgm}, \quad M_w^- = - \frac{w \cdot r^2}{12} = - 528 \text{ kgm}$$

Das negative Windmoment verursacht außen Zug; da die Temperatur im selben Sinne wirkt, so muß für die Bemessung das negative Windmoment eingeführt werden.

Bei einem Temperatur-Unterschied $\Delta T = 50^\circ \text{ C}$ und $\Delta t = 0,74 \cdot 50 = 37^\circ \text{ C}$ (bei der Annahme $h = 20 \text{ cm}$) ferner bei zugelassenen Gesamtspannungen

$$\text{von } \sigma_b / \sigma_e = 40/1200 \text{ ergibt sich aus Formel 16:}$$

$$\sigma_{bw} = 40 - 28,64 \cdot \frac{37}{15 + \frac{1200}{40}} = 40 - 23,6 = 16,4 \text{ kg/cm}^2$$

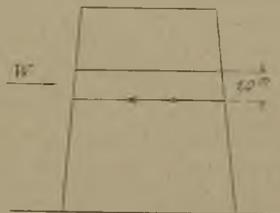


Abb. 1.

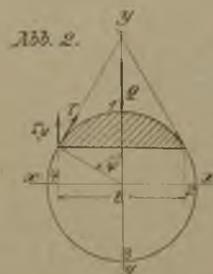


Abb. 2.

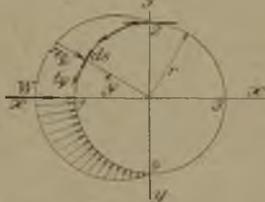


Abb. 3.

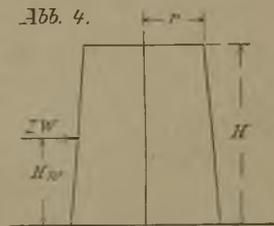


Abb. 4.

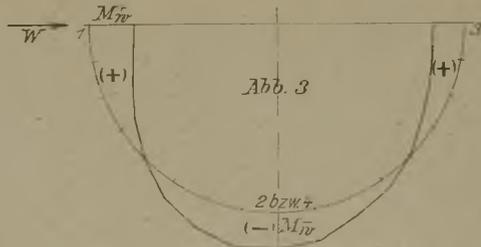
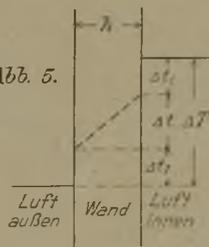


Abb. 5.

aus Formel 17: von $r_1 = 0,411 \sqrt{\frac{40}{16,4}} = 0,643$

ist $h_1 = 0,643 \sqrt{528} = 14,8 \text{ cm}; h = 16,5 \text{ cm}$

Nach Formel 7 ergibt sich hierfür der richtige Temperatur-Unterschied zu

$$\Delta t = 50 \cdot \frac{1}{1 + \frac{0,07}{0,165}} = 0,70 \cdot 50 = 35^\circ \text{ C}$$

Auf Grund dieses berichtigten Wertes wird nun die Bemessung wiederholt:

$$\sigma_{bw} = 40 - 23,6 \cdot \frac{35}{37} = 40 - 22,4 = 17,6 \text{ kg/cm}^2$$

$$r_1 = 0,411 \cdot \sqrt{\frac{40}{17,6}} = 0,62$$

$$h_1 = 0,62 \cdot \sqrt{528} = 14,3; h = 16,5 \text{ cm}$$

Aus der Formel 18 erhält man schließlich:

$$t_1 = 0,228 \cdot \sqrt{\frac{40}{17,6}} = 0,344, f_e = 0,344 \cdot \sqrt{528} = 7,9 \text{ cm}^2$$

Außentemperatur von -20°C muß daher mit einem Temperatur-Unterschiede von 50°C zwischen dem Schlotinneren und der umgebenden Luft gerechnet werden.

Dadurch entstehen im Mantel nicht unerhebliche Spannungen. Das Wandmaterial hat allerdings nicht den ganzen Temperatur-Unterschied zu tragen, sondern nur einen Teil, wie folgende Überlegung zeigt:

Für den stündlichen Wärmeübergang zwischen 1 m^2 Wandfläche und der Luft besteht die Gleichung:

$$Q_1 = u \cdot \Delta t_1$$

wobei Q_1 die übergehende Wärmemenge (in Wärmeinheiten), Δt_1 den Temperatur-Unterschied zwischen Wandfläche und Luft und u die Wärmeübergangszahl (für 1°C Temperatur-Unterschied) bedeuten, welche letztere in unserem Falle ungefähr 20 beträgt.

