

## DIE TRAGFÄHIGKEIT DES BAUGRUNDES. THEORIE DER GRÜNDUNG AUF GEWACHSENEM BODEN.

Von Prof. F. K. Th. van Iterson, Heerlen.

Boussinesq hat unter Annahme eines durch eine Ebene einseitig begrenzten elastischen Körpers für verschiedene Fälle der Belastung die Spannungsverteilung berechnet<sup>1</sup>.

Infolge des lockeren Gefüges der meisten Bodensorten und der großen Abweichung von der Verhältnismäßigkeit zwischen Spannung und Formänderung ist die wirklich vorhandene Druckverteilung unter einem Fundament von der nach Boussinesq berechneten allerdings sehr verschieden. Wir können jedoch behaupten, daß die Ergebnisse dieser Berechnungen hierdurch nicht hinfällig werden. Die Entscheidung wird der Versuch bringen müssen.

Wir erreichen gute Übereinstimmung zwischen Theorie und Praxis und eine große Vereinfachung der theoretischen Aufgabe durch die Annahme, daß der Baugrund keine Zugspannungen aufnehmen kann und Schubspannungen nur dort, wo allseitiger Druck vorhanden ist.

Das geeignetste Mittel, eine Übersicht über die Tragfähigkeit des Bodens zu erlangen, ist für den Ingenieur eine mathematische Behandlung der Festigkeitsprobleme.

### Gewählte Bezeichnungen.

- x, y Koordinaten in Richtung der Tiefe und der Niveaulinie,
- u, v Verschiebung eines Punktes (x, y) in der Richtung der X- bzw. Y-Achse,
- $\sigma_x$  Normalspannung in der X-Richtung,
- $\sigma_y$  " " " " Y- " "
- $\tau$  Schubspannung,
- E Elastizitätsmodul,
- G Gleitmodul,
- m Poissonsche Zahl,
- r,  $\theta$  Polarkoordinaten,  $\theta$  gerechnet von der senkrechten Mittellinie aus,
- i radiale Verschiebung,
- t Verlängerung des Kreisbogens r  $\theta$ ,
- $\sigma_r$  Normalspannung in radialer Richtung,
- $\sigma_t$  " " in tangentialer Richtung,
- $\sigma_n$  " " senkrecht zur Meridianebene,
- p Druck auf die Flächeneinheit der Rinnen- bzw. Kugelwand,
- $p_0$  Druck auf die Flächeneinheit der Rinnen- bzw. Kugelwand bei  $\theta = 0$ ,
- $p_m$  mittlere Bodenbelastung, bezogen auf die Flächeneinheit,
- $r_0$  Halbmesser der Rinne bzw. Kugel,
- $r_n$  Halbmesser des Halbzylinders, der den elastischen Boden begrenzt,
- z l Länge des belasteten Streifens,
- q Belastung auf die Längeneinheit,
- f,  $f_L$  Sinken eines Fundamentes mit halbkugelförmiger bzw. ebener Begrenzung.

### Abschnitt I.

#### Der ebene Spannungszustand.

Für einen Punkt (x, y) im Erdboden sollen die Spannungen  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$  und  $\tau$  für irgendeine Belastung berechnet werden (Abb. 1). Wir beginnen mit dem ebenen Spannungszustand und setzen zur Vereinfachung die Poissonsche Zahl  $m = \infty$ , d. h. wir sehen von einer Querszusammenziehung ab. Diese Annahme ist, wie

die Versuche zeigen, berechtigt bei Sandboden und lockerem Gestein. Dann ist nach den Beziehungen des Elastizitätsmodul E, des Gleitmodul G und der Querdehnungszahl m

$$G = \frac{1}{2} E.$$

Übrigens spielt für den ebenen Spannungszustand die Größe von m keine Rolle, und die gefundenen Ergebnisse sind auch dann richtig, wenn man m einen bestimmten endlichen Wert gibt. Sind u und v die Verschiebungen des Punktes (x, y), so gelten folgende Beziehungen:

$$\sigma_x = E \frac{\partial u}{\partial x}, \quad \sigma_y = E \frac{\partial v}{\partial y},$$

$$\tau = -G \left( \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \quad \text{oder} \quad \tau = -\frac{E}{2} \left( \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right)$$

und die Gleichgewichtsbedingungen für die X- und Y-Richtung sind für das Element dx dy

$$\frac{\partial \sigma_x}{\partial x} dx dy + \frac{\partial \tau}{\partial y} dy dx = 0 \quad \text{und} \quad \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} dy dx + \frac{\partial \tau}{\partial x} dx dy = 0$$

$$\text{oder (1)} \quad \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \frac{1}{2} \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} - \frac{1}{2} \cdot \frac{\partial^2 v}{\partial x \partial y} = 0$$

$$\text{und (2)} \quad \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} - \frac{1}{2} \cdot \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} - \frac{1}{2} \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} = 0.$$

Hat man eine Lösung für diese beiden partiellen Differentialgleichungen gefunden, so daß die Randbedingungen erfüllt sind, dann sind für jeden Punkt im Erdboden die Verschiebungen u und v sowie die Spannungen  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$  und  $\tau$  bekannt. Nun ist es in der Regel nicht leicht, u und v als Funktion von x und y zu erhalten.

Da wir hier die rein mathematische Behandlung des Problems heranziehen, soll der Vollständigkeit halber nicht unerwähnt bleiben, daß man die Lösung des Problems auf die Ermittlung der Airyschen Spannungsfunktion zurückführen kann, d. h. auf eine Funktion F von x und y, so daß  $\nabla^2 \nabla^2 F = 0$ . Hierbei bezeichnet

$$\nabla^2 = -\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}.$$

Hat man die Funktion F ermittelt, dann sind die Spannungen

$$\sigma_x = \frac{\partial^2 F}{\partial y^2}, \quad \sigma_y = \frac{\partial^2 F}{\partial x^2}, \quad \tau = -\frac{\partial^2 F}{\partial x \partial y}.$$

Nur für einen einzigen Fall, der uns im folgenden wegen seiner Wichtigkeit für die Technik weiterhin beschäftigen wird, soll die Lösung gegeben werden. Dies ist der Fall einer unendlich langen, halbzylinderförmigen Rinne vom Halbmesser  $r_0$ , die mit einer schweren Flüssigkeit, z. B. Quecksilber, gefüllt ist (Abb. 2). Wir nehmen an, daß das elastisch-isotrope Bodenmaterial sich

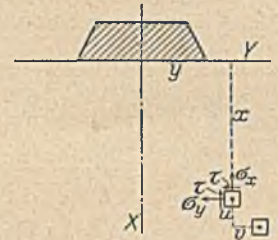


Abb. 1.

<sup>1</sup> Applications des potentiels à l'études de l'équilibre et du mouvement des solides élastiques, Paris 1885. Siehe ebenfalls Föppl, Technische Mechanik V, § 37, Lösungen mit Hilfe von Potentialfunktionen, § 38 Lösung für den durch eine Ebene einseitig begrenzten Körper; Dr.-Ing. Ferd. Schleicher, Zur Theorie des Baugrundes, „Der Bauingenieur“ 26. November 1926, S. 931 und 3. Dezember 1926, S. 949.

ins Unendliche erstreckt oder begrenzt ist durch einen Halbzylinder vom Halbmesser  $r_0$ , außerhalb dessen eine uneindrückbare Wand sich befindet.

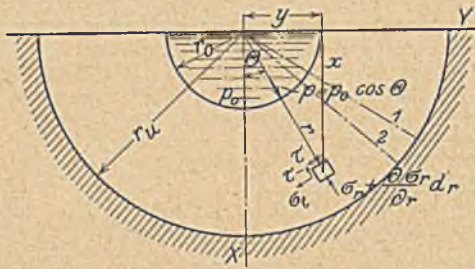


Abb. 2.

Ist der Flüssigkeitsdruck im tiefsten Punkte  $p_0$ , dann lautet die Spannungsfunktion

$$F = -\frac{p_0 r_0}{2} \log \operatorname{tg} \frac{y}{x}$$

und die Spannungen im Punkte  $(x, y)$  sind:

$$\sigma_x = -\frac{x^3}{(x^2 + y^2)^2} p_0 r_0, \quad \sigma_y = -\frac{x y^2}{(x^2 + y^2)^2} p_0 r_0,$$

$$\tau = -\frac{x^2 y}{(x^2 + y^2)^2} p_0 r_0^{2*}.$$

Diese Ergebnisse geben noch keinen direkten Einblick in die Spannungsverteilung. Ein besseres Bild gewährt die Behandlung des Problems in Polarkoordinaten. Diese ergibt für die radiale und tangential Normalspannung und die dazu gehörigen Schubspannungen

$$\sigma_r = -\frac{p_0 r_0}{r} \cos \theta, \quad \sigma_t = 0, \quad \tau = 0.$$

Dieses Resultat hätte man auch gleich in Abb. 2 ablesen und allein bei Betrachtung des Sektors zwischen den Schnitten 1 und 2 anschreiben können.

Die radiale Eindrückung  $i$  errechnet sich aus

$$\frac{\partial i}{\partial r} = -\frac{\sigma_r}{E} \quad \text{oder} \quad \frac{\partial i}{\partial r} = \frac{p_0 r_0 \cos \theta}{E r}, \quad i = \frac{p_0 r_0}{E} \ln \frac{r_0}{r} \cos \theta.$$

Weil  $\sigma_t = 0$ , fehlt bei Vernachlässigung der Querspannung jede tangentiale Verlängerung oder Verkürzung  $\frac{\partial t}{r \partial \theta} = 0$ .

Da dieser Belastungsfall als Ausgangspunkt für die weiteren Besprechungen dienen soll, wollen wir die gefundenen Ergebnisse uns eingehend ansehen und folgendes festhalten:

a) 
$$i = \frac{p_0 r_0}{E} \ln \frac{r_0}{r} \cos \theta$$

besagt, daß der radiale Eindruck für jeden Kreis mit dem Radius  $r$  unten (bei  $\theta = 0$ ) am größten ist und dann bis oben nach einem Cosinusetz abnimmt. An der Oberfläche, wo  $\theta = \frac{\pi}{2}$  ist, wird der Boden überhaupt nicht eingedrückt. Im Grunde genommen heißt dies, daß der Kreis um den Betrag

$$i_r = \frac{p_0 r_0}{E} \ln \frac{r_0}{r}$$

nur senkrecht nach unten sich bewegt<sup>3</sup>.

b) Der Kreisumfang wird nicht länger, denn, da  $t = 0$ , hat keine Verlängerung stattgefunden. (In Abb. 4 ist diese Verschiebung der Kreise durch die Flüssigkeitsbelastung schematisch wiedergegeben.)

<sup>2\*</sup> Vergleich: Melan, Beton und Eisen 1919, S. 83, und Dr. Rudolf Lorenz, Schiene und Rad, Zeitschr. d. Ver. d. Ing. 1928, S. 175.

<sup>3</sup> Die berechneten Werte von  $i$  sind eigentlich die Verkürzungen der Radii. Trägt man ihrer Krümmung Rechnung, dann verschwindet die Anomalie, daß die Kreise nicht rechtwinklig zur Erdoberfläche stehen. — Die Näherung ist von derselben Ordnung wie die Annahme, daß das freie Ende eines einseitig eingespannten Stabes sich geradlinig verschiebt.

c) Ein sonderbares Ergebnis der Rechnung, das wir etwas näher betrachten wollen, ist folgendes:

$$i_0 = \frac{p_0 r_0}{E} \ln \frac{\infty}{r_0} = \infty.$$

Eine mit Flüssigkeit gefüllte Rinne von unendlicher Länge auf einem Boden, der sich nach der Tiefe hin ins Unendliche erstreckt, also nirgendwo durch eine uneindrückbare Wand begrenzt ist, sinkt unendlich tief in die Erde ein. Dies würde auch gelten für einen Graben willkürlichen Querschnittes, mit Wasser gefüllt, einen Damm oder eine Mauer. Auch diese Umkehrung ist eine mathematische Notwendigkeit. Gräbt man einen Graben und entlastet somit die Erde, dann müßte diese infolge der Entlastung hochkommen. Ein Unternehmer, der einen Graben anzulegen hat und der einem Mathematiker die Aufgabe stellt, zu berechnen, wieviel Boden mehr weggeschafft werden muß infolge des Höherkommens des Erdbodens bei der Entlastung, bekommt unweigerlich die Antwort: „Unendlich viel“. Es ist hier noch nicht möglich, die erforderliche Erklärung dafür zu geben, diese muß bis nach der Behandlung eines weiteren Ergebnisses der mathematischen Festigkeitslehre verschoben werden.

d) Laßt man  $r_0$  abnehmen bis  $r_0 = 0$ , so bekommt man den Fall, daß der Boden durch eine Belastung längs einer Linie beansprucht wird. In Abb. 3 sind die Druckspannungen im

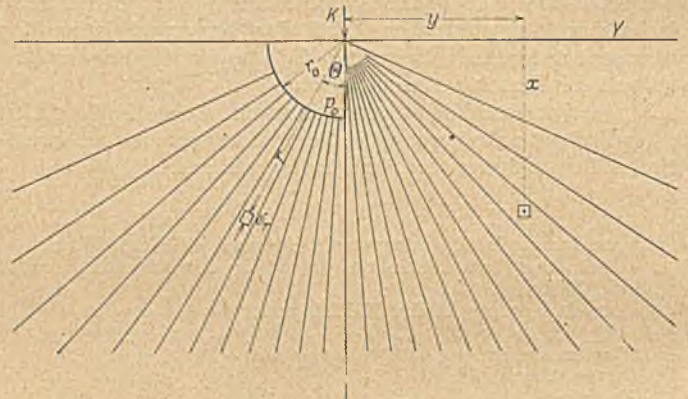


Abb. 3. Drucklinien im Boden, links bei Belastung durch eine mit schwerer Flüssigkeit gefüllte Rinne oder Halbkugel, rechts bei Belastung längs einer Linie oder in einem Punkt.

Boden dargestellt, sowohl für den Fall, daß die Belastung ausgeübt wird durch eine mit schwerer Flüssigkeit gefüllte Rinne, als auch durch eine längs einer Linie gleichmäßig verteilte Last. Außerhalb der Rinne sind die Verhältnisse die gleichen.

Die dem Flüssigkeitsgewicht gleichwertige Belastung ist  $K = \pi/2 \cdot p r_0$ .

Die radiale Spannung im Punkte  $(r, \theta)$  ist:

$$\sigma_r = \frac{p_0 r_0}{r} \cos \theta, \quad \sigma_t = \frac{2K}{\pi r} \cos \theta.$$

Bei rechtwinkligen Koordinaten für den Punkt  $(x, y)$

$$\sigma_x = -\frac{2K}{\pi} \cdot \frac{x^3}{(x^2 + y^2)^2}, \quad \sigma_y = -\frac{2K}{\pi} \cdot \frac{x y^2}{(x^2 + y^2)^2},$$

$$\tau = \frac{2K}{\pi} \cdot \frac{x^2 y}{(x^2 + y^2)^2}.$$

Die gleichen Formeln und dieselbe Spannungsverteilung findet man auch, wenn man die Querdehnungszahl  $m$  mit ihrem tatsächlichen Werte einsetzt, aber dann allein für einen unterhalb der Ursprungsebene sich ins Unendliche erstreckenden elastischen Erdboden. Das gleiche gilt auch dann noch, wenn  $E$  keine Konstante ist, sich aber stetig ändert. Man kann also sagen, daß für Linienbelastung das Spannungsproblem für den Erdboden gelöst ist. Dann ist dies aber auch der Fall für jede

willkürliche Belastung eines Teiles des Erdbodens. Denn hierfür ist der Spannungszustand graphisch oder analytisch durch Überlagerung der Einflüsse der nebeneinander gelegenen Elementarstreifen abzuleiten.

**Abschnitt II.**

**Der räumliche Spannungszustand.**

Weniger einfach abzuleiten, jedoch mehr bekannt ist die Spannungsverteilung im Erdboden unter einer Einzellast. Dieser Fall wird in dem bekannten Lehrbuche von Föpppl in Anlehnung an die von Boussinesq angegebene Lösung behandelt.

Noch nicht bekannt war, daß man eine identische Spannungsverteilung im Erdboden erhält, wenn dieser nicht in einem Punkte, sondern durch eine halbkugelförmige, mit einer schweren Flüssigkeit gefüllte Mulde belastet wird; dieser Fall ist, wie wir sehen werden, für die Anwendung in der Praxis von der größten Bedeutung.

Die Bezeichnungen sind wieder dieselben, wie in Abb. 2, die diesmal keine Rinne, sondern eine halbkugelförmige Mulde im Schnitt vorstellt.

Die Spannungen im Boden sind in Polarkoordinaten:

$$\sigma_r = -\frac{3P}{2\pi} \cdot \frac{\cos \Theta}{r^2}, \quad \sigma_t = 0, \quad \sigma_\theta = 0, \quad \tau = 0$$

oder 
$$\sigma_r = -\frac{p_0 r_0^2}{r^2} \cos \Theta.$$

Jeder Kugelsektor übernimmt seinen Anteil am Druck so, als ob die anderen nicht vorhanden wären.

Bei dieser Ableitung fehlen im Boden jegliche Zugspannungen, was unserer Annahme für das Erdreich entspricht. Bei der strengen Lösung des Spannungsproblems nach Boussinesq kommen Zugspannungen vor auf den Elementen von vertikalen Zylinderschnitten um die Achse. Unsere vereinfachte Lösung stimmt nahe an der Oberfläche besser mit der Wirklichkeit überein, bedingt aber kleine Verschiebungen im Boden. In größerer Tiefe, wo Überlagerung der Zugspannung und des anwesenden allseitigen Erddruckes noch Drucküberschuß aufweist, ist die Boussinesqsche Rechnung besser. Der Unterschied zwischen beiden Ergebnissen ist für die Praxis zu vernachlässigen und für Normal- und Schubspannungen auf horizontale Flächenelemente kommt genau dasselbe heraus.

Abb. 3 kann wieder zur Darstellung der Spannungstrajektorien dienen, vorausgesetzt, daß man die Spannungen nicht umgekehrt proportional dem Abstände der Linien, sondern umgekehrt proportional dem Quadrate des Abstandes dieser Linien annimmt, weil die Zahl der Kraftlinien auf die Flächeneinheit mit dem Quadrate des Abstandes vom Mittelpunkte abnimmt.

Aus der Druckspannung

$$\sigma_r = \frac{p_0 r_0^2}{r^2} \cos \Theta$$

folgt unmittelbar die radiale Verschiebung, der Eindruck:

$$i = \frac{p_0}{E} \cdot \frac{r_0^2}{r} \cos \Theta.$$

Hieraus und aus der Tatsache, daß  $\sigma_t = 0$  und  $\sigma_\theta = 0$ , folgt, daß jede Kugelfläche gleich groß bleibt und nur senkrecht einsinkt (Abb. 4), und zwar um

$$f = \frac{p_0}{E} \cdot \frac{r_0^2}{r}.$$

Dieser Ausdruck, der auch für das Einsinken des obersten Kugelrandes gilt,

$$f_r = \frac{p_0 r_0^2}{E r}$$

besagt, daß die Erzeugende der Erdoberfläche rund um den belasteten Teil eine gleichseitige Hyperbel ist mit der senk-

rechten Kugelachse und der Niveaulinie als Asymptoten. Das größte Sinken ist natürlich das der Kugel selbst.

$$f_0 = \frac{p_0 r_0}{E} \quad \text{oder} \quad f_0 = \frac{3}{2\pi} \cdot \frac{P}{E r_0}.$$

Hierin bedeutet  $P = \frac{2\pi}{3} p_0 r_0^2$  die Gesamtbelastung der Erde

durch die Flüssigkeit in der Halbkugel. Wenn diese auf einen Punkt zusammengezogen wird,  $r_0 = 0$ , dann würde das Einsinken in unendliche Tiefe erfolgen.

Wir kommen nun zu einer für die Praxis wichtigen Bemerkung, die schließlich auf die wahre Druckverteilung im Erdboden führt:

Da eine mit einer schweren Flüssigkeit gefüllte Halbkugel nicht deformiert wird, sondern unverformt um eine kleine

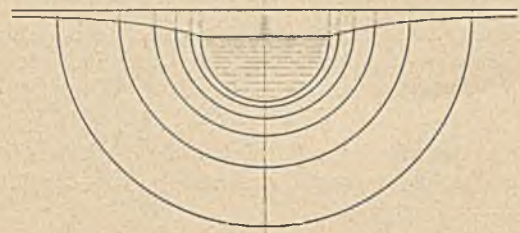


Abb. 4. Einsinken der konzentrischen Kugelfläche um eine belastete Halbkugel.

Strecke in den Boden einsinkt, ist auch die Druckverteilung im Boden unter einem Stempel mit halbkugelförmigem Kopf (Abb. 5) bekannt.

Die Formeln hierfür lauten:

Größte Spannung

$$\sigma_{\max} = p_0 = \frac{3P}{2\pi r_0^2}, \quad \sigma_{\max} = \frac{3}{2} \sigma_{\text{mittel}}$$

der Eindruck

$$f_0 = \frac{3P}{2\pi r_0 E}$$

und die radiale Druckspannung an einem beliebigen Punkte  $r, \Theta$ :

$$\sigma_r = \frac{3P}{2\pi r^2} \cos \Theta.$$

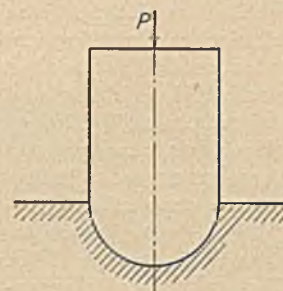


Abb. 5. Stempel mit halbkugelförmigem Kopf.

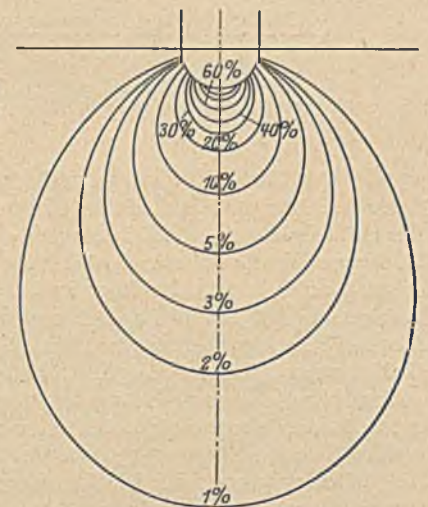


Abb. 6. Linien gleichen senkrechten Druckes unter Stempel mit halbkugelförmigem Kopf.

Man interessiert sich in der Praxis meistens — wohl nicht ganz mit Recht — für die Normaldruckspannungen auf horizontal gelegene Flächenelemente.

In Abb. 6 sind Linien gleichen senkrechten Druckes eingezeichnet, die Isobaren für

$$\sigma_x = \frac{3P x^3}{2\pi r^5}.$$

Wenn der Fuß nicht halbkugelförmig ist, wird in einem Abstände von ihm und in einer gewissen Tiefe in der Erde, wo der

örtliche Einfluß dieser Abweichung verschwunden ist, die in Abb. 3 und 6 abgeschätzte Spannungsverteilung sicher vorhanden sein.

Bevor wir nun von der Theorie auf die Praxis übergehen, wird es angebracht sein, das Paradoxon von dem unendlich tiefen Eindruck in den Erdboden zu erklären.

