

DIE VERHÜTUNG SCHÄDLICHER KOLKE BEI STURZBEITEN.

Von Th. Rehbock, Karlsruhe.

Übersicht: Der Aufsatz zeigt auf Grund der Versuche Dr. Lüscher's und von Versuchen im Karlsruher Flußbaulaboratorium, wie stark die Sohlensaukolkungen bei Wehren durch Anbringung einer Zahnschwelle am Sturzbettende gemindert werden können. Es wird weiter gezeigt, daß diese günstige Wirkung der Zahnschwelle auch im schießenden Wasserstrom erzielt wird.

Die zur Erzielung eines Wassersprungs erforderliche Höhenlage des Sturzbettes wird mit Hilfe des Stützkraftsatzes aus der Tiefe des schießenden Wasserstromes berechnet. Es wird ferner der Nachweis erbracht, daß die Höhe des Wassersprungs mit Hilfe des Stützkraftsatzes im Mittel auf Bruchteile eines Hundertstel genau berechnet werden kann.

Auf kaum einem anderen Gebiet des Wasserbaues hat sich der Ingenieur seither so unsicher gefühlt, als bei dem Entwurf von Sturzbetten. Der Verfasser hat dies besonders empfunden, als er 1910 die Herausgabe des Bandes Stauwerke des Handbuches der Ingenieurwissenschaften übernahm und in dem von ihm verfaßten Kapitel über feste Wehre die Gestaltung der Sturzbetten zu besprechen hatte. Seit jener Zeit sind allerdings wesentliche Fortschritte im Entwerfen von Sturzbetten gemacht worden, die zum Teil durch die bei der Anlage zahlreicher neuer Wehre gewonnenen Erfahrungen, zum Teil durch die Nutzbarmachung des Modellversuchs für die Gestaltung der Sturzbetten erzielt wurden.

Das Karlsruher Flußbaulaboratorium hat sich besonders mit Versuchen über die Ausbildung von Sturzbetten bei Wehren und Talsperren beschäftigt. In ihm wurden zahlreiche Versuche zur Klärung des Abflußproblems bei Sturzbetten durchgeführt und eine große Zahl von Entwürfen von Sturzbetten für Wehranlagen in Deutschland, aber auch für ausländische

Sohlensaukolkung bei Wehren durch Zahnschwellen¹ berichtet. In neuester Zeit ist die Wirkung der Zahnschwelle auch von anderer Seite verschiedentlich experimentell untersucht worden, und Dr. Lüscher in Aarau hat kürzlich ausführlich über von ihm angestellte Modellversuche an Sturzbetten ohne und mit Zahnschwelle berichtet.

Eine wichtige Förderung hat das Entwerfen von Sturzbetten auch durch die Verwendung des von Koch in das wasserbauliche Versuchswesen eingeführten Stützkraftsatzes erfahren, den Dr. Carstanjen in seinem wertvollen Buch: „Von der Bewegung des Wassers und den dabei auftretenden Kräften nach den Arbeiten von Staatsrat Dr.-Ing. e. h. Alexander Koch“² besprochen hat.

Diese beiden neuen Arbeiten haben den Verfasser veranlaßt, sich im nachfolgenden Aufsatz nochmals mit der Frage der Kolkverhütung bei Sturzbetten zu beschäftigen.

Dr. G. Lüscher hat in der Schweizerischen Wasserwirtschaft³ in einem Aufsatz mit dem Titel: „Über Versuche mit Rehbockschen Zahnschwellen“ Mitteilungen über eine Reihe von ihm durchgeführter Modellversuche gemacht, die er anstellte, um die kolkverhütende Wirkung von Zahnschwellen bei wagerechten Sturzbetten zu untersuchen. Das Ergebnis seiner Versuche hat er in 12 Längenschnitten zusammengefaßt, welche die Art des Abflusses unter den Schützen eines Wehres hindurch und die durch das Wasser dabei verursachten Kolkbildungen zeigen. Diese Längenschnitte gibt Abb. 1 in der Form wieder, wie sie in der Schweizerischen Wasserwirtschaft veröffentlicht wurden.