Für die stündliche Wärmeleitung des Wandmaterials gilt ferner für 1 m^2 der Wandfläche die Gleichung

$$Q_2 = k \cdot \Delta t_2$$

wobei Q_2 die durchgehende Wärmemenge, Δt_2 den Temperatur-Unterschied auf eine Entfernung von $1,0\text{ m}$ (im Inneren des Stoffes) und k die Wärmeleitungszahl (für 1°C Temperatur-Unterschied) bedeuten, welche letztere für Beton zu ungefähr $0,7$ angenommen werden kann.

Aus Abb. 5 ergibt sich $\Delta t_2 = \frac{\Delta T}{h}$

wobei ΔT der Temperatur-Unterschied zwischen Innen- und Außenfläche der Wand mit Wandstärke h (in m), und

$$\Delta t_1 = \frac{\Delta T - \Delta t}{2}$$

wenn ΔT den Temperatur-Unterschied zwischen der inneren und äußeren Luft angibt. Aus der Gleichung $Q_1 = Q_2$ folgt zur Bestimmung von Δt die Beziehung:

$$u \cdot \frac{\Delta T - \Delta t}{2} = k \cdot \frac{\Delta t}{h} \quad \text{und}$$

$$\Delta t = \Delta T \cdot \frac{1}{1 + \frac{2k}{u \cdot h}} = \Delta T \cdot \frac{1}{1 + \frac{0,07}{h}} \dots \dots \dots (7)$$

Für Wandstärken von

10 15 20 25 30 40 50 70 100 cm
 ergeben sich aus Formel 7 die Faktoren für Δt zu
 0,59 0,68 0,74 0,78 0,81 0,85 0,88 0,91 0,93;

der Temperatur-Unterschied ΔT zwischen Innen- und Außenfläche der Wand wächst also mit zunehmender Wandstärke bei gleichbleibendem Temperatur-Unterschied ΔT der inneren und äußeren Luft.

Zur Ermittlung der Temperaturspannungen wollen wir den Temperatur-Unterschied Δt zunächst als gegeben voraussetzen. An einer gedachten Schnittstelle des Ringelementes wirkt nur das statisch unbekannte, am ganzen Ring gleichbleibende Moment M_t , das sich wie folgt berechnet:

Verdrehungswinkel des Elementes ds :

$$d\alpha = - \frac{\alpha \cdot \Delta t \cdot ds}{h}$$

wobei α die Temperatur-Dehnungszahl für 1°C bedeutet. Die gesamte Verdrehung des aufgeschnittenen Ringelementes beträgt:

$$\alpha_0 = - \int_0^{2\pi} \frac{\alpha \cdot \Delta t \cdot ds}{h} = - \frac{\alpha \cdot \Delta t \cdot 2 \cdot r \cdot \pi}{h}$$

wobei r , wie bisher, den Schlotradius (bezogen auf Wandmitte) angibt. Die Verdrehung infolge $M_t = -1$ ist

$$\alpha_1 = \int_0^{2\pi} \frac{ds}{E \cdot J} = \frac{2 \cdot r \cdot \pi}{E \cdot J}$$

worin E den Elastizitätsmodul für Beton, J das Trägheitsmoment des $1,0\text{ m}$ hohen Mantelstreifens bezeichnen. Das zu ermittelnde Moment ist demnach:

$$\frac{M_t}{\alpha_1} = \frac{\alpha_0}{\alpha_1} = - \frac{\alpha \cdot \Delta t \cdot E \cdot J}{h} \dots \dots \dots (8)$$

Das negative Vorzeichen bedeutet, daß durch die im Inneren höhere Temperatur die Wand außen Zug — innen Druckspannungen erleidet. In der Formel kommt der Radius r nicht vor, das Temperaturmoment ist also vom Schlotdurchmesser unabhängig. Da dieses Moment ferner eine Funktion des Trägheitsmomentes ist, so kann gleich für die Randspannung geschrieben werden:

$$\sigma_t = \pm \frac{M_t \cdot x}{J} = \pm \alpha \cdot \Delta t \cdot E \cdot \frac{x}{h} \dots \dots \dots (9)$$