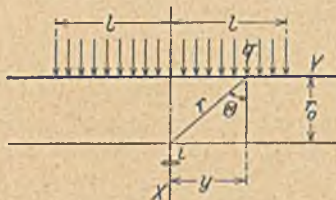


Abb. 7. Eindrückung in der Tiefe  $r_0$  unter der Mitte eines schmalen Streifens.

Im folgenden bestimmen wir den Eindruck in einer Tiefe  $r_0$  (Abb. 7) unter der Mitte eines schmalen Streifens von der Länge  $2l$ , belastet mit  $q$  auf die Längeneinheit, oder was dasselbe ist, das Sinken in der Mitte einer halbzyklinderförmigen

Rinne, gefüllt mit Wasser in der Tiefe  $r_0$ ,  $q = \frac{\pi}{2} r_0^2$ . Das Sinken jedes Punktes einer Halbkugeloberfläche mit dem Halbmesser  $r$ , in deren Mittelpunkt eine Kraft  $q dy$  angreift, ist:

$$di = \frac{3}{2} \cdot \frac{q dy}{\pi r E}$$

Dies ist der Beitrag zum Einsinken in der Mitte durch die Elementarbelastung  $q dy$  im Abstände  $y$  von der Mitte. Aus der Abbildung folgt

$$r = \frac{r_0}{\cos \theta}, \quad \cos \theta = \frac{r_0}{\sqrt{r_0^2 + y^2}},$$

deshalb

$$i = \frac{3q}{2\pi E} \int_{-l}^{+l} \frac{dy}{\sqrt{r_0^2 + y^2}}$$

$$i = \frac{3q}{2\pi E} \ln \frac{1 + \sqrt{r_0^2 + l^2}}{-1 + \sqrt{r_0^2 + l^2}}$$

Nimmt man einen belasteten Streifen an oder eine Rinne mit  $l = 1 \text{ m}$  und  $r_0 = 1 \text{ m}$  und ist das Einsinken  $i = 0,76 \text{ mm}$ , dann ist für

$l$	$1 \text{ m}$	$10$	$100$	$1000$	$10\ 000$	$100\ 000$	$1\ 000\ 000$	$10\ 000\ 000$
$i_m$	$0,76$	$1,6$	$3,6$	$5,6$	$7,6$	$9,6$	$11,6$	$13,6$

Bei einer Rinne, welche die halbe Erde umspannt, ist das Einsinken erst 18 mal so groß als bei einer kleinen Rinne von 2 m Länge. Theoretisch ist es richtig, daß unendlich lange belastete Streifen unendlich tief in die Erde eindringen. In Wirklichkeit bleiben die Eindrücke stets klein, womit das Paradoxon erklärt ist.

Gebraucht man die in Abschnitt IV angegebenen Werte für  $E$ , so kann man berechnen, daß bei Flut die Kais in Rotterdam um mehr als 5 mm sinken, um sich bei Ebbe wieder ebensoviel zu heben<sup>4</sup>.

Es ist klar, daß man die Spannungsverteilung im Boden für eine willkürliche Belastung so bestimmen könnte, daß man, von der Belastung in einem Punkte ausgehend, sie für einen belasteten schmalen Streifen untersucht und von dem Streifen auf die Belastung für eine größere Fläche übergeht. Boussinesq hat diese Berechnungsweise sehr vereinfacht, und für eine Reihe von Fällen ist nun die theoretische Druckverteilung unter Fundamenten bestimmt.

Wie wir sehen werden, weichen die so erhaltenen Ergebnisse außerordentlich stark von der Wirklichkeit ab. Jedoch kann die im Vorhergehenden ermittelte Spannungsverteilung unter Mulde und Rinne gleichwohl als Ganzes in der Praxis Anwendung finden, wie wir im folgenden zeigen werden.

(Fortsetzung folgt.)

<sup>4</sup> Nachdem dies geschrieben war, haben Nivellierungen Bewegungen von 4 bis 7 mm ergeben, bei Gezeitenunterschieden von 1,5 m.

## DER STAND DER BAUARBEITEN AM GROSSKRAFTWERK RYBURG-SCHWÖRSTADT IM HERBST 1928.

Von Dipl.-Ing. Kurt Pfletschinger, Karlsruhe.

Das z. Zt. im Bau befindliche Großkraftwerk Ryburg-Schwörstadt am Oberrhein ist eines der 13 vorgesehenen Kraftwerke, die das 150 m betragende Gefälle des Rheins vom Bodensee bis Basel zur Gewinnung elektrischer Energie einst ausnutzen werden. Es liegt zwischen den schon bestehenden Werken bei Eglisau, Laufenburg oberhalb, Rheinfeldern und Augst-Wyhlen unterhalb und wird die genannten Werke an Größe übertreffen. Ausgebaut für eine Wassermenge von 1000 m<sup>3</sup>/sec, die zugleich die mittlere Wassermenge des Jahres ist, wird das Kraftwerk bei Mittelwasser mit etwa 11 m Nutzgefälle maximal etwa 130 000 kVA leisten. Die vier zur Aufstellung kommenden Generatoren mit je 32 500 kVA werden durch vier der größten bisher gebauten Kaplan-turbinen mit einer Schluckfähigkeit von je 250 m<sup>3</sup>/sec, die auf 300 m<sup>3</sup>/sec gesteigert werden kann, und je 35 000 PS maximaler Leistung angetrieben.

Die vier Maschinensätze werden in einem etwa 130 m langen Krafthaus untergebracht, das vom rechten Flußufer aus senkrecht zur Stromrichtung zu stehen kommt. Links daran anschließend wird das Wehr gebaut, das vier Öffnungen von je 24 m l. W. besitzt. Wehr und Krafthaus, in einer Flucht liegend, schließen den ganzen Fluß quer ab. Die bei der späteren Schiffbarmachung des Oberrheins zu erbauende Schleuse kommt in etwa 100 m Entfernung vom Wehrwiderlager auf die schweizerische Seite. (Siehe Lageplan Abb. 1.)

Die Bauausführung der gesamten Anlage bietet infolge der Wasserverhältnisse des Rheins besondere Schwierigkeiten.

Die Sohle des etwa 200 m breiten Rheins besteht aus Muschelkalkfelsen. In diesem Felsen befindet sich von der Strommitte gegen das rechte (deutsche) Ufer zu eine bis 20 m tiefe, mit Geröll angefüllte Erosionsrinne, die die Gründung des linken Teiles des Krafthauses äußerst schwierig gestaltet.

Die im Mai 1927 in Angriff genommene Bauausführung wird etwa vier Jahre in Anspruch nehmen und gelangt in folgenden vier Etappen zur Durchführung:

1. Umschließung der Baugrube für die linke Wehrhälfte (Wehrpfeiler I und II) und der linken Krafthaushälfte (Turbine 1 und 2) Winter 1927/28 (siehe Abb. 2 und 3).
2. Umschließung der Baugrube für die rechte Wehrhälfte in Verbindung mit der linken Krafthaushälfte (Wehrpfeiler III, Trennpfeiler zwischen Wehr und Krafthaus und Krafthaus-turbine 1 und 2) Winter 1928/29 (siehe Abb. 4).
3. Wehr fertig; Herstellung der rechten Hälfte des Krafthauses (Turbine 3 und 4) Winter 1929/30.
4. Fertigstellung des Maschinenhauses. Im Laufe des Jahres 1930.

In Einklang mit diesem Bauprogramm ist der derzeitige Bauzustand etwa folgender:

Das linke Widerlager und die Pfeiler 1 und 2 des Wehres, sowie der Grundbau der Wehröffnungen 1 und 2 sind fertig gestellt, ebenso die untere Wehrdienstbrücke über den Öffnungen 1 und 2. Mit der Installation der Schützen wurde noch nicht begonnen. Am Krafthaus ist der Felsaushub für die

Turbine 1 fertiggestellt und wird mit dem Betonieren begonnen. Der Kiesaushub für die über der Erosionsrinne liegende Turbine 2 ist in Ausführung begriffen.

Die Gründung von Wehr und Kraftwerk erfolgt unmittelbar auf den Fels, und zwar überall in offener von Betonfangdämmen umgrenzter Baugrube. Die Konstruktion der Fangdämme geschieht nach dem von der bekannten Tiefbauunternehmung Grün & Bilfinger A.-G., Mannheim, in großem Umfang beim Bau der Kachlet-Stufe in Passau angewendeten Arbeitsweise. In den Fels der Flußsohle werden zunächst Löcher gebohrt, in die Eisenbahnschienen gestellt werden; dazwischen werden hölzerne Spundbohlen eingebracht und eventuelle Zwischenräume gut abgedichtet; zwischen den beiden so entstandenen Wänden wird der Felsboden durch Taucher gereinigt und dann der ganze freie Raum ausbetoniert. Die Fangdämme haben sich sehr gut bewährt und erwiesen sich auch im Anschluß an den Fels als dicht. Sie sind 2 m breit und haben kräftige Aussteifungsrippen; maximal haben sie einen Wasserdruck von 6,5 m auszuhalten. Nach Gebrauch werden die Fangdämme gesprengt.

In der tiefen Erosionsrinne versagte natürlich diese Ausführung, und man kam zu folgender Lösung. Dort wurden doppelte Reihen Larssenwände gerammt, wo irgend möglich bis auf den Fels; zur Sicherheit kam dann noch eine dritte Larssenwand hinzu; der Raum zwischen diesen Larssenwänden wurde mit Kies angefüllt; diese Kiesfüllung wurde oben durch eine kräftige Betonkappe abgedeckt. Diese Fangdämme haben eine Breite von 6 m zwischen den äußeren Spundwandreihen.

Um nun innerhalb des Fangdammes auch in der Erosionsrinne mit der Gründung des Maschinenhauses bis auf den Fels hinabzukommen, wählte man folgende Arbeitsweise (siehe Abb. 5). Zwischen Larssenwänden wird in offener Baugrube mit Wasserhaltung der Kiesaushub bewerkstelligt. Für den Fall, daß der Wasserandrang nicht mehr bewältigt werden könnte, wurde gleich zu Beginn eine Eisenbetondecke eingebaut und eine Druckluftschleuse aufgesetzt, um nötigenfalls unter Druckluft weiterarbeiten zu können; bis jetzt hat sich diese Maßnahme noch nicht als notwendig erwiesen, obgleich der Aushub größtenteils schon bewerkstelligt ist. Nach Erreichung des Felsens wird der ganze Raum zwischen den beiden Seitenwänden ausbetoniert.

Die Zuschlagsmaterialien für die gesamte Betonbereitung werden aus einer Schotterterrasse am linken Flußufer gewonnen. In einer zentralen Aufbereitungsanlage auf der gleichen Seite wird der Kiessand in die drei Komponenten

- Sand: 0—7 mm,
- Feinkes: 7—30 mm,
- Grobkies: 30—80 mm

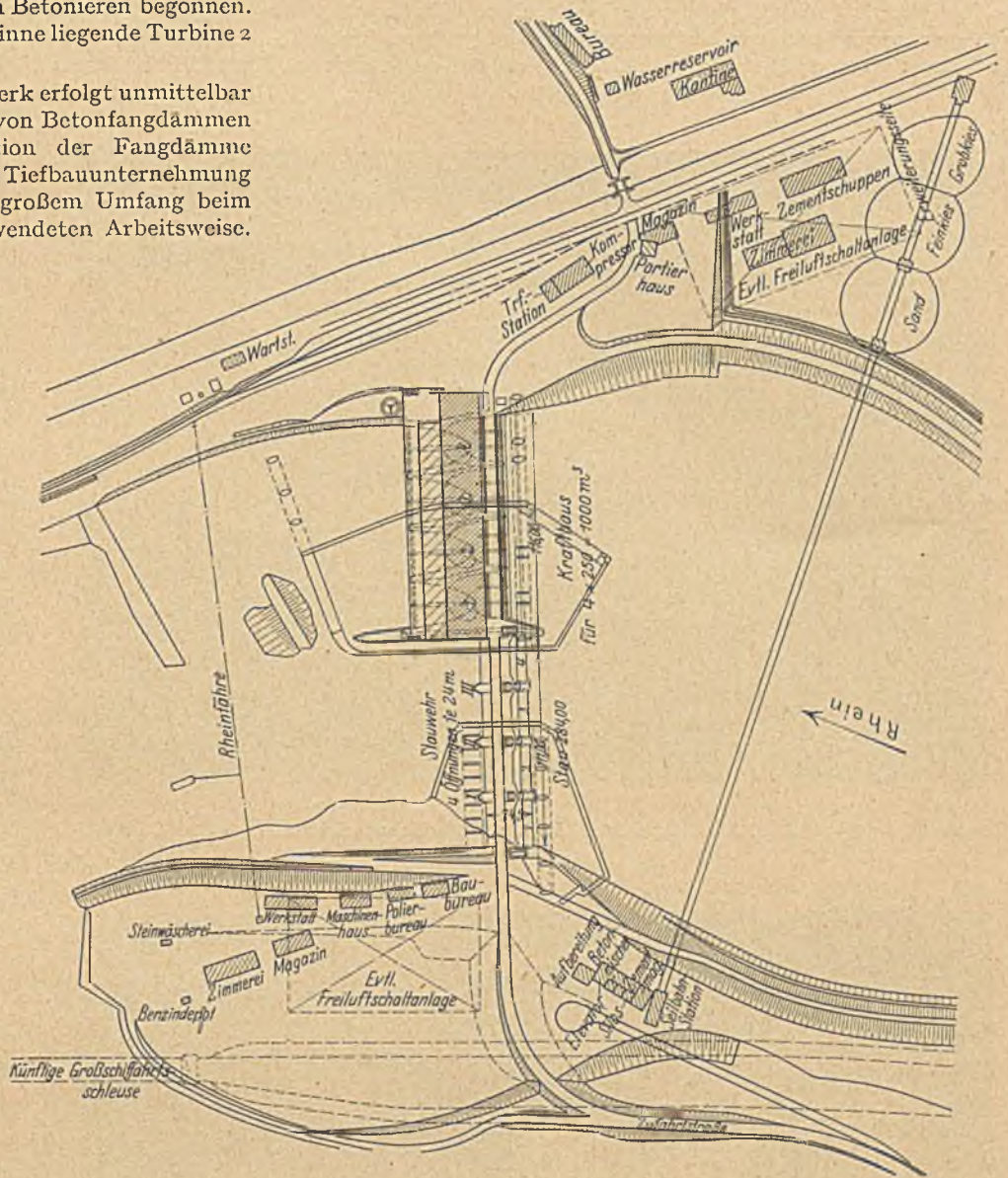


Abb. 1. Kraftwerk Ryburg-Schwörstadt, Lageplan.

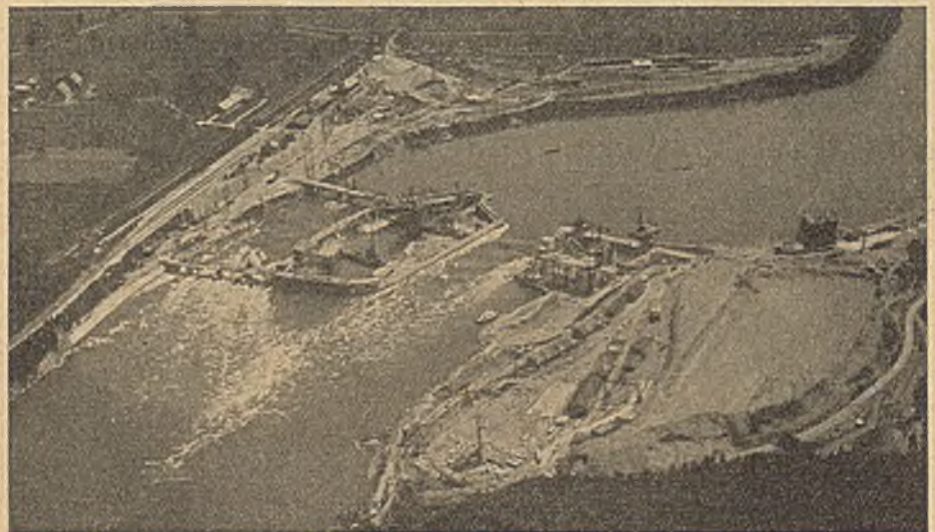


Abb. 2. Übersicht über die Baustelle. (Bauzustand Anfang 1928.)

aufgeteilt und dabei gleichzeitig gewaschen. Da Sand von 0—7 mm in zu geringen Mengen anfällt, wird gröberes Material in einem Brecher zu Sand zerkleinert. Das auf der deutschen

besteht zu je gleichen Teilen aus Sand, Feinkies und Grobkies; der Sandgehalt mit etwa 33% bewegt sich also an der unteren möglichen Grenze. In einem Baulaboratorium werden die

Betonmischungen laufend auf ihre Festigkeitseigenschaften geprüft, während die Zementuntersuchungen an der Eidgenössischen Materialprüfungsanstalt in Zürich zur Durchführung gelangen. Der Beton wird in gießfähiger Konsistenz eingebracht; beim Wehr geschieht der Antransport in Kippwagen, während beim Krafthausbau ein fahrbarer Gießturm mit eingebauter Mischanlage zur Aufstellung gelangen wird.

Die Gesamtmenge des einzubringenden Betons beträgt für das Wehr rd. 60 000 m<sup>3</sup>, für das Krafthaus rd. 80 000 m<sup>3</sup>.

Die „Kraftwerk Ryburg-Schwörstadt A.-G.“ ist ein gemischtwirtschaft-

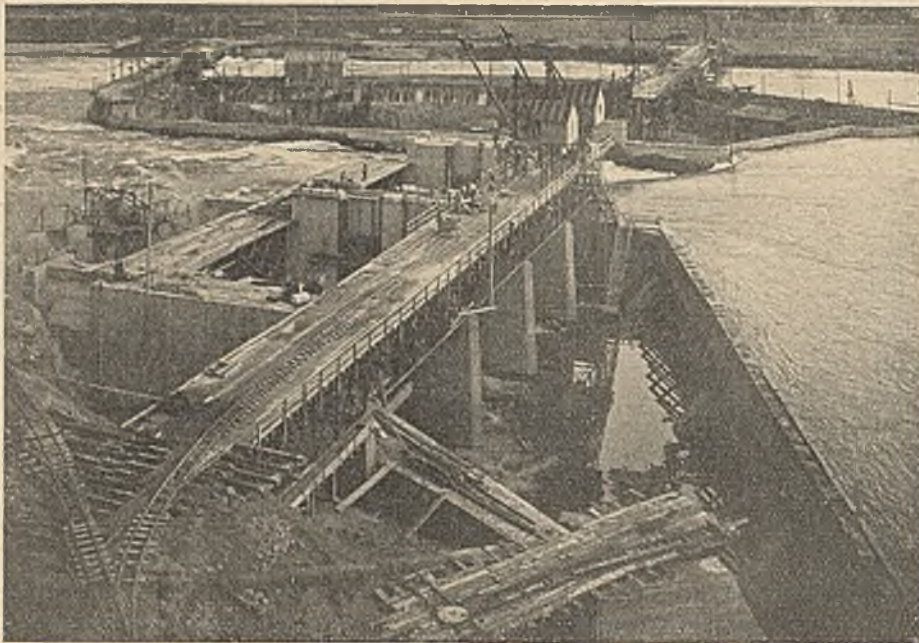


Abb. 3. Bauzustand April 1928. (Bauabschnitt 1.)

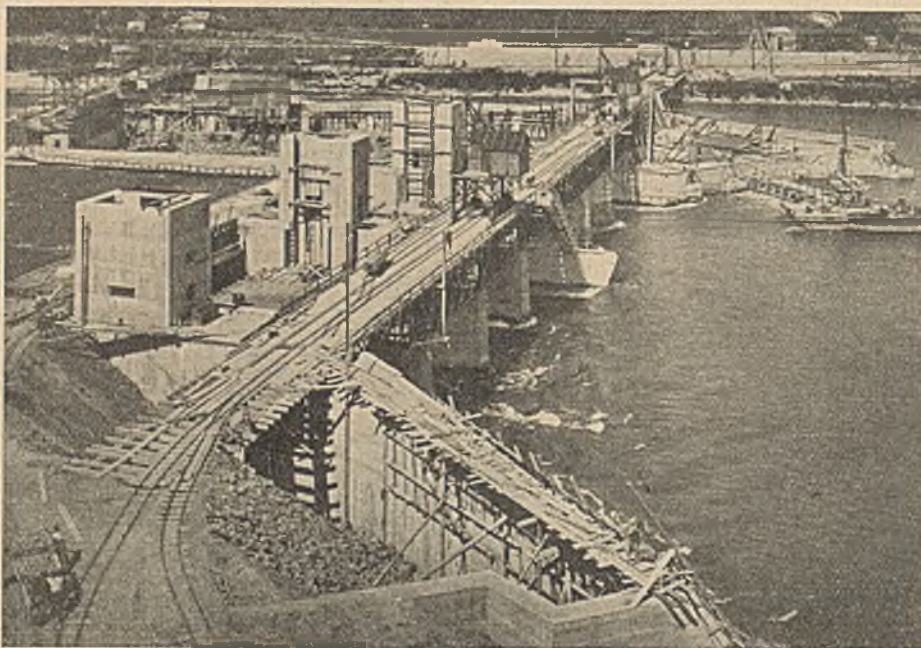


Abb. 4. Bauzustand August 1928. (Bauabschnitt 2.)

Seite (Krafthaus) benötigte Material gelangt mittels einer Seilbahn über den Rhein und wird nach den 3 Korngrößen getrennt gelagert.

Die meist verwendete Normalbetonmischung enthält 200 kg Portlandzement auf 1 m<sup>3</sup> fertigen Beton; das Zuschlagsmaterial

während die Ausführung des Krafthauses den deutschen Firmen Grün & Bilsinger A.-G., Mannheim, und Philipp Holzmann A.-G., Frankfurt, übertragen wurde.

1) Näheres darüber siehe Dr. Haas: „Das Großkraftwerk Ryburg-Schwörstadt am Rhein“. V.D.I.-Zeitschrift, 1928/Heft 3.

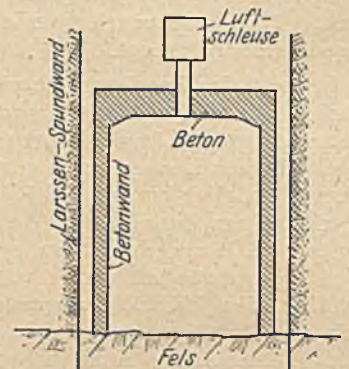


Abb. 5. Skizze des Gründungsvorganges in der Erosionsrinne.

liches Unternehmen, an dem Deutschland (Baden) und die Schweiz beteiligt sind<sup>1</sup>. Die oberste Bauleitung liegt in Händen der Motor-Columbus A.-G. Baden/Schweiz, die gleichzeitig mit den Kraftübertragungswerken Rheinfelden die ersten Entwürfe für eine Staustufe bei Ryburg aufgestellt hat. Dem örtlichen Bauleiter, Herrn Direktor Gugler, ist der Verfasser für die liebenswürdige Führung an der Baustelle und für die Zurverfügungstellung der Abbildungen zu besonderem Dank verpflichtet.

Die Bauausführung ist an zwei Firmenkonsortien vergeben. Das Wehr wird von den Schweizer Firmen Locher & Cie. und Ruegg & Cie. gebaut,

## DURCHBIEGUNGSKOEFFIZIENTEN FÜR BALKEN UND KRAGTRÄGER MIT ABGESTUFTEN VERSTÄRKUNGEN.

### NEUE FORMELN, BERECHNUNGSBEISPIELE UND TABELLEN.

Von Oberingenieur Alfons Schroeter, Berlin.