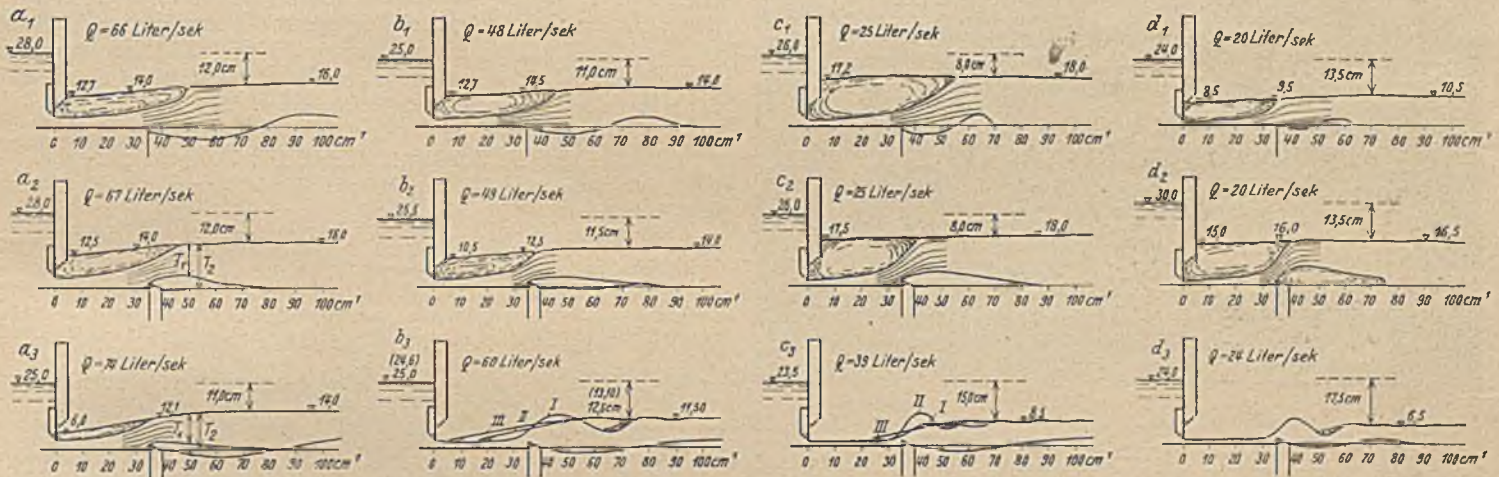


Abb. 1. Kolkversuche an dem Modell eines Schützenwehres mit ebenem Sturzbett ohne und mit Zahnschwelle (s. Dr. G. Lüscher, Über Versuche mit Rehbockschen Zahnschwellen, Schweizerische Wasserwirtschaft 1927, Heft 7, Seite 95).

Anlagen in den Niederlanden, in Frankreich, in Spanien, in Italien, in der Schweiz, in Kleinasien und in Peru im Modell überprüft. Bei diesen Versuchen wurde namentlich die zweckmäßigste Höhenlage und die erforderliche Breite der Sturzbetten festgestellt und in der Zahnschwelle — einer mit stromaufwärts gerichteten Zähnen versehenen durchlaufenden Dachschwelle — ein wirksamer Abschluß des Sturzbettes gefunden, der das Auftreten schädlicher Auskolkungen im ungeschützten Flußbett unterhalb des befestigten Sturzbodens sicher verhütet. Der Verfasser hat hierüber erstmals in der Festschrift der Technischen Hochschule zu Karlsruhe anlässlich ihres 100jährigen Bestehens im Jahre 1925 unter dem Titel: „Die Bekämpfung der

Diese lehrreichen Längenschnitte sind in 4 Gruppen (a bis d) zusammengefaßt, bei denen die Durchflußöffnungen 4, 3, 2 und 1,2 cm hoch gewählt waren. Dies entspricht bei einem angenommenen Maßstab des Modelles von 1 : 50, der schon beträchtliche natürliche Verhältnisse ergibt, Durchflußöffnungen von 2 m, 1,5 m, 1 m bzw. 0,6 m Höhe. Auf die natürlichen Verhältnisse umgerechnet, schwankten die Oberwassertiefen bei den Versuchen zwischen 15 m und 11,75 m, die Unterwasser-

¹ Abgedruckt auch in Zft. des V. D. I. 1925 Nr. 44 und Schweizer Bauzeitung 1926, Bd. 87, Nr. 3 u. 4.

² Berlin. Verlag Julius Springer. 1926.

³ Jahrgang 1927, Nr. 7.

tiefen zwischen 9 m und 3,25 m, die Durchflußmengen zwischen 26,16 m³/s und 7,07 m³/s auf 1 m Wehrlänge.

