

Alle Rechte vorbehalten.

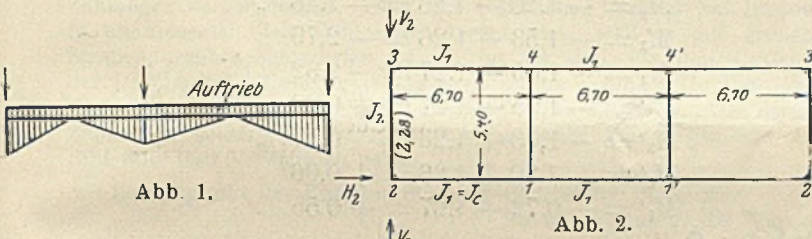
## Statische Berechnung von Tieftunneln.

Von Dipl.-Ing. Nolte und Ing. Reppenning, Berlin.

Beim Bau von Tieftunneln geht man neuerdings dazu über, diese als allseitig geschlossene Eisenbetonrahmen auszubilden. Diese Bauweise bietet vor allem den Vorteil, daß Wand, Sohle und Decke wesentlich geringere Abmessungen erhalten als bei der bislang üblichen Bauweise als Tunneltrog mit darüberliegender Trägerdecke.

Die Berechnung solcher allseitig geschlossener Rahmengebilde nach den üblichen Verfahren von Müller-Breslau und Mohr dürfte jedoch, besonders bei einer oder mehreren Mittelwänden sowie bei unsymmetrischer Querschnittsgestaltung, ziemlich umständlich und zeitraubend sein. Hier bietet der Viermomentensatz, wie er in den bekannten Büchern von Bleich, Ehlers, Saliger und Suter dargestellt ist, ein brauchbares Mittel, die Berechnung mit verhältnismäßig geringem Zeitaufwande durchzuführen, wobei die Genauigkeit des Rechenschiebers genügt.

Über die Verteilung des Sohlendruckes wird man zweckmäßig die bisher übliche Annahme machen, die der Wirklichkeit recht nahe kommen dürfte, nämlich den Auftrieb in voller Höhe gleichmäßig über die Sohle verteilt, die übrigen Lasten dreieckförmig nach der Mitte zu abnehmend (Abb. 1). Es ist aber darauf zu achten, daß zwischen den von unten und den von oben wirkenden Kräften volles Gleichgewicht besteht. Eine genauere Untersuchung der Verteilung des Bodendruckes nach Zimmermann oder Schnidtmann ist viel zu zeitraubend und die genauere Auswertung der Belastungskurven für die Praxis so gut wie undurchführbar. Zudem gehen auch diese Theorien von Annahmen aus, von denen man nicht weiß, in welchem Maße sie zutreffen.



Im folgenden soll an Hand von zwei aus der Praxis gegriffenen Beispielen der Rechnungsgang dargelegt werden.

### Beispiel 1.

Symmetrischer Rahmen mit zwei mittleren Pendelstützen (Abb. 2 bis 6).

Das System ist fünffach statisch unbestimmt. Für symmetrische Belastung ist es jedoch nur dreifach unbestimmt. Da die ständigen Lasten symmetrisch sind und deren Einfluß überwiegend ist, genügt es in vielen Fällen, nur symmetrische Lasten zu berücksichtigen. Will man jedoch die Aufgabe genauer lösen, so kann man jede beliebige Belastung in eine symmetrische und antisymmetrische zerlegen (B.-U.-Verfahren von Andree<sup>1)</sup>).

a) Symmetrische Lasten (Abb. 2).

Es ist  $l = l' = 6,70 \text{ m}$   
 $h = 5,40 \text{ m}$   
 $h' = \frac{0,6^3}{0,8^3} \cdot 5,4 = 2,28 \text{ m.}$

Die Winkeländerungen sind

$$\begin{aligned} \Delta_{w1} &= M_1' \cdot 6,7 + 2 M_1 (6,7 + 6,7) + M_2 \cdot 6,7 - N_1 \\ \Delta_{w2} &= M_1 \cdot 6,7 + 2 M_2 (6,7 + 2,28) + M_3 \cdot 2,28 - N_2 \\ \Delta_{w3} &= M_2 \cdot 2,28 + 2 M_3 (2,28 + 6,7) + M_4 \cdot 6,7 - N_3 \\ \Delta_{w4} &= M_3 \cdot 6,7 + 2 M_4 (6,7 + 6,7) + M_4' \cdot 6,7 - N_4. \end{aligned}$$

Mit  $M_1 = M_1'$  und  $M_4 = M_4'$  ist

$$\begin{aligned} \Delta_{w1} &= 33,5 M_1 + 6,7 M_2 - N_1 \\ \Delta_{w2} &= 6,7 M_1 + 17,96 M_2 + 2,28 M_3 - N_2 \\ \Delta_{w3} &= 2,28 M_2 + 17,96 M_3 + 6,7 M_4 - N_3 \\ \Delta_{w4} &= 6,7 M_3 + 33,5 M_4 - N_4. \end{aligned}$$

<sup>1)</sup> W. L. Andree, Das B.-U.-Verfahren. München und Berlin 1919. R. Oldenbourg.

Nun bestehen folgende drei Elastizitätsbedingungen:

Es muß sein (ohne Berücksichtigung der Formänderungsarbeit der Normal- und Querkkräfte):

1. die Längenänderung der Strecke  $2-2' = 0$
2. " " " "  $3-3' = 0$
3. " " " "  $1-1' = 0$ .

Nun ist

$$\begin{aligned} (1) \quad \Delta 2-2' &= (\Delta_{w3} + \Delta_{w4} + \Delta_{w3}' + \Delta_{w4}') \cdot h = 0 \\ (1a) \quad \begin{cases} \Delta_{w3} + \Delta_{w4} = 2,28 M_2 + 24,66 M_3 + 40,2 M_4 \\ - N_3 - N_4 = 0 \end{cases} \\ (2) \quad \Delta 3-3' &= (\Delta_{w2} + \Delta_{w1} + \Delta_{w2}' + \Delta_{w1}') \cdot h = 0 \\ (2a) \quad \begin{cases} \Delta_{w1} + \Delta_{w2} = 40,2 M_1 + 24,66 M_2 + 2,28 M_3 \\ - N_1 - N_2 = 0 \end{cases} \\ (3) \quad \Delta 1-1' &= (\Delta_{w2} + \Delta_{w3}) \cdot l = 0 \\ (3a) \quad \begin{cases} \Delta_{w2} + \Delta_{w3} = 6,7 M_1 + 20,24 M_2 + 20,24 M_3 \\ + 6,7 M_4 - N_2 - N_3 = 0. \end{cases} \end{aligned}$$

Da das System dreifach statisch unbestimmt ist, stehen nur drei Elastizitätsgleichungen zur Verfügung. Da zur Bestimmung der Momente aber vier Gleichungen erforderlich sind, muß die vierte aus den Gleichgewichtsbedingungen aufgestellt werden.

$$(4) \quad V_2 = V_{02} + \frac{M_1 - M_2}{6,7} = V_3 = V_{03} + \frac{M_4 - M_3}{6,7}$$

$$(4a) \quad M_1 - M_2 + M_3 - M_4 = 6,7 (V_{03} - V_{02}) = Z.$$

Setzt man, was für derartige Rahmengebilde zulässig ist,

$$V_{03} - V_{02} = 0, \text{ so ist}$$

$$(4b) \quad M_1 - M_2 + M_3 - M_4 = 0.$$

Will man mehrere Lastfälle untersuchen, so löst man die Gleichungen zweckmäßig nach den  $N$ -Werten auf und erhält Gleichungen von der Form

$$M_n = \beta_{1n} \cdot N_1 + \beta_{2n} \cdot N_2 + \beta_{3n} \cdot N_3 + \beta_{4n} \cdot N_4.$$

Im vorliegenden Fall erhält man

$$\begin{aligned} (5) \quad \begin{cases} M_1 = +0,0240 N_1 + 0,0027 N_2 - 0,0133 N_3 \\ + 0,0080 N_4 \end{cases} \\ (6) \quad \begin{cases} M_2 = +0,0027 N_1 + 0,0345 N_2 + 0,0185 N_3 \\ - 0,0133 N_4 \end{cases} \\ (7) \quad \begin{cases} M_3 = -0,0133 N_1 + 0,0185 N_2 + 0,0345 N_3 \\ + 0,0027 N_4 \end{cases} \\ (8) \quad \begin{cases} M_4 = +0,0080 N_1 - 0,0133 N_2 + 0,0027 N_3 \\ + 0,0240 N_4. \end{cases} \end{aligned}$$

Eine gute Rechnungskontrolle ergibt sich aus der Beziehung

$$\beta_{ik} = \beta_{ki}.$$

b) Antisymmetrische Lasten.

Es muß sein

$$M_1 = -M_1'$$

$$M_2 = -M_2' \text{ usw.}$$

Ferner ist

$$\begin{aligned} \Delta_{w1} &= -M_1 \cdot 6,7 + 2 M_1 \cdot 2 \cdot 6,7 + M_2 \cdot 6,7 - N_1 \\ &= 20,1 M_1 + 6,7 M_2 - N_1 \\ \Delta_{w2} &= 6,7 M_1 + 17,96 M_2 + 2,28 M_3 - N_2 \text{ (wie vor)} \\ \Delta_{w3} &= 2,28 M_2 + 17,96 M_3 + 6,7 M_4 - N_3 \text{ (wie vor)} \\ \Delta_{w4} &= M_3 \cdot 6,7 + 2 M_4 \cdot 2 \cdot 6,7 - M_4 \cdot 6,7 - N_4 \\ &= 6,7 M_3 + 20,1 M_4 - N_4. \end{aligned}$$

Da das System für antisymmetrische Lasten zweifach statisch unbestimmt ist, können nur zwei Elastizitätsgleichungen aufgestellt werden.

$$\begin{aligned} (1) \quad \Delta 1-4 &= (\Delta_{w2} + \Delta_{w3}) \cdot l = 0 \\ (1a) \quad \begin{cases} 6,7 M_1 + 20,24 M_2 + 20,24 M_3 + 6,7 M_4 \\ - N_2 - N_3 = 0 \end{cases} \\ (2) \quad \Delta 1'-4' &= (\Delta_{w2} + \Delta_{w3}) \cdot 2l + (\Delta_{w1} + \Delta_{w4}) \cdot l = 0 \end{aligned}$$

Da nach Gl. 1

(2a)  $\Delta_{w2} + \Delta_{w3} = 0,$

folgt

(2b)  $\begin{cases} \Delta_{w1} + \Delta_{w4} = 20,1 M_1 + 6,7 M_2 + 6,7 M_3 \\ + 20,1 M_4 - N_1 - N_4 = 0. \end{cases}$

Aus den Gleichgewichtsbedingungen erhält man

(3)  $V_2 = V_{02} + \frac{M_1 - M_2}{6,7} = V_3 + V_{03} + \frac{M_4 - M_3}{6,7}$

(3a)  $M_1 - M_2 + M_3 - M_4 = 0$  (wie vor).

Ferner muß sein

(4)  $H_2 = H_{02} + \frac{M_3 - M_2}{5,4} = H_2' - H_{02}' + \frac{M_3' \cdot M_2'}{5,4}$

oder, da  $H_{03} = H_{03}' = 0$  (bei lotrechten Lasten)

(4a)  $M_3 - M_2 - M_3' + M_2' = 0$

oder, da  $M_3 = -M_3'$

(4b)  $2 M_3 - 2 M_2 = 0$

(4c)  $M_2 = M_3.$

Gl. 4c in Gl. 3a eingesetzt, ergibt

(5)  $M_1 - M_2 + M_2 - M_4 = 0$

(5a)  $M_1 = M_4.$

Setzt man Gl. 4c und 5a in Gl. 1a und 2b ein, so erhält man

(6)  $13,4 M_1 + 40,48 M_2 - N_2 - N_3 = 0$

(7)  $40,2 M_1 + 13,4 M_2 - N_1 - N_4 = 0.$

Die Auflösung ergibt

(8)  $M_1 = M_4 = 0,0280 (N_1 + N_4) - 0,0093 (N_2 + N_3)$

(9)  $M_2 = M_3 = -0,0093 (N_1 + N_4) + 0,0278 (N_2 + N_3).$

Die Anwendung des Verfahrens möge an einem Zahlenbeispiel gezeigt werden.

Die linke Öffnung wird mit einer Verkehrslast von 1,1 t/m belastet (Abb. 3).

Der Fall enthält zwei Unterfälle.

1. Unterfall:

Beide Endöffnungen mit  $\frac{p}{2} = 0,55$  t/m belastet (Abb. 4).

Zunächst sind die Bodenreaktionen zu bestimmen, und zwar soll nach unseren Annahmen sein:

(1)  $V_{02} = \frac{l}{24} (5 p_1 + p_2) = V_{03} = \frac{0,55 l}{2}$

(2)  $V_{01} = \frac{l}{24} (p_1 + 5 p_2 + 6 p_2) = V_{04} = \frac{0,55 l}{2}$

(1a)  $5 p_1 + p_2 = 6,6$

(2a)  $p_1 + 11 p_2 = 6,6.$

Hieraus

(3)  $p_1 = 1,22$  t/m

(4)  $p_2 = 0,49$  "

(5)  $N_1 = - (90 \cdot 0,49 + 53 \cdot 0,49 + 37 \cdot 1,22) \frac{6,7^3}{960} = - 36$

(6)  $N_2 = - (53 \cdot 1,22 + 37 \cdot 0,49) \cdot \frac{6,7^3}{960} = 25,9$

(7)  $N_3 = N_4 = - \frac{0,55 \cdot 6,7^3}{4} = - 41,3$

(8)  $M_1 = - 0,72$  tm (10)  $M_3 = - 1,53$  tm

(9)  $M_2 = - 1,20$  " (11)  $M_4 = - 1,05$  "

2. Unterfall: Linke Öffnung mit  $\frac{p}{2} = 0,55$  t/m, rechte Öffnung

mit  $\frac{p}{2} = - 0,55$  t/m belastet (Abb. 5).