Übersicht. Die wachsende Bedeutung von Durchbiegungswerten; der ungenaue Pauschkoeffizient für Balken mit sprungweise veränderten Trägheitsmomenten; ein neues Ableitungsverfahren führt zu übersichtlichen Formeln mit genauer Berücksichtigung der Verstärkungslängen; Bestimmung der theoretischen Lamellenlängen aus den Durchbiegungsbedingungen ist auf einfache Weise ermöglicht; wirtschaftliche Ausnutzung dieser Erkenntnis; Ausblick auf weitere Anwendungsmöglichkeiten für kontinuierliche Träger und Einflußlinien.

Die Bedeutung der Durchbiegungen wächst mit dem Bestreben, unsere Tragkonstruktionen für immer größere Stützweiten und in immer hochwertigerem Material auszubilden. Die Durchbiegungen werden in steigendem Maße zum ausschlaggebenden Faktor für die endgültige Bemessung von Traggebilden des Ingenieurbauens. Sie sind ein Gradmesser des Arbeitswiderstandes, lassen Schlüsse auf Schwingungserscheinungen zu und geben einen Anhalt für die Beurteilung der Lebensdauer eines überbrückenden Tragwerks mit häufig wechselnder Belastung.

Bekanntlich wird die Durchbiegung  $f$  an beliebiger Stelle eines Trägers als zweites statisches Moment der als Belastung aufgefaßten und durch  $EJ$  verzerrten Momentenfläche erhalten. Es sei in folgendem, den häufigsten Fällen der Praxis entsprechend, nur von der Durchbiegung in Trägermitte die Rede und diese nachstehend mit  $f$  und auch mit  $f_{\max}$  bezeichnet. Ist  $J$  konstant, so ist z. B.  $f = \frac{5}{384} \cdot \frac{Ql^3}{EJ}$  bei gleichmäßig verteilter Belastung. Ist  $J$  nicht konstant, so ist dieser Koeffizient mit den Trägheitsmomenten veränderlich. Die Koeffizienten für symmetrisch zur Balkenmitte veränderte Trägheitsmomente sowie für den Kragträger bereitzustellen, ist die Aufgabe der vorliegenden Arbeit.

Für Blechträger mit abgestuften Lamellen ist es üblich, die gesetzmäßig veränderten Trägheitsmomente mit dem Koeffizienten  $\frac{5,5}{384} \cdot \frac{Ql^3}{EJ}$  zu berücksichtigen entsprechend der Tatsache, daß die Durchbiegung eines Balkens mit nach den Auflagern zu parabolisch sich verkleinernden Trägheitsmomenten um rund 10% größer wird als die des Trägers mit in der Mitte gleichem und nach den Auflagern zu gleichbleibendem Trägheitsmoment. Jedoch ist in praktischen Fällen häufig die genannte gesetzmäßige Voraussetzung nicht immer erfüllbar, so daß die genauen Koeffizienten Werte von etwa  $\frac{5,1}{384}$  bis  $\frac{6}{384}$  aber auch kleiner und größer als diese annehmen\*. Dazu kommt der Einfluß anderer Belastungsarten, insbesondere Einzellasten, welche die genannten Koeffizienten nochmals ändern.

Es erscheint somit erwünscht, an Stelle des einen, viel verwendeten Koeffizienten  $\frac{5,5}{384}$ , entsprechend den vorkommenden Fällen, zahlreichere Beiwerte bereit zu haben, die die tatsächliche Größe und Lage der abgestuften Trägheitsmomente mathematisch genau berücksichtigen und außerdem dem jeweiligen Belastungsfall in praktisch brauchbarer Annäherung Rechnung tragen. In vielen Fällen wird es notwendig sein, Stufungen unabhängig von der parabolischen Begrenzung, nach konstruktiven und auch nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten anzuordnen. Hierbei ist es vorteilhaft, den entsprechenden genauen Durchbiegungskoeffizienten schnell bereit zu haben.

Es wird nicht immer genügen, sämtliche Lastfälle durch gleichmäßig verteilte Belastung zu ersetzen, wozu die Bequemlichkeit des obengenannten Pauschkoeffizienten in der Praxis

häufig Veranlassung gibt, sondern es werden zur Vermeidung von Ungenauigkeiten noch zwei weitere Lastfälle heranzuziehen sein, womit der an sich bewährten Methode der Ersatzlasten bei Durchbiegungsermittlungen ein genügend weiter Spielraum für Träger mit abgestuften Verstärkungen gegeben ist. Als Belastungsfälle, die sich zu Ersatzlasten eignen, wurden für den Träger auf zwei Stützen außer der gleichmäßig verteilten Belastung der Fall zweier Einzellasten in den Drittelpunkten und der Fall der Einzellast in Trägermitte gewählt und Durchbiegungskoeffizienten hierfür in den Tafeln I bis III zusammengestellt. Außerdem sind für den Kragträger die Koeffizienten für gleichmäßig verteilte Last und für die Einzellast in den Tafeln IV und V gegeben.

Die nachstehenden Formeln, Tafeln und Anwendungsbeispiele beziehen sich, wie oben bereits gesagt, beim Balken auf zwei Stützen ausschließlich auf den Fall symmetrisch zur Mitte angeordneter Trägerverstärkungen. Hinsichtlich der in manchen Fällen erforderlichen Ermittlungen der Durchbiegung infolge der Schubkräfte, die bis zu 12% derjenigen infolge der Biegemomente betragen können, muß auf die diesbezügliche Literatur verwiesen werden.

Das hier angewendete Verfahren der Koeffizientenermittlung ist auf die Balken mit unsymmetrisch liegenden Verstärkungen sowohl als auch auf die Durchbiegungsermittlung aus Schub ohne weiteres übertragbar.

Die mit sechs Dezimalen errechneten Tafelwerte haben wegen der streng mathematisch durchgeführten Formelentwicklungen Anspruch auf vollkommene Genauigkeit für die angegebenen Lastfälle und haben daher dieselbe Bedeutung wie die in allen Nachschlagewerken enthaltenen Koeffizienten für Träger mit konstantem Trägheitsmoment. Die Tafeln können somit auch bei richtiger Wahl des Ersatzlastfalles an Stelle des Mohrschen Verfahrens treten. Da letztgenanntes Verfahren auch der hier zum erstenmal gezeigten Formelentwicklung zugrunde liegt, ist mit den Tabellen I bis V der weitaus größte Teil der bisherigen umständlichen Arbeit einer genügend genauen Durchbiegungsermittlung für Träger mit sprungweise veränderten Trägheitsmomenten ein für allemal geleistet. Dies dürfte dem Praktiker sowohl wie dem Studierenden willkommen sein.

#### I. Die allgemeine Formelentwicklung.

Die bekannteste Formel für die Berechnung der Durchbiegung in der Mitte eines Trägers ( $f_{\max}$ ) mit konstantem Trägheitsmoment ist die für einen freigelagerten Träger auf zwei Stützen mit gleichmäßig verteilter Last  $Q$ . Sie lautet

$$f_{\max} = \frac{5}{384} \cdot \frac{Ql^3}{EJ}$$

und ergibt die Durchbiegung in cm, wenn alle Werte in kg bzw. cm in die Formel eingesetzt werden.

Verstärkt man einen Träger durch ein Lamellenpaar (Abb. 1), so wird die Durchbiegung unter derselben gleichmäßigen Belastung kleiner werden; der Träger wird steifer.

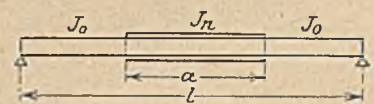


Abb. 1.

Das Trägheitsmoment des verstärkten Trägers sei  $J_n$ , das Trägheitsmoment des unverstärkten Trägers  $J_0$ . Die Länge der Verstärkung sei  $a$ , ihr Verhältnis zur Stützweite  $\frac{a}{l} = \mu$  und das Verhältnis der Trägheitsmomente  $\frac{J_n}{J_0} = n$ .

\* Siche u. a. auch „Bauingenieur“ 1927, Heft 4, S. 58.

Die Durchbiegung ist nach Mohr bekanntlich derjenige Wert, der sich ergibt, wenn die aus der tatsächlichen Belastung ermittelte Momentenfläche noch einmal als Belastungsfläche des Trägers (sogenannte zweite Belastungsfläche) aufgefaßt wird und mit ihr das statische Moment an der Stelle des Trägers errechnet wird, wo die Durchbiegung ermittelt werden soll. Der erhaltene Wert ist dann mit  $EJ$  zu dividieren.

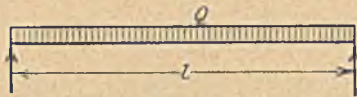


Abb. 2.

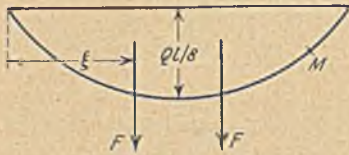


Abb. 3.

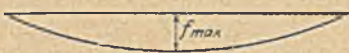


Abb. 4.

In Abb. 4 ist die Biegelinie dargestellt. Es ist

$$f_{\max} = \frac{1}{EJ} F \xi; \quad F = \frac{Ql}{8} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{3} = \frac{Ql^2}{24}$$

$$\xi = \frac{5}{8} \cdot \frac{l}{2} = \frac{5l}{16}$$

$$f_{\max} = \frac{Ql^3}{24} \cdot \frac{5}{16} = \frac{5}{384} \cdot \frac{Ql^3}{EJ}$$

Ganz ähnlich entwickelt sich die Gleichung für Träger mit sprungweise veränderten Trägheitsmomenten. In Abb. 5 ist dieselbe Momentenfläche wie oben in Abb. 3 dargestellt, nur sind jetzt die aufgetragenen Biegemomente bereits durch das zugehörige  $J_0$  bzw.  $J_n$  geteilt und für die Verstärkungsstrecke  $a$  ist  $J_n = \infty$  angenommen. Dann ist auf der Strecke  $a$

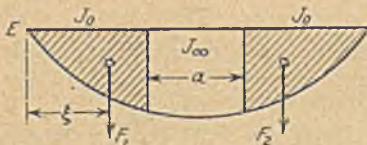


Abb. 5.

der Wert  $\frac{M}{EJ_n} = 0$ . Es bleiben also die beiden schraffierten Teile der  $\frac{M}{EJ}$ -Fläche als zweite Belastungsfläche übrig. Die Durchbiegung in Trägermitte errechnet sich dann wie oben

$$f'_{\max} = \frac{1}{EJ_0} F' \xi.$$

Es ist ohne weiteres ersichtlich, daß  $f'_{\max}$  jetzt kleiner als das oben erwähnte  $f_{\max}$  sein muß.

Um nun aber zu einer allgemein verwendbaren Formel zu kommen empfiehlt es sich,  $f'_{\max}$  nicht direkt, sondern indirekt, d. h. als Differenz aus der vollen zweiten Belastungsfläche  $F$  (Abb. 3) und der Entlastungsfläche  $F_a$  unter  $a$  (Abb. 5) zu berechnen. Es ist also

$$2 F' = F - F_a.$$

Wir haben dann sofort die Möglichkeit, die Entlastungsflächen  $F_a$  für die verschiedensten  $J_n$ -Werte als lineare Funktionen aus der  $F_a$ -Fläche für  $J_\infty$  abzuleiten. Abb. 6 soll dies erläutern.

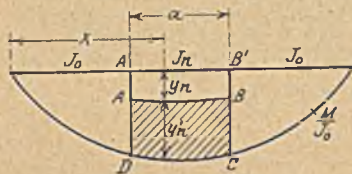


Abb. 6.

Es ist wieder die Momentenparabel für gleichmäßig verteilte Last dargestellt. Jetzt ist jedoch nicht die Belastungs-, sondern die Entlastungsfläche schraffiert, und zwar nicht für  $J_\infty$ , sondern bereits für  $J_n$  als endlicher Wert. Entlastungsfläche für  $J_\infty$  auf der Strecke  $a$  wäre  $A'B'CD$  und für  $J_n$  ist sie  $ABCD$ , d. h. also im Punkte  $A'$  ist  $\frac{M}{EJ_n} = A'A$  und allge-

me<sup>in</sup> in jedem Punkte  $x$  der Strecke  $A'B'$  ist  $\frac{M}{J_n} = y_n$ . Der Wert  $\frac{1}{E}$  bleibe zur Vereinfachung und weil er konstant ist, in den nachfolgenden Entwicklungen außer Betracht. Er wird der jeweilig endgültigen Formel zum Schluß wieder beigelegt. Man kann dann schreiben

$$A'D = \frac{M}{J_0}; \quad A'A = \frac{M}{J_n}$$

oder 
$$A'A = \frac{1}{n} \frac{M}{J_0} = \frac{A'D}{n}$$

somit ist

$$AD = A'A - A'D = \frac{M}{J_0} - \frac{M}{J_0 n} = \frac{nM - M}{J_0 n}$$

oder 
$$AD = \frac{n-1}{n} \cdot \frac{M}{J_0}$$

Diese Formel gilt allgemein für die Strecke  $a$ , also

$$y'_n = \frac{n-1}{n} \cdot \frac{M_x}{J_0}$$

Die Entlastungsfläche  $ABCD$  ist aber

$$= \int y'_n dx = \frac{n-1}{n} \cdot \frac{1}{J_0} \int M_x dx;$$

dies bedeutet, daß die Fläche  $ABCD$  gleich der  $\frac{n-1}{n}$ -fachen Fläche  $A'B'CD$  ist; denn es ist  $\frac{1}{J_0} \int M_x dx = A'B'CD$ . Die Schwerpunktsabstände werden — wie leicht einzusehen ist — durch die Flächenreduktion mit der jeweiligen Konstanten  $\frac{n-1}{n}$  nicht verändert. Mit dieser Erkenntnis lassen sich alle Entlastungsflächen für beliebige, innerhalb von einzelnen Strecken  $a$  konstanten Trägheitsmomenten und damit ihr vermindender Einfluß auf die Durchbiegung des unverstärkten Trägers leicht errechnen. Wir haben jetzt nur nötig, die Durchbiegungswerte der vollen Entlastungsflächen für  $J_\infty$  zu bestimmen und diese  $\frac{n-1}{n}$  fach reduziert von den allgemein bekannten Durchbiegungswerten für Träger mit konstantem Trägheitsmoment abzuziehen, um die endgültige, durch Verstärkung über einer Strecke  $a$  verkleinerte Durchbiegung zu erhalten.

Schreibt man die bekannte Formel für die Durchbiegung der Träger mit konstantem Trägheitsmoment in der Form:

$$f_{\max} = \frac{\varphi Q l^3}{E J_0},$$

so lautet jetzt die allgemeine Formel für Träger mit sprungweise verändertem Trägheitsmoment:

$$f'_{\max} = \frac{Q l^3}{E J_0} (\varphi - \varphi');$$

$\varphi'$  ist also der Durchbiegungskoeffizient der  $\frac{n-1}{n}$  fach reduzierten Entlastungsfläche über Strecke  $a$  für  $J_\infty$ .

Es ist nach Abb. 7 allgemein  $\varphi' = \frac{n-1}{n} F \xi$ . Nun ist es einfach, für die verschiedensten Belastungsfälle die Flächenausschnitte für eine gegebene Verstärkungsstrecke  $a$  aus den entsprechenden Momentenflächen sowie die zugehörigen Schwerpunktsabstände wie üblich zu errechnen und daraus die Produkte  $F \xi$  zu bestimmen. Wie nachstehend gezeigt wird, lassen sich alle Produkte  $F \xi$  durch eine Funktion von  $a$  und  $l$

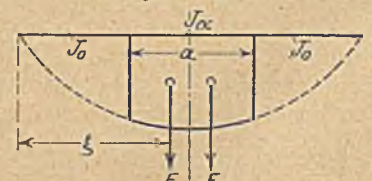


Abb. 7.

nämlich von  $\frac{a}{l} = \mu$  ausdrücken, so daß die obige Gleichung die Form erhält

$$\varphi' = \frac{n-1}{n} f(\mu).$$



F  $\xi$  ist also bei Trägern auf zwei Stützen stets das Produkt der aus Abb. 7 ersichtlichen halben Entlastungsfläche F und dem Schwerpunktsabstand derselben vom Auflagerpunkt.

II. Die Ableitung der Werte f( $\mu$ ).

a) Für den einfachen Balken mit gleichmäßig verteilter Belastung, (Abb. 8).

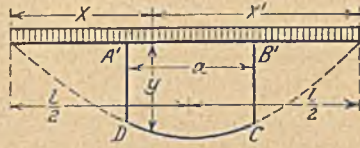


Abb. 8.

Pfeilhöhe der Momentenparabel =  $\frac{Ql}{8}$ ; Ordinate der Parabel an beliebiger Stelle  $y = \frac{4}{81} \frac{Ql}{8} \frac{xx'}{l^2}$ ; somit:

$$A'D = B'C = \frac{4}{81} \frac{Ql}{8} (1-a)(1+a) = \frac{Q}{81} (l^2 - a^2);$$

$$\text{Entlastungsfläche: } A'B'CD' = \frac{Qa}{81} (l^2 - a^2) + \frac{Qa^3}{121}.$$

Durchbiegungswert als statisches Moment in Trägermitte:

$$\sum F \xi = \frac{Qa}{2 \cdot 2 \cdot 81} (l^2 - a^2) \left(1 - \frac{a}{2}\right) + \frac{Qa^3}{2 \cdot 2 \cdot 121} \left(1 - \frac{3}{8} a\right);$$

$\frac{a}{l} = \mu$  oder  $a = \mu l$  gesetzt:

$$\begin{aligned} \sum F \xi &= \frac{Q\mu}{32} \left[ (l^2 - \mu^2 l^2) \left(1 - \frac{\mu l}{2}\right) + \frac{2}{3} \mu^2 l^2 \left(1 - \frac{3}{8} \mu l\right) \right] \\ &= \frac{Q}{32} \left[ \mu l^3 - \mu^3 l^3 - \frac{\mu^2 l^3}{2} + \frac{\mu^4 l^3}{2} + \frac{2}{3} \mu^3 l^3 - \frac{\mu^4 l^3}{4} \right] \\ &= \frac{Q l^3}{32} \left( \mu - \frac{\mu^2}{2} - \frac{\mu^3}{3} + \frac{\mu^4}{4} \right). \end{aligned}$$

Es ist nach obigem also

$$(I) f(\mu) = \frac{1}{32} \left( \mu - \frac{\mu^2}{2} - \frac{\mu^3}{3} + \frac{\mu^4}{4} \right).$$

In Tabelle I sind die f( $\mu$ )-Werte für  $\mu = 0,01$  bis  $\mu = 1,00$  zusammengestellt.

b) Für den einfachen Balken mit 2 Einzellasten je P in den Drittelpunkten.

Fall 1:  $\mu < \frac{1}{3}$  (Abb. 9):

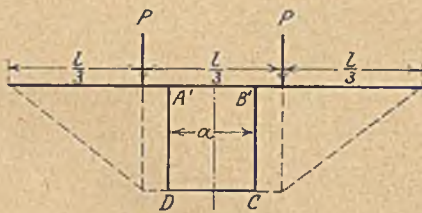


Abb. 9.

$$A'D = B'C = \frac{Pl}{3};$$

$$A'B'CD = a \frac{Pl}{3};$$

$$\begin{aligned} F \xi &= \frac{Pl a}{6} \left( \frac{1}{2} - \frac{a}{4} \right) \\ &= \frac{Pl a}{12} \left( 1 - \frac{a}{2} \right), \end{aligned}$$

$\mu$  eingesetzt:

$$F \xi = \frac{P \mu l^2}{12} \left( 1 - \frac{\mu l}{2} \right) = \frac{Pl^3}{12} \left( \mu - \frac{\mu^2}{2} \right),$$

$$(IIa) \quad f(\mu) = \frac{1}{12} \left( \mu - \frac{\mu^2}{2} \right).$$

Fall 2:  $\mu > \frac{1}{3}$  (Abb. 10):

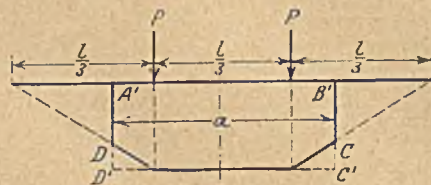


Abb. 10.

$$\begin{aligned} CC' &= \frac{Pl}{3} \left( a - \frac{1}{3} \right) \frac{1}{2} \\ &= P \left( \frac{a}{2} - \frac{1}{6} \right). \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F \xi &= \frac{Pl}{12} a \left( 1 - \frac{a}{2} \right) - \frac{P}{2} \left( \frac{a}{2} - \frac{1}{6} \right)^2 \left[ \frac{1}{3} - \frac{2}{3} \left( \frac{a}{2} - \frac{1}{6} \right) \right] \\ &= \frac{Pl}{12} a \left( 1 - \frac{a}{2} \right) - \frac{P}{2} \left( \frac{a}{2} - \frac{1}{6} \right)^2 \left( \frac{4}{9} - \frac{a}{3} \right) \end{aligned}$$

oder nach Einsetzung von  $\mu$ :

$$F \xi = \frac{Pl^3}{12} \left( \mu - \frac{\mu^2}{2} \right) - \frac{Pl^3}{2} \left( \frac{\mu}{2} - \frac{1}{6} \right)^2 \left( \frac{4}{9} - \frac{\mu}{3} \right)$$

$$= \frac{Pl^3}{12} \left( \mu - \frac{\mu^2}{2} \right) - \frac{Pl^3}{2} \left( \frac{\mu^2}{4} - \frac{\mu}{6} + \frac{1}{36} \right) \left( \frac{4}{9} - \frac{\mu}{3} \right).$$

$$F \xi = \frac{Pl^3}{12} \left( \mu - \frac{\mu^2}{2} \right) - \frac{Pl^3}{12} \left( \mu^2 - \frac{\mu^3}{2} - \frac{\mu}{2} + \frac{2}{27} \right)$$

$$= \frac{Pl^3}{8} \left( \mu - \mu^2 + \frac{\mu^3}{3} - \frac{4}{81} \right);$$

somit

$$(IIb) \quad f(\mu) = \frac{1}{8} \left( \mu - \mu^2 + \frac{\mu^3}{3} - \frac{4}{81} \right).$$

In Tabelle II sind die hierzu gehörigen f( $\mu$ )-Werte für  $\mu = 0,01$  bis  $\mu = 1,0$  zusammengestellt.

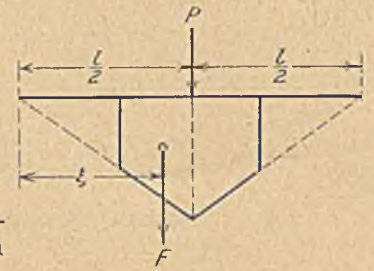


Abb. 11.

c) Für den einfachen Balken mit einer Last P in der Mitte (Abb. 11).

$$A'D = B'C = \frac{P}{4} (1-a),$$

$$F = \frac{P}{4} (1-a) \frac{a}{2} + \frac{Pa}{4} \cdot \frac{a}{4},$$

$$\begin{aligned} F \xi &= \frac{P}{4} (1-a) \frac{a}{2} \left( 1 - \frac{a}{2} \right) \frac{1}{2} + \frac{Pa^2}{16} \left( 1 - \frac{a}{3} \right) \frac{1}{2} \\ &= \frac{P}{16} \left[ a(1-a) \left( 1 - \frac{a}{2} \right) + \frac{a^2}{2} \left( 1 - \frac{a}{3} \right) \right], \end{aligned}$$

$\mu$  eingesetzt:

$$\begin{aligned} F \xi &= \frac{P}{16} \left( \mu l^3 - \mu^2 l^3 - \frac{\mu^2 l^3}{2} + \frac{\mu^3 l^3}{2} + \frac{\mu^2 l^3}{2} - \frac{\mu^3 l^3}{6} \right) \\ &= \frac{Pl^3}{16} \left( \mu - \mu^2 + \frac{\mu^3}{3} \right); \end{aligned}$$

somit

$$(III) \quad f(\mu) = \frac{1}{16} \left( \mu - \mu^2 + \frac{\mu^3}{3} \right).$$

Die hierzu gehörigen f( $\mu$ )-Werte für  $\mu = 0,01$  bis  $\mu = 1,00$  sind in Tabelle III zusammengestellt.

d) Für den Kragträger mit gleichmäßig verteilter Last (Abb. 12).