Gleichwertige Versuche ohne und mit Zahnschwelle mit gleichen Wassertiefen und Abflußmengen sind nur bei den Versuchsgruppen a und c vorgenommen worden, doch bietet auch die Gruppe b brauchbare Vergleichswerte, da bei ihr nur die Oberwassertiefe und die Durchflußmenge bei dem Versuch mit Zahnschwelle um kleine Beträge von 2% größer gewählt wurden als bei dem Versuch ohne Zahnschwelle. Bei der Versuchsgruppe d war die Oberwassertiefe und die Unterwassertiefe bei dem Versuch mit Zahnschwelle um 25% bzw. 57% größer als bei dem Versuch ohne Zahnschwellen, so daß ein Vergleich der Versuchsergebnisse nicht möglich ist.

Die drei allein einwandfrei vergleichbaren Versuche a₁ und a₂, b₁ und b₂ sowie c₁ und c₂ der beiden ersten Versuchsreihen zeigen übereinstimmend eine so hohe Lage des Unterwasserspiegels über dem Sturzbett, daß eine standfeste Deckwalze auftrat. Bei den Versuchen ohne Zahnschwellen (Versuchsreihe 1) wurden Auskolkungen festgestellt, deren Tiefe etwa der Höhe der Durchflußöffnungen unter dem Schütz entspricht, während bei den Versuchen mit Zahnschwellen (Versuchsreihe 2) die Kolke bei allen drei Versuchsgruppen weniger als 1/5 dieser Tiefen erreichen. Bei dem Versuch d₂ mit Zahnschwelle ist ein Kolk überhaupt nicht wahrnehmbar.

Das Ergebnis dieser Versuche entspricht den im Karlsruher Flußbaulaboratorium gemachten Feststellungen, daß bei einem wagerechten Sturzbett beim Vorhandensein einer Deckwalze die Kolkiefen durch die Wirkung einer Zahnschwelle auf einen kleinen Bruchteil ihrer sonstigen Größe zurückgehen oder auch ganz verschwinden.

Die Längenschnitte Dr. Lüscher lassen ferner erkennen, daß die Länge der Deckwalzen durch die Zahnschwellen verringert wird, und daß das Wasser infolgedessen früher zum strömenden Abfluß übergeht.

Die weiteren von Dr. Lüscher ausgeführten Versuche der dritten (untersten) Versuchsreihe a₃, b₃, c₃ und d₃ mit Zahn-

kolkmindernde Wirkung der Zahnschwellen besonders überzeugend hervortreten. Vor allem ist aus den Längenschnitten Dr. Lüscher zu entnehmen, daß trotz der ungünstigen Abflußverhältnisse, die bei der dritten Versuchsreihe vorlagen, infolge der schützenden Wirkung der Zahnschwellen in keinem Fall Auskolkungen der Sohle unmittelbar am Ende des befestigten Sturzbettes entstanden sind. Demgegenüber begann die Kolkung trotz der geringeren Abflußmengen und der größeren Unterwassertiefen bei der ersten Versuchsreihe ohne Zahnschwellen schon unmittelbar am befestigten Sturzbett, so daß die stromabwärts gerichtete Begrenzung der Sturzbettplatte freigelegt wurde (Versuche a₁ und c₁), was beim Vorhandensein von Zahnschwellen selbst beim Fehlen einer Deckwalze nicht geschehen ist (Versuche c₃ und c₄).

Vergleichsversuche ohne Zahnschwellen sind zu den Versuchen der dritten Versuchsreihe leider nicht angestellt worden. Solche Vergleichsversuche würden den Wert der Zahnschwelle gerade unter diesen ungünstigen Abflußverhältnissen, bei denen der Wasserstrom das Ende des Sturzbettes schießend erreicht, besonders deutlich gezeigt haben.

Als Beispiel für einen solchen Abfluß möge auf neuere Modellversuche im Karlsruher Flußbaulaboratorium für die Wehranlage des Oberrhein-Kraftwerkes Ryburg-Schwörstadt hingewiesen werden, an dem bei einer mit der Abflußmenge schwankenden Oberwassertiefe von 11,5 m bis 12 m und bei Unterwassertiefen von 4—7 m Wassermengen bis zu 5500 m³ pro s durch 4 Wehröffnungen von je 24 m Breite zum Abfluß kommen. Bei allen größeren Wasserführungen fließt bei diesem Wehr das Wasser bis über das Ende des befestigten Sturzbettes hinaus schießend ab. Dabei bildet sich unterhalb des Sturzbettes ein gewellter Strahl, dessen erste stehende Welle bis zu beträchtlicher Höhe emporstiegt (s. Abb. 2, aufgenommen für einen Abfluß durch das Wehr von 4000 m³/s).