Bodenreaktionen

(12)  $V_{02} = \frac{l}{24} (5 p_1 + p_2) = V_{03} = \frac{0,55 l}{2}$

(13)  $V_{01} = \frac{l}{24} (p_1 + 5 p_2 + 5 p_2 - p_2) = V_{04} = \frac{0,55 l}{2}$

(12a)  $5 p_1 + p_2 = 6,6$

(13a)  $p_1 + 9 p_2 = 6,6$

(14)  $p_1 = 1,20$  t/m

(15)  $p_2 = 0,60$  "

(16)  $\begin{cases} N_1 = (- 37 \cdot 0,6 + 53 \cdot 0,6 + 53 \cdot 0,6 + 37 \cdot 1,2) \cdot \frac{6,7^3}{960} \\ = - 26,9 \end{cases}$

(17)  $N_2 = (37 \cdot 0,6 + 53 \cdot 1,2) \frac{6,7^3}{960} = - 26,9$

(18)  $N_3 = N_4 = - \frac{0,55 \cdot 6,7^3}{4} = - 41,3$

(19)  $\begin{cases} M_1 = M_4 = (- 0,0280 + 0,0093) (26,9 + 41,3) \\ = - 1,27$  tm

(20)  $\begin{cases} M_2 = M_3 = (+ 0,0093 - 0,0278) (26,9 + 41,3) \\ = - 1,26$  tm.

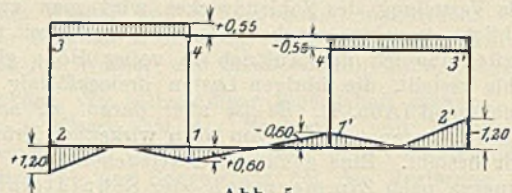


Abb. 5.

Kombiniert man beide Unterfälle miteinander, so ergibt sich

$M_1 = - 0,72 - 1,27 = - 1,99$  tm

$M_2 = - 1,20 - 1,26 = - 2,46$  "

$M_3 = - 1,53 - 1,26 = - 2,79$  "

$M_4 = - 1,05 - 1,27 = - 2,32$  "

$M_1' = - 1,05 + 1,27 = + 0,22$  "

$M_3' = - 1,53 + 1,26 = - 0,27$  "

$M_2' = - 1,20 + 1,26 = + 0,06$  "

$M_1' = - 0,72 + 1,27 = + 0,55$  "

(Abb. 3 u. 6).

**Beispiel 2.**

Symmetrischer Rahmen mit zwei Mittelstützen und sprengwerkförmiger Ausbildung des Mittelfeldes (Abb. 7).

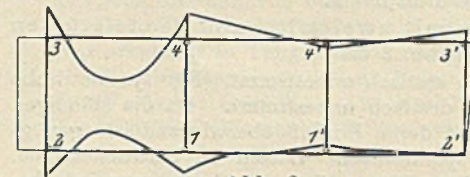


Abb. 6.

Das System ist gewählt worden, um trotz großer Überschüttung das Gewicht der Mitteldecke gering halten zu können und keine zu hohen Außenwände zu erhalten.

Es soll gezeigt werden, wie man bei einem derartigen Querschnitt die Gleichgewichtsbedingungen anzusetzen hat. Der Kürze halber soll hier nur symmetrische Belastung angenommen werden, jedoch würden sich auch bei antisymmetrischer Lastanordnung keine größeren Schwierigkeiten ergeben.

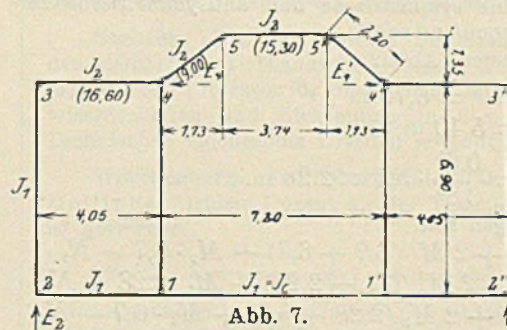


Abb. 7.

Da dieses System bei symmetrischer Belastung dreifach statisch unbestimmt ist, ergeben sich ähnlich wie im ersten Beispiel folgende drei Elastizitätsgleichungen.

(1)  $\Delta 2 - 2' = 0 = 2 (\Delta_{w3} + \Delta_{w4}) \cdot 6,9 + 2 \cdot \Delta_{w5} \cdot 825$

(1a)  $\begin{cases} \Delta_{w3} + \Delta_{w4} + 1,195 \Delta_{w5} = 6,90 M_2 + 63,6 M_3 \\ + 78,55 M_4 + 85,4 M_5 - N_3 - N_4 - 1,195 N_5 = 0 \end{cases}$



Freie Fahrt. Auf dem Michigan Boulevard in Chicago bediente ein Verkehrsturm (s. Abb. 3) 8 weitere Signale an den anschließenden Straßenkreuzungen in der Weise, daß alle Signale zu gleicher Zeit dieselben Farben anzeigten. Dann folgte wieder ein Turm, von dem aus eine weitere Reihe von Signalen bedient werden. Abb. 4 zeigt einen Verkehrsturm auf einer Ausfallstraße von New York nach der Meeresküste. Hier macht der zeitweise sehr starke Ausflugverkehr eine Fahrregelung notwendig.

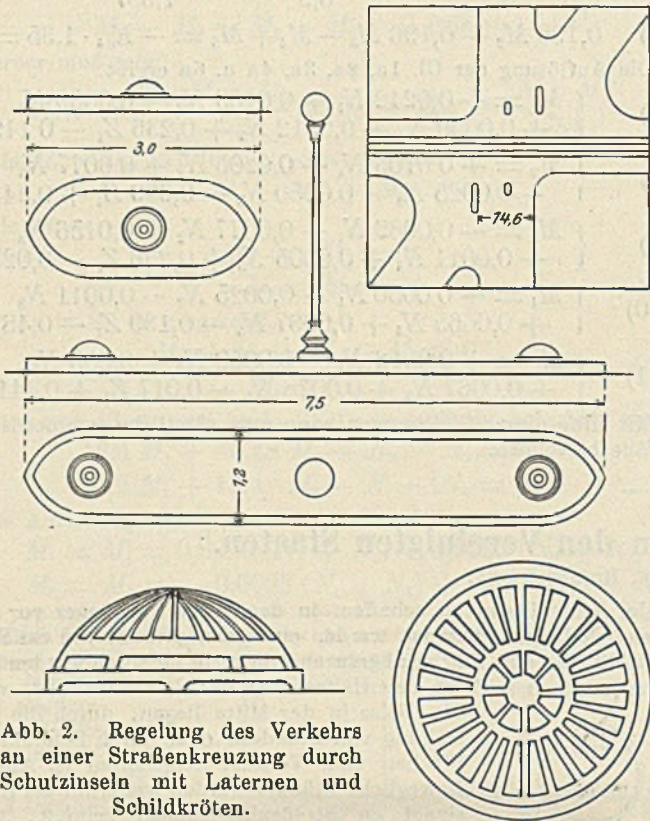


Abb. 2. Regelung des Verkehrs an einer Straßenkreuzung durch Schutzinseln mit Laternen und Schildkröten.

In den Außenbezirken der Städte stehen diese Signalpfosten nicht in der Straßenmitte, sondern an den Straßenecken, und zwar stets zwei an gegenüberliegenden Ecken. Diese werden selbsttätig bedient. Das in der einen Richtung auf beiden Türmen erscheinende grüne Licht gibt die eine Straße frei, während zu derselben Zeit das in der anderen Richtung erscheinende rote Licht diese Richtung sperrt. Die selbsttätige Schaltung ist so eingerichtet, daß je nach der Bedeutung der einzelnen Straßen die Durchfahrzeiten verschieden groß bemessen werden können. Es ist klar, daß eine willkürliche Regelung der Fahrzeiten nach den beiden Richtungen den Verkehr sehr aufhalten muß. Deshalb können die Automaten auf verschiedene Zeiten eingestellt werden. Es konnte verschiedentlich beobachtet werden, daß selbst zu Zeiten sehr geringen Verkehrs bei fast wagenleeren Straßen die Signale von den Kraftwagen sorgsam beachtet und niemals überfahren wurden.

Bei beschränktem Raum und bei schmalen Bürgersteigen werden die Signale im Straßenschnittpunkte an Drähten aufgehängt und von



Abb. 3. Verkehrsturm in Chicago.



Abb. 4. Verkehrsturm in New York.

Schutzleuten, die an der Seite auf dem Bürgersteig stehen, betätigt. Solche Regelungen an Straßenschnittpunkten findet man selbst in Städten von 30000 bis 40000 Einwohnern, weil auch dort der Verkehr der Kraftwagen einen erstaunlichen Umfang angenommen hat.

In Boston war eine besonders verwickelte Anlage am Schnittpunkte der Boylston- und Tremont-Str. vorgesehen. Hier mußte, weil die eine Straßenecke ein Park ist, auch die Möglichkeit des Einbiegens nach links gegeben werden. Deshalb zeigte die in der Straßenmitte aufgestellte Signalanlage, die von einem Polizeibeamten vom Bürgersteig aus von einem erhöhten Platze bedient wurde, fünf verschiedene Signale, neben den roten und grünen Signalen in jeder Straßensache an dritter Stelle einen Zeiger, der das Einbiegen gestattete, an vierter Stelle Signale, die alle Fahrwege sperrten, weil dann an fünfter Stelle ein Schild erschien: „passenger cross“, Übergang für Fußgänger.

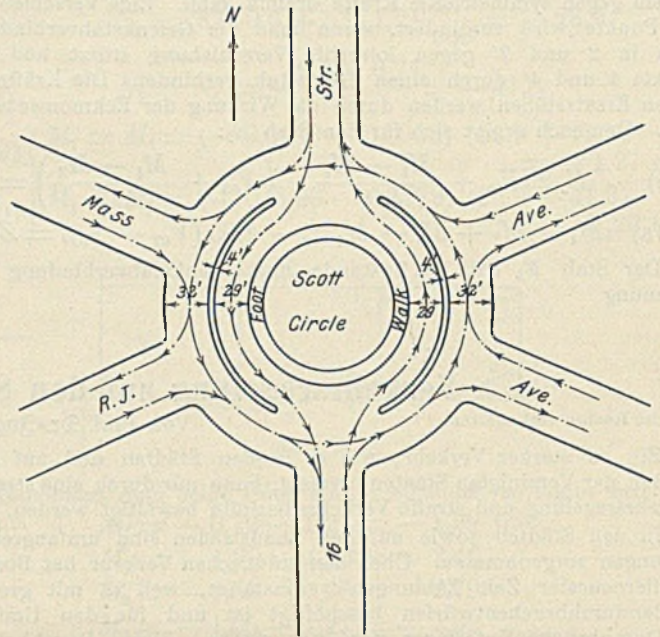


Abb. 5. Verkehrsregelung auf dem Scott Circle, Washington.

Als Vorsignal, wenn die Richtungen gewechselt werden, hat man in einzelnen Städten gelbe Lichter zwischengeschaltet, oder man hat zwei Reihen kleiner Lampen zwischen Rot und Grün eingebaut, die beim Wechsel nacheinander aufblitzen und auf den Wechsel vorbereiten (Reading), oder es ertönt ein Klingelzeichen.

Wo ein sehr starker Verkehr herrscht, der eine fortlaufende Beobachtung erfordert, überläßt man die Regelung Polizeibeamten, die in Straßenmitte stehen und Signale drehen, auf denen stop — Halt oder Go — Fahrt steht oder durch Pfeifensignale die Richtungen freigeben. So bedeutet in Chicago im Loop ein einmaliger Pfiff die Freigabe der N—S-Richtung, ein zweimaliger Pfiff die O—W-Richtung.

Außerdem werden noch durch verschiedene Zeichen die Wagen und Fußgänger zur Vorsicht gemahnt. In der Nähe von Schulen sind stets besondere Zeichen, die zum langsamen Fahren auffordern mit dem Hinweise, daß eine Schule in der Nähe ist. Die Fußgänger werden zur Vorsicht gemahnt, indem Schilder angebracht sind — one was killed here —, auf denen wie Marterl das Publikum aufmerksam gemacht wird, daß die Strecke gefährlich ist und bereits schon Opfer gefordert hat. Die Straßenübergänge sind für die Fußgänger mit weißen Strichen bezeichnet. Außerdem wird der Fahrdamm mit besonderem Hinweise bemalt, z. B. auch in der Nähe von Schulbezirken.

In New York ertönen um 3 Uhr p. m. alle Dampfpeifen, um den Verkehr auf den Schulschluß aufmerksam zu machen und zu größter Vorsicht zum Schutze der Schulkinder zu ermahnen. Die Enden von Sackgassen werden mit roten Signalen versehen, die mit Unterbrechung wie Leuchtfeuer aufleuchten.

Die schachbrettartige Anlage der Straßen erleichtert in vieler Hinsicht die systematische Verkehrsregelung. Aber Schwierigkeiten stellen sich sofort ein, wo die Straßenanlage eine andere ist, z. B. in Washington, wo eine Anzahl strahlenförmig verlaufender Avenuen durchkreuzt werden von einem Schachbrettssystem, wodurch wenig übersichtliche Sternplätze geschaffen werden (Abb. 2). Hier bleibt unter Umständen nichts anderes übrig, als die Karussellfahrt einzuhalten, die sich aber keineswegs reibungslos abwickelt. So dauerte z. B. die Umfah-

zung des Platzes, auf dem das Rathaus von Philadelphia steht, im  $\frac{3}{4}$ -Kreisbogen 8 Minuten.

Eine eigenartige Lösung hat man auf dem Scott Circle in Washington angewendet, die durch Abb. 5 erläutert ist, indem man dieselbe Verkehrsrichtung noch durch halbkreisförmige Schutzinseln getrennt hat, sowohl zur Regelung des Wagenverkehrs wie zum Schutze der Fußgänger. Durch Unterteilung des sehr breiten Fahrdammes wird sein Überschreiten erleichtert. Die Schachbrettanlage ermöglicht vor allem dort, wo die vorhandenen Straßenbreiten nicht ausreichen, Einbahnstraßen einzuführen. So sind in New York etwa bis zum Zentralpark alle in O—W-Richtung verlaufenden Straßen crosstown — Einbahnstraßen —, die Straßen der geraden Nummern sind dem Verkehr von O—W, die der ungeraden von W—O freigegeben, die in N—S-Richtung verlaufenden Avenuen sind breit genug, um den Verkehr in zwei Richtungen aufzunehmen. Auch in Philadelphia ist dieselbe Regelung im Stadtzentrum getroffen, weil dort mit Ausnahme der beiden sich am Rathaus rechtwinklig schneidenden Straßen Broadstreet (N—S) Marketstreet (O—W) alle zu diesen Straßen parallelen Straßen zu schmal sind. Bei meinem Besuch 1912 durften diese Straßen noch in zwei Richtungen befahren werden.