Für den homogenen, nicht bewehrten Betonquerschnitt

$$\text{ergibt sich mit } x = \frac{h}{2} \quad \sigma_t = \frac{\alpha \cdot \Delta t \cdot E}{2}$$

$$\text{Für } \alpha = \frac{1}{10^5}, \quad E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ wird } \sigma_t = 1,05 \cdot \Delta t,$$

also soviel kg/cm^2 Spannung, wie Temperatur-Unterschied in $^{\circ}\text{C}$. Bei gegebenem Luft-Temperatur-Unterschied ΔT wächst Δt mit zunehmender Wandstärke (wie wir es vorher gesehen haben), sodaß auch die Temperaturspannung bei Vergrößerung der Wandstärke zunimmt! Bei einem Temperatur-Unterschied $\Delta T = 50^{\circ}\text{C}$ und beispielsweise $h = 40\text{ cm}$ ergibt sich Δt zu $0,85 \cdot 50 = 42,5^{\circ}\text{C}$ und $\sigma_t = 1,05 \cdot 42,5 = \sim 45\text{ kg/cm}^2$. Da der Beton diese hohe Zugspannung nicht aufnehmen kann, so sind hierbei Risse an der Außenfläche die im großen ganzen lotrechten Verlauf nehmen werden, unvermeidlich. Die lotrechten Rißerscheinungen bei gemauerten Schornsteinen sind — abgesehen von etwaigen Gasexplosions-Ursachen — auf diesen Umstand zurückzuführen, umso mehr, da dort noch größere Temperatur-Unterschiede auftreten.

Die Formel 9 hat allgemeine Bedeutung und kann somit auch auf den Eisenbetonquerschnitt angewendet werden. Um zu brauchbaren Formeln zu gelangen, nehmen wir den Eisenabstand zu 10% der Wandstärke an und schreiben:

$$h = 1,1 \cdot h_1$$

wobei h_1 die theoretische Querschnittshöhe (Eisenabstand vom Druckrande) bedeutet. Es ist dann die von der Temperatur verursachte Beton-Druckspannung an der Innenfläche:

$$\sigma_{bt} = \frac{\alpha \cdot \Delta t \cdot E \cdot x}{1,1 \cdot h_1} \dots \dots \dots (10)$$

und die Eisenspannung auf der Außenseite (nach der bekannten Beziehung zwischen σ_b und σ_c)

$$\sigma_{ct} = 15 \cdot \sigma_{bt} \cdot \frac{h_1 - x}{x} = 15 \left(\frac{\alpha \cdot \Delta t \cdot E}{1,1} - \sigma_{bt} \right) \dots \dots (11)$$

Die letzte Formel kann auch geschrieben werden:

$$\sigma_{ct} + 15 \cdot \sigma_{bt} = \frac{15 \cdot \alpha \cdot \Delta t \cdot E}{1,1} = \text{Konstant} \dots \dots (12)$$

Die Betonspannung ist also Funktion von $\frac{x}{h_1}$, dem

Verhältnis des o-Achsen-Abstandes zur theoretischen Wandstärke. Diese Verhältniszahl hängt wieder von Bewehrungsprozentsatz ab: je größer die prozentuale Bewehrung des Querschnittes, umso größer werden $\frac{x}{h_1}$ und

σ_{bt} . Für die Eisenspannung gilt umgekehrt: je größer die prozentuale Bewehrung (und damit σ_{bt}), umso kleiner wird die Eisenspannung. Es ist zu beachten, daß die Wandstärke selbst — bei gegebenem Δt — in den Formeln 10—12 keine Rolle spielt, die Formeln geben also für die Bemessung der Wand keine Handhabe. Allein durch die

Änderung der Verhältniszahl $\frac{x}{h_1}$ kann die Betondruckspannung verringert bzw. vergrößert werden, wobei aber gleichzeitig eine Vergrößerung bzw. Verringerung der Eisenspannung auftritt. Durch Vergrößerung der Wandstärke werden die Spannungen nicht vermindert, im Gegenteil, sie werden noch etwas größer, wenn man bedenkt, daß der Temperatur-Unterschied Δt bei gegebenem ΔT mit der Wandstärke zunimmt, wie wir das beim unbewehrten Beton schon festgestellt haben.