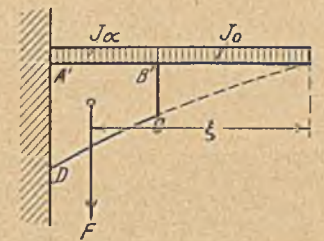


Abb. 12.

$$A'D = \frac{ql^2}{2}; \quad B'C = \frac{q}{2} (1-a)^2;$$

$$F = \frac{q}{2} (1-a)^2 a + \frac{q}{2} [l^2 - (1-a)^2] \frac{a}{3};$$

$$F \xi = \frac{q}{2} (1-a)^2 a \left( 1 - \frac{a}{2} \right) + \frac{q}{2} [l^2 - (1-a)^2] \frac{a}{3} \left( 1 - \frac{a}{4} \right);$$

$\mu$  eingesetzt:

$$\begin{aligned} F \xi &= \frac{q}{2} (1 - \mu^2 l^2) \mu l \left( 1 - \frac{\mu l}{2} \right) + \frac{q}{2} (2 \mu l^2 - \mu^2 l^2) \frac{\mu l}{3} \left( 1 - \frac{\mu l}{4} \right) \\ &= \frac{ql^4}{2} \left( \mu - \frac{11}{6} \mu^2 + \frac{3}{2} \mu^3 - \frac{5}{12} \mu^4 \right). \end{aligned}$$

Somit:

$$(IV) \quad f(\mu) = \frac{1}{2} \left( \mu - \frac{11}{6} \mu^2 + \frac{3}{2} \mu^3 - \frac{5}{12} \mu^4 \right).$$

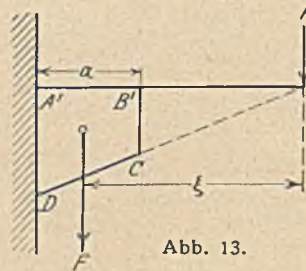


Abb. 13.

Die hierzu gehörigen  $f(\mu)$ -Werte für  $\mu = 0,01$  bis  $\mu = 1,00$  sind in Tabelle IV zusammengestellt.

e) Für den Kragträger mit einer Last  $P$  am Ende (Abb. 13).

$$A'D = P l;$$

$$B'C = P(1-a);$$

$$F = P(1-a)a + P \left[ 1 - (1-a) \frac{a}{2} \right];$$

$$F \xi = P(1-a)a \left( 1 - \frac{a}{2} \right) + \frac{P a^2}{2} \left( 1 - \frac{a}{3} \right).$$

$\mu$  eingesetzt:

$$F \xi = P l^3 \left( \mu - \mu^2 - \frac{\mu^2}{3} + \frac{\mu^3}{2} + \frac{\mu^2}{2} - \frac{\mu^3}{6} \right)$$

$$= P l^3 \left( \mu - \mu^2 + \frac{\mu^3}{3} \right);$$

somit

$$(V) \quad f(\mu) = \mu - \mu^2 + \frac{\mu^3}{3}.$$

Die hierzu gehörigen  $f(\mu)$ -Werte für  $\mu = 0,01$  bis  $\mu = 1,00$  sind in Tabelle V zusammengestellt.

III. Zusammenstellung der Durchbiegungsformeln für konstantes und für sprungweise verändertes Trägheitsmoment.

Formel Nr.	Träger- und Belastungsart	$f_{\max}$ für $J_0 = \text{konstant}$	$f'_{\max}$ für $J_n = n J_0$ auf Verstärkungsstrecke $a = \mu l$
I		$f_{\max} = \frac{5}{384} \cdot \frac{Q l^3}{E J_0}$	$f'_{\max} = \frac{Q l^3}{E J_0} \left[ \frac{5}{384} - \frac{n-1}{n} \cdot \frac{1}{32} \left( \mu - \frac{\mu^2}{2} - \frac{\mu^3}{3} + \frac{\mu^4}{4} \right) \right]$
IIa		$f_{\max} = \frac{23}{648} \cdot \frac{P l^3}{E J_0}$	$f'_{\max} < 1/2 = \frac{P l^3}{E J_0} \left[ \frac{23}{648} - \frac{n-1}{n} \cdot \frac{1}{12} \left( \mu - \frac{\mu^2}{2} \right) \right]$
IIb		$f_{\max} = \frac{23}{648} \cdot \frac{P l^3}{E J_0}$	$f'_{\max} > 1/2 = \frac{P l^3}{E J_0} \left[ \frac{23}{648} - \frac{n-1}{n} \cdot \frac{1}{8} \left( \mu - \mu^2 + \frac{\mu^2}{3} - \frac{4}{81} \right) \right]$
III		$f_{\max} = \frac{P l^3}{48 E J_0}$	$f'_{\max} = \frac{P l^3}{E J_0} \left[ \frac{1}{48} - \frac{n-1}{n} \cdot \frac{1}{16} \left( \mu - \mu^2 + \frac{\mu^3}{3} \right) \right]$
IV		$f_{\max} = \frac{Q l^3}{8 E J_0}$	$f'_{\max} = \frac{Q l^3}{E J_0} \left[ \frac{1}{8} - \frac{n-1}{n} \cdot \frac{1}{2} \left( \mu - \frac{11}{6} \mu^2 + \frac{3}{2} \mu^3 - \frac{5}{12} \mu^4 \right) \right]$
V		$f_{\max} = \frac{P l^3}{3 E J_0}$	$f'_{\max} = \frac{P l^3}{E J_0} \left[ \frac{1}{3} - \frac{n-1}{n} \left( \mu - \mu^2 + \frac{\mu^3}{3} \right) \right]$

Anmerkungen zu vorstehenden Formeln:

a) Häufig liegt der Fall so, daß  $M_{\max}$  zur Verfügung steht, ohne daß  $Q$  bzw.  $P$  bekannt ist. Dann sind die oben angegebenen Koeffizienten je nach Belastungsfall noch mit einer ganzen Zahl zu multiplizieren. Also

$$f_{\max} = z \varphi \frac{M_{\max} l^2}{E J_0} \quad \text{bzw.} \quad f'_{\max} = \frac{M_{\max} l^2}{E J_0} z (\varphi - \varphi^1).$$

Die ganzen Zahlen sind nachstehend angegeben.

Formel	z	Bemerkungen
I	8	—
IIa	3	—
IIb	3	—
III	4	—
IV	2	—
V	1	Bleibt also unverändert

Z. B. ergibt sich dann für Belastungsfall I:

$$f_{\max} = \frac{5}{48} \cdot \frac{M_{\max} l^2}{E J_0},$$

bzw.

$$f'_{\max} = \frac{M_{\max} l^2}{E J_0} 8 \left[ \frac{5}{384} - \frac{n-1}{n} \cdot \frac{1}{32} \left( \mu - \frac{\mu^2}{2} - \frac{\mu^3}{3} + \frac{\mu^4}{4} \right) \right].$$

b) Einfache Kontrollen für die Richtigkeit der Formeln I bis V ergeben sich wie folgt:

Für  $n = 1$  werden sämtliche Verminderungskoeffizienten gleich Null. Für  $\mu = 1$  werden diese

$$\varphi^1 = \frac{n-1}{n} \varphi.$$

Also

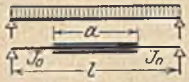
$$f'_{\max}^{\mu=1} = \frac{Q l^3}{E J_0} \left( \varphi - \frac{n-1}{n} \varphi \right) = \frac{Q l^3}{E J_0} \cdot \frac{\varphi}{n} = \mu \frac{Q l^3}{E J_n};$$

das heißt, es wird der Wert  $f'_{\max}$  bei  $\mu = 1$  stets zu  $f_{\max}$  für  $J_n$ .

IV. Tafeln I bis V der Durchbiegungswerte.

Tafel I.

Durchbiegungswerte  $f(\mu)$  für gleichmäßig verteilte Belastung.



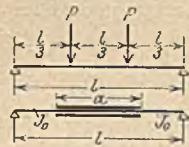
$$f_{\max} = \frac{Q^3}{E J_0} \left[ 0,013\,021 - \frac{n-1}{n} f(\mu) \right];$$

$$\mu = \frac{a}{l}; \quad n = \frac{J_n}{J_0}$$

$\mu$	$f(\mu)$	$\mu$	$f(\mu)$	$\mu$	$f(\mu)$	$\mu$	$f(\mu)$	$\mu$	$f(\mu)$
0,01	0,000 309	0,21	0,005 792	0,41	0,009 689	0,61	0,011 966	0,81	0,012 888
0,02	619	0,22	6 026	0,42	9 840	0,62	12 041	0,82	12 908
0,03	923	0,23	6 256	0,43	9 987	0,63	12 112	0,83	12 925
0,04	0,001 225	0,24	6 482	0,44	0,010 130	0,64	12 180	0,84	12 941
0,05	1 522	0,25	0,006 704	0,45	10 269	0,65	0,012 245	0,85	0,012 954
0,06	1 817	0,26	6 921	0,46	10 405	0,66	12 306	0,86	12 907
0,07	2 108	0,27	7 135	0,47	10 536	0,67	12 365	0,87	12 977
0,08	2 395	0,28	7 344	0,48	10 663	0,68	12 420	0,88	12 986
0,09	2 679	0,29	7 550	0,49	10 786	0,69	12 472	0,89	12 994
0,10	0,002 959	0,30	0,007 751	0,50	0,010 905	0,70	0,012 519	0,90	0,013 001
0,11	3 236	0,31	7 948	0,51	11 020	0,71	12 568	0,91	13 006
0,12	3 508	0,32	8 141	0,52	11 132	0,72	12 612	0,92	13 010
0,13	3 777	0,33	8 330	0,53	11 240	0,73	12 652	0,93	13 014
0,14	4 043	0,34	8 514	0,54	11 343	0,74	12 690	0,94	13 016
0,15	0,004 304	0,35	0,008 694	0,55	0,011 443	0,75	0,012 726	0,95	0,013 018
0,16	4 564	0,36	8 870	0,56	11 539	0,76	12 758	0,96	13 019
0,17	4 816	0,37	9 042	0,57	11 631	0,77	12 787	0,97	13 020
0,18	5 066	0,38	9 210	0,58	11 720	0,78	12 817	0,98	13 020
0,19	5 312	0,39	9 374	0,59	11 806	0,79	12 843	0,99	13 021
0,20	5 554	0,40	9 533	0,60	11 888	0,80	12 867	1,00	13 021

Tafel II.

Durchbiegungswerte  $f(\mu)$  für zwei Einzellasten in den Drittelpunkten.



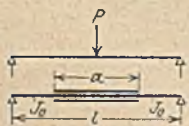
$$f_{\max} = \frac{P^3}{E J_0} \left[ 0,035\,494 - \frac{n-1}{n} f(\mu) \right];$$

$$\mu = \frac{a}{l}; \quad n = \frac{J_n}{J_0}$$

$\mu$	$f(\mu)$	$\mu$	$f(\mu)$	$\mu$	$f(\mu)$	$\mu$	$f(\mu)$	$\mu$	$f(\mu)$
0,01	0,000 829	0,21	0,015 663	0,41	0,026 936	0,61	0,033 022	0,81	0,035 208
0,02	0,001 650	0,22	16 317	0,42	27 364	0,62	33 207	0,82	35 251
0,03	2 463	0,23	16 963	0,43	27 777	0,63	33 383	0,83	35 289
0,04	3 252	0,24	17 600	0,44	28 176	0,64	33 550	0,84	35 319
0,05	0,004 063	0,25	0,018 229	0,45	0,028 551	0,65	0,033 707	0,85	0,035 353
0,06	4 850	0,26	18 850	0,46	28 933	0,66	33 856	0,86	35 379
0,07	5 629	0,27	19 463	0,47	29 290	0,67	33 997	0,87	35 402
0,08	6 400	0,28	20 067	0,48	29 635	0,68	34 128	0,88	35 421
0,09	7 163	0,29	20 663	0,49	29 967	0,69	34 252	0,89	35 438
0,10	0,007 917	0,30	0,021 250	0,50	0,030 285	0,70	0,034 369	0,90	0,035 453
0,11	8 663	0,31	21 829	0,51	30 592	0,71	34 478	0,91	35 466
0,12	9 400	0,32	22 400	0,52	30 886	0,72	34 579	0,92	35 472
0,13	0,010 129	0,33	22 963	0,53	31 168	0,73	34 674	0,93	35 479
0,14	10 850	0,34	23 515	0,54	31 438	0,74	34 761	0,94	35 485
0,15	0,011 563	0,35	0,024 051	0,55	0,031 697	0,75	0,034 843	0,95	0,035 489
0,16	12 267	0,36	24 571	0,56	31 944	0,76	34 918	0,96	35 491
0,17	12 963	0,37	25 075	0,57	32 181	0,77	34 987	0,97	35 492
0,18	13 650	0,38	25 563	0,58	32 407	0,78	35 050	0,98	35 493
0,19	14 329	0,39	26 036	0,59	32 620	0,79	35 108	0,99	35 494
0,20	15 000	0,40	26 494	0,60	32 827	0,80	35 161	1,00	35 494

Tafel III.

Durchbiegungswerte  $f(\mu)$  für eine Last in der Mitte.



$$f_{\max} = \frac{P^3}{E J_0} \left[ 0,020\,833 - \frac{n-1}{n} f(\mu) \right];$$

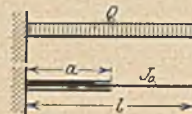
$$\mu = \frac{a}{l}; \quad n = \frac{J_n}{J_0}$$

$\mu$	$f(\mu)$	$\mu$	$f(\mu)$	$\mu$	$f(\mu)$	$\mu$	$f(\mu)$	$\mu$	$f(\mu)$
0,01	0,000 619	0,05	0,002 971	0,09	0,005 134	0,13	0,007 115	0,17	0,008 921
0,02	1 225	0,06	3 530	0,10	5 646	0,14	7 582	0,18	9 347
0,03	1 819	0,07	4 076	0,11	6 147	0,15	8 039	0,19	9 762
0,04	2 401	0,08	4 611	0,12	6 636	0,16	8 483	0,20	10 167

$\mu$	$f(\mu)$	$\mu$	$f(\mu)$	$\mu$	$f(\mu)$	$\mu$	$f(\mu)$	$\mu$	$f(\mu)$
0,21	0,010 562	0,37	0,015 624	0,53	0,018 670	0,69	0,020 213	0,85	0,020 763
0,22	10 947	0,38	15 868	0,54	18 806	0,70	20 271	0,86	20 776
0,23	11 322	0,39	16 105	0,55	18 935	0,71	20 326	0,87	20 788
0,24	11 688	0,40	16 333	0,56	19 059	0,72	20 376	0,88	20 797
0,25	0,012 44	0,41	0,016 555	0,57	0,019 177	0,73	0,020 423	0,89	0,020 806
0,26	12 391	0,42	16 769	0,58	19 290	0,74	20 467	0,90	20 813
0,27	12 729	0,43	16 975	0,59	19 397	0,75	20 508	0,91	20 819
0,28	13 057	0,44	17 175	0,60	19 500	0,76	20 545	0,92	20 823
0,29	0,013 377	0,45	0,017 362	0,61	0,019 598	0,77	0,020 580	0,93	0,020 826
0,30	13 688	0,46	17 553	0,62	19 690	0,78	20 612	0,94	20 829
0,31	13 990	0,47	17 732	0,63	19 778	0,79	20 640	0,95	20 831
0,32	14 283	0,48	17 904	0,64	19 862	0,80	20 667	0,96	20 832
0,33	0,014 568	0,49	0,018 070	0,65	0,019 940	0,81	0,020 691	0,97	0,020 833
0,34	14 844	0,50	18 229	0,66	20 015	0,82	20 712	0,98	20 833
0,35	15 112	0,51	18 382	0,67	20 085	0,83	20 731	0,99	20 833
0,36	15 372	0,52	18 529	0,68	20 150	0,84	20 746	1,00	20 833

Tafel IV.

Durchbiegungswerte  $f(\mu)$  des Kragträgers mit gleichmäßig verteilter Last.



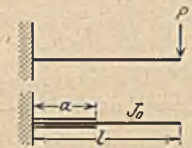
$$f_{\max} = \frac{Q^3}{E J_0} \left[ 0,125 - \frac{n-1}{n} f(\mu) \right];$$

$$\mu = \frac{a}{l}; \quad n = \frac{J_n}{J_0}$$

$\mu$	$f(\mu)$	$\mu$	$f(\mu)$	$\mu$	$f(\mu)$	$\mu$	$f(\mu)$	$\mu$	$f(\mu)$
0,01	0,004 909	0,21	0,071 116	0,41	0,096 712	0,61	0,105 299	0,81	0,112 476
0,02	0,010 373	0,22	73 132	0,42	97 384	0,62	105 596	0,82	112 968
0,03	14 195	0,23	75 051	0,43	98 019	0,63	105 892	0,83	113 478
0,04	18 509	0,24	76 877	0,44	98 613	0,64	106 189	0,84	114 005
0,05	0,024 865	0,25	0,078 614	0,45	0,099 177	0,65	0,106 490	0,85	0,114 552
0,06	26 860	0,26	80 264	0,46	99 708	0,66	106 792	0,86	115 116
0,07	30 761	0,27	81 831	0,47	100 210	0,67	107 100	0,87	115 699
0,08	34 509	0,28	83 317	0,48	100 685	0,68	107 413	0,88	116 301
0,09	38 108	0,29	84 766	0,49	101 136	0,69	107 734	0,89	116 923
0,10	0,041 563	0,30	0,086 063	0,50	0,101 563	0,70	0,108 063	0,90	0,117 563
0,11	44 875	0,31	87 328	0,51	101 974	0,71	108 401	0,91	118 223
0,12	48 053	0,32	88 525	0,52	102 357	0,72	108 749	0,92	118 901
0,13	51 097	0,33	89 658	0,53	102 728	0,73	109 109	0,93	119 599
0,14	54 013	0,34	90 728	0,54	103 084	0,74	109 480	0,94	120 316
0,15	0,056 801	0,35	0,091 739	0,55	0,103 426	0,75	0,109 864	0,95	0,121 051
0,16	59 469	0,36	92 693	0,56	103 761	0,76	110 261	0,96	121 805
0,17	61 994	0,37	93 594	0,57	104 079	0,77	110 673	0,97	122 578
0,18	64 456	0,38	94 444	0,58	104 392	0,78	111 101	0,98	123 367
0,19	66 872	0,39	95 245	0,59	104 698	0,79	111 542	0,99	124 176
0,20	69 000	0,40	96 000	0,60	105 000	0,80	112 000	1,00	125 000

Tafel V.

Durchbiegungswerte  $f(\mu)$  des Kragträgers mit Einzellast.



$$f_{\max} = \frac{P^3}{E J_0} \left[ 0,333\,333 - \frac{n-1}{n} f(\mu) \right];$$

$$\mu = \frac{a}{l}; \quad n = \frac{J_n}{J_0}$$

$\mu$	$f(\mu)$	$\mu$	$f(\mu)$	$\mu$	$f(\mu)$	$\mu$	$f(\mu)$	$\mu$	$f(\mu)$
0,01	0,009 900	0,21	0,168 987	0,41	0,264 874	0,61	0,313 560	0,81	0,331 047
0,02	19 603	0,22	175 149	0,42	268 296	0,62	315 043	0,82	331 390
0,03	29 109	0,23	181 156	0,43	271 602	0,63	316 449	0,83	331 696
0,04	38 421	0,24	187 008	0,44	274 795	0,64	317 781	0,84	331 968
0,05	0,047 542	0,25	0,192 708	0,45	0,277 875	0,65	0,319 042	0,85	0,332 208
0,06	50 472	0,26	198 259	0,46	278 775	0,66	320 232	0,86	332 419
0,07	63 214	0,27	203 661	0,47	279 708	0,67	321 354	0,87	332 601
0,08	72 071	0,28	208 917	0,48	286 464	0,68	322 411	0,88	332 757
0,09	82 143	0,29	214 030	0,49	289 116	0,69	323 403	0,89	332 890
0,10	0,090 333	0,30	0,219 000	0,50					

V. Anwendungsbeispiele.

Zur Beachtung: Die im Abschnitt III zusammengestellten ausführlichen Formeln sind am Kopfe der im Abschnitte IV gegebenen Tabellen I—V nochmals, aber in der verkürzten Form  $f_{\max} = \frac{Q l^3}{E J_0} \left[ \varphi - \frac{n-1}{n} f(\mu) \right]$  angeführt. Die Werte  $f(\mu)$  können also für den jeweils in Frage kommenden Belastungsfall bzw. seine entsprechende Ersatzlast bei gegebenem  $\mu = \frac{a}{l}$  direkt abgelesen werden. Umgekehrt läßt sich aber auch bei gegebener zulässiger Durchbiegung der Wert  $\mu$  aus den Tabellen ermitteln. Es kann also, was bisher nur sehr umständlich möglich war und deshalb meistens unbeachtet blieb, die Lamellenlänge nach der zulässigen Durchbiegung bestimmt werden. Für mehrere Lamellen ergibt sich hieraus ohne weiteres die nicht unbedeutende Tatsache, daß die Trägerdimensionierung auf Durchbiegung nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten vorgenommen werden kann. (Siehe siebentes Beispiel.)

Bei mehreren Lamellen bzw. sprungweisen Verstärkungen  $a_1, a_2, a_3, a_4 \dots a_n$  sind die Verminderungswerte 1, 2, 3, 4... n-mal der Tabelle zu entnehmen. Hierbei ist zu beachten, daß dann aber nur der jeweilige Differenzwert, z. B.:

$$\Delta_4 \left( \frac{n-1}{n} \right) = \frac{n_1-1}{n_4} - \frac{n_3-1}{n_3}$$

als Faktor für den zugehörigen Wert  $f(\mu_4)$  einzusetzen ist, da stets die vorhergehenden Verstärkungsstrecken schon berücksichtigt sind. Es empfiehlt sich bei mehreren Verstärkungen, die gegebenen und die zu errechnenden Werte wie im vierten Beispiel angegeben, in Tabellenform niederzuschreiben.

a) Träger mit einem Lamellenpaar.

Erstes Beispiel:

Gegeben sei der gleichmäßig belastete Blechträger, Abb. 14, und das Verhältnis  $\mu = \frac{a}{l} = 0,47$ , außerdem  $\frac{J_n}{J_0} = 1,48$ .

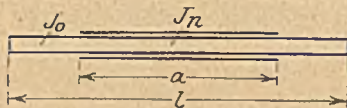


Abb. 14.