Eine schwere Aufgabe erwächst dem Verkehrsfachmann in der Unterbringung der Wagen, im Parken. Die Garagen sind nicht in dem Maße gebräuchlich wie bei uns. Zwar findet man in den Außenstädten selbst in Gebieten, wo die weniger Bemittelten wohnen, hinter den Häusern Garagen. Aber im allgemeinen herrscht doch der Gebrauch vor, den Wagen auf der Straße stehenzulassen. Die Gefahr des Stehlens ist heute nicht mehr so groß. Eine genaue Regelung der Fahrtausweise erschwert die Benutzung gestohlener Wagen, und die Ankäufer gebrauchter Wagen sind außerordentlich vorsichtig. Wagen werden widerrechtlich eigentlich nur noch zu kurzen Vergnügungsfahrten, z. B. von Liebespärchen benutzt und dann irgendwo stehengelassen. So meldet z. B. der Bericht der Parkverwaltung Philadelphia, daß in einem Jahre neun herrenlose Kraftwagen gefunden worden sind.

Das Parken auf den Wohnstraßen mit ihrer niedrigen Bebauung (Einfamilienhäuser) ist bei der genügenden Breite des Fahrdammes und dem geringen Verkehr unbedenklich. Schwieriger gestaltet sich die Unterbringung der Wagen in der Geschäftstadt für diejenigen, die dort ihren Wagen während der Arbeitszeit unterstellen wollen. Höfe gibt es nicht. Man kann nur Bauplätze und freie Plätze und Straßen dazu benutzen. Hier wird aber auch jedes Plätzchen unter polizeilicher Regelung ausgenutzt. Ich habe mehrmals erlebt, daß wir lange Zeit auch in kleineren Städten wie Atlanta umherfahren mußten, bis wir einen Platz gefunden hatten, um unseren Wagen unterzustellen, manchmal noch kilometerweit von unserem Bestimmungsort (Gasthof oder Bureau) entfernt. Anschauliche Bilder von dem Umfang des Parkens mögen die folgenden Bilder geben. Abb. 6, das übliche Straßenbild in Detroit. Abb. 7, Pittsburg, das gesamte Ufer zwischen Wasser Monongahelafluß und Uferstraße ist mit Wagen dicht besetzt.

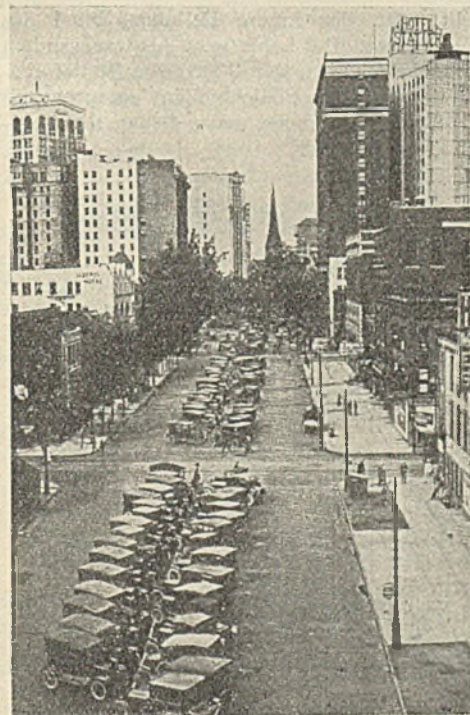


Abb. 6. Aufstellung von Kraftwagen in der Straße (Detroit).

Abb. 8, ein Seebadeort bei New York, Wagen der Strandbesucher.

Die Schwierigkeit der Unterbringung der Wagen im Stadttinnern hat wenigstens das eine Gute zur Folge, daß viele auf die Benutzung ihres Wagens im Arbeitsverkehr verzichten und zwischen Wohnung und Geschäft die öffentlichen Verkehrsmittel benutzen. Sonst würden diese noch mehr an Verkehr verloren haben, wie z. B. in New York auf den Hochbahnen und Straßenbahnen und in Boston auf sämtlichen Verkehrsmitteln sehr zum Schaden ihrer Ertragfähigkeit festgestellt worden ist. Die Lösung wird hier nur im Großgaragenbau gesehen, in der Weise, daß sich in die Wolkenkratzer mehrstöckige Garagen-

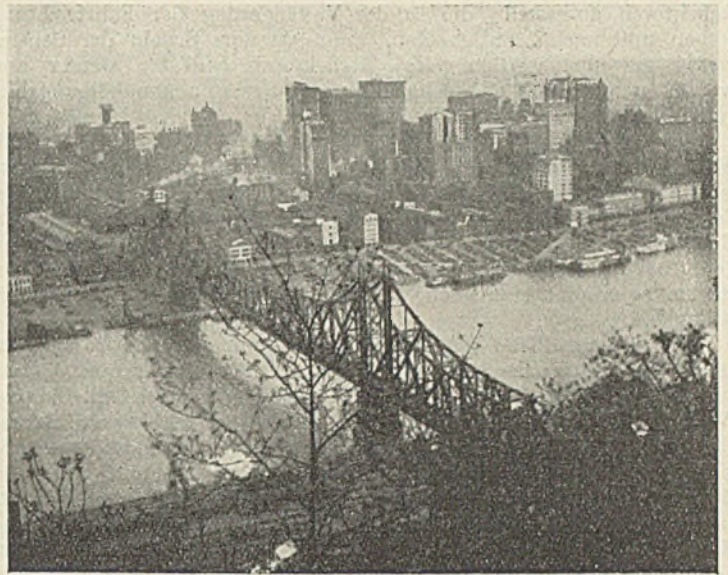


Abb. 7. Aufstellung von Wagen am Flußerfer (Pittsburg).

häuser einschalten. Wie sich aber vor ihnen der Verkehr abwickeln soll, wenn plötzlich bei Geschäftschluß Hunderte von Wagen auslaufen und sich in den übrigen Verkehr mischen, ist eine wohl nicht lösbare Aufgabe. Angesichts solcher Verhältnisse kann man es verstehen, wenn amerikanische Ingenieure, die noch richtiger Überlegung fähig sind, mir den dringenden Rat mitgaben, die Entwicklung des Kraftwagens nicht über das vernünftige Ziel hinausschießen zu lassen. Nach Untersuchungen in Los Angeles ist der vom Automobilverkehr für die beförderte Person beanspruchte Straßenraum  $18\frac{1}{2}$  mal größer als der von den Straßenbahnwagen eingenommene. Ähnliche Berechnungen in Deutschland hat Prof. Dr. Giese angestellt. Bei der in Deutschland gedrängten Wohnweise wird ein Stehenlassen der Wagen auf den Wohnstraßen im allgemeinen nicht möglich sein. Unsere Wohnstraßen reichen dafür nicht aus. Ebenso sind unsere Verkehrsstraßen heute schon überlastet. Die Garage wird also notwendiger Zubehör für den Kraftwagen sein. Hier sind also schon der übermäßigen Entwicklung des Kraftwagens in Deutschland Grenzen gesetzt. Immerhin wird man die Belange der Allgemeinheit gegenüber denen der Kraftwagenindustrie und -benutzer nachdrücklich wahrnehmen müssen.

Wenn auch die gleichmäßige Anlage der Straßenpläne eine systematische Ordnung des Verkehrs und eine gleichmäßige Anwendung derselben Grundsätze der Verkehrsregelung im ganzen Lande ermöglicht, so finden sich doch auch überall Stellen, an denen abweichend verfahren werden muß. Hier hat man der Erfindungsgabe viel Spielraum gelassen. Wie immer in Amerika tritt man unbefangen an die Lösungen heran und schreckt auch vor eigenartigen Maßnahmen nicht zurück. Im übrigen betrachtet man die Verkehrsregelungen keineswegs als gelöst, sondern behandelt z. B. die zweckmäßigste Regelung auf den großen Durchgangstraßen eingehend theoretisch und untersucht die verschiedenen Wege, um das Fassungsvermögen der Straßen und die Reisegeschwindigkeit zu erhöhen.

Auf den Landstraßen wird eine sehr gute Bezeichnung überall angewendet. Jede Kurve, und besonders Gegenkurven, werden rechtzeitig vorher durch Schilder angezeigt. — In Pennsylvania hat man



Abb. 8. Aufstellung von Wagen in einem Seebade (Long Beach (N. Y.)).

Reflektoren aufgestellt, die in der Verlängerung der Fahrtrichtung stehen und nachts aufleuchten, wenn sie vom Schein der Scheinwerfer getroffen werden. Rote Reflektoren bedeuten Gefahr und weisen entweder auf eine scharfe Kurve oder Eisenbahnübergang hin, gelbe bedeuten Vorsicht, z. B. bei Kurven.

Vor allem werden die Eisenbahnübergänge kenntlich gemacht, weil sich dort die meisten Unfälle ereignen, z. B. auch durch Blinkfeuer kurz vor der Gleiskreuzung. Außer den auch bei uns üblichen Zeichen erhält die Fahrbahn in ausreichender Entfernung vor dem Übergang weiße Striche mit besonderer Form. Da die Fahrbahnen der großen Durchgangstraßen meistens aus Beton oder Asphalt bestehen, so nimmt eine solche Fahrbahn die Farbe gut an und hält sie auch.

Da die eigentliche befestigte Fahrbahn nur 5,4 bis 6 m breit ist, an die sich beiderseits Streifen von 1,5 bis 1,8 m anschließen, die nur mit Kies oder Schotter befestigt sind, sogenannte Schultern, die von Wagen beim Halten oder beim Überholen benutzt werden, so besteht die Gefahr, daß einander begegnende Wagen sich berühren, wenn sie nicht außerhalb der Mitte bleiben. Aus diesem Grunde wird die Mittellinie aller Straßen mit einem dicken weißen Strich bei Asphalt- und einem dicken schwarzen Strich bei Betondecken bezeichnet. Diese Mittellinie hat besonderen Wert bei Kurven, wo die Übersicht fehlt. Zusammenstöße werden vermieden, wenn jeder Wagen sich rechts von der Linie hält. Auch beim Überschreiten von Buckeln, auf denen zwei entgegenkommende Wagen sich auch erst im letzten Augenblick sehen können, wenn sie auf der Höhe angekommen sind, hat diese Linie erhebliche Bedeutung.

Um bei Nacht die Straßen kenntlich zu machen, sind alle Telegraphenpfosten auf die unteren 1,5 m weiß angestrichen.

Vorbildlich ist die Wegebezeichnung auf den Straßen. Die Durchgangs- und Anschlußrouten sind mit Nummern bezeichnet. Diese Nummern sind aus den von den Staaten herausgegebenen Karten und Automobilkarten, die von verschiedenen Verlegern herausgegeben sind, zu entnehmen und finden sich an allen Wegekreuzungen oder sonst an gut sichtbarer Stelle, z. B. Lichtmasten, Telegraphenstangen, angezeichnet, so daß ein Verirren unmöglich ist. Große Durchgangstraßen, wie Lincoln Highway und andere, werden durch alle Staaten gleichmäßig bezeichnet. Besonders bemerkenswert ist ferner, daß auf großen Durchgangstraßen in Abständen Telephonanlagen bestehen, von denen aus man bei Unfällen Hilfe herbeirufen kann. Bisweilen sind diese Telephonstellen sogar mit Posten besetzt. Bei Fahrten über Land ist man erstaunt über die große Zahl von Tankstellen, die vielfach nur in 2 bis 3 km Abstand aufeinander folgen.

Zur Verkehrsregelung wird man auch die Schneebeseitigung rechnen müssen. Sie geschieht nach Angaben der nationalen Automobilhandelskammer in den nördlichen Staaten, wie Pennsylvania, New York, Massachusetts, Ohio, Indiana, Michigan, sowie in den

Zentralstaaten auch auf den Landstraßen ordnungsgemäß und regelmäßig. Es werden dazu Schneepflüge, die mit sich drehenden Flügeln den Schnee an die Seite werfen, benutzt. Die Flügel werden für sich angetrieben, und der Schneepflug wird durch einen Lastwagen vordrückt. Die Arbeit wird Tag und Nacht ausgeführt, um die Hauptwege fahrbar zu erhalten. Da auf solchen Straßen der Verkehr ohne Schneeketten sich bewegen kann, ist keine Gefahr, daß die Straßendecke im Winter über Gebühr mitgenommen wird.

Zur Verkehrsregelung gehört auch eine lesbare Bezeichnung der Wagen. Während nach meinen Erfahrungen die deutschen Zeichen wenig oder gar nicht lesbar sind, sind bei den amerikanischen alle Mittel der Technik angewandt. Wenn man bedenkt, daß 1923 363 000 Kraftwagen allein in der Stadt New York angemeldet gewesen sind, ermißt man, daß ihre lesbare Bezeichnung keine Kleinigkeit gewesen ist. Man hat es erreicht, indem man die Schilder wesentlich länger macht. Die Zahlen gehen bis zu fünf Stellen, dazu kommen dann Buchstaben. In New York ist der Untergrund gelb, die Zahlen und Buchstaben schwarz, sie sind aus dem Blech herausgetrieben. Bei der Gestaltung der Zahlen hat man sich an die Formen gehalten, die in mathematischen Tabellen zur Erhöhung der Lesbarkeit angewendet werden, d. h. die Ziffern haben mehr charakteristische Form erhalten. Die Folge ist, daß das ganze Zahlenbild viel plastischer hervortritt und die Lesbarkeit erhöht ist. Es empfiehlt sich Nachahmung.

Die Benutzung der Straßen ist, was Geschwindigkeit und Belastung der Achsen anbelangt, durch besondere Polizeiverordnungen geregelt. Erwähnt sei, daß die Verordnungen in kleinen, handlichen Auszügen gedruckt und jedem Motorfahrer in die Hand gegeben werden. Sie enthalten in knapper Darstellung alle Vorschriften. Unsere Polizeiverwaltungen sollten dieses Beispiel nachahmen, denn bei uns sind solche Polizeiverordnungen manchmal dem gewöhnlichen Sterblichen überhaupt nicht mehr auffindbar. Für solches Hand-in-handgehen hat der Amerikaner den Ausdruck Cooperation. Die Polizeiverwaltung hilft dem Kraftwagenbenutzer nach Kräften, daß er sich an die Vorschriften halten kann. Der Wagenbenutzer vergilt diese Unterstützung durch freiwillige strenge Beachtung der Vorschriften.