Der Schlotmantel muß gleichzeitig die ungünstigsten Wind- und Temperatur-Einflüsse aushalten können, und so müssen diese beiden Einwirkungen in Zusammenhang gebracht werden. Wie wir aus folgenden Ausführungen ersehen werden, erhalten wir durch die Hinzuziehung der Windmomente gleichzeitig feste Anhaltspunkte für die Bemessung. Es ergeben sich sogar sehr einfache Bemessungsformeln, die ebenso gehandhabt werden können, wie die Bemessungsformeln für einfache Eisenbetonplatten.

3. Zusammenwirken der Wind- und Temperaturspannungen.

Die vom Windmoment ($M_w = J^2$ aus Formel 4) hervorgerufene Betondruckspannung σ_{bw} bzw. Eisenspannung σ_{cw} ergeben mit den Temperaturspannungen σ_{bt} und σ_{ct} die resultierenden Spannungen

$$\left. \begin{aligned} \sigma_b &= \sigma_{bw} + \sigma_{bt} \\ \sigma_c &= \sigma_{cw} + \sigma_{ct} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (13)$$

Es ist ferner $\frac{\sigma_b}{\sigma_e} = \frac{\sigma_{bw}}{\sigma_{ew}} = \frac{\sigma_{bt}}{\sigma_{et}} \dots \dots (14)$

denn das gegebene Verhältnis $\frac{\sigma_b}{\sigma_e}$ bedingt eine bestimmte

Verhältniszahl $\frac{x}{h_1}$ und damit einen bestimmten Bewehrungsprozentsatz, das auch für die Wind- und Temperaturspannungen gleich bleibt, da der Querschnitt derselbe ist. Bei gegebenem Verhältnis $\frac{\sigma_b}{\sigma_e}$ können also die

Temperaturspannungen σ_{bt} und σ_{et} aus den Formeln 11 und 14 ermittelt werden, wonach sich auch die einzuhaltenden Windspannungen σ_{bw} und σ_{ew} aus Formel 13 ergeben. Die aufgeschriebenen Formeln gestatten also anzugeben, welcher Teil der Gesamtspannungen σ_b und σ_e für das Windmoment in Anspruch genommen werden kann. Die Bemessungsfrage ist so auf die Bemessung einer gewöhnlichen Eisenbetonplatte für das Windmoment zurückgeführt, wobei die gegebenen Spannungen σ_{bw} und σ_{ew} einzuhalten sind. Zur Bestimmung der Bemessungskoeffizienten genügt es, die Spannungen σ_b und σ_{bw} in Beziehung zu bringen. Es ist aus Formel 14:

$$\sigma_{bt} = \frac{\sigma_b}{\sigma_e} \cdot \sigma_{et}$$

und der Wert für σ_{et} aus Formel 11 eingesetzt ergibt

$$\sigma_{bt} = \frac{\sigma_b}{\sigma_e} \cdot 15 \cdot \left(\frac{\alpha \cdot \Delta t \cdot E}{1,1} - \sigma_{bt} \right) = \frac{15 \cdot \alpha \cdot \Delta t \cdot E}{1,1 \left(15 + \frac{\sigma_e}{\sigma_b} \right)}$$

Daraus ergibt sich nach Formel 13:

$$\sigma_{bw} = \sigma_b - \frac{15 \cdot \alpha \cdot \Delta t \cdot E}{1,1 \left(15 + \frac{\sigma_e}{\sigma_b} \right)} \dots \dots (15)$$

Nach Einführung der entsprechenden Werte ergibt sich

$$\sigma_{bw} = \sigma_b - 28,64 \cdot \frac{\Delta t}{15 + \frac{\sigma_e}{\sigma_b}} \dots \dots (16)$$

Werden in diese Formel die einzuhaltenden Gesamtspannungen σ_b und σ_e , ferner der Temperatur-Unterschied Δt eingesetzt, so ergibt sich die für das Windmoment übrig bleibende Betonspannung σ_{bw} .