Trotz des aus Abb. 2 ersichtlichen wilden Abflußvorganges traten beim Vorhandensein einer Zahnschwelle bei den verschiedenen vorkommenden Abflußmengen überhaupt keine Auskolkungen dicht unterhalb des Sturzbettes auf. Auf mehrere Meter Breite wurden bei einem Flußbett aus feinkörnigem Kies, aber auch bei einem solchen aus leichtbeweglichen feinen Bodenteilen (Sand von 0,3—1,2 mm Korngröße im Modell 1 : 50) keinerlei Senkungen der unbefestigten Sohle unter die Höhenlage der Sturzbettplatte beobachtet. Erst in einer größeren Entfernung unterhalb des Endes des befestigten Sturzbettes senkte sich die Sohle mit flacher Böschung stromabwärts allmählich unter die Sturzbethöhe. Das Sturzbett war daher auch bei dem

auf tretenden
schießenden
Abfluß vor Be-
schädigungen
durch Kolkbil-
dung sicher ge-
schützt. Die
unter der ste-
henden Welle
stromabwärts
vom befestig-
ten Sturzbett
entstehende

Grundwalze

führte das Geschiebe auch in diesem Falle aufwärts zur Zahnschwelle. Einzelne Geschiebeteilchen bewegten sich dabei auf den Oberflächen der Zähne der Schwelle in flach geneigter Bahn stromaufwärts, um an der Oberkante der Zähne, von der reißenden Strömung erfaßt, frei schwebend stromabwärts fortgerissen zu werden, wobei sie aber wieder in die Grundwalze unter den eigentlichen Wasserstrom gelangten (Abb. 3). Diese Grundwalze verhinderte das Abwandern des Geschiebes und damit die Kolkbildung unmittelbar vor dem befestigten Sturzbett vollständig. Sie erzeugte sogar

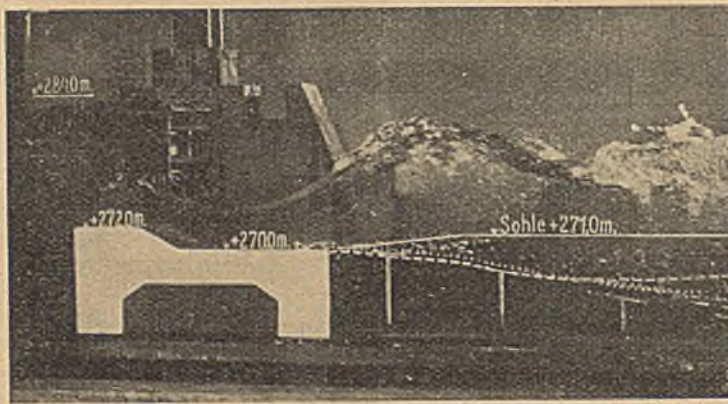
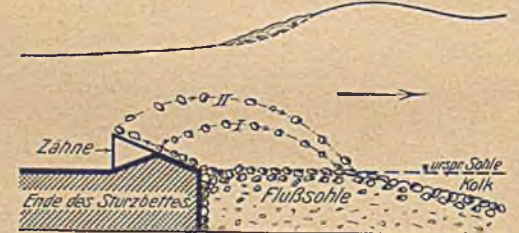


Abb. 2. Momentaufnahme des Abflusses einer Wassermenge von 41,7 m³/s auf 1 m Durchflußbreite unter dem gehobenen Schütz der Wehranlage Ryburg-Schwörstadt. Modell 1 : 50. Die unbefestigte Flußsohle des Modells bestand bei dieser Aufnahme aus Kies von 6—12 mm Korngröße.

schwellen wurden bei einem gegenüber den entsprechenden Versuchen der ersten Versuchsreihe ohne Zahnschwellen um 12, 25, 56 bzw. 20% gesteigerten Abfluß und bei einer um 12, 18, 53 bzw. 38% verminderten Unterwassertiefe, d. h. unter ganz wesentlich ungünstigeren Abflußverhältnissen durchgeführt. Das Abflußbild änderte sich dabei grundlegend, indem sich nur noch bei dem Versuch a₃ mit wenig verkleinerter Unterwassertiefe eine standfeste Deckwalze bilden konnte, während bei den übrigen Versuchen b₃, c₃ und d₃ der Abfluß sich vorübergehend oder dauernd unter Bildung eines gewellten Strahles ohne Deckwalze vollzog. Trotzdem blieben die Kolkiefen infolge der günstigen Wirkung der Zahnschwellen in allen Fällen kleiner als bei den entsprechenden Versuchen der ersten Versuchsreihe ohne Zahnschwellen. Diese Versuche lassen die



I. Geschiebepath unterhalb der Lücken.
II. Geschiebepath in Richtung der Zähne.

Abb. 3. Wandern des Geschiebes an einer Zahnschwelle, festgestellt durch Zeitlupenaufnahme.

eine geringe Auflandung der Sohle dicht unterhalb des Sturzbodens.