Man hat nicht den Eindruck wie in Deutschland, daß der Kraftwagenführer sich durch die überaus einschneidenden Vorschriften der Polizeiverwaltungen irgendwie schikaniert fühlt. Vielmehr sieht er die Notwendigkeit der Anordnungen zu seiner eigenen Sicherheit ein und befolgt sie gewissenhaft. Beide Parteien begegnen sich mit dem größten Verständnis, und daraus ergibt sich dann eine Verkehrsabwicklung, die Erstaunliches leistet, weil sie einmal technisch gut durchdacht ist, zweitens von dem guten Willen des Verkehrspublikums gefördert wird. Man sieht auch hier wieder, daß der Buchstabe nur durch den guten Willen der Menschen lebendig werden kann.

Alle Rechte vorbehalten.

## Standsicherheitsuntersuchung von Kaimauern in weichem Lehm Boden.

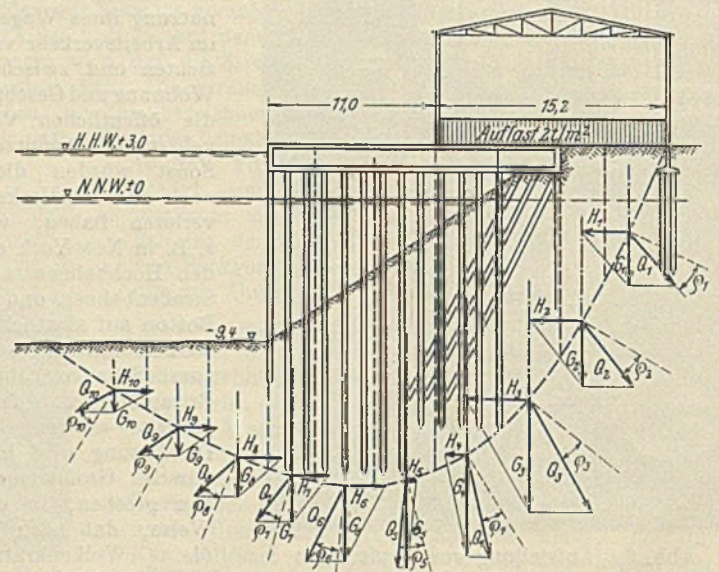
Bei den Hafenbauten Schanghais wurde die Erfahrung gemacht, daß keine der üblichen Erddruckberechnungen, die alle ebene Gleitflächen voraussetzen, brauchbare Ergebnisse lieferten. Der Untergrund besteht dort, wie im ganzen weiten Mündungsgebiete des Jangtse-Kiang, aus weichem, nur selten von dünnen Sandschichten durchsetztem Lehm. Auf Grund von Versuchen ist zwar von verschiedenen Forschern wiederholt hervorgehoben worden, daß die Rutschflächen der Erde hinter Stützmauern tatsächlich nicht eben, sondern nach oben zu konkav gekrümmt sind.<sup>1)</sup> Die Krümmung war jedoch stets sehr flach gefunden worden, so daß man bei Aufstellung der verschiedenen Erddrucktheorien es stets als zulässig erachtet hat, näherungsweise ebene Gleitflächen zugrunde zu legen.

Verschiedene Einstürze von Kaianlagen im Hafen von Schanghai erwiesen, daß diese Näherungsannahme bei dem vorliegenden Untergrund nicht mehr zugänglich ist. Die Unfälle ergaben ein stets gleichartiges Bild der Rutschung. Landeinwärts, ziemlich weit von der Kaiante, bildet sich ein verhältnismäßig steiler Abbruch, etwa an der Stelle der früheren Kaiante ergeben Lotungen die größte Tiefe der neuen Bodenoberfläche, und mehrere Meter weiter flußwärts zeigt sich ein Wall, dessen Scheitel erheblich über der ursprünglichen Flußsohle liegt. Auf Grund dieses Bildes muß auf eine stark gekrümmte Rutschfläche geschlossen werden.

Die Fluß- und Hafenbauverwaltung Schanghais (Whangpoo Conservancy Board) hat daher eingehende Beobachtungen und Untersuchungen angestellt, die zu einer besonderen Berechnungsweise führten, deren Ergebnisse sich seither durchaus bewährt haben.<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Müller-Breslau, Erddruck auf Stützmauern, Berlin 1906.

<sup>2)</sup> Nach einem Vortrage von Karl Bryhn, Dipl. Eng. (Stockholm) in der Engineering Society of China.



Bodenpressung	Reibungswinkel
$p = 0 \text{ t/m}^2$	$\varrho = \text{rd. } 30^\circ$
$5 \text{ t/m}^2$	rd. $26^\circ$
$10 \text{ t/m}^2$	rd. $22\frac{1}{2}^\circ$
$15 \text{ t/m}^2$	rd. $20\frac{1}{2}^\circ$
$20 \text{ t/m}^2$	rd. $19\frac{1}{2}^\circ$

Der Vorgang bei der Standfestigkeitsuntersuchung des Bodens im Bereich einer Kaimauer ist nun folgender: In der Querschnittszeichnung der Anlage wird eine Rutschlinie in der erfahrungsgemäß wahrscheinlichen Form angenommen. Wie aus der Abbildung zu ersehen, wird der darüberliegende Boden in lotrechte Streifen zerlegt und das Gewicht der Streifen einschließlich der Auflast ermittelt.

wie von Coulomb bei Aufstellung seiner Erddrucktheorie für den ganzen Erdkeil zwischen Stützmauer und Gleitebene. Wie die Abbildung zeigt, ist ein Teil der wagerechten Komponenten flußwärts, ein Teil landwärts gerichtet. Nun kann Gleichgewicht nur bestehen, wenn die Summe der landwärts gerichteten Komponenten mindestens gleich der Summe der flußwärts gerichteten ist. Zur Sicherheit wird ein Überschuß von 20% gefordert. Die Untersuchung ist für mehrere Rutschlinien zu wiederholen, wobei die ungünstigste Linie maßgebend ist, die bei einiger Übung schnell gefunden werden kann.

Das Beispiel der Abbildung ergibt die nachstehende Ausrechnung, die für 1 m Tiefe durchgeführt ist.

Streifen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Gewicht $G$	35,2	42,6	73,8	67,3	56,5	49,4	29,9	24,1	17,6	13,2 t
Pressung $p$	9,8	14,2	18,5	16,8	14,2	12,4	7,5	6,0	4,4	3,3 t/m <sup>2</sup>
Reibungswinkel $\text{tg } \varrho$	0,41	0,38	0,35	0,36	0,38	0,39	0,44	0,46	0,50	0,55
Komponente $H$	-30,5	-32,5	-40,0	-13,5	+6,0	+26,0	+24,5	+29,0	+27,5	+26,0 t
	$\Sigma H = 116,5 \text{ t}$					$\Sigma H = 139,0 \text{ t}$				
Überschuß	$\frac{\Sigma H - \Sigma H}{\Sigma H} = \frac{139,0 - 116,5}{116,5} = 0,196 = 20\%$									

Diese Gewichte  $G_1, G_2$  usw. werden an der Rutschlinie je in eine Komponente  $Q$ , die mit der Senkrechten zur Tangente der Rutschlinie den bei der betreffenden Tiefe gültigen Reibungswinkel einschließt, und in eine wagerechte Komponente zerlegt. Es wird also für jeden Streifen besonders eine ähnliche Zerlegung vorgenommen,

Die Berechnungsweise führt in Übereinstimmung mit der Erfahrung zu tiefer Gründung und leichter Konstruktion, sowie geringer zulässiger Auflast in der Nähe der Kaimante.

Dr.-Ing. A. Berrer,  
Tungchi Techn. Hochschule Woosung, China.

Alle Rechte vorbehalten.

### Über die Sicherheit gegen Knicken.<sup>1)</sup>

Von Dr.-Ing. R. Mayer, Privatdozent der Technischen Hochschule Karlsruhe.

In seinem Aufsatz „Einige Bemerkungen über die Sicherheitszahl“ behandelt Dr. H. Zimmermann ausschließlich die Sicherheit gegen Knicken, ohne freilich seine Auffassung in dieser Frage scharf zu formulieren. Während es nach seiner Darstellung scheinen könnte, als ob sowohl die von mir empfohlene Berechnung eines Druckstabes für die  $n$ -fache Gebrauchslast als auch seine Ausbildung mit dem  $n$ -fachen Wert des Trägheitsmomentes, das seine Gebrauchslast zur Knickgrenze macht, ein zur Sicherung des Stabes gangbarer Weg sei, stellt Z. andererseits selbst fest, daß er gefunden habe, daß „bei Stabverbindungen das Rechnen mit gleichmäßig erhöhten Stabkräften vor anderen Sicherungsverfahren gewisse Vorzüge besitzt. Ganz klar wird seine Auffassung eigentlich nur daraus, daß er die meinte<sup>2)</sup> für einseitig anspricht, und ferner aus einem Vergleich seiner letzten Darstellung mit seinem früheren, im wesentlichen von den gleichen Gedanken getragenen und bisher m.W. von ihm nicht widerrufenen Aufsätze „Knickfestigkeit“<sup>3)</sup> und mit dem hieran sich anschließenden Meinungs-austausch mit R. Krohn<sup>4)</sup> und Oder<sup>5)</sup>. Z. ist für die  $n$ -fache Erhöhung jenes Trägheitsmomentes, das der ungünstigsten Gebrauchslast eines Druckstabes nach der Eulerformel als Knickgrenze entspricht, und er hält den so bemessenen Stab dann für „ $n$ -fach sicher.“<sup>6)</sup> Dieses Sicherungsverfahren würde einer Rückkehr zu den alten preußischen Bestimmungen gleichkommen.

Der Begriff der Sicherheit ist in der Bautechnik viel älter als etwa die Festigkeitslehre oder die theoretische Behandlung von Fachwerken und ähnlichen Gebilden; er bildete sich zunächst an reinen Gleichgewichtsproblemen (schiefe Ebene, Standsicherheit von Fundamenten), bei denen die Sicherheit des Gleichgewichts auf eine Beziehung zwischen zwei Kräften hinauslief. Mit dem an reinen Gleichgewichtsproblemen erlebten und erfahrenen Sicherheitsbegriff trat

man an den Aufbau der Festigkeitslehre und der Baustatik heran, und es war nur natürlich, daß man auch bei Beanspruchung von Baugliedern auf Zug, Druck, Biegung usw. die Grenzbelastung, die eine Gefahr einleitete, mit der Gebrauchsbelastung verglich und danach die Sicherheit beurteilte. Insofern bei diesen Beanspruchungsarten zwischen den Belastungen und den ihnen entsprechenden Spannungen in den in der Bautechnik üblichen Grenzen Proportionalität festgestellt werden konnte, stand nichts im Wege, hierbei die erforderliche Sicherheit dadurch zu erzielen, daß man die Spannungen unter der Gebrauchslast höchstens eine gewisse Grenze  $\sigma_{zul}$  erreichen ließ, die von der gefährlichen Spannung entsprechend weit entfernt war; dieses Verfahren war dem Kräftevergleich gleichwertig und machte den besonderen Sicherheitsnachweis ein für allemal entbehrlich. Als Gefahrgrenze sah man zunächst die Bruchfestigkeit der Baustoffe an. Hieraus ergab sich ein Mangel der Sicherheitsbemessung auf Grund der Spannung  $\sigma_{zul}$  insofern, als die Proportionalität zwischen Belastung und Beanspruchung nicht bis zur Bruchgrenze gilt; dieser Mangel wurde indessen dadurch etwa ausgeglichen, daß man die gewöhnlich aus Zugversuchen ermittelte Festigkeit unter Bezug auf den nicht eingeschnürten Querschnitt des Probestabes berechnete und so zu einem Wert  $\sigma_z$  an der Bruchgrenze gelangte, der kleiner ist als die bei Trennung der Stabfasern in diesen herrschende Spannung. Später beurteilte man die Gefahrgrenze nach tieferliegenden Punkten der Arbeitslinie (Elastizität-, Streckgrenze, Arbeitsfestigkeit), ohne aber den Sicherheitsbegriff in anderer Weise festzulegen.

Zur Bevorzugung des Kräftevergleichs bei der Beurteilung der Sicherheit drängt neben diesem entwicklungsgeschichtlichen Grunde auch ein erkenntnistheoretischer, der sich mit einem Gedanken in Z.s Aufsatz berührt, wenngleich er tiefer liegt. Bei der Schätzung einer Kraftwirkung steht uns ein unserer Körperlichkeit entlehntes Grundmaß zur Verfügung, nämlich unser Muskelgefühl, das wir ebenso zum Maßstab von Kräften wählen können, wie wir z. B. Längen nach „Spannen“, „Ellen“, „Fuß“ usw. und Zeitteile nach „Augenblicken“ bemessen. Für Trägheitsmomente fehlt uns ein entsprechendes, mit uns selbst verwachsenes Grundmaß, daher wir denn auch mit gutem Grunde zum Kraftbegriff in leidlich vertrautem Verhältnis stehen — *ἀνθρώπος πάντων μέτρον* —, während das Trägheitsmoment uns notwendig ein blosses Schemen ist und eine reine Rechnungsgröße, deren sinnliche Vorstellung meist unmöglich ist.

Der Versuch Z.s, die übliche Sicherheitsbemessung aus den Eigenheiten von Festigkeitsversuchen zu erklären, halte ich für wenig glücklich. Allerdings ändert man beim Knickversuch die Belastung des Versuchsstabes und nicht sein Trägheitsmoment, aber das Er-

<sup>1)</sup> Vergl. Dr. H. Zimmermann in der „Bautechnik“ 1925, Heft 18, S. 239.

<sup>2)</sup> „Die Knickfestigkeit“, Berlin 1920, § 48.

<sup>3)</sup> „Zentralbl. d. Bauverw.“ 1911, S. 194.

<sup>4)</sup> A. a. O. 1911, S. 222.

<sup>5)</sup> A. a. O. 1911, S. 187.