Das Verhältnis $\frac{x}{h_1}$ ist ein durch die Annahme von σ_b und σ_e schon gegebener Festwert und beträgt bekannterweise:

$$s = \frac{x}{h_1} = \frac{15 \cdot \sigma_b}{15 \cdot \sigma_b + \sigma_e}$$

Der Faktor r für die Bemessungsformel $h_1 = r \sqrt{M}$ ist

$$r = \sqrt{\frac{2}{\sigma_b \cdot s \cdot \left(1 - \frac{s}{3} \right)}} = \frac{c}{\sqrt{\sigma_b}}$$

wobei c eine Konstante bedeutet. In unserem Falle ist:

$$r_1 = \frac{c}{\sqrt{\sigma_{bw}}} = r \cdot \sqrt{\frac{\sigma_b}{\sigma_{bw}}} \dots \dots (17)$$

sodaß der Bemessungskoeffizient durch eine einfache Reduktion aus den bekannten Bemessungstabellen ermittelt werden kann, wenn einmal σ_{bw} berechnet ist. Dieselbe Reduktion gilt auch für den Koeffizienten t in der Formel

$$f_e = t \cdot \sqrt{M}, \text{ also } t_1 = t \cdot \sqrt{\frac{\sigma_b}{\sigma_{bw}}} \dots \dots (18)$$

Die Zahlenwerte r_1 und t_1 sind durchweg höher als die gewöhnlichen, da sie auf Grund der Windspannung σ_{bw} ausgewertet sind, die nur einen Teil der Gesamtspannung σ_b bildet. Das zur Bemessung dienende Windmoment M_t ist in kgm einzusetzen, wobei sich dann f_e für ein $1,00 \text{ m}$ hohes Ringelement ergibt.

Ist nun durch Hilfe des Koeffizienten r_1 , die Wandstärke gefunden, so muß noch untersucht werden, ob der gewählte Temperatur-Unterschied Δt richtig ist. Zu diesem Zwecke wird die ermittelte Wandstärke in die Formel 7 eingesetzt und es wird Δt daraus berechnet. Liegt keine befriedigende Übereinstimmung vor, so ist die Rechnung mit dem berichtigten Temperatur-Unterschied noch einmal zu wiederholen.

Für h_1 könnte auch eine direkte Formel aufgeschrieben werden, diese wird aber sehr verwickelt, sodaß die probe-weise Berechnung rascher zum Ziele führt.

Beispiel.

Der Halbmesser des Schlotes sei oben $r = 6,10 \text{ m}$, unten $R = 6,90 \text{ m}$, die Höhe $H = 17,0 \text{ m}$, der Winddruck für 1 m^2 senkrecht getroffener Fläche $w = 150 \text{ kg/m}^2$, dann sind die Windmomente nach Formel 4:

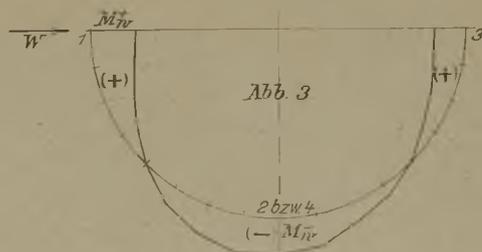
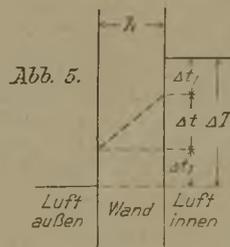
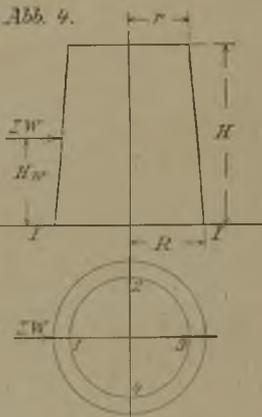
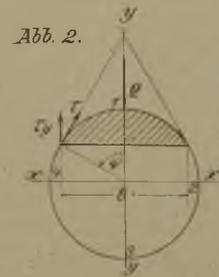
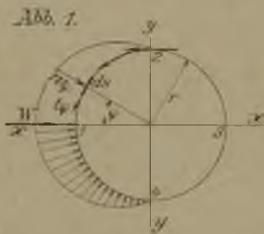
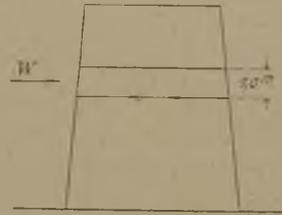
$$M_w^+ = \frac{w \cdot r^2}{10} = 634 \text{ kgm}, \quad M_w^- = - \frac{w \cdot r^2}{12} = - 528 \text{ kgm}$$

Das negative Windmoment verursacht außen Zug; da die Temperatur im selben Sinne wirkt, so muß für die Bemessung das negative Windmoment eingeführt werden.