Wurde bei diesen Abflußverhältnissen die Zahnschwelle am Sturzbettende des Modells beseitigt, so änderte sich das Abflußbild plötzlich. Große Mengen von Geschiebe wurden dann sofort abwärts fortgerissen. Es entstanden Auskolkungen, die schon unmittelbar vor dem befestigten Sturzbett begannen und einen Teil der Sturzbettplatte freilegten. Selbst grobes Geschiebe kam dabei bis zu erheblicher Tiefe unter der Sturzbethöhe in Bewegung, wie durch eine Filmaufnahme auch im Bild festgehalten werden konnte.

Die beiden Längenschnitte Abb. 4a und 4b zeigen die Kolkbildungen für einen Hochwasserabfluß von $5000 \text{ m}^3/\text{s}$ auf 96 m Durchflußbreite, d. h. für einen Abfluß von $52,1 \text{ m}^3/\text{s}$ auf 1 m Breite an einem Modell $1:50$ für das Wehr ohne und mit Zahnschwelle. Der Fuß der Zahnschwelle wurde bei dieser Anlage, um eine ebene Fläche am Sturzbettende für das Aufsetzen von Dammbalken frei zu halten, entgegen der üblichen Ausbildung (Abb. 5) weggelassen (Abb. 6), was nach dem Ergebnis der Versuche die Wirkung der Zahnschwelle nicht beeinträchtigt, zumal der Ausschnitt teilweise mit Geschieben ausgefüllt wird, die aber beim Aufsetzen eines Dammbalkens sogleich durch die entstehende starke Strömung fortgerissen werden.

Während die Zahnschwelle Auskolkungen auch vor den Zwischenpfeilern selbst bei Hochwasserabfluß auf die Dauer sicher verhütete, entstanden bei fehlender Zahnschwelle unmittelbar unterhalb der Pfeiler schon im Laufe eines einstündigen Versuches Auskolkungen von $2,5 \text{ m}$ Tiefe (Abb. 3).

Die Längenschnitte Abb. 7 und 8 sind beide bei einem Abfluß von $4000 \text{ m}^3/\text{s}$ beim Sturzbett mit Zahnschwelle aufgenommen. Sie zeigen, daß die Korngröße des Bettmaterials auf die Form des entstehenden Kolkes nur von geringem Einfluß ist, wenn auch die Auswaschung der Sohle bei größerem Boden ganz erheblich mehr Zeit erfordert. Bei diesen Versuchen entstand bei einem Flußbett aus Kies in 32 Stunden ein ähnliches

Es ist in der Tat überraschend, daß selbst bei einem so wilden Abfluß ungewöhnlich großer Wassermengen von über $50 \text{ m}^3/\text{s}$ auf 1 m Abflußbreite durch einen Grundablaß, wie ihn der Längenschnitt Abb. 2 im Modell durch eine Spiegelglas-scheibe hindurch erkennen läßt, keinerlei Auskolkungen in der Nähe des befestigten Sturzbettes entstehen, wenn dieses mit einer richtig angeordneten Zahnschwelle abgeschlossen ist.

Die Zahnschwelle erfüllt ihren Zweck, das Sturzbett zu

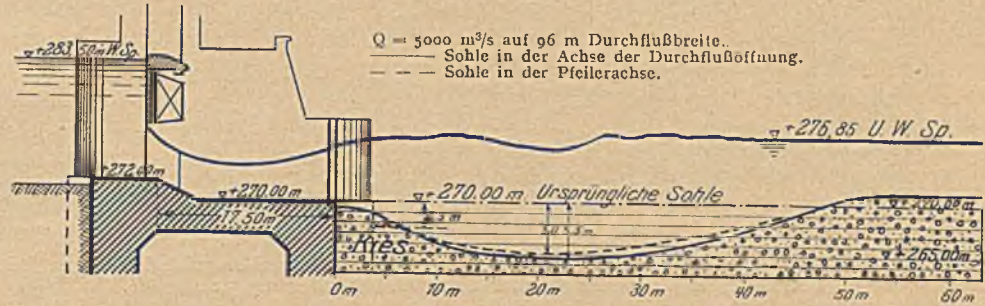


Abb. 4a. Kolkbildung bei einem Flußbett aus Kies von 6—12 mm Korngröße bei ebenem Sturzboden ohne Zahnschwelle nach einer Versuchsdauer von 1 Stunde.