Nach Tabelle I ist  $f(\mu) = 0,010\ 536$

$$\text{somit } f_{\max} = \frac{Q l^3}{E J_0} \left( 0,013\ 021 - \frac{0,48}{1,48} \cdot 0,010\ 536 \right) = 0,009\ 604 \frac{Q l^3}{E J_0} \quad 1^*$$

Zweites Beispiel:

Derselbe Träger sei mit zwei Einzellasten P belastet. Nach Tabelle II ist:

$$f_{\max} = \frac{P l^3}{E J_0} \left( 0,035\ 494 - \frac{0,48}{1,48} \cdot 0,029\ 290 \right) = 0,025\ 995 \frac{P l^3}{E J_0} \quad 2^*$$

Drittes Beispiel:

Derselbe Träger sei mit einer Last P in der Mitte belastet. Nach Tabelle III ist:

$$f_{\max} = \frac{P l^3}{E J_0} \left( 0,020\ 833 - \frac{0,48}{1,48} \cdot 0,017\ 732 \right) = 0,015\ 082 \frac{P l^3}{E J_0} \quad 3^*$$

1\* Diesem Werte entspricht  $\frac{5,46}{48} \cdot \frac{M_{\max} l^2}{E J_n}$ .

2\* Diesem Werte entspricht  $\frac{5,54}{48} \cdot \frac{M_{\max} l^2}{E J_n}$ .

b) Träger mit mehreren, symmetrisch zur Mitte angeordneten Stufungen.

Viertes Beispiel:

Gegeben Blechträger Abb. 15 mit gleichmäßig verteilter Ersatzlast, verstärkt mit zwei Lamellenpaaren.

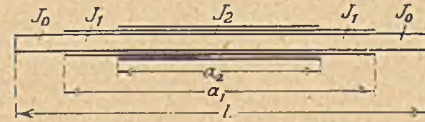


Abb. 15.

Es sei:

$$\begin{aligned} \frac{a_1}{l} &= 0,71; & \frac{a_2}{l} &= 0,27; \\ \frac{J_1}{J_0} &= 1,49; \\ \frac{J_2}{J_0} &= 2,0. \end{aligned}$$

Die gegebenen und gesuchten Werte werden zweckmäßig wie folgt in einer Tabelle zusammengestellt:

Stufe	n	$\frac{n-1}{n}$	$\Delta \frac{n-1}{n}$	$\mu$	$f(\mu)$	$\Delta \frac{n-1}{n} f(\mu)$
1	1,49	0,33	0,33	0,71	0,012 568	0,004 147
2	2,00	0,50	0,17	0,27	0,007 135	0,001 213
					$\varphi' = -$	0,005 360
					$\varphi = +$	0,013 021
					$f_{\max} =$	0,007 661 $\frac{Q l^3}{E J_0}$

Fünftes Beispiel:

Gegeben Blechträger Abb. 16 mit gleichmäßig verteilter Ersatzlast, verstärkt durch vier Lamellenpaare. Es sei

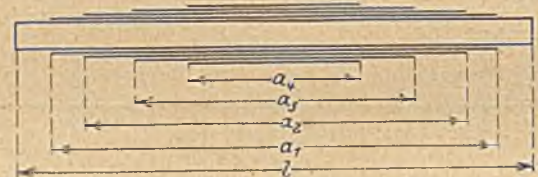


Abb. 16.

$$\begin{aligned} \frac{a_1}{l} &= 0,86; & \frac{a_2}{l} &= 0,76; & \frac{a_3}{l} &= 0,60; & \frac{a_4}{l} &= 0,35; \\ \frac{J_1}{J_0} &= 1,36; & \frac{J_2}{J_0} &= 1,75; & \frac{J_3}{J_0} &= 2,16; & \frac{J_4}{J_0} &= 2,60. \end{aligned}$$

Stufe	n	$\frac{n-1}{n}$	$\Delta \frac{n-1}{n}$	$\mu$	$f(\mu)$	$\Delta \frac{n-1}{n} f(\mu)$
1	1,36	0,2647	0,2647	0,86	0,012 967	0,003 432
2	1,75	0,4286	0,1639	0,76	0,012 758	0,002 091
3	2,16	0,5370	0,1084	0,60	0,011 888	0,001 289
4	2,60	0,6154	0,0784	0,35	0,008 694	0,000 682
					$\varphi^1 = -$	0,007 494
					$\varphi = +$	0,013 201
					$f_{\max} =$	0,005 707 $\frac{Q l^3}{E J_0}$

Sechstes Beispiel:

Das Belastungsschema der Abb. 17 sei gegeben.<sup>4</sup> Es wird aufgelöst in das der Abb. 17 und 18. Die Ersatzlasten seien

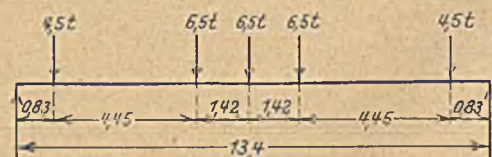


Abb. 17.

3\* Diesem Werte entspricht  $\frac{4,29}{48} \cdot \frac{M_{\max} l^2}{E J_n}$ .

4 Siehe Müller-Breslau. Graphische Statik 1925, Bd. II,2 Seite 17.

$P_1$  und  $P_2$ , letztere in den Drittelpunkten. Sie errechnen sich wie folgt:  $M'_{\max} = (4,5+6,5) 5,28 - 4,5 \cdot 4,45 = 38,05$  tm

$$P_2 = \frac{38,05}{4,47} = 8,52 \text{ t}; M'_{\max} \text{ der Gesamtbelastung} \sim 60,0 \text{ tm}$$

$$J_0 = 5,315 \cdot 10^5 \text{ cm}^4$$

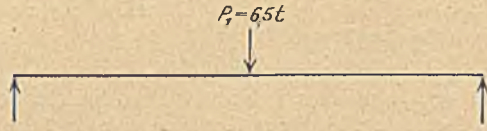


Abb. 18.

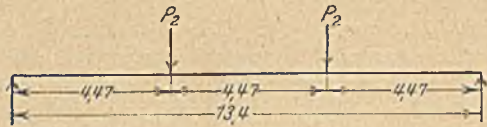


Abb. 19.

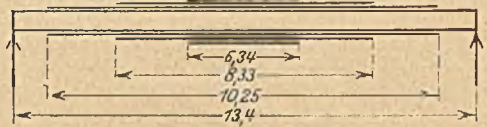


Abb. 20.

Abb. 20 zeigt die gewählten Abstufungen. Die Trägheitsmomente verhalten sich wie 1 : 1,38 : 1,80 : 2,22. Die aus den Lamellenlängen ermittelten  $\mu$ -Werte  $\frac{a}{l}$  sind in nachstehender Tabelle angegeben. Beide Belastungsfälle der Abb. 18 und 19 sind in dieser Tabelle vereinigt. Das Ergebnis zeigt Kolonne I. In Kolonne II sind die entsprechenden Zahlen unter der Voraussetzung gleichmäßig verteilter Ersatzlast errechnet.

Stufe	n	$\frac{n-1}{n}$	$\frac{\Delta}{n}$	$\mu$	I		II	
					$f(\mu)$	$\frac{\Delta}{n} \cdot f(\mu)$	$f(\mu)$	$\frac{\Delta}{n} \cdot f(\mu)$
1	1,38	0,28	0,28	0,77	0,020 580 0,034 987	0,005 762 0,009 796	0,012 787	0,003 580
2	1,80	0,44	0,16	0,62	0,019 690 0,033 207	0,003 150 0,005 313	0,012 041	0,001 927
3	2,22	0,55	0,11	0,47	0,017 732 0,029 290	0,001 951 0,003 222	0,010 536	0,001 159
					$\varphi^1 = -0,010 863$	$-0,018 331$	$\varphi^1 = -0,006 666$	
					$\varphi = +0,020 833$	$+0,035 494$	$\varphi = +0,013 201$	
					$\varphi - \varphi^1 = 0,009 970$ bzw. $0,017 163$		$\varphi - \varphi^1 = 0,006 535$	

$$f_{II} = \frac{13,4^3 \cdot 10^6}{2,1 \cdot 5,315 \cdot 10^{11}} (6,5 \cdot 0,009 970 + 8,52 \cdot 0,017 163) \cdot 10^3 = 4,55 \text{ mm}$$

$$f_{II} = \frac{0,006 535 \cdot 8 \cdot 60 \cdot 13,4^2 \cdot 10^9}{2,1 \cdot 5,315 \cdot 10^{11}} = 5,05 \text{ mm}$$

$$f_{III} = \frac{5,5}{48} \cdot \frac{60 \cdot 13,4^2 \cdot 10^9}{2,1 \cdot 11,817 \cdot 10^{11}} = 4,97 \text{ mm}$$

Siebentes Beispiel:

Der Walzträger I NP 30 überschreitet bei Aufbringung seiner Traglast, die ihn bis zur zulässigen Spannung von 1200 kg/qcm beansprucht, die zulässige Durchbiegung von  $\frac{l}{500}$  um das 2,19fache. Er soll daher wie nebenstehend in Abb. 21 und 22 angegeben mit Lamellen verstärkt werden. Es

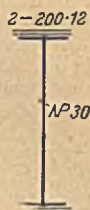


Abb. 21.

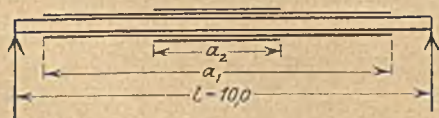


Abb. 22.

sind die theoretischen Lamellenlängen unter der Voraussetzung gleichmäßig verteilter Ersatzlast zu ermitteln.

Gegeben  $Q = 5726 \text{ kg}^{**}$ ,  $\frac{J_1}{J_0} = 1,98$ ;  $\frac{J_2}{J_0} = 3,1$ .

Es sei  $\frac{a^1}{l} = 0,86$ ; da  $f'_{zul} = \frac{f}{2,19}$ , so ist:

$$\varphi - \varphi^1 = \frac{0,013 021}{2,19}$$

somit:

$$\varphi^1 = \frac{0,013 021 \cdot 1,19}{2,19} = 0,007 076$$

Stufe	n	$\frac{n-1}{n}$	$\frac{\Delta}{n}$	$\mu$	$f(\mu)$	$\frac{\Delta}{n} \cdot f(\mu)$
1	1,98	0,50	0,50	0,86	0,011 539	0,005 770
2	3,1	0,68	0,18	0,28	0,007 256	0,001 306
						$\varphi^1 = -0,007 076$

Für Stufe 1 werden die entsprechenden Werte in obenstehender Tabelle ermittelt. Es ergibt sich rückwärts der Tabellenwert:

$$f(\mu) = \frac{0,007 076 - 0,001 306}{0,18} = 0,007 256$$

was dem Tafelwerte  $\mu = 0,28$  entspricht. Somit ist die theoretische Lamellenlänge  $a_2 = 0,28 \times 10,0 = 2,80$  m,  $a_1$  war angenommen zu  $0,86 \times 10,0 = 8,60$  m.

Sollte die Durchbiegung nicht durch Lamellenverstärkung, sondern durch ein größeres Profil verringert werden, so wäre I NP 38 notwendig gewesen. Das Mehrgewicht gegenüber I NP 30 beträgt 300 kg, während die gewählte Lamellenverstärkung 430 kg Mehrgewicht benötigt, wobei aber eine Ersparnis an Konstruktionshöhe erzielt werden konnte. Es ist aber möglich, dieses Mehrgewicht auch bei Lamellenverstärkung herabzudrücken, wenn die Verstärkung sich nach der Mitte zu zusammendrängt. Dies soll nachstehend gezeigt werden. (Siehe Abb. 23 u. 24.)

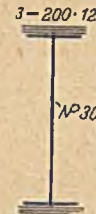


Abb. 23.

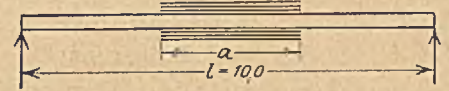


Abb. 24.

$$n = \frac{J_1}{J_0} = 5,16; \quad \frac{n-1}{n} = 0,81;$$

$$f(\mu) = \frac{0,007 076}{0,81} = 0,008 73$$

Laut Tafel I:  $\mu = 0,35$ , also  $a = 3,50$  m. Mehrmaterial gegenüber I NP 30 nur noch 394 kg.

c) Kragträger mit mehreren Lamellenpaaren.  
Achstes Beispiel:

Für den in Abb. 25 dargestellten Mast von 10 m Höhe und nach oben sich verjüngendem Querschnitt sowie mit abgestuften Lamellen ist die Durchbiegung infolge eines Zuges von 1 t angreifend am oberen Ende zu ermitteln.<sup>6</sup>

Mit den angegebenen Maßen und mittleren Trägheitsmomenten ergibt sich die Durchbiegung am oberen Mastende mit Hilfe der Tafel V wie folgt:

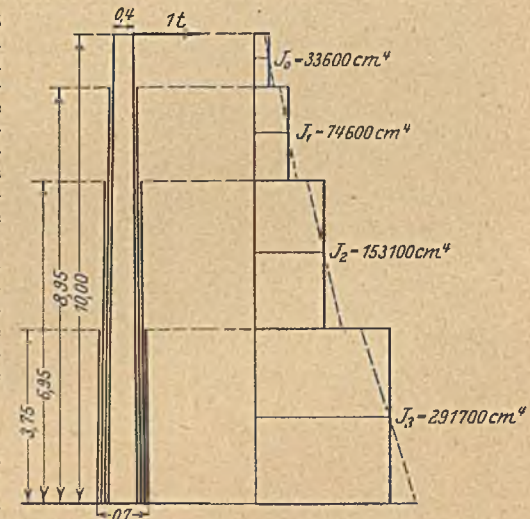


Abb. 25.

<sup>5\*</sup> Nach „Eisen im Hochbau“ 1924 S. 433.

<sup>6</sup> Siehe „Bautechnik“ 1927, Heft 42, Seite 615.

Stufe	n	$\frac{n-1}{n}$	$\Delta \frac{n-1}{n}$	$\mu$	$f(\mu)$	$\Delta \frac{n-1}{n} f(\mu)$
1	2,22	0,550	0,550	0,895	0,332945	0,183120
2	4,57	0,782	0,232	0,695	0,323868	0,075137
3	8,69	0,885	0,103	0,375	0,251938	0,025950

$$\begin{aligned} \varphi^1 &= -0,284207 \\ \varphi &= +0,333333 \\ \varphi - \varphi^1 &= 0,049126 \end{aligned}$$

$$f'_{\max} = 0,049126 \frac{1 \cdot 10}{2,1 \cdot 3,36} 10^3 + 8 - 6 - 4 = 0,696 \text{ cm.}$$

Der in der genannten Quelle gegebene Wert beträgt 0,7 cm.

d) Bemerkungen zum Ergebnis des sechsten Beispiels.

Das Ergebnis zeigt, daß eine genauere Wahl der Ersatzlasten nicht so unbedeutend ist, wie häufig angenommen wird. Die Durchbiegung  $f_I$  im sechsten Beispiel entspricht der nahezu vollkommenen Näherung an den tatsächlichen Belastungsfall;  $f_{II}$  entspricht der gleichmäßig verteilten Ersatzlast, ermittelt aus dem Maximalmoment der Gesamtbelastung und  $f_{III}$  ist aus der üblichen Faustformel ebenfalls für gleichmäßig verteilte Ersatzlast ermittelt. Die Annahme gleichmäßig verteilter Ersatzlasten bringt also in vorliegendem Falle um 10% zu große Durchbiegungen, was sich aus der größeren Momentenfläche erklärt, diese wird etwa durch die dem tatsächlichen Momentenpolygon umschriebene Parabel begrenzt. Der Unterschied ist um so größer je größer die Einzelast in der Mitte wird. Für den Fall, daß ein Lamellenpaar mehr zur Verminderung der Durchbiegung und nicht zur

Erreichung eines genügenden Widerstandsmomentes aufgebracht werden muß, was im Hoch- und Brückenbau häufig der Fall ist, kann sich eine um 10% ungenaue Durchbiegungsermittlung in der Bestimmung der theoretischen Lamellenlängen erheblich auswirken. Z. B. müßten im Falle der Abb. 14 des ersten Beispiels beide Lamellen bis zum Auflager verlängert werden, während sie bei der genauen Berechnung ihre dargestellte Länge behalten können.

Hieraus ergibt sich auch die Notwendigkeit der Bestimmung der theoretischen Lamellenlängen aus den Durchbiegungsbedingungen, sofern diese ausschlaggebend sind für die Querschnittsbestimmung.

e) Schlußbemerkung: Die Bereitschaft der Durchbiegungskoeffizienten für Träger mit sprungweise verändertem Trägheitsmomenten ermöglicht also, den Einfluß von Verstärkungen auf die Durchbiegungen schnell und zuverlässig zu bestimmen und zu übersehen. Die genaue Ermittlung der theoretischen Lamellenlängen ergibt sich aus den vorstehenden Beispielen bereits als eine notwendige Forderung sowohl für ein sachgemäßes als auch für ein wirtschaftliches Konstruieren in allen den Fällen, wo nicht mehr das erforderliche Widerstandsmoment, sondern die Durchbiegungsbedingung ausschlaggebend für die Konstruktionsform ist. Für den Ausbau der Tabellen auf andere Lastfälle und auf unsymmetrische Belastungen und Verstärkungen sowie die Anwendung des gewählten Berechnungsganges auf Einflußlinien für Durchbiegungen von Trägern mit sprungweise veränderten Trägheitsmomenten ist durch die vorliegende Arbeit zunächst der Weg gewiesen. Diesen Weg so einfach wie möglich zu gestalten, war Gegenstand besonderer Beachtung.

KURZE TECHNISCHE BERICHTE.

Ausstellungshalle in Glasgow mit Eisenbetonbogen von 33 m Spannweite.

Eine neue Ausstellungshalle in Glasgow (Schottland) mit rd. 16 000 m<sup>2</sup> Grundfläche hat drei Felder von je 33 m und eines von

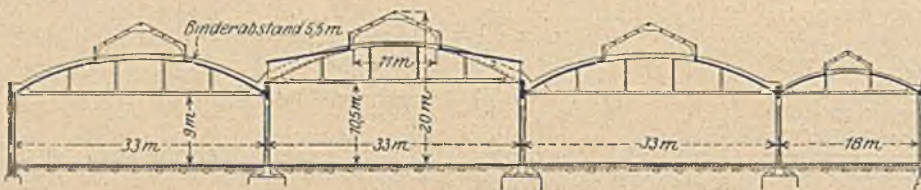


Abb. 1.



Abb. 2.

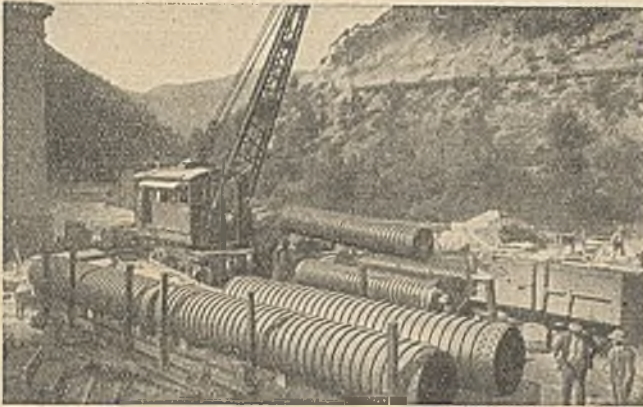
18 m Spannweite und 140 und 100 m Länge erhalten, die mit Eisenbeton-Bogenträgern mit Zuggurt und Hängestangen überdeckt worden sind (Abb. 1). Die Säulen (achteckig, 60 cm Durchmesser, aus Eisen-

beton) sind auf die geringstmögliche Zahl von 22 beschränkt (Abb. 2), die Seitenwände auf die größte rechnungsmäßige Seitenbewegung von 30 mm durch die Dehnung der Zuggurte eingerichtet worden, obwohl sie infolge der Steifigkeit der Säulen dieses Maß nicht erreichen wird. Bei der Berechnung sind die erheblichen Nebenspannungen infolge der Dehnung der Zuggurte, der Zusammendrückung der Bogen und des Schwindens des Betons beim Abbinden berücksichtigt worden. Die Bewehrung der Zuggurte ist so bemessen, daß sie den Zug allein aufnehmen kann, doch wirkt die Betonfestigkeit an den Stoßstellen mit, die Banddeckung haben, da die Bewehrungseisen nicht auf die ganze Länge in einem Stück durchlaufen können. Auf zentrische Belastung der Säulen und Überhöhung der Zuggurte zur Verminderung jedes Durchhängens ist Bedacht genommen worden. Auf die Breite der Oberlichte von 12 m haben die Bogengurte keine seitliche Verbindung und sind für geringere Spannungen berechnet, um jede Knickgefahr auszuschließen. Die Betonmischung war 1 : 1 1/2 : 3, nur für die inneren Säulen reicher. Nach dem Ausschalen sind die Sichtflächen abgerieben und mit einer Mischung von weißem Zement und rahmfarbigem Sand abgewaschen worden. (Nach W. L. Scott von der Considere-Baugesellschaft in London. Engineering-News-Record vom 21. Juni 1928 mit 1 Zeichn. und 2 Lichtb.) N.

Bau einer Druckrohrleitung für 781 m Druckhöhe in Kalifornien.

Die Druckleitung für das Buck-Creek-Kraftwerk in Kalifornien beginnt am Wasserschloß mit einer, in einem Stollen einbetonierten einfachen Rohrleitung von 2 m Weite, setzt sich in zwei 146 m langen Rohrleitungen mit 2,1 m Abstand am Berglang fort und teilt sich, unter Vergrößerung des Abstandes auf 17 m, vor den Turbinen in 4 Rohre zu 0,65 m Weite. Vor der Viertelteilung sind die beiden Leitungen durch ein 0,65 m weites Querrohr mit Absperrschieber verbunden, um alle Verbindungsmöglichkeiten zu schaffen. Die Druckhöhe in den Hangleitungen wächst von 30 bis 781 m, das größte Abführungsvermögen ist 2 x 3,36 m<sup>3</sup>/s. Die Rohrweiten sind nach einem zeichnerischen Verfahren so ermittelt worden, daß der Kraftverlust aus

der Rohrreibung samt Verzinsung, Abschreibung und Instandhaltung einen Mindestwert ergab. Die oberen 6,40 m der Leitungen bestehen aus dreieihlig genieteten Röhren aus Kesselstahlblech von 1,35 bis



1,05 m Weite und 16 bis 32 mm Wandstärke, die unteren 824 m aus 0,9 weiten, mit aufgeschumpften Stahlringen von 10 cm Breite gepanzerten Röhren (s. Abb.) aus Siemens - Martin - Stahl mit Wandstärken bis 25 mm. Die oberen Enden der Hangleitung sind mit 39 m hohen Standröhren ausgerüstet. Das Gesamtgewicht der Stahlleitungen samt Zubehör erreicht 3600 Tonnen (je 900 kg). Die Spannungen in den Rohrwandungen sind als Regel mit 40 vH, für Wasserschläge mit 90 vH der Elastizitätsgrenze zugelassen. Bei Druckproben bis an die Festigkeitsgrenze von 7 Panzerröhren sind nur kurze Langrisse zwischen den 10 cm auseinander liegenden Ringen aufgetreten, die Schrumpfringe nicht gerissen. Die Röhren sind im oberen Viertel jeder Baulänge auf Betonpfeilern verankert worden, die bis auf gesundem Fels hinabreichen. Die obersten 15 bis 25 cm der Pfeiler sind zuerst, der genauen Rohrlage entsprechend, aus Resten von Schienenstücken zusammengebaut und dann fertig betoniert worden. Der Gesamtbetonbedarf war rd. 7 800 m<sup>3</sup>. Die Zwischenstöße der Röhren sind geschweißt, die Endstöße der Baulängen mit bearbeiteten Laschen und Rohrenden in der Werkstätte genau zusammengepaßt und gebohrt worden, so daß das Zusammennieten auf der Baustelle glatt vonstatten ging. Die Röhren sind teils mittels eines Schwenkkranes in die Baugrube niedergelassen, teils mittels Winden hinabgerollt worden. Die Absperrschieber am oberen Ende der Hangleitung und am Wasserschloß können durch elektrische Steuerung vom Krafthaus aus geschlossen, bei leerem Rohr aber nicht von dort aus geöffnet werden. Zur weiteren Sicherung beim Leerlaufen, hat jede Rohrleitung noch drei Lufterlaßventile. (Nach O. Speir. Entwurf-Ingenieur der Talsperren-Gesellschaft, in Kalifornien. Engineering-News-Record 1928, S. 191—194 mit 7 Zeichn. und 6 Lichtbild.)