Bei einem Temperatur-Unterschied $\Delta T = 50^\circ \text{ C}$ und $\Delta t = 0,74 \cdot 50 = 37^\circ \text{ C}$ (bei der Annahme $h = 20 \text{ cm}$) ferner bei zugelassenen Gesamtspannungen

von $\sigma_b/\sigma_e = 40/1200$ ergibt sich aus Formel 16:

$$\sigma_{bw} = 40 - 28,64 \cdot \frac{37}{15 + \frac{1200}{40}} = 40 - 23,6 = 16,4 \text{ kg/cm}^2$$



aus Formel 17: von $r_1 = 0,411 \sqrt{\frac{40}{16,4}} = 0,643$

ist $h_1 = 0,643 \sqrt{528} = 14,8 \text{ cm}$; $h = 16,5 \text{ cm}$

Nach Formel 7 ergibt sich hierfür der richtige Temperatur-Unterschied zu

$$\Delta t = 50 \cdot \frac{1}{1 + \frac{0,07}{0,165}} = 0,70 \cdot 50 = 35^\circ \text{ C}$$

Auf Grund dieses berichtigten Wertes wird nun die Bemessung wiederholt:

$$\sigma_{bw} = 40 - 23,6 \cdot \frac{35}{37} = 40 - 22,4 = 17,6 \text{ kg/cm}^2$$

$$r_1 = 0,411 \cdot \sqrt{\frac{40}{17,6}} = 0,62$$

$$h_1 = 0,62 \cdot \sqrt{528} = 14,3$$
; $h = 16,5 \text{ cm}$

Aus der Formel 18 erhält man schließlich:

$$t_1 = 0,228 \cdot \sqrt{\frac{40}{17,6}} = 0,344, \quad f_e = 0,344 \cdot \sqrt{528} = 7,9 \text{ cm}^2$$

für die äußere Bewehrung. Für die innere Bewehrung ergibt sich aus dem positiven Windmoment ohne Temperatur-Unterschied (Sommerzeit), und zwar:

$$r = \frac{11,3}{\sqrt{634}} = 0,568; \quad h = 0,161 \cdot \sqrt{634} = 4,05 \text{ cm}^2$$

Zum Schlusse sei noch erwähnt, daß bei der Ermittlung der Bemessungskoeffizienten die Betonzugspannung — wie üblich — vernachlässigt wurde. Der Querschnitt wird auf der Zugseite schon infolge des Temperatur-Unterschiedes Risse aufweisen, diese reichen jedoch nicht ganz bis zur o-Achse und es werden im Inneren — im Rahmen der zulässigen Grenze — auch Betonzugspannungen wirken. Dadurch rückt dann die o-Achse näher zur Außenkante und das Verhältnis $\frac{x}{h_1}$ wird größer. Das ver-

ursacht eine Erhöhung der Beton-Druckspannung und Ermäßigung der Eisen-Zugspannung, deren rechnerische Verfolgung etwas umständlich ist, und hier nicht wiedergegeben werden soll. Wir wollen uns mit der Feststellung begnügen, daß die gegebenen Bemessungsformeln für h_1 etwas knappe, für f_e etwas reichliche Werte liefern. Es ist ferner zu beachten, daß Temperatur-Spannungen auch in lotrechter Richtung auftreten: ein lotrechter Wandstreifen würde sich infolge der inneren Erwärmung nach außen ausbiegen, wird jedoch durch die Ringstreifen daran gehindert. In den oberen und unteren Ringstreifen werden dadurch Ringzugkräfte, in den mittleren Ringdruckkräfte, in den lotrechten Wandstreifen Biegemomente hervorgerufen. Diese Zusatzkräfte sind verwickelter Art und können im Rahmen dieses Aufsatzes nicht näher erläutert werden. Es bleibt vorbehalten, darauf bei anderer Gelegenheit zurückzukommen. —

Vermischtes.