<sup>6)</sup> A. a. O. 1911, S. 197. Z. bezeichnet dort mit  $K = \frac{\pi^2 EJ}{l^2}$  die

Knickkraft, mit  $S$  die ungünstigste Achsenkraft des Druckstabes und mit  $n = K:S$  die Sicherheitszahl gegen Knicken; er setzt ferner  $n = n_1 \cdot n_2$ , wobei  $n_1$  Fehler in den Annahmen von  $E, J$  und  $l, n_2$  aber Fehler in den Annahmen von  $S$  ausgleichen soll. Hieraus geht hervor, daß auch nach Ansicht von Z. die Sicherheit sich in dem Verhältnis von Knicklast zur Gebrauchslast ausprägen soll, wobei seine Auffassung von der üblichen nur darin abweicht, daß  $K$  so berechnet werden soll, als gälte die Eulerformel unbegrenzt.

gebnis einer Reihe von Versuchen ist schließlich doch eine Beziehung zwischen den Formgrößen und der Knickbelastung, deren Aufstellung uns nachträglich den Schluß von der Knicklast auf die Formgrößen ebenso leicht macht wie den von den Formgrößen auf die Knicklast; der beim Versuch begangene Weg legt somit einer über die Sicherheit zu treffenden Festsetzung keinerlei Beschränkung auf. Übrigens ist ja auf diesem Gebiete die Theorie tatsächlich älter als der Versuch,<sup>7)</sup> und obendrein hat ja der Knickversuch an Druckstäben mit ihrer praktischen Verwendung gerade das gemein, daß (abgesehen z. B. von Brückenverstärkungen) auch beim ausgeführten Bauwerk nur noch Laständerungen zu erwarten sind, aber keine Veränderungen der Trägheitsmomente; eben darum hat man aber auch ein größeres Interesse daran, zu wissen, wie sich ein Druckstab bei Erhöhung seiner Gebrauchslast verhält, als daran, wie er sich bei der in der Regel doch nicht eintretenden Steigerung seines Trägheitsmomentes verhalten würde.

Da die Bemessung der Sicherheit auf Grund des Kräftevergleichs geschichtlich begründet war und außerdem eng mit unserer innersten Natur verwurzelt erscheint, wäre es merkwürdig gewesen, wenn man an die Beurteilung der Knicksicherheit mit einem anderen Maßstabe herangetreten wäre. Da die Knickung den einzigen Fall darstellt, bei dem die Sicherheit nicht danach beurteilt werden kann, ob die Knickspannung  $\sigma_k = P_k : F$  nur einen gewissen festen Bruchteil einer unveränderlichen Spannung  $\sigma_{zul}$  erreicht, so muß hier eine Beurteilung der Sicherheit nach dem Verhältnis  $\sigma_{zul} : \sigma_k$  notwendig unterbleiben. Nur der Kräftevergleich kann hier entscheiden. Dies ist auch vollkommen logisch, da es sich im Knickfall nicht um ein Festigkeitsproblem, sondern um ein reines Gleichgewichtsproblem handelt, bei diesen Problemen aber, wie wir schon sahen, die Gleichgewichtsbedingung von den Kräften abhängt.

Außer den bereits angeführten Gründen zwingen aber auch rein praktische Erwägungen dazu, die Sicherheitszahl aus dem Vergleich von Knicklast und Gebrauchslast herzuleiten.<sup>8)</sup>

Zunächst ist nämlich festzustellen, daß die Eulerformel nicht die umfassende Lösung aller hierhergehörigen Aufgaben bildet, sondern daß die durch sie gelöste Aufgabe die einzige ist, bei der zwischen Knicklast und Trägheitsmoment Proportionalität besteht. Daher hätte es auch keine Berechtigung, wollte man die Sicherheit gegen Knicken von der Erhöhung des der Knickgrenze entsprechenden Trägheitsmomentes abhängig machen, obwohl diese Knickgrenze nur ausnahmsweise proportional dem Werte von  $J$  wächst, sonst aber von einer Funktion von  $J$  abhängt, die sich keineswegs vervielfacht, wenn man  $J$  selbst vervielfacht. Aus der bekannten Knickbedingung von Tetmajer  $\sigma_k = \alpha - \beta \cdot \lambda$  folgt dies ohne weiteres. Daß die Gebrauchsspannung von Druckstäben im elastischen Bereich liegt, wenn man  $J = \left(\frac{l}{\pi}\right)^2 \cdot \frac{S}{E}$  und außerdem  $\sigma_d \leq \sigma_{zul}$  wählt, ist aller-

dings richtig. Die Knickspannung solcher Stäbe kann aber gleichwohl, wenn man sie mit dem Trägheitsmoment  $n \cdot J$  ausstattet, im unelastischen Bereich liegen, und die durch das Verhältnis

$\frac{\text{Knickspannung}}{\text{Gebrauchsspannung}}$  oder  $\frac{\text{Knicklast}}{\text{Gebrauchslast}}$  bestimmte Sicherheitszahl

ist dann jedenfalls nicht mehr  $= n$ , sondern  $< n$ . Daß die Knickspannung der meisten Druckstäbe ebenso im unelastischen Gebiet liegt wie die Bruchgrenze der Zugstäbe, hebt die Theorie der statisch unbestimmten Systeme keineswegs aus dem Sattel. Die letztere hat ja doch mit der Bruch- oder Knickgrenze oder mit dem Übertritt ins unelastische Gebiet gar nichts zu tun und beruht nur auf dem im elastischen Gebiet gültigen Gesetz der Superposition der Kräfte und Spannungen einerseits sowie dem für die Querschnittbemessung zu befolgenden Grundsatz, daß die Gebrauchsspannungen noch im elastischen Gebiet bleiben. Würde man nun etwa bei einem Belastungsversuch die Proportionalitätsgrenze in einem so berechneten Tragwerk überschreiten, so geschieht diese Überschreitung, wie man auch die Versuchsbelastung wählen mag, unter keinen Umständen in allen Stäben gleichmäßig und gleichzeitig. Es tritt deshalb vermöge des jenseits der Proportionalitätsgrenze bestehenden Zusammenhanges zwischen Spannung und Dehnung eine Begünstigung schon überanstrengter Teile zu Ungunsten der minder beanspruchten Teile ein, und die Folge davon ist, daß die Bruchlast solcher Tragwerke größer ist, als nach ihrer Materialfestigkeit auf Grund der gebräuchlichen Vorberechnung erwartet werden sollte. Entgegen dieser für die Sicherheit günstigen Folgeerscheinung der üblichen Tragwerksberechnung führt aber die Rechnung nach Euler zu einer Überschätzung der Sicherheit, sobald  $\sigma_k > \sigma_p$  wird. Um diesen

<sup>7)</sup> Euler veröffentlichte seine Theorie des Knickproblems 1744; die ersten Versuche von A. Duleau wurden aber erst 1820 veröffentlicht (Essai théorique et expérimental sur la résistance du fer forgé, Paris 1820).

<sup>8)</sup> In Wirklichkeit tut dies ja auch Zimmermann (vergl. Fußnote 6).

Mißstand zu vermeiden, hätte man dann im unelastischen Bereich einen größeren und von Fall zu Fall veränderten Multiplikator  $n$  des Trägheitsmomentes zu wählen, um gleiche Sicherheit wie im elastischen Gebiet zu erzielen. Eine so beschaffene Zahl  $n$  hätte aber mit der Sicherheitszahl, wie wir sie sonst überall verstehen, nichts mehr zu tun; bestenfalls vermöchte sie noch über die mehr oder weniger vorhandene Berechtigung zur Anwendung der Eulerformel Aufschluß zu geben.

In vielen Fällen ist die freie Knicklänge  $l$  von Druckstäben vermöge des Anschlusses ihrer Enden oder ihres Zusammenwirkens mit anderen Stäben kleiner als ihre Systemlänge  $l_s$ ; man rechnet dann mit  $l = \psi \cdot l_s$ , wo  $0,5 \leq \psi \leq 1,0$ . Während im elastischen Gebiet ceteris paribus die Knickspannungen sich umgekehrt proportional den Quadraten der freien Knicklängen ändern, nimmt im unelastischen Gebiet die Knickspannung nur unerheblich zu, wenn die freie Länge abnimmt. Über die aus diesem Zusammenhang fließenden Gefahren täuscht aber die uneingeschränkte Anwendung der Eulerformel vollkommen hinweg.<sup>9)</sup>

Die ungünstige Wirkung außermittiger Belastung<sup>10)</sup> ist bei schlanken Stäben geringfügig, sie wird aber erheblich, sobald sich die Knickspannung über  $\sigma_p$  erhebt. Hierin liegt ein weiterer Anlaß, die Eulerformel nur im elastischen Bereich der Bemessung der Sicherheit zu legen.

Wie die Tetmajerformeln die Proportionalität zwischen Knicklast und Trägheitsmoment aufheben, so trifft dies auch zu für elastisch gestützte Druckstäbe. Für den hier einfachsten Fall gleicher und gleichmäßig verteilter Stütz widerstände  $A$  (t/cm) ergibt die Engebersche Näherungsformel im elastischen Bereich die Knickgrenze zu

$$P_k = 2 \sqrt{\frac{E J A}{c}}$$

Das wirtschaftlichere Verfahren zur Erzielung einer erwünschten Sicherheit besteht hier im allgemeinen nicht in der Erhöhung des Trägheitsmomentes  $J$  der Gurtungen, deren möglichste Ausnutzung man anstrebt, sondern in der Erhöhung der Querrahmen-

steifigkeit  $A$ . Ist  $O$  die Gurtkraft, so ist  $n = \frac{P_k}{O} = \frac{2}{O} \sqrt{\frac{E J A}{c}}$  die Sicherheit gegen Knicken, immer in dem von uns verstandenen Sinn. Eine Versteifung der Querrahmen auf  $\nu A$  oder des Druckgurtes auf  $\nu J$  würde aber  $n$  erst auf den  $n \cdot \sqrt{\nu}$ -fachen Wert bringen. Auch hier bleibt also nur der Weg offen, daß man die Sicherheit nach dem Verhältnis der Knicklast zur Gebrauchslast bemißt.

Daß auch die Sicherheit von gegliederten Druckstäben nur aus dem Vergleich ihrer Knickgrenze mit ihrer Gebrauchslast heraus beurteilt werden darf, ist nach dem Gesagten kaum einer näheren Begründung bedürftig, zumal bei ihnen die Knickgrenze nicht nur von den Formgrößen ihrer Gurtungen, sondern auch von denen des Querverbandes abhängt.

Der Hamburger Großgasbehälter (Zentralbl. d. Bauverw. 1911, S. 232) stürzte nicht ein, weil seinem kritischen Stabe die nach den preußischen Bestimmungen nötige Sicherheit fehlte, sondern weil die nach diesen Bestimmungen noch vorhandene „1,86-fache Sicherheit“ nur durch falsche Anwendung der Eulerformel nachgewiesen werden kann.<sup>11)</sup> Tatsächlich verliert die Rechnung nach Euler bei gegliederten Stäben jeden Sinn.

<sup>9)</sup> Für das Versuchsmaterial v. Kármáns war z. B. die Erhöhung der Knickspannung  $\sigma_{ke}$  bei vollkommener Einspannung gegenüber der Knickspannung  $\sigma_{ks}$  bei Schneidenlagerung in Abhängigkeit von der Schlankheit  $\lambda$  die folgende:

Schlankheit . .	$l : i = \lambda$	176	150	100	50
Verhältnis . . .	$\sigma_{ke} : \sigma_{ks}$	4,0	3,16	1,51	1,29

Bei  $\lambda = 88$  war für das v. Kármánsche Versuchsmaterial  $\sigma_{ke} = \sigma_p$ .

<sup>10)</sup> Vergl. Abb. 26 auf S. 73 von „Die Knickfestigkeit“.

<sup>11)</sup> Der kritische Stab des Hamburger Gasbehälters hatte eine größte Gebrauchslast  $S = 60$  t und  $l = 340$  cm. Seine Knickspannung von  $\frac{60}{48} = 1,25$  t/cm<sup>2</sup> lag noch unter der Hälfte der Proportionalitätsgrenze  $\sigma_p = 2,64$  t/cm<sup>2</sup>, also noch weit im Eulerbereich. Im Sinne der damaligen preußischen Bestimmungen war daher für ihn

$$J = \frac{S \cdot l^3}{\pi^2 E} = \frac{60 \cdot 340^3}{\pi^2 \cdot 2027} = 346 \text{ cm}^4;$$

ausgeführt waren  $n J = F_g \cdot \frac{h^2}{2} + 2 J_g = 644 \text{ cm}^4$ , wonach für ihn

$n = 644 : 346 = 1,86$  die Sicherheitszahl im Sinne Zimmermanns war. Wenn er trotz fast zweifacher Sicherheit versagte, so gibt das doch wohl ebenso zu denken wie die Tatsache, daß die über diese Katastrophe von Krohn und Müller-Breslau aufgestellten Gutachten übereinstimmend zu dem Schluß kommen konnten, daß der



Das Bedenken Zs, daß alle anderen Stäbe eines Bauwerks außer den Druckstäben ihre  $n$ -fache Gebrauchslast bei den gebräuchlichen Werten von  $n$  gar nicht tragen können, ist nur so lange von Bedeutung, als man die bei der Eulerformel unter Umständen zu gewärtigenden Fehler durch unnötig hohe Sicherheitszahlen ausgleicht. Grundsätzlich braucht der Sicherheitsgrad gegen Knicken nicht wesentlich höher zu sein als der von Zugstäben oder gebogenen Trägern. Die Wahl von  $n = 3$  deckt m. E., geeignete Berechnungsverfahren vorausgesetzt, im allgemeinen auch die Gefahren, die etwas zu günstiger Schätzung der freien Knicklänge, einer späteren Steigerung der Verkehrslasten sowie dynamischem Lastangriff entspringen.

Übrigens ließe sich dem Bedürfnis nach sparsamer Bauweise auch dadurch Rechnung tragen, daß man in dem Ausdruck  $S = S_g + \varphi \cdot S_p$  den als Einfluß der ständigen Lasten im allgemeinen unveränderlichen Wert  $S_g$  und den Anteil  $\varphi \cdot S_p$  der beweglichen Lasten, der wohl einer Steigerung im Laufe der Zeit unterworfen ist, in verschiedenem Maße erhöht; das Bauwerk wäre dann hinsichtlich der ständigen bzw. beweglichen Lasten  $n_g$ - bzw.  $n_p$ -fach sicher.