Umbau des Black-Eagle-Falls-Kraftwerks am Missouri.

Die bisher durch mehrere kleine Werke an beiden Ufern ungenügend ausgenutzte Wasserkraft des Missouri an den Black-Eagle-Falls (Montana) gibt nach dem Umbau in den Jahren 1926 und 1927 nun in einem einzigen Kraftwerk am linken Ufer 27 000 PS bei 15 m Nutzgefalle. Das neue 253 m lange Wehr (Abb. 1 u. 2) hebt das Wasser 7,5 m über die Flußsohle und das neue Kraftwerk ist auf 130 m<sup>3</sup>/s Mindestzufluß eingerichtet, der durch Talsperren mit zusammen 600 Mill. m<sup>3</sup> Stauraum gesichert ist. Die nun erzeugten 27 000 PS finden in der wachsenden Stadt Great-Falls und in der Aufbereitungsanlage eines Kupferbergwerks Abnehmer. Die Wehrmauer (Abb. 2) ist auf Felsen gegründet, dessen durchlässige Stellen durch Mörtel einpressung gedichtet worden sind, und ihre Herdmauer durch 20 mm starke Dübel in je 1,5 m Abstand mit dem Felsen verankert. Der Hochwasserüberlauf (Abb. 3) des Wehres ist in 25 Schützenfelder von je 7,5 m Weite geteilt, die durch einen Laufkran auf einem Gleis der Dienstbrücke geöffnet werden. Der Obergraben (Abb. 1) erweitert sich auf 23 m Länge, vor dem Krafthaus von 18 m auf 29 m, um genügenden Durchflußquerschnitt für die Abfangrechen zu geben, die von der Bedienungsbücke darüber und durch Durchblasen von Druckluft am Fuß gereinigt werden. Die drei Stromerzeuger von je 7000 kW sind mit den Turbinen unmittelbar gekuppelt. (Nach R. A. Moncrieff, Ingenieur in Great Falls. Engineering-News-Record vom 12. Juni 1928, S. 48—51, mit 2 Zeichn. und 2 Lichtbild.)

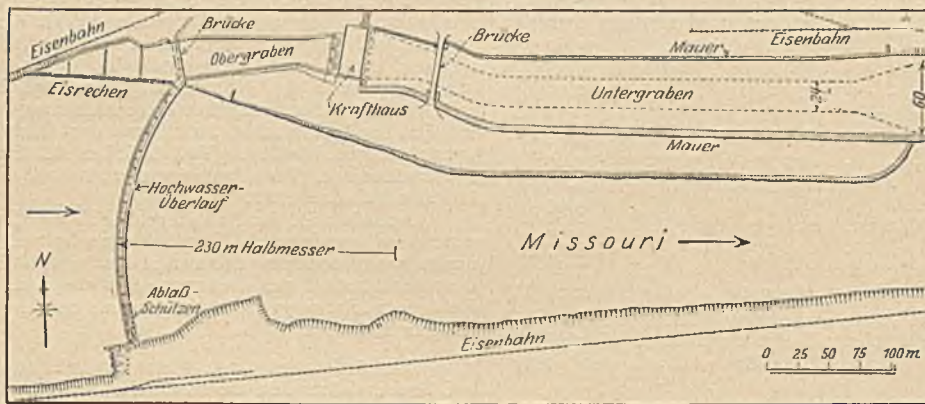


Abb. 1.

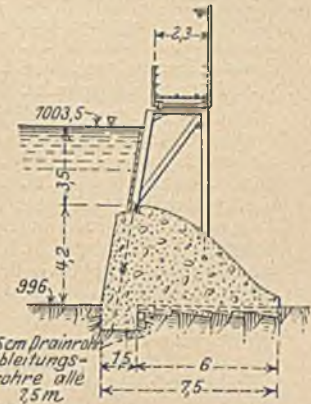


Abb. 2.

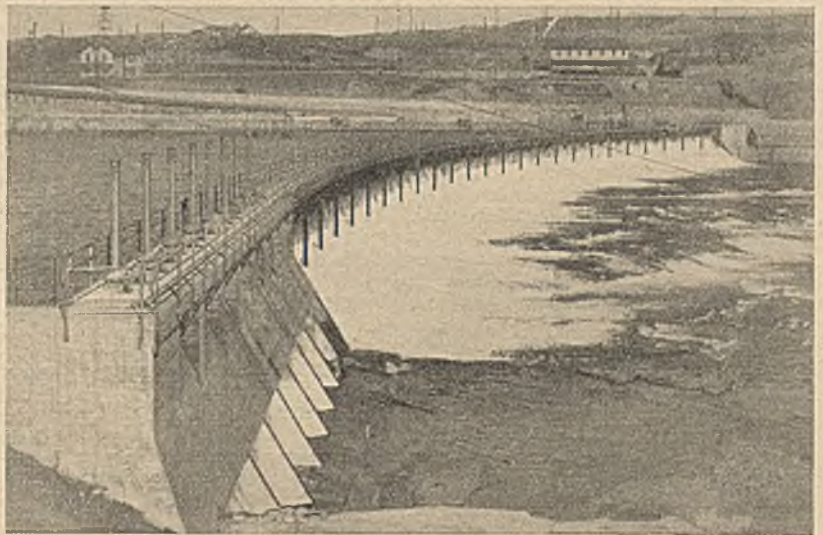


Abb. 3.

WIRTSCHAFTLICHE MITTEILUNGEN.

Planmäßige Vergebung der öffentlichen Aufträge zur Milderung der Arbeitslosigkeit. Im kommenden Winter ist mit einer erheblichen Steigerung der Arbeitslosigkeit zu rechnen. Aus diesem Grunde hat der Reichsarbeitsminister in einem Erlaß die Reichsressorts und die Regierungen der Länder gebeten, die öffentlichen Aufträge, für die ihnen Mittel aus diesem Haushaltsjahr noch zur Verfügung stehen, möglichst beschleunigt herauszugeben. Dies sei um so wichtiger, als die Möglichkeit, die vorhandenen Arbeitsgelegenheiten durch öffentliche Notstandsarbeiten zu verstärken, infolge der knappen Geld-

mittel, die für diesen Zweck zur Verfügung stehen, in diesem Jahre sehr gering sei. Im Einvernehmen mit dem Reichswirtschaftsminister bittet der Arbeitsminister deshalb, auf die Vergabungsstellen einzuwirken, daß sie Aufträge in den nächsten Monaten verteilen, damit die Baubetriebe in den Wintermonaten für den Ausfall an privaten Aufträgen nach Möglichkeit einen Ausgleich durch öffentliche Aufträge erhalten. Dabei sollen die Fristen so gestellt werden, daß eine Beschäftigung vor allem in den Monaten November bis Februar möglich ist.

Nach Zeitungsmeldungen soll sich auch in der Industrie das Bestreben geltend machen, die Ausführung von Bauvorhaben in die Wintermonate zu verlegen.

Rückwirkung des Kampfes in der Eisenindustrie auf das Baugewerbe. Die Aussperrung in der westdeutschen Eisen- und Stahlindustrie hat auch das Baugewerbe in Mitleidenschaft gezogen, denn die aussperrenden Eisen- und Stahlwerke haben mit Wirkung ab 1. November auch die Weiterführung der innerhalb der Werke in Gang befindlichen Unternehmerarbeiten untersagt. Die Bauunternehmer, die zur Zeit Bauarbeiten innerhalb der von der Aussperrung betroffenen Werke ausführen, waren daher gezwungen, diese Bauten einzustellen und die Belegschaften zu entlassen.

Die wertschaffende Arbeitslosenfürsorge in Preußen im ersten Halbjahr 1928. In Preußen sind im ersten Vierteljahr 1928 täglich rd. 30 000 Arbeitslose und im zweiten Vierteljahr täglich rd. 54 000 Arbeitslose gleich 3,2 bzw. 9% aller Hauptunterstützungsempfänger mit Notstandsarbeiten beschäftigt worden.

Von den im ersten Vierteljahr beschäftigten Arbeitslosen sind insgesamt 2 001 970 Arbeitslosentagewerke geleistet worden. Von diesen entfallen auf:

Meliorationen . . . . .	262 377	Tagewerke	(13,10%)
Straßenbauten . . . . .	849 573	„	(42,44%)
Kraftgewinnungsanlagen . . . . .	73 311	„	(3,66%)
Anlage von Sport- und Spielplätzen . . . . .	124 676	„	(6,23%)
Sonstige Tiefbauten . . . . .	632 803	„	(31,61%)
Baustoffherstellung, Vorbereitung von Siedlungsgelände u. a. . . . .	59 230	„	(2,96%)

Im zweiten Vierteljahr wurden insgesamt 2 955 451 Arbeitslosentagewerke geleistet, von denen entfielen auf

Meliorationen . . . . .	445 317	Tagewerke	(15,07%)
Straßenbauten . . . . .	1 214 565	„	(41,10%)
Kraftgewinnungsanlagen . . . . .	147 408	„	(4,99%)
Anlage von Sport- und Spielplätzen . . . . .	226 511	„	(7,66%)
Sonstige Tiefbauten . . . . .	862 179	„	(29,17%)
Baustoffherstellung, Vorbereitung von Siedlungsgelände u. a. . . . .	59 471	„	(2,01%)

Der langanhaltende Frost hatte im ersten Vierteljahr die Beschäftigung bei Außenarbeiten erschwert, erst im zweiten Vierteljahr konnte wieder ein größerer Prozentsatz der Erwerbslosen produktiv beschäftigt werden.

Die Arbeitsmarktlage im Reich. (Nach den Berichten der Landesarbeitsämter.) Die Zahl der Hauptunterstützungsempfänger in der Arbeitslosenversicherung, die in der ersten Oktoberhälfte um 16 496 Personen, in der zweiten um 77 407 Personen, während eines Monats also von 577 093 auf 670 997, anstieg, lag am 31. Oktober etwa doppelt so hoch als am gleichen Stichtage des Vorjahres. In dieser Zeit spiegelt sich die Ungunst der konjunkturellen Lage gegenüber dem Vorjahre wider. Aber auch die saisonmäßige Abschwächung des Arbeitsmarktes trat früher und stärker als im Vorjahr ein. Die rückläufige Bewegung setzte sich in der Berichtswoche fort; in ländlichen Bezirken, so vor allem in Ostpreußen und Pommern, hat sich das Tempo noch weiter beschleunigt. — Diese abwärts gerichtete Tendenz wird verstärkt durch die Auswirkungen des Arbeitskampfes in der nordwestdeutschen Eisen- und Stahlindustrie; sie erstreckten sich bereits über das eigentliche Kampfgebiet hinaus.

Im Ruhrkohlenbergbau wirkte sich bereits der Arbeitskampf in der Eisenindustrie aus. Ganz besonders sind die Hüttenzechen in Mitleidenschaft gezogen; in einigen (Zechen der Vereinigten Stahlwerke, Fried. Krupp A.-G.) wurden bis auf weiteres wöchentlich drei Feierschichten eingelegt. Wenn der Absatzausfall (der Werkstoffverbrauch beträgt rund 23% des Gesamtkohlenabsatzes) länger anhält, ist die Stilllegung ganzer Schachtanlagen zu befürchten. — In den anderen bergbaulichen Bezirken behauptete sich der günstige Beschäftigungsstand der Vorwochen.

Die Zahl der Arbeitslosen in der Industrie der Steine und Erden stieg weiter an. Vor allem gaben die Ziegeleien immer mehr Kräfte frei; auch Kalk-, Gips- und Zementwerke sowie Steinbrüche entließen.

In der Metallwirtschaft war eine weitere Abschwächung des Beschäftigungsgrades unverkennbar. Eisengießereien, Maschinen- und Fahrzeugbau schritten vielfach zu weiteren Entlassungen.

Die Beschäftigungslage in der chemischen Industrie blieb weiter bemerkenswert stabil. Die Zahl der Arbeitslosen hielt sich noch unter dem günstigsten Stand des Vorjahres.

Der Arbeitsmarkt der Textilindustrie war recht uneinheitlich und bezirksweise (besonders in Schlesien, Brandenburg) sehr gedrückt.

Die Arbeitslosigkeit der Fach- und Hilfsarbeiter im Baugewerbe stieg, bezirksweise in rascherem Tempo, weiter an. Aus dem oberschlesischen Industriegebiet, aus Niedersachsen und aus einigen Großstädten wird allerdings noch eine auffallende Widerstandsfähigkeit des Gewerbes gemeldet. Glaser und Facharbeiter für das Stuck- und Gipsbaugewerbe wurden fast in allen Bezirken noch rege verlangt.

— Im Ruhrgebiet wurden infolge der Aussperrung sämtliche Industriebauten stillgelegt; auch sonst wurden Bauarbeiter, die als Betriebsarbeiter in der Eisenindustrie beschäftigt waren, von der Aussperrung betroffen.

In Ostpreußen wurden am 1. November über 1700 Facharbeiter gegenüber 650 im Vorjahre als Arbeitssuchende gezahlt, in Hessen 6149 gegenüber 1751. Im Ruhrgebiet wird der jahreszeitliche Beschäftigungsrückgang noch verstärkt durch die Rückwirkungen der Metallarbeitersaussperrung auf das Baugewerbe. Eine Anzahl Bauarbeiter in Westfalen, die als Betriebsarbeiter in der Eisen- und Metallindustrie beschäftigt sind, wurden von der Aussperrung unmittelbar betroffen; andererseits wurden eine Reihe von Bauaufträgen der Schwerindustrie zurückgestellt und begonnene Bauten nicht weitergeführt. Ähnlich berichtet das Rheinland über fast gänzliche Stilllegung fast sämtlicher Industriebauten. In Niederbayern noch befriedigende Beschäftigungslage und fast keine Veränderung in der Berichtswoche. Neubauten wurden in dem oberschlesischen Industriegebiet noch in Angriff genommen.

Das Tiefbaugewerbe stellte in Ostpreußen infolge ungünstiger Witterung vielfach die Drainage- und Vorflutarbeiten ein. Der Beschäftigungsgrad im Beton- und Straßenbau in der Nordmark blieb im allgemeinen stabil.

An dem Rückgang der Beschäftigung sind in der Regel alle Bauberufe beteiligt, vorwiegend jedoch Maurer und Zimmerer.

### Rechtsprechung.

Der Arbeiter am Fließband (Fordsystem) ist nicht Akkordarbeiter, sondern Stundenlohnarbeiter. (Urteil des Reichsarbeitsgerichts vom 10. Oktober 1928 — RAG. 27/28.) Dem Arbeiter am Fließband ist die zu bewältigende Arbeit der Zeit nach genau vorgeschrieben. Er hat daher nicht die Möglichkeit, wie der Akkordarbeiter, sich durch intensivste Tätigkeit einen Mehrverdienst zu schaffen. Denn das Arbeitstempo wird allein durch das Band angegeben. In der möglichsten Zeitausnutzung des von der Schnelligkeit des Bandes bestimmten Zeitraums zur Ausführung der notwendigen Vorrichtungen, bleibt die Tätigkeit des Bandarbeiters trotzdem immer nur mechanisch. Im allgemeinen wird die Leistung gesteigert und das Arbeitsergebnis höher.

Trotzdem ist der Arbeiter am Fließband nicht als Akkordarbeiter anzusehen, sondern als Stundenlohnarbeiter. Er wird allerdings mit einem weit höheren Lohn als die gewöhnlichen Arbeiter bezahlt. Dies rechtfertigt sich dadurch, daß die gestellten Anforderungen an die Arbeitsleistung weit höher sind als bei den Durchschnittsleistungen anderer Arbeiter.

Zur Aufstellung von Warnungszeichen an gefährlichen Stellen auf Provinzialstraßen ist nicht die Provinz als Straßeneigentümerin, sondern der Staat verpflichtet, der für eine pflichtwidrige Unterlassung seiner Beamten dem Geschädigten aufzukommen hat. (Urteil des Reichsgerichts I, III. Zivilsenat, vom 13. Juli 1928 — III 49/28.)

Die Provinz H. hat es unterlassen, an einer Kreuzung auf einer Chaussee Warnungstafeln anzulegen und zu unterhalten. An einer Kreuzung hat P. einen Automobilunfall erlitten, für den er neben dem Staat auch die Provinz H. haftbar macht.

Das Reichsgericht hat eine Haftung der Provinz H. verneint. Zwar hat diese nach bürgerlichem Recht, indem sie eine Straße zum öffentlichen Verkehr bestimmt und einrichtet, als unmittelbar verfügungsberechtigt über das Straßengrundstück für die ordnungsmäßige und betriebssichere Herstellung und Instandhaltung der Straße zu sorgen. Die Verfügungsgewalt muß die Provinz so handhaben, daß sich der Verkehr, dem sie das Grundstück überlassen hat, gefahrlos abwickeln kann. Im einzelnen umfaßt diese Verpflichtung die Instandhaltung des Pflasters oder sonstigen Belags, die Anbringung von Geländern oder sonstigen Verwahrungen an Brücken oder Abhängen, Beleuchtung bei Dunkelheit, Bestreuerung bei Glatte, Anordnung von Sicherungsmaßnahmen bei Übernahme öffentlicher Arbeiten. Anders steht es dagegen mit den auf der Straße verkehrenden Personen. Da diese den Anordnungen des Straßeneigentümers nicht zu folgen verpflichtet sind, kann er für Gefährdungen, die aus ihrem Verhalten entstehen, nicht verantwortlich gemacht werden. Die Warnungstafeln an Kreuzungen sollen die Kraftwagenführer zum langsamen Fahren an diesen gefährlichen Stellen veranlassen. Sie bezwecken nicht eine gefahrlose Sachunterlage für den Verkehr zu gewährleisten, sondern diesen Verkehr selbst zu regeln. Sie sind polizeilicher Natur, die Verpflichtung zur Anbringung der Warnungstafeln trifft daher den Staat, der für Unterlassungen seiner Beamten haftet.

Wird infolge schuldhafter ungenauer Wohnungsangabe des Empfängers auf dem Frachtbrief die Sendung an eine andere Person als an den bestimmungsgemäßen Empfänger abgeliefert, so haftet die Eisenbahn nicht für den eingetretenen Schaden. Hat der Ladeschaffner bei der Ablieferung des Gutes schuldhaft eine genügende Prüfung des Empfangsberechtigten unterlassen, so haftet zwar die Eisenbahn grundsätzlich für dessen Verschulden, der Umfang des Ersatzes wird jedoch durch die unrichtige Wohnungsangabe als mitwirkendes Verschulden des Absenders beeinflusst. (Urteil des Reichsgerichts, I. Zivilsenat, vom 6. Juni 1928 — I 120/28.)

Am 12. September 1925 gab die Firma U. in H. einen Eisenbahnwagen Käse zur Beförderung an Ludwig P. in B., F.straße 102, auf. Statt an Ludwig P., der in B. O.straße 40 wohnte, wurde die Sendung an dessen Bruder, den Käsehändler Paul P., für den ein dritter Bruder, der bei Paul P. angestellte Leonhard P., quittierte, ausgehändigt. Paul P. verkaufte die Ware in seinem Geschäft, bezahlte



an U. teilweise, geriet aber dann in Konkurs. Leonhard P. hatte das Kaufgeschäft auf Grund einer gefälschten Vollmacht namens des Ludwig P. abgeschlossen. Da U. sonach den Ludwig P. nicht auf Zahlung belangen konnte, macht er für seinen Ausfall die Eisenbahn verantwortlich, weil das Gut nicht an den im Frachtbrief angegebenen Empfänger Ludwig P., sondern an Paul P. ausgehändigt worden ist.

Nach Ansicht des Reichsgerichts liegt zwar infolge der Ablieferung an eine andere Person als den bestimmungsmäßigen Empfänger zunächst ein Verlust der Sendung im bahnrechtlichen Sinne vor, für den die Eisenbahn gemäß § 456 H.G.B.; § 84 Eisenbahnverkehrsordnung vom 23. Dezember 1908, Reichsges. Bl. 1909, 93 ff. (jetzt § 82 Eisenbahnverkehrsordnung vom 16. Mai 1928, Reichsges. Bl. II. 401 ff.), grundsätzlich haftet. Diese Haftung wird unter anderem durch ein Verschulden des Verfügungsberechtigten ausgeschlossen. Als ein solches kommt in Betracht, daß U. die Sendung mit der unrichtigen Wohnungsangabe F.straße 102 versehen hatte, obgleich ihm bekannt war, daß sich dort die Käsehandlung des Paul P. befand, und sie deswegen, weil sie dessen Kreditwürdigkeit mißtraute, allen Anlaß gehabt hätte, sich zu vergewissern, ob auch wirklich an gleicher Stelle sich die Wohnung des Ludwig P. befand.

Hat der Ladeschaffner in B., der die Ladung ausgehändigt hat, eine genügende Prüfung des Empfangsberechtigten unterlassen oder gegen sonstige Vorschriften der Eisenbahnverkehrsordnung über die Ablieferung verstoßen, so haftet die Eisenbahn für dessen Verschulden (§ 458 H.G.B. § 5 alte und neue Verkehrsordnung). Aber auch hierbei wird der Umfang des Ersatzes davon abhängen, inwieweit der Schaden durch die unrichtige Wohnungsangabe auf dem Frachtbrief verursacht ist.

Der Führer eines Lastkraftwagens muß sich vor Antritt der Fahrt zuverlässige Kenntnis davon verschaffen, was die Ladung alles enthält, und ob diese sich in dem durch § 4, Abs. 10, der Kraftfahrzeugverordnung vorgeschriebenen Zustand befindet. Unterläßt er dies fahrlässig, so ist er für einen etwa hierdurch entstehenden Unfall strafrechtlich verantwortlich. (Urteil des Reichsgerichts, 1. Strafsenat, vom 21. Februar 1928 — 1 D 1219/27.)

Auf einem Lastkraftwagen sollten Baumaterialien der Firma L. nach W. zwecks Errichtung einer Baubude transportiert werden. Ohne Vorwissen des Kraftwagenführers K. hatten sich die Arbeiter M. und S. mit ihren gefüllten Werkzeugkästen auf die Ladung des Lastkraftwagens gesetzt. Während der Fahrt wurde durch einen verhältnismäßig geringfügigen Stoß an die überstehende Ladung die vorderste oberste Planke der Ladung zurückgedrückt und eine Bank und eine Baubüdentür wurden vom Wagen heruntergedrängt, wobei S. getötet und M. körperlich verletzt wurde. Das Landgericht hatte K. von der Anklage wegen fahrlässiger Tötung und fahrlässiger Körperverletzung freigesprochen.