Über einen neuen wasserdichten Zement, sogenannten Siccifix-Zement, durch D. R. P. geschützt, gibt eine größere Arbeit von Rud. Grimm in Göschwitz Aufschluß, die in Kürze in der Zeitschrift „Zement“ erscheinen soll. Eingangs werden die alten Verfahren der Wasserdichtung mit Zement und ihre Mängel besprochen. Diese Verfahren fußen fast durchweg auf dem Zusatz wasserabweisender Stoffe, wobei der Erfolg meist von der Geschicklichkeit und Zuverlässigkeit der verarbeitenden Arbeiter abhängt. Fertige Mörtelstoffe mit einem wasserabweisenden Zusatz konnten sich vielfach nicht einbürgern, teils wegen der mit ihrer Herstellung verbundenen technischen Schwierigkeiten, teils auch, weil die Bedingungen der Wasserundurchlässigkeit nicht erfüllt wurden, oder andere Mängel auftraten.

Ein allen berechtigten Ansprüchen genügender und unbedingt wasserabweisender Mörtelstoff wurde nach dem Verfasser im „Siccifix-Zement“ gefunden, der durch ein besonderes Verfahren in verschiedenen Zementfabriken unter ständiger Kontrolle hergestellt wird, und sich neben vollkommener Raumbeständigkeit und hoher Festigkeit durch das unbedingt wasserabweisende Verhalten aller seiner kleinsten Teilchen auszeichnet. Ein weiterer Vorzug ist, daß Siccifix-Zement gebrauchsfertig geliefert wird und ohne jede Vorbereitung von jedem sachgemäß arbeitenden Bauarbeiter bearbeitet werden kann.

Aus den Ergebnissen mehrjähriger Laboratoriumsarbeiten wird der Nachweis erbracht, daß es nunmehr gelungen ist, einen Mörtelstoff zu finden, der technisch vollkommen wasserdichte Arbeiten ermöglicht. Die Versuche werden zahlenmäßig belegt. Bedeutungsvoll für die Praxis sind insbesondere Versuche, die mit Siccifix-Zementen in Lösungen von Salzen, Schachtlaugen und anderen Zementen sonst leicht angreifenden Stoffen, als Maschinenöl, Benzol, Petroleum usw. vorgenommen wurden. Siccifix-Zemente verhalten sich hier vollkommen abweisend, so daß sie zur Herstellung großer Sammelbehälter für die verschiedensten Stoffe sich vorzüglich eignen. Besonders günstig sind Versuche mit dem bekannten Thuringia-Siccifix-Zement ausgefallen, dessen schon bisher erheblicher Verwendung im Bergbau damit neue Bahnen gewiesen werden. Anschließend folgen ausgedehnte Untersuchungen aus der Praxis mit aufgeführten Grubenbauten, die bis 25 m im Grundwasser liegen und aus Stampfbeton 1:8, und darauf ungeglättet aufgetragener Putzschicht von 2–4 cm in Mischung 1:3 hergestellt waren. Die Gruben sind vollkommen wasserdicht. Andere Versuchsreihen mit Dachziegeln, Hohlkörpern usw. ergaben ebenfalls Wasserdichte.

Um das Verhalten von Siccifix-Zementen bei Verwendung zu Eisenbetonbauten zu prüfen, wurden Rostversuche an einbetonierten Eisenstäben bei Einwirkung von Wasser und Salzlösungen vorgenommen. Die Versuche bewiesen, daß Siccifix-Zement sich im Eisenbetonbau vorzüglich bewährt, denn das Eisen wird von der Siccifix-Masse nicht selbst angegriffen, wird andererseits aber so gut durch die Siccifix-Zemente andgedichtet, daß selbst Salzlösungen trotz der dünnen Deckschicht von 2 cm Beton nicht bis zum Eisen vordringen.

Auf Grund der umfangreichen Untersuchungen wird das Urteil über Siccifix-Zemente vom Verfasser dahin zusammengefaßt: Sie stellen einen preiswerten, leicht zu verarbeitenden technisch wasserdichten Mörtelstoff dar, der für alle einfachen und schwierigen Verwendungsarten im Hoch- und Tiefbau, Eisenbetonbau, Bergbau, bei Kunststeinherstellung und jedem anderen Zweige der Zementverarbeitung sich eignet. Siccifix-Zemente, welche von verschiedenen deutschen Zementfabriken hergestellt und von der Siccifix-Gesellschaft in Berlin-Lankwitz vertrieben werden, bürgern sich immer mehr ein, und bilden

eine wertvolle Bereicherung des Marktes für die verschiedensten Verwendungszwecke, für die Wasserabweisung bzw. Wasserdichte entscheidend ist. — G.