Herr Dr. Zimmermann äußert sich hierzu, wie folgt:

Die vorstehenden Darlegungen betreffen größtenteils Fragen, die außerhalb des Rahmens des in der „Bautechnik“ 1925, Heft 18, S. 239 Ausgeführten liegen. Es genügt daher, an einzelne Punkte ein paar kurze Bemerkungen zu knüpfen. Daß der Begriff der Sicherheit in der Bautechnik viel älter ist als etwa die Festigkeitslehre, ist mir wohl bekannt. Da ich diesen Gegenstand aber schon im „Zentralbl. der Bauverw.“ 1886 unter der Überschrift „Über den Sicherheitsgrad der Baukonstruktionen, insbesondere der auf Knicken beanspruchten Körper“ sehr eingehend behandelt habe, so brauche ich nicht noch einmal darauf zurückzukommen.<sup>12)</sup>

Daß bei der Bevorzugung des Kräftevergleichs zur Berechnung des erforderlichen Querschnitts ein Gefühlsgrund mitspricht, habe ich ja selber hervorgehoben. Aber seit Protagoras, der den Menschen zum Maß aller Dinge machen wollte, weil er ein sicheres Wissen über die Natur für unmöglich hielt, sind ungefähr 2500 Jahre vergangen, und wir haben inzwischen rechnen gelernt. Dabei hat das Gefühl nicht mitzusprechen, wenn es auch in den Fällen, wo die Rechnung versagt, keineswegs gering geschätzt werden soll. Daß alle Knickversuche darauf hinauslaufen, zu einem gegebenen Querschnitt die Knicklast zu ermitteln, ist doch eine Tatsache, wenigstens ist mir kein Fall bekanntgeworden, daß man zu einer gegebenen Last den Querschnitt durch Knickversuche bestimmt hätte.

Die Tetmajersche Knickformel stellt bekanntlich nichts weiter dar, als eine zwar auf umfassende Versuche gestützte, aber doch immerhin nur rein statistische angenäherte Wiedergabe der Messungen. Sie schließt jede Verallgemeinerung, wie z. B. die Ausdehnung auf anders geartete und gelagerte Versuchsstäbe aus und ist zur Entscheidung der schwierigen Frage der zu wählenden Sicherheitszahl meines Erachtens nicht geeignet. Daß die Eulerformel (mit unverändertem  $E$ ) nur benutzt werden darf, solange die Stabspannung innerhalb der Elastizitätsgrenze liegt, ist so selbstverständlich, daß

kritische Stab zwar zu schwach war, ein Kunstfehler aber entsprechend den geltenden Bestimmungen nicht vorliege. Allerdings ließen diese Bestimmungen auch einen anderen Sicherheitsnachweis zu; sie begnügten sich aber mit dem Nachweis nach Euler und begünstigten damit den keineswegs idealen Zustand, daß eine Firma, die die Bestimmungen ganz ausnutzte, leichter bauen und billiger anbieten konnte als eine, die in Knickfragen gewissenhafter vorging.

<sup>12)</sup> Der Aufsatz ist auch als Sonderdruck im Verlage von Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin, erschienen.

es wohl nicht immer und immer wieder hervorgehoben zu werden braucht. Jedenfalls habe ich in meinem Aufsatz das Gegenteil nicht behauptet.

In der oben mehrfach angezogenen Untersuchung vom Jahre 1911 soll ich die Auffassung vertreten haben, „daß  $K$  so berechnet werden soll, als gälte die Eulerformel unbegrenzt“. Die Unrichtigkeit dieser Behauptung ergibt sich ohne weiteres daraus, daß ich dort u. a. wörtlich gesagt habe: „Wir nehmen zunächst an, die Stabspannung überschreite bei Beginn des Ausknickens die Elastizitätsgrenze nicht. Dann gilt die Eulersche Formel.“ Und an anderer Stelle: „Erfordern es die Umstände, daß  $n_2$  größer gemacht werden muß als  $\sigma_e : \sigma_d$ , so ist die Eulerformel nicht mehr anwendbar.“

Meine Ausführungen im Heft 18 der „Bautechnik“ 1925 drehen sich in der Hauptsache um die Frage, warum man die auf Knicken beanspruchten Stäbe mit Lasten berechnen soll, die die Stabspannung über die Elastizitätsgrenze bringen würden, während man eine solche Belastung für die Zugstäbe als unzulässig ansieht. Darauf gibt auch der vorstehende Aufsatz keine bündige Antwort. Was Herr Dr.-Ing. Mayer gegen meinen Hinweis auf die statisch unbestimmten Systeme anführt, schlägt nicht durch. Wenn z. B. die Zugstange eines Bogenträgers mit aufgehobenem wagerechten Schub eine bleibende Verlängerung erfährt, so vermindert sich hierdurch zwar ihre Spannung, aber auf Kosten der Beanspruchung der Glieder des Bogens. Jedenfalls pflegt die Theorie der statisch unbestimmten Systeme mit einer solchen Annahme nicht zu rechnen. Da nun die Druckstäbe — wie in meinem Aufsatz schon hervorgehoben — zur Sicherung gegen Knicken meist einer Querschnittszugabe über das für gleichbeanspruchte Zugstäbe erforderliche Maß hinaus bedürfen, so befinden sie sich hinsichtlich der Spannung in günstigerer Lage als die Zugstäbe. Daran ändert die Größe der Lasten oder die Wahl der Sicherheitszahl nichts.

Alle meine Ausführungen bezogen sich offensichtlich auf den — in den Bauwerken weit überwiegenden — Grundfall, wo die Eulerformel zulässig ist und angewendet zu werden pflegt. Daß es auch anders geartete Fälle gibt, ist mir bekannt. Was über diese in vorstehendem Aufsatz gesagt wird, kann selbstverständlich die ersteren nicht treffen.

Was schließlich den Einsturz des Hamburger Großgasbehälters angeht, so habe ich schon im „Zentralbl. der Bauverw.“ 1911 auf S. 231 darauf hingewiesen, daß der betreffende Stab nach den preußischen Vorschriften nur mit 24 t hätte belastet werden dürfen, während er tatsächlich mit 60 t belastet worden ist. Warum er diese Überlast nicht getragen hat, ist nicht festgestellt worden. Unter diesen Umständen vermag ich nicht einzusehen, was aus einem so unaufgeklärten Vorkommnis für die hier in Rede stehende Frage geschlossen werden könnte. Auch was Herr Mayer sonst aus den damaligen Verhandlungen und aus meinem Aufsatz auf S. 197 u. 198 des „Zentralbl. d. Bauverw.“ 1911 bruchstückweise anführt, lasse ich hier unerörtert, weil eine für den Leser verständliche Besprechung den Rahmen einer bloßen Erwiderung überschreiten müßte. Ich behalte mir vor, die betreffenden Fragen in einem besonderen Aufsatz sachlich zu behandeln.

Aus welchen Gründen ich bei der Berechnung der Knickfestigkeit eingebauter Stäbe die erhöhten Gebrauchslasten beibehalten habe, ist auf Seite 5 meines Schriftchens „Knickfestigkeit der Stabverbindungen“ (Wilhelm Ernst & Sohn) eingehend dargelegt. Es ist nur geschehen, um im Anschluß an die mit der bisher üblichen Berechnungsweise gesammelten Erfahrungen zu planmäßig erhöhten, die nötige Sicherheit verbürgenden Trägheitsmomenten zu gelangen, steht also nicht in Widerspruch zu meinen Ausführungen in Heft 18 der „Bautechnik“.

Berlin.

Zimmermann.

## Vermischtes.

**Fahrbare Gußbetonanlage.** Das Neueste auf dem Gebiete der Bauausführungen in Gußbeton ist eine fahrbare Gußbetonanlage. Diese Anlage von 45 m Höhe und einem Arbeitsgebiete von etwa 40 m Halbmesser befindet sich an der Baustelle Hüser & Rank in Flaesheim bei Haltern i. Westf. beim Bau einer 240 m langen Schleuse. Die ganze Anlage ist, wie Abb. 1 zeigt, auf einem der Böschung angepaßten Unterwagen aufgestellt. Die Standsicherheit des Turmes ist durch zwei schräg am Turm anlaufende Säulen gewährleistet. Auf dem Unterwagen sind eine Betonmischmaschine von 1250 l Trommelinhalt, zwei Reibungswinden zum Verfahren der Anlage und eine dem besonderen Zwecke angepaßte Schnellaufzugwinde aufgebaut. Letztere ist gegen Witterungseinflüsse durch ein zerlegbares Windenhaus geschützt und so gebaut, daß der Führer den Aufzugkasten im Turm beim Arbeiten nicht zu sehen braucht. Er kann jede Stellung des Kastens an einem Höhenzeiger ablesen, der in Augenhöhe angebracht ist. Die Winde gestattet, den Aufzugkasten mit einer Ge-

schwindigkeit bis zu 2,5 m/Sek. zu heben; das Ablassen kann mit 4 m/Sek. Geschwindigkeit stattfinden.

Die Aufstellung der besonders für Gußbeton eingerichteten Betonmischmaschine ist so getroffen, daß man das mit Silowagen herangeschaffte Mischgut unmittelbar in den Vorfüllkasten der Maschine entleeren kann. Wo dies die Geländeverhältnisse nicht gestatten, wird an die Mischmaschine ein entsprechender Beschickungsaufzug angebaut.

Der flüssige Beton fließt von der Mischmaschine durch eine Rinne in einen Vorsilo mit exzentrischem Verschuß. Aus dem Vorsilo kommt er unmittelbar in den Aufzugkasten, der so bemessen ist, daß er eine Füllung der Mischmaschine aufnehmen kann. Die Verbindungsrinne zwischen Aufzugkasten und Vorsilo wird durch Anschläge selbsttätig eingestellt und fällt beim Hochziehen des Kastens zurück, damit dieser nicht anstoßen kann.

Die Hubgeschwindigkeit des Aufzugkastens beträgt bei diesem Turm 0,66 m/Sek.; zum Heben ist ein 30-PS-Elektromotor in die

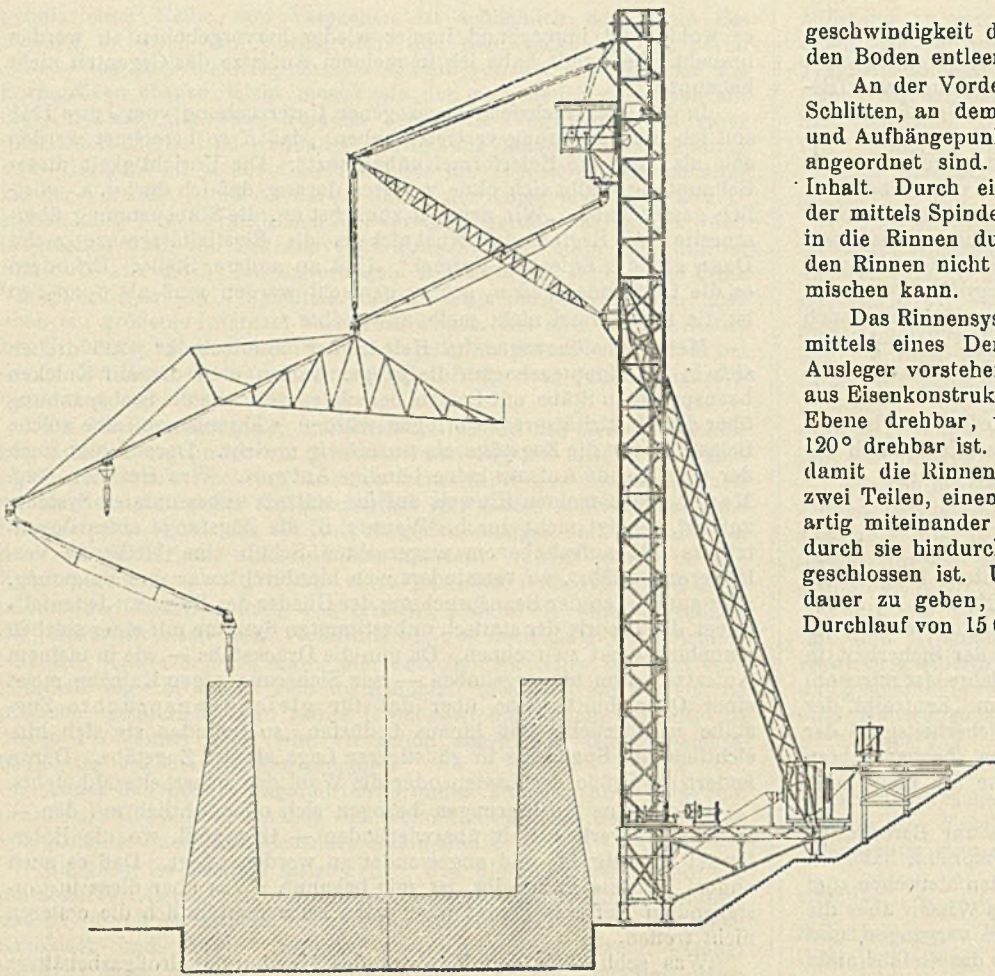


Abb. 1.

Winde eingebaut. Die Leistung entspricht der aufgebauten Mischmaschine. Im Falle, daß zwei Betonmischmaschinen von 1250 l Inhalt aufgestellt sind und mit dem Turm das Doppelte geleistet werden soll, muß der Aufzugkasten eine Hubgeschwindigkeit von 2,5 m/Sek. erhalten, wozu ein Antriebmotor von etwa 140 PS erforderlich ist.