Nach Ansicht des Reichsgerichts liegt die Annahme nahe, daß K. fahrlässig gehandelt hat. Die Ladung eines Lastkraftwagens muß so verteilt, verwahrt und befestigt sein, daß sie weder Personen oder Sachen beschädigen oder verunreinigen noch starkes Geräusch oder das

Umschlagen des Fahrzeugs verursachen kann (§ 4, Abs. 10, der Verordnung über Kraftfahrzeugverkehr vom 15. Dez. 1925/28. Juli 1926). Dieser Anforderung genügt aber eine Ladung dann nicht, wenn Teile von ihr durch einen verhältnismäßig geringfügigen Stoß vom Wagen herabgedrückt werden. Denn es ist ohne weiteres klar, daß diese Teile beim Herunterfallen Personen oder Sachen beschädigen können, und ein Lastkraftwagen kann aus den verschiedensten Gründen verhältnismäßig geringfügigen Stößen ausgesetzt sein.

Dafür, daß die Ladung sich im verkehrssicheren Zustand befindet, ist der Kraftfahrzeugführer verantwortlich (§ 16 Kraftfahrzeugverordnung). Er muß sich also vor Antritt der Fahrt zuverlässige Kenntnis darüber verschaffen, was alles auf ihr mit dem Lastkraftwagen befördert werden soll. Nur so kann er für die vorschriftsmäßige Verwahrung der Ladung sorgen. Wäre K. dieser Verpflichtung nachgekommen, so hätte er die Werkzeugkästen möglicherweise unverwahrt auf der Holzladung liegen und die beiden verunglückten Arbeiter auf ihnen sitzen sehen. Ob er die Ladung vor Antritt der Fahrt nochmals nachgesehen hat, steht nicht fest. Das Reichsgericht hat daher das Urteil des Landgerichts aufgehoben und zur nochmaligen Verhandlung zurückverwiesen.

Bei Erkrankungen während des Urlaubs kann dem Arbeitnehmer das Krankengeld nicht von dem für die Urlaubszeit zu zahlenden Lohn abgezogen werden. (Urteil des Reichsarbeitsgerichts vom 20. Juni 1928 — RAG 48/28.)

Dem längere Zeit bei F. beschäftigt gewesenen Arbeitnehmer L. standen tarifvertraglich jedes Jahr mindestens 42 Tage Urlaub zu. In der Urlaubszeit vom 6. Juli bis 24. August 1927 erkrankte L. unverschuldet am 27. Juli und blieb bis zum Ende des Urlaubs krank. F. brachte dem L. das diesem für die Zeit der Erkrankung gezahlte Krankengeld an dem Lohn für die Urlaubszeit in Abzug. L. hat gegen F. auf Nachzahlung des einbehaltenen Lohnbetrags geklagt.

Das Reichsarbeitsgericht hat mit den Vorinstanzen den Abzug des Krankengeldes für unzulässig erklärt. Zwar gestattet § 616 B.G.B. den Abzug. Dabei ist jedoch vorausgesetzt, daß ein im Betriebe tätiger Arbeitnehmer unverschuldeterweise seine Tätigkeit unterbrechen muß. Durch den Abzug des Krankengeldes soll der Arbeitgeber etwas dafür entschädigt werden, daß er trotz des Ausfalls der Arbeit den Lohn weiterzahlen muß. Hier hatte sich jedoch der Arbeitgeber verpflichtet, den Arbeitnehmer während des Urlaubs trotz des Ausfalls der Dienste weiter zu bezahlen. Den hierdurch erwachsenen Ausfall wird der Arbeitgeber in seine Geschäftskosten aufnehmen und durch Einrechnung in die Preise wieder einholen. Es besteht kein Anlaß, ihm außerdem noch das Krankengeld zuzusprechen. Auf jeden Fall hat sich der Arbeitgeber freiwillig zur Lohnzahlung während des Urlaubs verpflichtet. Hat nun der Arbeitnehmer das Unglück, während des Urlaubs krank zu werden und seine freie Zeit nicht ausnutzen zu können, so würde es um so unbilliger sein, dem Arbeitgeber das Krankengeld zu belassen und ihn insoweit von seiner Lohnzahlungspflicht während des Urlaubs zu befreien, als dem Arbeitnehmer kein Ersatz für den ihm durch die Krankheit verlorenen Urlaub gewährt wird.

## PATENTBERICHT.

Wegen der Vorbemerkung (Erläuterung der nachstehenden Angaben) s. Heft I vom 6. Januar 1928, S. 18.

### A. Bekanntgemachte Anmeldungen.

Bekanntgemacht im Patentblatt Nr. 36 vom 6. September 1928.

- Kl. 5 b, Gr. 13. F 57 533. Robert William Johnston Fletcher, Edinburgh; Vertr.: Dr.-Ing. B. Bloch, Pat.-Anwalt, Berlin N 4. Vorrichtung, insbes. für den Gebrauch bei Schlagbohrwerkzeugen zur Umwandlung von drehender in hin- und hergehende Bewegung mit Hilfe eines Stirnnockengetriebes und zwischen Nocken- und Gegenseiche angeordneten Wälzkörpern. 9. XII. 24. England 19. XII. 23.
- Kl. 5 b, Gr. 41. L 61 090. Mitteldeutsche Stahlwerke Akt.-Ges., Berlin W 9, Bellevuestr. 12 a. Baggermaschine für Abraumtagebauten mit Hoch- und Tiefbagger. 2. IX. 24.
- Kl. 19 a, Gr. 28. B 126 289. Curt Beck, Halle a. d. Saale, Handelsstraße 11. Freischwingende, senkrecht verstellbare Aufhängung von über der zu erfassenden Schiene angeordneten, wagerecht verschiebbaren Zwängrollenträgern von stetig arbeitenden Gleisrückmaschinen. 5. VII. 26.
- Kl. 19 a, Gr. 30. K 101 545. Fried. Krupp A.-G., Essen. Abdichtung für mechanische Gleisstopfer mittels einer den Werkzeugenschaft umschließenden Metallschutzhaube. 11. XI. 26.
- Kl. 20 i, Gr. 4. W 77 433. Gustav Wulfert, Breslau, Herdainstr. 78. Besondere Unterlagsplatte zur Schienenbefestigung in Weichen. 19. X. 27.
- Kl. 20 i, Gr. 31. A 51 806. Allgemeine Elektro-Industrie Heinrich Winkler, Dortmund, Adlerstr. 18—20. Schienenstromschließer. 18. VIII. 27.
- Kl. 20 i, Gr. 35. A 53 184. Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, Berlin NW 40, Friedrich-Karl-Ufer 2—4. Einrichtung zum Festhalten kurzzeitig verlaufender Stromimpulse mittels Glimmröhren, insbes. für induktive Zugbeeinflussung. 2. II. 28.
- Kl. 20 k, Gr. 1. E 33 953. Elektrowerke Akt.-Ges., Berlin W 62, Kurfürstenstr. 112/112a. Elektro-Hängebahn mit einzeln motorisch antreibbaren Kübeln. 7. IV. 26.
- Kl. 37 b, Gr. 3. D 50 155. Dortmunder Brückenbau C. H. Jucho, Dortmund, Weißenburger Straße 73. Biegungsfestes Stabnetz aus Stäben mit winklig geformtem Querschnitt. 29. III. 26.
- Kl. 37 b, Gr. 5. B 128 942. Hugo Bodemann, Erfurt, Epinaystr. 27. Aus einem Blechstreifen gestanzter Befestigungsbügel für U-förmige Ankerschienen mit schräg einwärts gerichteten Schenkeln. 27. XII. 26.
- Kl. 37 d, Gr. 25. S 81 912. Hermann Siegrist, Frankfurt a. M., Adalbertstr. 11. Schutzgitter. 28. IX. 27.
- Kl. 37 d, Gr. 40. Sch 81 717. Schürmann & Rickert, Attendorn i. Westf. Verankerungskammer für Dielenpressen. 14. II. 27.
- Kl. 37 d, Gr. 40. Sch 81 718. Schürmann & Rickert, Attendorn i. Westf. Dielenpresse. 14. II. 27.
- Kl. 42 k, Gr. 20. F 63 313. Otto Föppl, Braunschweig, Berner Str. 10, und Ewald Pertz, Blaukreuzhof, Post Dürker, Kr. Soest. Ausschwingmaschine zur Bestimmung der Dämpfungsfähigkeit von Baustoffen mit Hilfe von Drehschwingungen. 22. III. 27.
- Kl. 45 h, Gr. 1. Z 16 039. Fernand Schwaar, Yverdon, Schweiz; Vertr.: Dr. v. Rothenburg, Pat.-Anw., Darmstadt. Vorrichtung zur Lüftung von Räumen, insbes. von Viehställen, Waschanstalten, Krankenhäusern o. dgl. 21. V. 26.
- Kl. 80 a, Gr. 7. W 74 688. Theodor Wagener, Köln-Nippes, Neußer Str. 411. Mörtelmischmaschine. 3. I. 27.
- Kl. 80 b, Gr. 1. C 40 627. Chemische Fabrik Grünau Landshoff & Meyer Akt.-Ges., Berlin-Grünau. Verfahren zur Behandlung von Betonoberflächen. 5. XI. 27.

- Kl. 80 b, Gr. 1. H 107 178. Dr. Gustav Haegermann, Berlin-Karls-  
horst, Dönhoffstr. 38. Verfahren zur Herstellung von hoch-  
wertigem Beton und Mörtel. 9. VII. 26.
- Kl. 80 b, Gr. 3. G 68 435. Dr. Richard Grün, Düsseldorf, Roßstr. 107.  
Verfahren zur Herstellung manganhaltiger Zemente. 14. X.  
26.
- Kl. 81 c, Gr. 108. L 68 373. Martin Lichtenberger, Mannheim,  
R. 7. 36. Schienenverladevorrichtung. 2. IV. 27.
- Kl. 81 c, Gr. 126. M 99 555. Maschinenfabrik Buckau Akt.-Ges. zu  
Magdeburg, Magdeburg-Buckau. Fördergerät für Absetzer.  
5. V. 27.
- Kl. 84 a, Gr. 3. J 30 752. Jonneret Fils aîné, Genf, Schweiz; Vertr.:  
B. Bomborn, Pat.-Anw., Berlin SW 61. Schützauzug.  
26. III. 27. Schweiz 5. VII. 26.
- Kl. 84 a, Gr. 4. Sch 80 904. Arnold Schultz, Kassel, Lessingstr. 21.  
Verfahren zum Betrieb eines Talsperrenkraftwerks. 30. XI. 26.
- Kl. 35 b, Gr. 6. 465 585. Ardeltwerke G. m. b. H., Eberswalde  
Mark. Einseilselfstgreifer. 1. XII. 26. A 49 381.
- Kl. 42 a, Gr. 12. 465 650. Karl Klett jr., Mulford, M.-Gladbach.  
Ellipsenzirkel. 17. VIII. 27. K 105 511.
- Kl. 80 c, Gr. 17. 465 681. Thomas Rigby, London; Vertr.: F. Meffert  
u. Dr. L. Sell, Pat.-Anwalte, Berlin SW 68. Verfahren zur  
Herstellung von Zement nach dem Nahsverfahren. 24. VII.  
25. R 67 501. Großbritannien. 3. XII. 24.
- Kl. 81 c, Gr. 112. 465 609. J. Pöhlig Akt.-Ges., Köln-Zollstock,  
u. Otto Johannes Köhler, Köln, Alvenslebenstr. 2. Ein-  
richtung zum ununterbrochenen Beladen eines Eisenbahn-  
zugs. 5. II. 27. P 54 546.
- Kl. 81 e, Gr. 126. 465 749. Fried. Krupp Akt.-Ges., Essen, Ruhr.  
Absetzer. 15. X. 25. K 96 239.
- Kl. 81 e, Gr. 126. 465 687. Lübecker Maschinenbau-Gesellschaft,  
Lübeck. Verfahren und Absetzer zum Eineben von Auf-  
nahmegräben für Schüttgut. 10. IV. 25. L 62 946.
- Kl. 81 e, Gr. 126. 465 688. Lübecker Maschinenbau-Gesellschaft,  
Lübeck. Absetzer. 27. X. 25. L 64 330.
- Kl. 81 e, Gr. 126. 465 689. Lübecker Maschinenbau-Gesellschaft,  
Lübeck. Haldenschütthanlage. 18. IV. 26. L 66 531.
- Kl. 81 e, Gr. 126. 465 690. Lübecker Maschinenbau-Gesellschaft,  
Lübeck. Verfahren zum Fördern von Abraummassen aus  
Halden. 3. VII. 27. L 69 106.
- Kl. 84 b, Gr. 2. 465 860. Siemens-Schuckertwerke Akt.-Ges., Berlin-  
Siemensstadt. Schiffshebewerk mit auf den Hubrollen  
reitend gelagertem Antrieb. 1. II. 25. S 68 661.
- Kl. 84 c, Gr. 2. 465 751. Ottokar Stern, Wien; Vertr.: W. Zimmer-  
mann u. Dipl.-Ing. E. Jourdan, Pat.-Anwälte, Berlin SW 11.  
Pfahlrostgründung. 12. I. 26. St 41 924. Österreich 7. XII. 25.
- Kl. 85 d, Gr. 2. 465 554. Karl Radlik, Schwedt a. d. O. Schaltvor-  
richtung für Pumpen von Druckwasserwerken mittels eines  
an ein Venturirohr angeschlossenen hydraulischen Druck-  
reglers. 11. III. 25. M 88 761.
- Kl. 85 e, Gr. 9. 465 555. Elise Schulze, Dortmund, Wallrabestr. 21.  
Abscheider zum Trennen verschiedener schwerer Flüssigkeiten  
aus Abwässern mit Vorrichtungen zum Schalten des Durch-  
flusses. 27. II. 23. Sch 67 198.
- Kl. 85 e, Gr. 13. 465 556. Pfister & Langhanß A.-G., Nürnberg,  
Steinbühlerstr. 14 u. 14 a. Geruchverschluss für Boden-  
entwässerungen mit aushebbarer Schale und für sich auf-  
legbare Einlauftrichter, der durch einen Einlauffrost über-  
deckt ist. 6. II. 26. P 52 221.

## B. Erteilte Patente.

Bekanntgemacht im Patentblatt Nr. 36 vom 6. September 1928.

- Kl. 19 c, Gr. 5. 465 692. Cuno Pöhlig, Recklinghausen, Reitzenstein-  
straße 18. Betonstraßendecke und Herstellung derselben.  
15. VI. 26. P 56 732.
- Kl. 20 a, Gr. 16. 465 767. Emile Jopseph Holoye, Fourmies Nord,  
Frankreich; Vertr.: Dipl.-Ing. H. Caminer, Pat.-Anw.,  
Berlin W 30. Durch Schwerkraft betriebene Förderbahn.  
19. VI. 27. H 111 863. Frankreich 21. VI. 26.
- Kl. 20 g, Gr. 1. 465 693. „Gefia“ Akt.-Ges. für industrielle Anlagen,  
Wien; Vertr.: Dipl.-Ing. J. Spisbach, Pat.-Anw., Berlin-  
Wilmersdorf. Drehscheibe mit unterteilten Hauptträgern.  
18. VII. 26. G 67 759. Österreich 21. VII. 25.
- Kl. 20 g, Gr. 3. 465 694. Hohenzollern-Akt.-Ges. für Lokomotivbau,  
Düsseldorf-Grafenberg. Unterteilte Ablaufvorrichtung für  
Schiebebühnen. 4. III. 27. H 110 420.
- Kl. 20 h, Gr. 7. 465 634. Reinhold Bräuer, Düsseldorf, Fürstenwall 75.  
Wagenschieber. 5. III. 26. B 124 338.
- Kl. 20 i, Gr. 6. 465 772. Dr.-Ing. Gustav Kemmann, Berlin W 8,  
Taubenstr. 46. Handbedientes Spindelschloß für Weichen.  
24. IX. 27. K 106 082.
- Kl. 20 i, Gr. 8. 465 576. Elektro-Thermit G. m. b. H., Berlin-Tempel-  
hof, Colditzstr. 37—39. Drehzapfenlagerung für Vignol-  
weichen. 4. I. 28. E 36 732.

## BUCHERBESPRECHUNGEN.

Baumarkt und Gesamtwirtschaft. Von Reg.-Baumeister a. D.  
Dr.-Ing. Karl Müller) Berlin, Emil Ebering, 1928. 288 Seiten.  
RM 12,50.

Das vorliegende Werk eines der Fachwelt bereits bekannten  
Verfassers, aus dem wir in den Heften 41/42 dieser Zeitschrift schon  
einen Auszug brachten, bringt reichhaltiges Material und eine schlüssige  
Darstellung aller bauwirtschaftlichen Verhältnisse. Die für den Bau-  
markt entscheidenden Einflüsse allgemeinwirtschaftlicher Art (ins-  
besondere der Kapitalbildung) und wirtschaftspolitischer Art sind  
in die Untersuchung mit einbezogen; dadurch wird diese auch über  
die Kreise der Bauwelt hinaus erhebliches Interesse erwecken.

Der Verfasser gründet seine Untersuchungen auf ein der Öffent-  
lichkeit bisher kaum bekanntes statistisches Material und schließt  
sie in systematischer Darstellung, die sich mehrfach an die Casselsche  
Theorie anlehnt, zusammen. Er erörtert eine Reihe aktueller praktischer  
Fragen und entwickelt seine Schlüsse in Form fest umrissener wirt-  
schaftlicher Forderungen.

Dem praktisch tätigen Baufachmann und dem Gewerbetreibenden,  
dem es vielfach an Zeit und Gelegenheit fehlt, die Vorgänge in der  
Allgemeinwirtschaft und am Kapitalmarkt und ihre Auswirkungen  
zu verfolgen, wird das Buch besonders willkommen sein.

Vom Rost und vom Eisenschutz. — Altes und Neues. —  
Von Dr. Manfred Ragg. Verlag: Union, Deutsche Verlagsgesell-  
schaft. Preis RM 8,30 in Leinen.

Zunächst werden die Theorien der Rostbildung: Säure-, elektro-  
chemische, kolloidchemische Theorie, wiedergegeben und unter  
Heranziehung der neuesten wissenschaftlichen Untersuchung und Er-  
kenntnis kritisch gewürdigt. Weiterhin folgt die Besprechung des  
„passiven Zustandes“ (angelehnt an die Anschauungen von Tichomirow),  
alsdann die Wirkung verschiedenster Einflüsse auf das Rosten des  
Eisens und die Einwirkung von Nebenbestandteilen des Eisens in  
gleicher Hinsicht. Alle diese Untersuchungen faßt der Verfasser dahin  
zusammen, daß alles technische Eisen, trockener Luft ausgesetzt, durch  
eine feine Haut von Oxyd oder Oxyduloxyd vor weiterer Oxydation  
geschützt ist, daß diese Haut aber nicht wasserbeständig ist, sondern  
daß unter solcher Einwirkung, verbunden mit einer Volumenvergröße-  
rung, eine Hydratation eintritt, und nach Aufhören des Zusammen-  
haltes der Haut sich als erstes Roststadium ein Anflug von amorphem,  
ockergelbem, wasserhaltigem Eisenoxyd bildet. Trocknet die Ober-

fläche wieder, hört diese Bildung auf, sonst bildet sich an Stellen,  
an denen Wasser oder ein Elektrolyt einwirkt, eine Eisenwasser-  
stofflegierung, die infolge ungleichmäßiger Verteilung des Wasserstoffs  
die Rostbildung fördert. Bei beginnender Korrosion geht das Eisen  
in Lösung, um weiterhin unter Sauerstoffeinwirkung in Rost sich zu  
wandeln. Eine stets vorhandene ungleichmäßige O-Wirkung und  
H-Bildung wird weiterhin zur Bildung von Lokalströmen mit ihren  
zerstörenden Einflüssen führen. Jede technische Eisenoberfläche ent-  
hält Fremdbestandteile, die Korrosionszentren bilden.

In einem zweiten Hauptteile behandelt der Verfasser die Eisen-  
pigmente, unter Berücksichtigung ihrer in neuerer Zeit besonders  
beachteten physikalischen und morphologischen Eigenschaften. Es  
schließen sich Angaben über die wichtigsten Eisenschutzpigmente an.

Das vorliegende Werk hat dadurch besondere allgemeine Be-  
deutung, daß es sich die Aufgabe stellt und auch, soweit zur Zeit  
möglich, löst, unsere Kenntnis vom Rostproblem einheitlich und klar  
zusammenzufassen und die hier herrschenden, sehr verschiedenen An-  
schauungen wissenschaftlich zu entwirren und zu klären. Wenn es  
sich hierbei auch vorwiegend an den Chemiker und namentlich den  
Elektrochemiker wendet, so enthält es doch auch sehr wertvolle  
Hinweise auf den Eisenschutz, die für jedes technische Unternehmen,  
das für einen solchen zu sorgen hat, von hoher Bedeutung sein werden.

Dr. M. Foerster.

Der absolute Differentialkalkül und seine Anwendung  
in Geometrie und Physik. Von T. Levi-Civita, Berlin.  
Jul. Springer 1928. Preis geh. RM 19,60, geb. RM 21.—.

Aus Gauß' berühmter Abhandlung über die Geometrie auf einer  
Fläche hatte sich schon bald ein bedeutsamer Zweig der Wissenschaft  
entwickelt, der dann in Riemanns ihrer Zeit weit voraus eilenden  
Habilitationsschrift so wesentlich mitwirkte zur Rüstung der not-  
wendigen Hilfsmittel zur mathematischen Behandlung der Einstei-  
nischen Theorie. An der Entwicklung der unter Freimachung von der  
Euklidischen Hypothese und auf n-fache Mannigfaltigkeit ausgedehnten  
Differentialgeometrie haben italienische Mathematiker einen hervor-  
ragenden Anteil. Ricci und seine Schüler haben diesen absoluten  
Differentialkalkül zu einem selbständigen Zweig der Mathematik aus-  
gebaut (Riccikalkül).

Herr Levi-Civita, der auch bei uns ja in hohem Ansehen steht,  
besitzt jene große Fähigkeit, durch die Helmholtz' Arbeit sich so glän-

zend auszeichnete, auch schwierigste Dinge so klar und exakt und mit Kurze darzustellen, daß spätere lange Interpretationen nicht erforderlich werden, und kein Leser den entmutigenden Eindruck des allzu schwer Zugänglichen haben kann. Es ist dem Übersetzer Dr. Duschek, Privatdozent a. d. Universität Wien, zu danken, daß er diesen Vorzug des Autors in die deutsche Ausgabe voll übertragen hat, wie es denn überhaupt ein Verdienst ist, uns das Werk zugänglich zu machen, wenn wir auch schon ausgezeichnete deutsche Veröffentlichungen über den Gegenstand besitzen. Sachlich und nach Eigenart der Darstellung bringt es hinreichend Neues. Aber wegen dieser reinen mathematischen Belange, auf die doch nicht näher eingegangen werden dürfte, soll das Buch hier gar nicht erwähnt werden, sondern ausdrücklich um der Anwendungen auf Mechanik und Physik willen. Hier kommt es auf die Methoden des Verfassers an, die relativistische Mechanik (und Optik) darzustellen. Er geht von den klassischen Gesetzen aus und untersucht, welche Änderungen an ihnen sich vornehmen lassen, wenn zwei Bedingungen, deren Zulässigkeit unmittelbar evident ist, erfüllt sind. Auf diese Weise werden die schwierigen Fragen, um die es sich hier handelt — und deren Bedeutung für die physikalische Weltanschauung so eindrucklich ist —, mit einem großen Maße von Anschaulichkeit behandelt, so daß die Überwindung der rein mathematischen Kapitel sich reichlich lohnt. Es gibt auch heute noch viele, die Zeit und Mühe finden können, über den Beruf und die Last des Tages hinauszusehen. Sie mögen auf dieses Werk aufmerksam gemacht sein.  
Gravelius.