Die Verhinderung der Staubeentwicklung an Zementfußböden. In Nachstehendem soll auf die Frage der Staubeentwicklung an Zementfußböden und sonstigen, der mechanischen Abnutzung unterliegenden zementierten Flächen eingegangen werden. Bekanntlich unterliegen Zementfußböden schon durch das Begehen dauernd einer ziemlich erheblichen mit Stauben verbundenen Abnutzung.

Die zahlreichen günstigen Eigenschaften des Zementfußbodens werden durch dies Stauben überall dort in den Hintergrund gedrängt, wo die Art der aufgestellten Maschinen und Geräte oder die erzeugten Waren staubfrei und staubsichere Räumlichkeiten verlangen. Präzisionswerkstätten, Druckereien, Textilfabriken, Nahrungsmittelfabriken, — die Reihe ließe sich beliebig vermehren — bemängeln mit Recht, daß in Räumen mit Zementfußböden die gesamte Einrichtung immerwährend von einer sich hartnäckig erneuernden feinsten Staubschicht überzogen ist. Es hat dieses seinen Grund in der porösen, spröden Beschaffenheit des abgedunenen Zements, die verhindert, daß sich die Oberfläche des Bodens durch den Gebrauch nach und nach abschleifen kann. Erstaunlich ist, daß man bisher nur verhältnismäßig selten versucht hat, diese Staubplage durch eine entsprechende Veränderung der Zementoberfläche zu beseitigen, indem man ihr die staubfördernde Porosität und Sprödigkeit zu nehmen bemüht war.

In der kolloiden Kieselsäure besitzen wir hierzu ein ideales Mittel. Wenn man sie in richtig gewählter Form anwendet und in die Poren einziehen läßt, verkieselt sie sich mit dem Zement zu einer kompakten, undurchlässigen und festen Masse, die sich nun nicht mehr abreibt und abtreten läßt. Gleichzeitig wird dadurch ein wirksamer Schutz erreicht gegen das Eindringen ölgiger Flüssigkeiten und so die Zernübrung, die sich oft an Maschinenfundamenten beobachten läßt, verhindert. Der Erfolg in Bezug auf Haltbarkeit, Staubsicherheit und Undurchlässigkeit der Zementböden ist geradezu überraschend. Die Kosten sind nicht erheblich.

Ich habe in mir unterstehenden Betrieben mit einem derartigen Präparat Versuche angestellt (Hersteller Henkel & Cie. A.-G. Düsseldorf). Es handelt sich um ein kiesel-saures Natron von bestimmter Zusammensetzung, das in seinen äußeren Eigenschaften dem handelsüblichen Wasser-glas ähnelt. Die Versuche haben ein sehr günstiges Ergebnis gezeigt. Die Staubbildung trat in keiner Weise mehr störend in Erscheinung und zugleich war das Begehen der Böden sicherer und angenehmer geworden. Die Anwendung ist recht einfach: Der Zementfußboden wird sorgfältig mit einem harten Besen gereinigt. War es notwendig, naß aufzuwischen, so muß der Boden vor dem Anstrich wieder gut aufgetrocknet werden. Die Kieselsäurelösung wird bereitet durch Vermischen eines Teiles des Präparates mit fünf Teilen kaltem Wasser. Die Tränkung des Bodens erfolgt dreimal und zwar an drei aufeinander folgenden Tagen. Die Lösung wird hierzu mit Eimer (Gießkanne), Besen und dergl. auf den Boden gebracht, und zwar soll dieser damit nicht nur angefeuchtet, sondern gut angeätzt werden. Das erste Mal saugt der Boden ziemlich reichlich auf, das zweite und dritte Mal entsprechend weniger. Das Tränkungsverfahren kann in gewissen Zeitabständen — je nach Bedarf — wiederholt werden. — Arch. W. Furthmann, Düsseldorf.

Inhalt: Bemessung von zylinderförmigen Kühlturmwänden. — Vermischtes. —

Verlag der Deutschen Bauzeitung, G. m. b. H. in Berlin.
Für die Redaktion verantwortlich: Fritz Eiselen in Berlin.
W. Büxenstein, Berlin SW. 48.