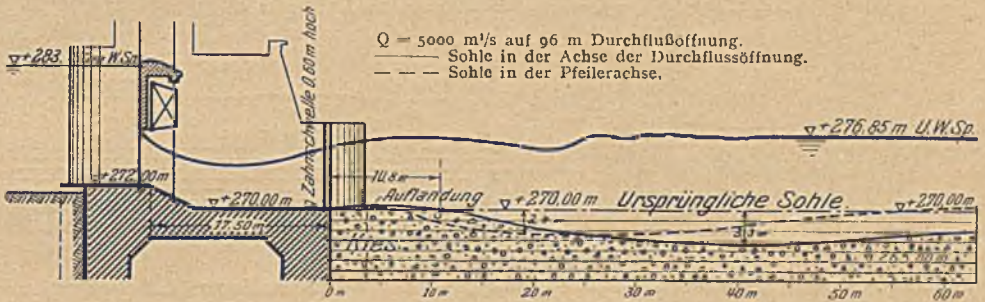


Abb. 4b. Kolkbildung bei einem Flußbett aus Kies von 6—12 mm Korngröße bei ebenem Sturzboden mit Zahnschwelle nach einer Versuchsdauer von 1 Stunde.

Abb. 4a und b. Untersuchung des Einflusses einer Zahnschwelle auf die Kolkbildung an einem Teilmodell $1:50$ des Rheinwehres Ryburg-Schwörstadt.

schützen, demnach nicht nur im strömenden, sondern auch im schießenden Wasserstrom. Sie tut dies selbst dann, wenn nur ein verhältnismäßig schmales Sturzbett vorhanden ist, wie bei Ryburg-Schwörstadt, wo das Sturzbett nur um das 1,6 fache der Oberwassertiefe von der Stauwand des Schützes abwärts reicht. Voraussetzung für eine solche gute Wirkung der Zahnschwelle ist allerdings, daß der abfließende Wasserstrom bei



Abb. 5. Übliche Ausbildung der Zahnschwelle.

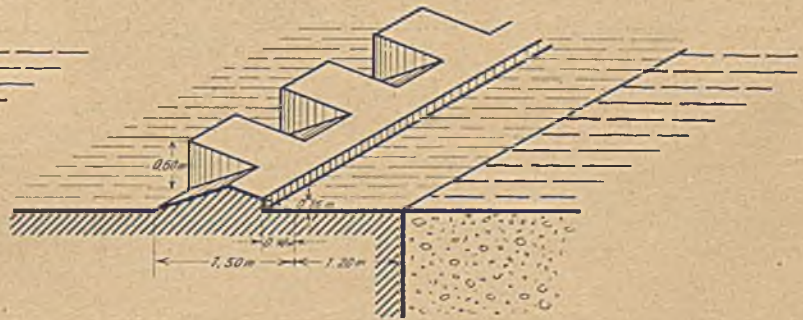


Abb. 6. Anordnung der Zahnschwelle beim Wehr Ryburg-Schwörstadt.

Kolkbild (Abb. 7), wie bei Sandboden in 40 Minuten, d. h. in einer 48 mal kürzeren Zeit (Abb. 8⁴).

Auch bei einer großen Anzahl weiterer Versuche mit Zahnschwelle lag der Kolk stets in einer unschädlichen Entfernung vom Ende des Sturzbettes, das durch einen vorgelagerten Bodenkörper sicher geschützt blieb, so daß Herdmauern oder Spundwände unnötig werden.

⁴ Bei Ausdehnung des Versuches mit Kies auf eine Dauer von etwa 40 Stunden würde der Kolk voraussichtlich nahezu die gleiche Tiefe erreicht haben, wie beim Versuch mit Sand in 40 Minuten.

allen Wasserführungen auch tatsächlich auf die Zahnschwelle auftrifft und nicht — etwa durch einen ansteigenden Gegenboden, wie es bei vertieften Sturzbecken der Fall sein kann — über sie hinweg geleitet wird.

Die Lücken zwischen den Zähnen unterstützen die kolkmindernde Wirkung der Zahnschwellen. Sie bieten aber vor allem den Vorteil, daß Verlandungen des Sturzbettes, die bei lotrecht begrenzten, über das ganze Sturzbett reichenden, durchlaufenden Schwellen bei kleinen Wasserführungen eintreten können, sicher verhütet werden, da das Geschiebe, ohne sich ab-

zulagern, von der Strömung durch die Lücken zwischen den Zähnen hindurchgetrieben wird.