Grundwasserkunde. Von Prof. Dr. W. Kochne. Gr. 8°. 291 Seiten mit 100 Textabbildungen. E. Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung (Erwin Nägele) G. m. b. H. Stuttgart 1928. Preis broschiert RM. 16,50, in Leinen geb. RM 18,—.

Nach einer Begriffsbestimmung, wobei zwischen Unterwasserspiegelzone mit Grundwasser und Überwasserspiegelzone mit Haft- und Sickerwasser unterschieden wird — unter Haftwasser wird das durch molekulare Anziehung festgehaltene Wasser verstanden — werden kapitelweise behandelt: das Eindringen von Wasser in den Boden, das Grundwasser im Wasserhaushalt des Festlandes, der geologische Aufbau in seiner Bedeutung für die Wege des unterirdischen Wassers, die für die Grundwasserkunde wichtigsten hydraulischen Formeln, die Erfahrungen über die Wirkung künstlicher Eingriffe auf den Grundwasserstand, Geräte und Verfahren zur Messung des unterirdischen Wassers, Organisation der Untersuchungen, landwirtschaftliche Grundwasserkunde, Wasserversorgung aus Grundwasser, das Grundwasser und Haftwasser in der Tiefbautechnik und im Bergbau, das unterirdische Wasser in der Volkswirtschaft. Ein Literaturverzeichnis, ein „Grundwasserlexikon“ und ein Inhaltsverzeichnis beschließen das Buch, das allenthalben den aus der Praxis schöpfenden Fachmann — der Verfasser ist Referent für Grundwasserkunde an der Preuß. Landesanstalt für Gewässerkunde im Ministerium für Landwirtschaft, Domänen und Forsten — verrät. Die Abbildungen sind geschickt ausgewählt und bilden eine wertvolle Erläuterung des Textes. Bei den hydraulischen Formeln wäre ein Hinweis auf J. Dupuit geboten gewesen. Das Buch kann allen an Grundwasserfragen Beteiligten empfohlen werden.  
H. Engels.

Vom Werdegang des Kalksandsteins. B. Krieger. Verlag Tonindustriezeitung, Berlin. 22 Seiten 8°. Brosch. RM 1,—.

In der vorliegenden Druckschrift stellt der Verfasser alle die Patente zusammen, welche für die Entstehung und Entwicklung der Kalksandsteinindustrie Bedeutung erlangt haben. An Hand der Patentschriften und der sonstigen Fachliteratur, die zum Einzelstudium nachgewiesen wird, ist der Werdegang des Kalksandsteines geschildert.

Die vorliegende Schrift wird jedem willkommen sein, der sich über Kalksandstein unterrichten will, ganz besonders dem engeren Kreise der Fachgenossen.  
M. Foerster.

Der durchlaufende Träger. Von Dr.-Ing. e. h. E. Mörsch, Professor an der Technischen Hochschule Stuttgart. Verlag von Konrad Wittwer, Stuttgart 1928.

Dem umfangreichen Werke liegen die Vorlesungen über Baustatik zugrunde, die der Verfasser an der Technischen Hochschule in Stuttgart abhält. Er bietet in dieser Arbeit eine umfassende, in allen Einzelheiten ausführliche Darstellung und Begründung der analytischen und geometrischen Beziehungen, welche die Theorie des durchgehenden Trägers und Rahmens auszeichnen. Die Ergebnisse werden durch zahlreiche Hinweise für ihre Anwendung im Bauwesen ergänzt. Der Verfasser gibt nicht allein ein Lehrbuch für ein Verständnis schaffendes Studium, sondern auch zahlreiche Rechenergebnisse und Rechenvorschriften für außergewöhnliche Fälle, welche durch Art und elastische Verhältnisse des Stabzugs begründet sind. Die graphischen Methoden stehen im Vordergrund. Zahlreiche Tabellen über Momente und Querkräfte vielverwendeter Systeme von durchgehenden Trägern bilden eine willkommene Ergänzung und sichern dem Buche auch seinen Platz auf dem Arbeitstische des vielbeschäftigten Konstrukteurs. Das Streben nach anschaulicher Darstellung führt zur Begründung der Theorie mit Hilfe der bekannten Aufsätze von O. Mohr und W. Ritter, welche sich auf die Beziehungen zwischen Biegelinie und Momentenlinie stützen. Außerdem wird der Spannungszustand mit Hilfe der Knoten- und Stabdrehwinkel des Systems untersucht, eine Methode, die ebenfalls auf O. Mohr zurückgeht und später von A. Bendixsen verwendet und erweitert worden ist. Das Buch stützt sich also auf die Berechnungsmethoden, die im Eisenbetonbau allgemein im Gebrauch sind, so daß der Verfasser mit seinen klaren Darlegungen der theoretischen Zusammenhänge und ihrer Vertiefung für viele Fachgenossen ein hochwillkommenes Werk geschaffen hat, das nicht allein dem Bauingenieur, sondern auch dem Eisenbetonbau von Nutzen sein wird.  
Beyer.

Die Geldbeschaffung für den Wohnungsbau. Ein Wegweiser für die Praxis. Unter Mitwirkung von Eduard Schultz, Direktor der Verbandskasse Deutscher Beamtenwohnungsvereine, und Bruno Schwan, Geschäftsführer des Deutschen Vereins für Wohnungsreform. Herausgegeben von Otto Lehmann, Ministerialrat im Preußischen Volkswohlfahrtsministerium. 1928. Preis RM 8,75 für das geb. Exemplar. Landgemeindeverlag G. m. b. H. (Verlag des Verbandes der Preußischen Landgemeinden), Berlin W 9, Potsdamer Straße 22a.

Das Werk führt uns in die nüchternen Verhältnisse der Geldbeschaffung und bringt in klarer, übersichtlicher Form die betreffenden Grundsätze dem Leser vor Augen. Wie verwickelt und schwierig unsere Lage durch Krieg und Nachkriegszeit geworden ist, muß aber jeder erkennen, der sich in das Buch vertieft und muß es auch dankbar anerkennen, daß sie uns hier in kurzen Worten geschildert wird, d. h. nicht durch Schilderung im landläufigen Sinne, sondern durch einfache Aufzählung aller Möglichkeiten, die heute vorliegen. Man gewinnt Einsicht, welche unendliche Mühe es doch kostet, heute für den Wohnungsbau das betreffende Geld zu erhalten und wie viele verschiedenen Wege gesucht werden, um zum Ziele zu gelangen.

Aus all dem ist aber auch erkenntlich, wie schwer es ist, die durch die Inflation verloren gegangenen Mittel wieder zu erlangen und wie langsam die Bildung neuen Kapitals fortschreitet.

Die guten Absichten werden aber maßlos erschwert durch die gegenüber der Vorkriegszeit wesentliche Verteuerung der Baukosten und die Steigerung des Hypothekenzinsfußes. Gewiß wird auch hier wieder versucht, dagegen zu wirken durch allerlei Erleichterungen und aus den nüchternen Angaben, die das Werk enthält, sieht man deutlich die Anstrengungen, die von allen Seiten gemacht werden.

Sehr verdienstlich ist ferner der Anhang, der die vielen Verordnungen abdruckt, deren wir bedürfen.

Das Werk ist für jeden, der sich mit der Finanzierung von Bauvorhaben zu befassen hat, außerordentlich wertvoll und kann daher empfohlen werden. Professor Alphons Schneegans, Dresden.

## MITTEILUNGEN DER DEUTSCHEN GESELLSCHAFT FÜR BAUINGENIEURWESEN.

Geschäftsstelle: BERLIN NW 7, Friedrich-Ebert-Str. 27 (Ingenieurhaus).

Fernsprecher: Zentrum 152 07. — Postscheckkonto: Berlin Nr. 100 329.

### Neues über Flughafenbau.

Der Vortragsabend der Ortsgruppe Brandenburg der Deutschen Gesellschaft für Bauingenieurwesen am Dienstag, den 23. Oktober d. Js., abends 8 Uhr, im Ingenieurhaus, Berlin NW 7, war den Fragen des Lufthafenbaues gewidmet, die von den Luftverkehrsfragen den Bauingenieur besonders angehen.

Herr Dr.-Ing. Ernst Dierbach<sup>1</sup>, Leiter der Abteilung Bodenorganisation der Deutschen Lufthansa, Berlin, hielt einen klaren und ausführlichen Vortrag über: „Neues über Flughafenbau“.

<sup>1</sup> Vergl. Dr.-Ing. Ernst Dierbach: „Anlagen von Flughäfen für den Luftverkehr.“ im „Jahrbuch der Deutschen Gesellschaft für Bauingenieurwesen 1926“, S. 69-83.

Zunächst ging der Vortragende kurz auf die Luftschiffhäfen ein: Zur Zeit müssen die Luftschiffe noch wegen ihrer Empfindlichkeit in Hallen geborgen werden. Die Hallen werden in der Hauptwindrichtung erbaut, so daß die Luftschiffe im allgemeinen gegen den Wind aus der Halle bzw. in die Halle gebracht werden können. Bei seitlichen Winden bereitet allerdings das Ein- oder Ausfahren Schwierigkeiten, weil leicht der große Luftschiffkörper, der dem Winde eine gute Angriffsfläche bietet, gegen die Hallenwände gedrückt werden kann. Von der deutschen Kriegsluftschiffahrt wurden mit Erfolg Drehhallen verwendet, die es gestatteten, bei jedem Winde in die Halle einzufahren. Die Amerikaner haben die Halle in ihrem Luftschiffhafen Lakehurst so breit bemessen, daß der riesige Luftschiffkörper bei seitlichen Bewegungen nicht in die Gefahr kommt, die Hallenwände zu streifen. Bei kürzerem Aufenthalt kommen auch Landemaste in Frage, an denen das Luftschiff mit seiner Spitze drehbar verankert wird,

so daß es Änderungen der Windrichtung folgen kann. Die Landemaste enthalten Leitungen, durch die das Luftschiff mit den verschiedenen Betriebsstoffen versehen werden kann. Das freie Ende eines verankerten Luftschiffes hebt oder senkt sich je nach der Dichte der Luft. Diesen Bewegungen tragen die Amerikaner durch die entsprechende Höhe der Ankermaste Rechnung; in Staaken bei Berlin hat man nur einen Turm von geringer Höhe erbaut und verhindert die Vertikalbewegungen des Luftschiffes, indem man das Luftschiff mit seiner Führungsgondel auf einem Wagen verankert, der jedoch der horizontalen Drehbewegung des Luftschiffes um den Ankermast folgt. Der Start- und Landevorgang eines Luftschiffes erfordert zur Zeit noch eine große Haltemannschaft; bei Benutzung der Luftschiffe für den öffentlichen Verkehr wird man diese Haltemannschaften, die beim Militär ausreichend zur Verfügung standen, durch mechanische Vorrichtungen ersetzen müssen, da sonst die Wirtschaftlichkeit eines solchen Verkehrsunternehmens fraglich ist. Das Gelände eines Luftschiffhafens darf weich und etwas uneben sein, da eine Haltemannschaft keine großen Ansprüche an die Geländebeschaffenheit stellt.

Bei der Bemessung der Flugzeughäfen ist man von den Start- und Landeigenschaften der Flugzeuge abhängig. Man schreibt jedoch den Flugzeugen gewisse Bedingungen vor. So soll sich ein Flugzeug nach höchstens 300 m Rollweg von der Erde abheben können und dann bei einem Steigungswinkel von 1 : 20 eine Höhe von mindestens 20 m erreichen. In Anlehnung an diese Abnahmebedingungen für Flugzeuge sehen die deutschen Zulassungsbedingungen für Flughäfen eine Rolllänge von mindestens 600 m in jeder Richtung vor, an die sich ein hindernisfreier Einschwebewinkel im Steigungsverhältnis 1 : 15 anschließt. Es darf also in einer Entfernung von 1 km von der Flugplatzgrenze schon ein 66 m hohes Bauwerk stehen. Bei sehr schlechtem Wetter und bei Nacht erfordert aber die Sicherheit des Flugzeugbetriebes weitere Vorkehrungen. Die Flughafenzone müßte von der Platzgrenze aus in einem Winkel von 1 : 20 bis zu einer Höhe von 25 m ansteigen und dann bis zu einer Entfernung von 2 km von der Flugplatzgrenze wagerecht verlaufen. Alle Hindernisse, die in diese Zone hineinragen, müßten bei Tage durch rotweißen Anstrich, bei Nacht durch rotes Licht erkennbar gemacht werden.

Die vorgenannten Bedingungen für die Abmessungen der Flugzeughäfen sind Mindestbedingungen. Man muß bei der Anlage von Flugzeughäfen unbedingt der künftigen Entwicklung des Flugverkehrs Rechnung tragen. Bei stärkerem Verkehr werden Start- und Landebahnen voneinander durch eine dazwischenliegende breite neutrale Zone getrennt werden müssen, wie das jetzt schon auf einigen deutschen Häfen der Fall ist; man wird später sogar mehrere Start- und mehrere Landebahnen brauchen. Da in jeder Windrichtung Landebahnen nötig sind, hat es gar keinen Zweck, jetzt den Flugplatz auf einzelne schmale Landestreifen zu beschränken, da man wahrscheinlich später doch die große abgerundete Fläche brauchen wird, zumal bei zunehmendem Nachtverkehr aus Mangel an Sicht viel breitere Bahnen zum Landen erforderlich werden.

Die Anforderungen an die Geländegestaltung widersprechen sich gegenseitig. Beim Start ist an und für sich zum schnellen Abheben des Flugzeuges von der Erde ein möglichst geringer Rollwiderstand, also womöglich eine glatte Betonfläche erwünscht; kommt aber beim Start ein Motordefekt vor, so könnte man auf einer solchen Fläche die Maschine nur schwer zum Halten bringen. Ebenso ist natürlich zum Landen eine glatte, harte Fläche nicht geeignet. Man kommt zur Zeit noch mit einer Grasnarbe aus. Eine Neigung des Platzes verlängert oder verkürzt den Start- bzw. Landevorgang je nach der Richtung, in der er vor sich geht, was wiederum von der herrschenden Windrichtung abhängt. Im Mittelgebirge läßt man eine geringe Neigung der Flugplätze zu; die Deutsche Lufthansa A.-G. hält nach ihren Erfahrungen für den Betrieb eine Neigung von 1 : 80 noch für erträglich.

Für Seeflughäfen sind mit Rücksicht auf die schweren Flugzeuge bedeutend größere Abmessungen erforderlich; bisher kam man mit 2,5 km langer Schwimmfläche und 4 m Wassertiefe aus. Bei stillen Wasserflächen ohne Wasserspiegelschwankungen können die Flugzeuge mit Flachbooten einfach auf den Strand auflaufen, während solche mit gekielten Booten entweder an Landungsbrücken oder in Stichkanälen anlegen können. Auf dem Unterwasserseeflughafen, dessen Wasserspiegel großen Schwankungen unterworfen ist und sogar Strömungen aufweist, hat man zum Festlegen von Flugzeugen mit Erfolg einen Ponton verwendet, der beweglich verankert ist und eine dockartige Hebebühne besitzt, mittels deren die schweren Flugzeuge aus dem Wasser gehoben werden können.

Während Seeflugzeuge nur bei größeren Reparaturen aus dem Wasser geholt und in Hallen untergebracht werden, muß man die Landflugzeuge in Hallen unterstellen. Die Flugzeughallen sind die größten Gebäude eines Flughafens; die Verkehrsräume sind in einem verhältnismäßig kleinen Gebäude unterzubringen. Schwierigkeiten bereitet die Anordnung der Gebäude am Platze, da sie durch ihre Höhe für startende Flugzeuge eine Einengung der Einschwebzone bedingen können. Zu jeder Halle gehört ein breites Vorfeld, auf dem sich die verschiedenen betrieblichen Vorgänge abspielen; legt man nun die Gebäude in eine Ecke des Geländes, um nicht soviel Flugplatzgrenze einzunehmen, so muß darauf geachtet werden, daß sich die Vorfelder der Hallen nicht überschneiden, wodurch sich beim Betrieb die einzelnen Vorgänge gegenseitig behindern würden. Es sind Flugzeughallen mit lichten Toröffnungen bis zu 80 m gebaut worden; die Bewegung der Tore geschieht durch mechanische Antriebe. Das Abfertigungs-

gebäude enthält in der Mitte die Abfertigungsräume, auf der einen Seite Büroräume und auf der andern Seite Warteräume und Gaststätte.

Auf verschiedenen Strecken wird bereits Nachtflugverkehr betrieben. Dem Flugzeug auf der Strecke muß in diesem Fall durch Leuchtfeuer sein Weg bezeichnet werden. Im Bereich der Flughafenzone müssen alle Hindernisse durch eine möglichst wirkungsvolle Beleuchtung für den Flugzeugführer kenntlich gemacht werden. Außerdem muß die Umrandung des Flughafens und die Landestelle, Windrichtung u. v. a. m. dem Führer durch geeignete Beleuchtung und Lichtsignale angegeben werden. (Näheres über das gesamte Signalwesen im Luftverkehr in einem Aufsatz des Vortragenden in dem demnächst erscheinenden Jahrbuch der D. G. f. B. 1928.)

Schwierigkeiten bereitet die Anordnung der Tankanlagen und der Zapfstellen, da die Verwendungsstellen sehr zerstreut liegen, fast jeder Motor einen andern Betriebsstoff gebraucht und die benötigten Mengen sehr groß sind. Der Transport des Betriebsstoffes von der Tankanlage zum Flugzeug mit Elektrokarren oder Lastautos hat den Mangel, daß wenigstens zwei Behälter mit den am häufigsten verlangten Betriebsstoffen bewegt werden müssen, die sehr schwer werden.

Auf den Seeflughäfen sind zum Herausholen der Flugzeuge aus dem Wasser besondere Einrichtungen erforderlich. Bei kleineren Maschinen reicht ein Kran aus. Kleinere und mittlere Maschinen können auch auf Schienenslipanlagen aus dem Wasser gezogen werden. Für ganz große Maschinen wird man Dockanlagen schaffen müssen.

An den Vortrag schloß sich eine Aussprache an. Herr Min.-Rat Busch erwähnte, daß man sich schon im Kriege vor die Frage gestellt sah, wie man die großen Seeflugzeuge aus dem Wasser holen könne; man hat sich damals damit geholfen, daß man die Hallen einfach ins Wasser baute. Natürlich hätten die Marinefachleute auch zuerst Dockeinrichtungen erwogen. Herr Dr.-Ing. Dierbach teilte mit, daß man die Verkehrs-Seeflugzeuge heute im allgemeinen im Wasser abfertigt und nur etwa alle 14 Tage zu kleineren Reparaturen, die an den durchweg im Leichtbau hergestellten Flugzeugen immer einmal notwendig werden, aus dem Wasser holt.

In der nächsten Zeit wird man wahrscheinlich in Deutschland eine neue Luftschiffhalle bauen müssen. Man wird sich dann vor die Entscheidung gestellt sehen, unter den verschiedenen möglichen Bauarten eine auswählen zu müssen. Herr Min.-Rat Busch teilte mit, daß nach den Erfahrungen, die von der deutschen Marine-Luftschiffahrt im Kriege gesammelt worden sind, nur die einschiffige Drehhalle, wie sie zuerst beim Siemens-Luftschiff erprobt worden ist, als wirklich einwandfrei bezeichnet werden kann. Wegen der empfindlichen Bauart der Luftschiffe wagte man in der Kriegszeit noch nicht, ein Luftschiff mit seiner Spitze an einem Ankermast festzumachen. Wie Herr Direktor Schmuckler mitteilte, scheinen allerdings die zur Zeit praktisch tätigen deutschen Luftschiffer, d. s. Dr. Eckener und seine Mitarbeiter, nicht die Absicht zu haben, Drehhallen zu bauen. Sie wollen nach amerikanischem Beispiel breite zweischiffige Hallen bauen. Beim Einfahren soll das Luftschiff mit Flaschenzügen an Gleitbahnen befestigt in die Halle hineingeführt werden. Als Windschutz sollen die breiten Torflügel der Halle dienen, die so eingerichtet werden sollen, daß sie je nach der Windrichtung beide nach einer Seite standfest herausgefahren werden können und das Luftschiff bei der Einfahrt gegen Seitenwind schützen. In ihrem Luftschiffhafen für den geplanten transatlantischen Luftschiffverkehr wollen die Spanier eine zweischiffige Eisenbeton-Luftschiffhalle erbauen, die bei parabelförmigem Querschnitt 130 m breit, 70 m hoch und 300 m lang werden soll. Herr Stein teilte mit, daß die Einfahrbahnen auch schon von der deutschen Kriegsluftschiffahrt versucht worden sind, sich aber nicht als unbedingt sicher erwiesen hätten.

Herr Dr.-Ing. Müller-Lankwitz wies darauf hin, daß Graf Zeppelin seine erste Halle als Schwimmhalle auf dem Bodensee angelegt hat, und warf die Frage auf, warum man nicht auf diese Bauweise, bei der sich die Drehbarkeit von selbst ergibt, zurückkommt, da das neue Luftschiff ohnehin dem transatlantischen Verkehr dienen soll. Herr Reg.- und Baurat Herbst stellte die Frage, durch welche Erfahrungen die Amerikaner und Franzosen veranlaßt worden sind, die großen Hallen zu bauen.

Herr Min.-Rat Busch erwiderte auf die gestellten Fragen, daß die Halle auf dem Bodensee seinerzeit gar nicht als Drehhalle ausgenutzt worden ist. Das Drehen einer Schwimmhalle ist übrigens nur durch umständliches, langwieriges Schwojen auf dem Wasser durchzuführen, während eine Drehhalle auf dem Lande sich verhältnismäßig leicht um eine feste Achse drehen läßt. Für einen Luftschiffhafen auf dem Wasser gebraucht man eine ziemlich große Wasserfläche, die erhebliche Dünnung aufweisen würde. Außerdem bereitet es Schwierigkeiten, die verschiedenen Nebenanlagen, die zu einer Halle gehören, auf einer schwimmenden Anlage unterzubringen. Wirkliche Erfahrungen auf allen Gebieten, die mit der Luftschiffahrt zusammenhängen, haben bisher eigentlich nur die Deutschen sammeln können, denn nur die deutsche Kriegsluftschiffahrt hatte wirklich Gelegenheit dazu, viele Möglichkeiten auszuprobieren. Hallen mit großen Spannweiten — die Halle in Lakehurst ist über 100 m breit — werden ebenso teuer wie Drehhallen.

Herr Dipl.-Ing. Baer erwähnte die Verdienste des verstorbenen Professor Müller-Breslau um die Fragen des Luftschiffbaues. Prof. Müller-Breslau hat schon in den neunziger Jahren darauf hingewiesen, daß ein starres lenkbares Luftschiff, als Raumfachwerk und in Stromlinienform hergestellt werden müsse.