Der Aufzugkasten ruht in einem Rahmen, der beiderseits im Turm in Führungsschienen, ähnlich wie ein Fahrstuhl, geführt wird. Kippkurven und Rollenführung, wie bei den Betonauflügen, haben sich nicht bewährt, da bei dieser Ausführung und bei der hohen Hub-

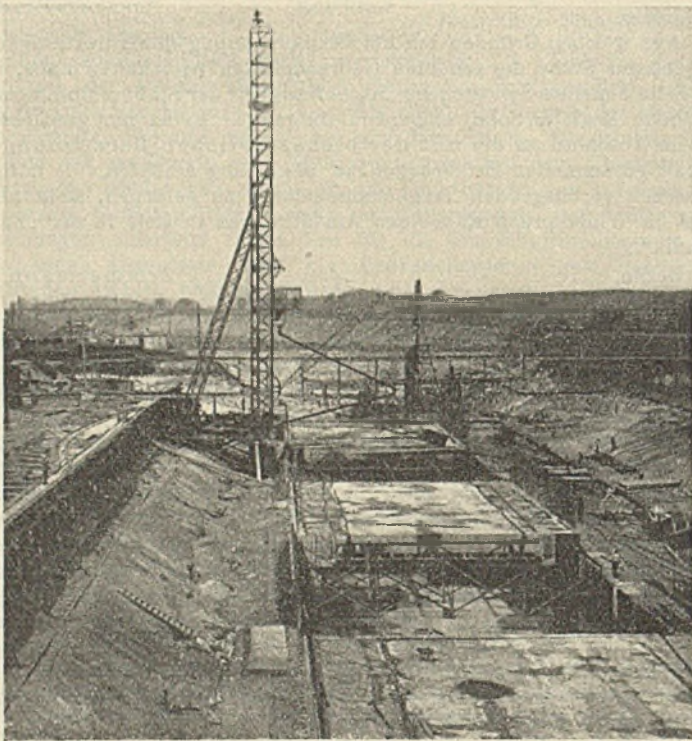


Abb. 2.

geschwindigkeit der Aufzugkasten überkippt und seinen Inhalt auf den Boden entleert.

An der Vorderseite des Turmes befindet sich ein verschiebbarer Schlitten, an dem ein Vorsilo mit Bedienungsbühne und die Stütz- und Aufhängepunkte für den Derrick-Ausleger und das Rinnensystem angeordnet sind. In den Vorsilo entleert der Aufzugkasten seinen Inhalt. Durch einen am Auslauf des Silos angebauten Verschuß, der mittels Spindel und Handrades zu betätigen ist, wird der Auslauf in die Rinnen durch einen Arbeiter so geregelt, daß der Strom in den Rinnen nicht unterbrochen wird und der Beton sich nicht entmischen kann.

Das Rinnensystem hängt an dem Turm vollständig frei und wird mittels eines Derrick-Auslegers gehalten. Die über den Derrick-Ausleger vorstehende, freibewegliche Rinne wird durch einen Flieger aus Eisenkonstruktion ausbalanciert und ist um 360° in wagerechter Ebene drehbar, während der erste Teil mit Derrick-Ausleger um 120° drehbar ist. Die Drehgelenke an den Rinnen haben Kugellager, damit die Rinnen leicht gedreht werden können. Sie bestehen aus zwei Teilen, einem Ein- und einem Auslaufstück, die außen gelenkartig miteinander verbunden sind, so daß dem Beton auf seinem Wege durch sie hindurch kein Hindernis entsteht und ein Verstopfen ausgeschlossen ist. Um den Rinnen und Gelenken eine lange Lebensdauer zu geben, sind sie mit Schleißblechen ausgekleidet, die den Durchlauf von 15 000 bis 20 000 m<sup>3</sup> scharfkantigem Material aushalten.

Am letzten Auslaufstück ist ein Verteilungstrichter angehängt, mittels dessen infolge seiner leichten Beweglichkeit der Beton so verteilt werden kann, wie es die Verhältnisse erfordern. Der Auslauftrichter kann durch Anhängen von sogenannten Rüsseln verlängert werden, damit der Beton beim hohen Fallen geschlossen beisammenbleibt und sich nicht entmischen kann.

Die Anlage ist ausgeführt worden von der Internationalen Baumaschinenfabrik A. G., Neustadt a. d. Haardt. Für die einzelnen Teile hat die Firma Normen aufgestellt. Ersatzteile und einzelne Stöße zur Erhöhung der Türme sind ab Lager lieferbar.

Wem Gelegenheit geboten ist, die genannte Baustelle (s. Abb. 2) zu besichtigen, dem wird auch eine Aufbereitungsanlage für Bindemittel, Kies und Sand auffallen, bei der alles maschinell eingerichtet ist, und die ebenfalls von der „Ibag“ in Neustadt a. d. Haardt geliefert wurde.

Ingenieur Fr. Wilhelm.

**Kurze und lange Wasserstandsänderungen der Ostsee.** In den „Naturwissenschaften“<sup>(1)</sup> berichtet O. Meißner, Potsdam, zusammenfassend über seine bisherigen, auf Beobachtungen der Wasserbaubehörden und des Preussischen Geodätischen Instituts in Potsdam gestützten, außerordentlich umfangreichen Untersuchungen über Wasserstandsänderungen der Ostsee. Ihre Ergebnisse seien, da sie auch für den Wasserbauingenieur nicht ohne Belang sind, im folgenden kurz wiedergegeben.

1. Die Windwellen mit Perioden von etwa 5 bis 10 Sek. Dauer stellen keine eigentliche Wasserstandsänderung dar.

2. Wasserstandsschwankungen von etwa 1 Min. Periode, die auch bei ruhigem Wetter auftreten, dürften als eine Art Interferenzerscheinung zu erklären sein.

3. An manchen Beobachtungspunkten fast immer auftretende Schwankungen mit einer Periode von 10 bis 100 Min. Dauer, von Meißner „Seiches der Ostsee“ genannt, die meistens in Gruppen von 2 bis 6 bei einer für die einzelnen Stationen häufig gleichen Periodenlänge auftreten, scheinen die Folge mehrknotiger Quer- und Längsschwingungen des sich westöstlich erstreckenden Südtiles der Ostsee bzw. der Haffe zu sein. Die Amplituden betragen gewöhnlich nur einige Zentimeter; sie können aber bis zu Dezimetergröße anwachsen.

4. Plötzliche starke, bis zu 1 m betragende Erhebungen des Wasserspiegels, denen eine meist etwas langsamere Senkung folgt (Seebären), erklärt Meißner als durch die Kreuzung „geknickter“ Isobaren mit der Küstenlinie verursacht. Starker Wind braucht bei ihrem Auftreten nicht zu herrschen.

5. Die halbtägigen Mondwellen der Gezeiten, deren im Westen 1 bis 2 cm betragende Amplituden nach Osten zu abnehmen, lassen sich bei ruhigem Sommerwetter selbst in Pillau und Memel noch nachweisen. Der Einfluß der Sonne ist unregelmäßig und anscheinend durch die meteorologischen Verhältnisse verwischt.

6. Bei einer Luftdruckänderung um 1 mm Quecksilbersäule ändert sich der Wasserstand in entgegengesetztem Sinne um 10 mm (statt

<sup>1)</sup> Die Naturwissenschaften, 12. Jahrg., Heft 45, 7. November 1924.

13,5, wie nach dem Verhältnis der spezifischen Gewichte anzunehmen).

Der bis zu 1 m und darüber betragende Einfluß des Windes wechselt in seiner Stärke nach der allgemeinen Wetterlage bzw. Windrichtung und -stärke in der weiteren Umgebung der Station, der Richtung, aus der die Winde vorher geweht haben usw. Bei gleichmäßigem Wehen des Windes aus derselben Richtung tritt erst nach etwa sechs bis acht Tagen ein Beharrungszustand ein.

Das Jahresmittelwasser ist von der örtlichen Windrichtung nur noch in geringem Maße abhängig, trotzdem der Wind auf die Tages- und auch noch Monatsmittel einen bedeutenden Einfluß ausübt.

7. Langperiodische Gezeiten (halbjährliche, jährliche usw.) sind noch nicht weiter untersucht worden, zumal sie eine sehr kleine Amplitude haben, die außerdem von sogenannten „meteorologischen Fluten“ von ähnlicher Periode überdeckt werden.

8. Von diesen lassen sich eine ganz- und eine halbjährige eindeutig nachweisen. Die Amplituden sind teilweise verhältnismäßig groß, 5 bis 10 cm, teilweise jedoch auch kleiner. Der Einfluß der meteorologischen Verhältnisse ist unbestreitbar. Daß die verschiedene Wasserführung der in die Ostsee mündenden Flüsse nicht die Ursache ist, ergibt sich nach Meißner daraus, daß zur Zeit der hohen Flußwasserstände im Frühjahr das Ostseemittelwasser am niedrigsten und im Sommer zur Zeit der geringsten Wasserführung der Flüsse am höchsten ist. Ein Vergleich der Ostseestationen mit den Aufzeichnungen des Pegels des Geodätischen Instituts in Bremerhaven zeigt, daß der Wasserstand der Ostsee von dem der Nordsee abhängig ist. Während die örtlichen meteorologischen Verhältnisse die halbjährige Periode noch merklich beeinflussen, ist dies bei der ganzjährigen nicht der Fall.

9. Mehrjährige Perioden von etwa acht bis zwölf Jahren Dauer (Sonnenfleckenperiode) lassen sich nicht eindeutig nachweisen, wenn auch die häufige Aufeinanderfolge gleichsinniger Abweichungen vom Mittel eines längeren Zeitraumes festzustellen war.

10. Die in der Meteorologie bekannte Brücknersche, etwa 35jährige Periode (gleich etwa drei Sonnenfleckenperioden) ließ sich bei den Wasserständen nicht ermitteln.

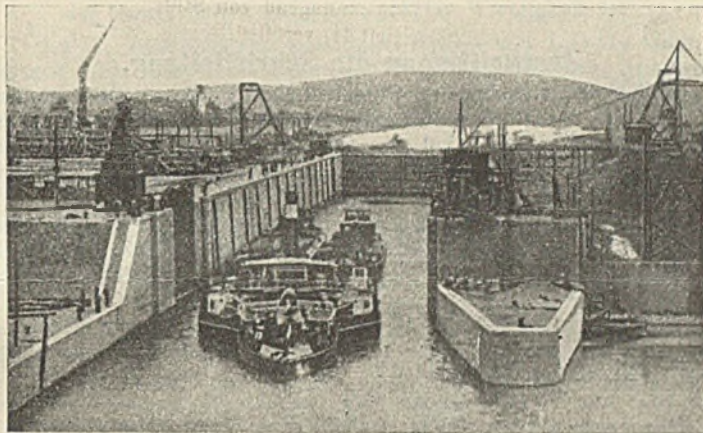
Dagegen glaubt Meißner die von Brückner vermutete, aus drei je 35jährigen zusammengesetzte, etwa 100jährige Periode stark angedeutet zu sehen. Er erhält für Travemünde eine Amplitude von 40 mm, für Swinemünde und Kolbergermünde eine solche von 25 mm, wobei das letzte Minimum um etwa 1860 und das Maximum etwa 1910 eingetreten ist. Von einer dauernden Senkung der Ostseeküste kann nach seiner Ansicht wenigstens innerhalb des 19. Jahrhunderts nicht die Rede sein.<sup>1)</sup> Er glaubt, daß man in etwa 25 Jahren wird klar übersehen können, ob es sich tatsächlich um eine Periode, innerhalb deren der Wasserstand nach einer Sinuskurve wechselt, handelt. Das für die Nordsee vorliegende Material läßt ihn, trotzdem es weniger umfangreich als das für die Ostsee ist, eine Periode von etwa 120 Jahren Dauer vermuten.

Als im höchsten Grade bedauerlich muß es bezeichnet werden, daß die Lage der Pegellatten in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts als nicht hinreichend sicher bekannt zu betrachten ist; auch in der zweiten Hälfte zeigen sich in dieser Beziehung noch Unklarheiten, deren nachträgliche Beseitigung kaum gelingen dürfte. Die an sich brauchbaren Beobachtungsergebnisse verlieren so einen großen Teil des Wertes, der ihnen sonst zukommen würde. Immerhin zeigen die Meißnerschen Untersuchungen deutlich, daß eine bedenkliche Senkung der Ostseeküste nicht vorhanden ist. Ob jedoch die eindeutig feststellbare Hebung der Wasserstände der Ostsee seit etwa 1860 periodischen Charakter hat oder durch eine dauernde Verschiebung der Bahnen der barometrischen Minima verursacht oder schließlich auf Veränderungen im Wasserhaushalt der gesamten Erde zurückzuführen ist, wird die Zukunft lehren müssen. —dt.

Im Architekten- und Ingenieur-Verein zu Berlin sprach Prof. Dr.-Ing. E. Neumann von der Technischen Hochschule Braunschweig über „Land- und Stadtstraßenbau in den Vereinigten Staaten.“<sup>2)</sup> Er begann mit der Organisation der amerikanischen Landstraßenbaubehörden, erläuterte die Gesetzgebung und Finanzierung und besprach dann an Hand von Lichtbildern die Linienführung und technische Ausführung der Straßen. Die Einführung der Kraftwagen als übliches Beförderungsmittel besonders auch auf den Landstraßen hat die Erweiterung und den Neubau der Landstraßen notwendig gemacht. Aber auch in den Städten hat der Kraftwagen im Straßenverkehr weitgreifende Umwälzungen hervorgebracht. Die Überlastung der städtischen Straßen mit Personenkraftwagen lähmt den Verkehr in der Innenstadt vollständig. Man ist daher genötigt, die Straßenfläche

durch Anlage zweigeschossiger Straßen, oder Umgebungs- und Durchbruchstraßen zu vergrößern. In Chicago und Boston sind solche Pläne schon in der Ausführung begriffen. Nordamerika ist wohl in der Lage, solche Maßnahmen, deren Kosten in die Milliarden gehen, großzügig anzufassen. Auch den Rückgang des Verkehrs auf den öffentlichen Verkehrsmitteln, wie Straßen- und Untergrundbahnen, der zur Verdoppelung der Fahrpreise geführt hat, kann man dort vielleicht verschmerzen. Deutschland, das nicht einmal die Mittel hat, seine Wohnungsnot abzustellen, würde nicht in der Lage sein, die durch Kraftwagen hervorgerufene Verkehrsnot in der gleichen Weise zu bekämpfen. Der Vortragende schloß daher mit der Mahnung, die ihm führende amerikanische Verkehrsingenieure mit auf den Weg gegeben hatten, den Hochhausbau, der zu den Verkehrsüberlastungen führt, zu verhindern und den Straßenraum nur soweit dem Kraftwagen zu überlassen, als nachweislich wirtschaftliche Gründe dafür sprechen und es ohne Beeinträchtigung der öffentlichen Verkehrsmittel möglich ist, um Zuständen vorzubeugen, die die deutschen Ingenieure und die deutschen Verwaltungen vor Aufgaben stellen würden, deren Lösung selbst in dem reichen und unternehmenden Amerika ernste Schwierigkeiten bereitet.