Was die Form der Zahnschwelle anbetrifft, so wurde die in Abb. 5 dargestellte unter vielen untersuchten Schwellen ohne und mit Zähnen als die wirksamste befunden. Mit meist nur

werk), in der Rensch bei Renchen und im Flutkanal am See-graben (Kulturbauamt Offenburg), in der Tauber bei Wertheim (Teilbachwerk), beim Kallbach-Wehr (Landkreis Aachen), beim Hundsbachwehr des Murgwerkes (Badenwerk), an einem Wehr im Lirifluß (Italien), am Maaswehr Borgharen bei Maastricht (niederländische Regierung) und bei einigen Bewässerungswehren im Piurafluß (Peru). Bei diesen Anlagen hat sich die stark kolkmindernde Wirkung der Zahnschwelle bei großen Hochwässern schon verschiedentlich auch in der Natur erwiesen.

Da beim Vorhandensein einer Zahnschwelle ein Sturzbett von wesentlich geringerer Breite genügt als beim Fehlen einer Zahnschwelle, werden die Kosten einer Wehranlage durch die Anbringung einer Zahnschwelle nicht erhöht, sondern im Gegenteil in den meisten Fällen vermindert. Ein gleichwertiger Schutz der Flußsohle unterhalb des Sturzbettes läßt sich, wie Versuche gezeigt haben, beim Fehlen einer Schwelle auch durch sehr starke Verbreiterung des Sturzbettes nicht erzielen. Denn eine Verbreiterung des Sturzbettes verschiebt zwar den Kolk um das Maß der Verbreiterung des Sturzbettes abwärts; sie verkleinert aber die Kolkentiefe nur unwesentlich.

Wie große Ersparnisse am Baukörper auch an einem verhältnismäßig kleinen Wehr durch die Verwendung eines Sturzbettes mit Zahnschwelle erzielt werden können, mögen noch die in letzter Zeit im Karlsruher Flußbaulaboratorium an einem Modell 1 : 25 aufgenommenen Abb. 9 und 10 zeigen. Diese Abbildungen stellen einen Grundablaß mit voll gezogenem Schütz für einen Abfluß von $5,5 \text{ m}^3/\text{s}$ auf 1 m Wehrbreite dar. Abb. 9 zeigt den Längsschnitt der Anlage in der dem Karlsruher Laboratorium zur Überprüfung vorgelegten Form mit dem während einer Stunde in einem Flußbett aus feinem Sand ausgewaschenen Kolk. Obschon dieser Entwurf nach den herrschenden Anschauungen durchaus sachgemäß aufgestellt war, ließ sich eine wesentliche Verbesserung durch die Anordnung eines wagerechten unvertieften Sturzbettes mit Zahnschwelle erzielen. Abb. 10 läßt den Kolk erkennen, der nach Beseitigung des vertieften Sturzbeckens und Ersatz durch ein in Flußbetthöhe liegendes erheblich schmäleres wagerechtes Sturzbett mit einer kleinen Zahnschwelle unter sonst gleichen Verhältnissen entstanden ist.

Die Abbildungen zeigen, daß durch die Änderung des Entwurfes bedeutende Ersparnisse an Aushub und Betonarbeiten und trotzdem eine starke Verkleinerung des Kolkes erzielt wurde.

(Fortsetzung folgt.)

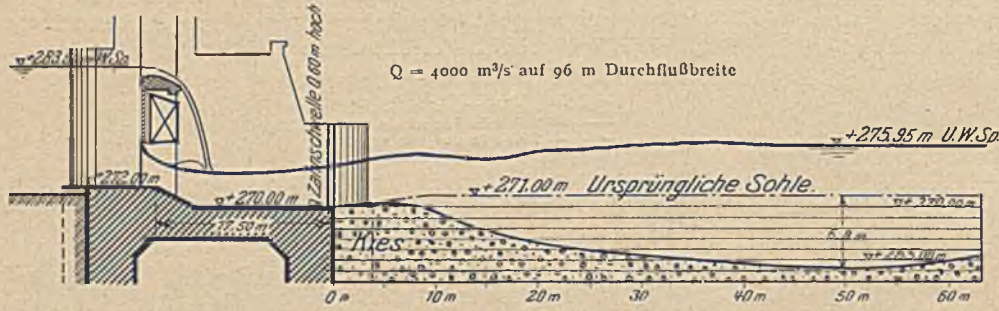


Abb. 7. Kolkbildung bei einem Flußbett aus Kies von 6–12 mm Korngröße bei wagerechtem Sturzboden mit Zahnschwelle nach einer Versuchsdauer von 32 Stunden.