Die neue Donaueschleuse am Kachlet bei Passau. Die erste Schleuse in der Donau am Kachlet bei Passau wurde, wie wir den V. D. I.-Nachr. entnehmen, kürzlich in Betrieb genommen. Die Doppelschleuse, deren Ansicht von der Unterwasserseite die Abbildung zeigt, hat lichte Kammerweiten von 24 m, ein Gefälle von etwa 9 m und eine nutzbare Länge von 235 m, so daß ein Seitenradschlepper und vier paarweise nebeneinanderliegende Kähne geschleust werden können. Da die Schifffahrt bereits vor der Stauherstellung durch eine Schleuse geleitet werden mußte, ist das Tor am Oberhaupt der südlichen



Schleuse ebenso hoch wie am Unterhaupt ausgeführt. Als Umlaufverschlüsse sind an den Unterhäuptern beider Schleusen und am Oberhaupt der Südschleuse Rollkeilschütze, am Oberhaupt der Nordschleuse vollkommen geschlossene Zylinderschütze mit neuartiger Führung angeordnet. Die Torantriebe sind als Kurbeltriebe durchgebildet. Zur Entlastung der einstellbaren Torlager sind alle Tore mit Schwimmkasten versehen. Alle Antriebe sind gegen Überlastungen geschützt. — Die Schleusanlage mit den Staudämmen wurde von der Bayerischen Bauindustrie A.-G., München, gebaut, die Eisenkonstruktionen der Tore lieferte Aug. Klönne, Dortmund, die Bewegungseinrichtungen und die Rollkeilschütze die Fried. Krupp Grusonwerk A.-G., Magdeburg, und die elektrische Ausrüstung die Bergmann-Elektrizitätswerke A.-G., Berlin.

Ausbau der Wasserkräfte des Shannon-Flusses in Irland. Im Herbst 1923 wurde der Irischen Regierung durch die Siemens-Schuckertwerke ein Vorschlag für die Elektrisierung des Irischen Freistaates durch Ausnutzung der Wasserkräfte des Shannon unterbreitet und anfangs 1924 ein Vorentwurf überreicht. Nach Fertigstellung des endgültigen Entwurfes wurde am 13. August 1925 ein Vertrag zwischen der Irischen Regierung und den Siemens-Schuckertwerken geschlossen. Auf Grund dieses Vertrages wurde die Ausführung des bautechnischen Teils der Anlage von den Siemens-Schuckertwerken der Siemens-Bauunion übertragen.

Diese Arbeiten umfassen den sogenannten Teilausbau in einem Gesamtwerte von 2,5 Mill. £ und bestehen aus folgenden Einzelheiten:

Einbau eines Wehres in den Shannon bei O'Briens-Bridge, etwa 13 km oberhalb Limerick, durch das der Fluß um etwa 5 m aufgestaut wird. Dieser Stau ermöglicht es, einen etwa 7 km oberhalb befindlichen See, den Lough Derg, als Speicherbecken zu benutzen. Zur Vermeidung von Überschwemmungen werden die tiefliegenden Teile der Fluß- und Seeufer durch Dämme geschützt.

<sup>1)</sup> Vergl. hierzu „Die Bautechnik“ 1925, Heft 31, S. 423.

<sup>2)</sup> Vergl. hierzu „Die Bautechnik“ 1925, Heft 43 u. f.

Mit dem Wehr verbunden ist das Einlaufbauwerk in dem 10,5 km langen Obergraben. Dieser entspricht in der Form seines Querschnittes den größeren deutschen Kanälen. Seine Sohlenbreite beträgt 31,5 m, die Breite in Höhe des Wasserspiegels 89,3 m. Da der Kanal teilweise im Auftrag liegt, werden Dämme bis zu 18,5 m Höhe und rd. 100 m Sohlenbreite erforderlich. Der Oberwassergraben wird gleichzeitig als Schiffahrtrinne benutzt werden.

Das Kraftwerk ist etwa 4 km von Limerick entfernt. Der unterhalb anschließende Untergraben, der das ausgenutzte Wasser dem Shannon wieder zuführt, ist rd. 1,6 km lang und verläuft hauptsächlich im Fels. Zur Verbesserung der Wasserführung wird es weiterhin erforderlich, das Flußbett selbst inner- und oberhalb der Stadt Limerick zu vertiefen. Insgesamt sind rd. 8 Mill. m<sup>3</sup> Boden und 1 Mill. m<sup>3</sup> Fels zu bewältigen, sowie 160 000 m<sup>3</sup> Beton auszuführen. Als Bauzeit sind 3 1/2 Jahre in Aussicht genommen. We.

**Straßenbau-Studien in der Schweiz.** Eine deutsche Straßenbaukommission, bestehend aus 17 Herren, weilte, wie die D. A. Z. mitteilt, vom 6. bis 12. September in der Schweiz, um die dortigen Straßenbauverhältnisse zu erforschen. In der Kommission waren vertreten die Vereinigung der technischen Oberbeamten, der Deutsche Straßenbauverband, die Landkreise, die Gesteins- und Teerindustrie. Der Vorsitzende der Kommission war Oberbaurat Hentrich von der Stadt Krefeld. In den sieben besuchten Schweizer Kantonen lag die Führung der Kommission bei der offiziellen amtlichen Vertretung der gesamten Schweizer Straßensachverständigen, und in jedem Kanton standen die Baubeamten des betreffenden Bezirks zur Begleitung und zur Auskunft zur Verfügung.

Ein ausführlicher Reisebericht ist zurzeit in Arbeit. Er wird vor seiner Veröffentlichung den amtlichen Schweizer Stellen zur Nachprüfung auf seine Richtigkeit zugesandt werden.

### Zuschriften an die Schriftleitung.

**Wider den sogenannten Kippsicherheitsgrad von Stützmauern.** Zu diesem in der „Bautechnik“ 1925, Heft 44, veröffentlichten Aufsatz von Dr.-Ing. Craemer sind eine Anzahl von Zuschriften eingegangen, von denen wir einigen der bemerkenswertesten in der Reihenfolge ihres Einganges gern Raum geben werden.

Der Verfasser beabsichtigt, auf alle diese Zuschriften nach deren Veröffentlichung eine gemeinsame Erklärung in der „Bautechnik“ abzugeben.

#### I.

Daß der Kippsicherheitsgrad als Nachweis der Standsicherheit zu verwerfen ist, habe ich bereits in „Beton u. Eisen“ 1915, Heft 19/20, S. 192, nachgewiesen. Ich stimme also im Ergebnis — der von mir eingeschlagene Weg ist ein anderer — mit den Ausführungen des Verfassers des obengenannten Aufsatzes überein. Auch meine Erörterungen über das Wesen des Kippvorganges finden in den Formeln des zweiten Teils des Aufsatzes ihre Bestätigung, wenn auch dort zunächst noch die Verfolgung der Gleitkräfte unberücksichtigt bleibt. Zu beachten bleibt, daß die Schwierigkeit in der Erfassung der Bodenziffer liegt, die hier eine weit größere Rolle spielt als beim Tunnelrahmen. In Formel 6 ist dem Verfasser ein kleiner Fehler unterlaufen, der sich wohl auch in der Ungleichung für  $e$  auswirkt. Es muß heißen  $\eta = \frac{2V}{qe^2 E}$  statt  $\eta = \frac{V}{qe^2 E}$ .

Auf dem zur Ablehnung des Kippsicherheitsgrades eingeschlagenen Beweiswege des ersten Teils des Aufsatzes kann man aber dem Verfasser nicht folgen, weil er sich in der rein mathematisch-statischen Operation von den gegebenen Voraussetzungen entfernt, ja diese zerstört, und daher der so entstandene unlogische Weg zum unlogischen Ziele führen muß, womit nichts bewiesen ist.

Die Formel  $n = \frac{vV}{hH}$  entstand doch lediglich aus dem Wunsche, einen Wert für das Verhältnis der festhaltenden lotrechten zu den umstürzenden wagerechten Kräften, also einen Wert für die Standsicherheit zu erhalten. Man ging von der Voraussetzung aus, daß die Mauer nicht kippt, wenn das Verhältnis der Momentensumme der lotrechten zu der der wagerechten Kräfte bezogen auf die vordere Mauerkante als Kippkante  $\geq 1$  ist, nannte die Zahlen  $> 1$  die Sicherheitsgrade und setzte hierfür gewisse Erfahrungswerte als Mindestbedingung fest. Wesentlich für die logische Entwicklung, der sich die mathematisch-statische Größenoperation unterzuordnen hat, ist hier die unverschiebbliche Lage der Kräfte  $H$  und  $V$ . Jede Veränderung der tatsächlichen Kraftlage zerstört die gegebene Voraussetzung und ist deshalb für das hier gesteckte Ziel unzulässig. Denn wird  $h$  kleiner oder größer gemacht, als es wirklich ist, so ist eben  $Hh$  nicht mehr das vorhandene Umstürzmoment, und wird  $v$  kleiner oder größer, so ist  $Vv$  nicht mehr das gegebene Stabilitätsmoment. Die Kraftlagen unter der Sohle sind natür-

lich nicht möglich, da sie schon von den Reaktionskräften aufgehoben sind. Man sollte solche Kräftebilder deshalb besser nicht anwenden.

Es scheint also, daß für die grundlegenden Sätze der Mechanik noch die Gültigkeitsgrenzen besonders betont werden müssen. (Vergl. die Aufsätze des Unterzeichneten „Zur Klärung der statischen Grundbegriffe“ in der Zeitschrift des Verbandes Deutscher Architekten- und Ingenieur-Vereine 1914, Heft 33 und 1915, Heft 6.)

Elwitz macht überhaupt den Kippsicherheitsgrad zum Ausgangspunkte der gesamten Stützmauerbemessung („Die Sicherheit von Mauern und verwandten Tragwerken gegen Erddruck, Wind- und Wasserdruck“ in der Zeitschrift für Architekten- und Ingenieur-Wesen 1913, Heft 1) und gibt umfangreiche Bemessungstabellen. Die dort vorgenommenen mathematischen Operationen sind im Prinzip die gleichen wie bei den sonst üblichen Verfahren der Spannungsermittlung an Fundamentfugen, nur daß noch der Sicherheitsgrad mit eingeflochten und in mathematische Beziehung zu  $\sigma_{zul}$  gesetzt wird.

Unrichtig für den bisherigen in die Formel  $n = \frac{\sigma V}{hH}$  gebrachten Begriff des Sicherheitsgrades bei Stützmauern bleibt aber im genaueren Sinne die Annahme der Vorderkante der Mauer als Kippkante und die daraus entspringende Voraussetzung unendlich großer Festigkeit des Baugrundes, wie in meiner eingangs erwähnten Arbeit kurz gezeigt ist.

Berlin, 11. Oktober 1925. (Oberingenieur Alfons Schroeter.

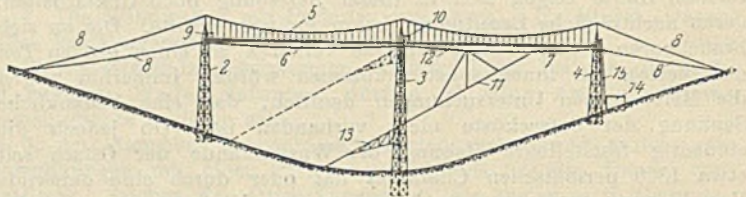
### Patentschau.

Bearbeitet vom Regierungsrat Donath.

**Vorrichtung zum Herstellen von Ortpfählen aus Beton in einem Vortreibrohr** (Kl. S4c, Nr. 417 326 vom 11. 4. 1923 von Henry Percy Lancaster in London). — Die Vorrichtung besteht darin, daß am Vortreibrohr zwei Kragen angeordnet sind, zwischen denen eine Muffe mit nach innen vorspringendem Flansch verschiebbar liegt. Der untere Kragen trägt einen nach innen unter das Vortreibrohr vorspringenden Flansch.



**Einrichtung zur Förderung von Gußbeton zu den Verbrauchsorten auf einer Baustelle** (Kl. S4a, Nr. 417 601 vom 5. 4. 1922 von Siemens-Bauunion-G. m. b. H., Komm.-Ges. in Berlin). — Um die bei der Förderung von Gußbeton bisher verwendeten teuren Türme und Aufzüge zu vermeiden, wird der von der Mischmaschine kommende Betonbrei mit einer die Wasserausscheidung verhütenden Geschwindigkeit durch ein Förderband fortbewegt und dann in Gießrinnen geleitet, die ihn den Verwendungstellen zuführen. Zu beachten ist, daß die Fördergeschwindigkeit so bemessen sein muß, daß kein Wasser sich ausscheiden und der Betonbrei selbsttätig zu den Verbrauchstellen fließen kann. Um den Betonbrei von der Mischmaschine auf das Förderband zu heben, ist eine Senkrechtfördereinrichtung vorgesehen, die den Betonbrei un-



mittelbar unter der Mischmaschine aufnimmt. Bei Schleusenbauten, deren Länge die Breite wesentlich übersteigt, werden die Mischanlage und das Förderband auf parallel zur Längsachse des Bauwerks verlegten Gleisen verschiebbar gelagert.

### Personalnachrichten.

**Proußen.** Die Staatsprüfung haben bestanden: die Regierungsbauführer Wilhelm Hendricks und Kurt Pickel (Wasser- und Straßenbaufach).

**INHALT:** Statische Berechnung von Tieftunneln. — Verkehrsregelung auf den Straßen in den Vereinigten Staaten. — Standsicherheitsuntersuchung von Kaimauern in weichem Lehm Boden. — Über die Sicherheit gegen Knicken. — Vermischtes: Fahrbare Gußbetonanlage. — Kurze und lange Wasserstandsänderungen der Ostsee. — Vortrag im Architekten- und Ingenieurverein zu Berlin. — Neue Donauschleuse am Kachlet bei Passau. — Ausbau der Wasserkraft des Shannon-Flusses in Irland. — Straßenbau-Studien in der Schweiz. — Zuschriften an die Schriftleitung. — Patentschau. — Personalnachrichten.

Schriftleitung: A. Laskus, Geh. Regierungsrat, Berlin-Friedenau  
Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin.  
Druck der Buchdruckerei Gebrüder Ernst, Berlin.