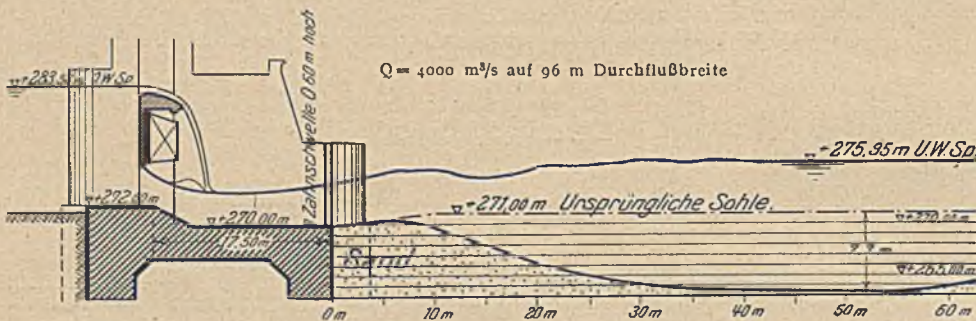


Abb. 8. Kolkbildung bei einem Flußbett aus Sand von 0,3–1,2 mm Korngröße bei wagerechtem Sturzbett mit Zahnschwelle nach einer Versuchsdauer von 40 Minuten.

Abb. 7 und 8. Untersuchung des Einflusses des Sohlenmaterials auf die Größe und die Zeitdauer der Kolkbildung bei Sturzbetten mit Zahnschwelle an einem Teilmodell 1 : 50 des Rheinwehres Ryburg-Schwörstadt.

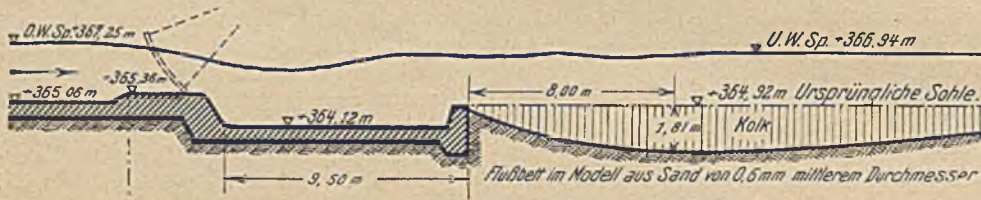


Abb. 9. Kolkbildung bei einem vertieften Sturzbecken von 9,5 m Breite nach einer Versuchsdauer von 1 Stunde.

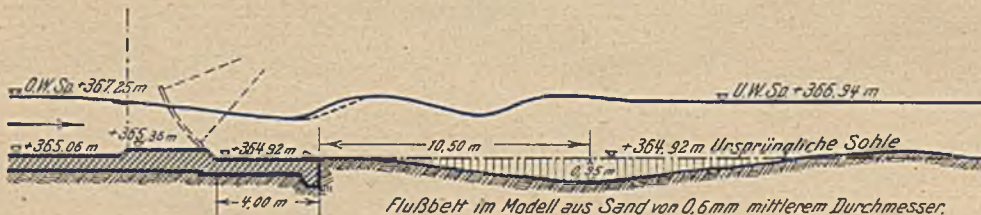


Abb. 10. Kolkbildung bei einem ebenen Sturzbett von 4 m Breite mit Zahnschwelle von 0,2 m Höhe nach einer Versuchsdauer von 1 Stunde.

Abb. 9 und 10. Vergleichsversuche für die Sturzbettausbildung eines Grundablasses mit Segmentschütz an einem Teilmodell von 1 : 25 bei einem Abfluß von $60 \text{ cbm}/\text{o}$ auf 11 m Breite.

unbedeutenden Abweichungen sind Zahnschwellen dieser Ausbildung angewandt bei der Hochwasserentlastungsanlage des Stausees des Kraftwerkes Friedland bei 14,25 m Absturzhöhe und beim Groß-Wohnsdorfer Wehr in der Alle (Ostpreußen-

DER INTERNATIONALE WETTBEWERB ZUM NEUBAU DER KÖNIGINNENBRÜCKE IN ROTTERDAM.

Von Professor Dr.-Ing. Kammer, Darmstadt.

(Fortsetzung von Seite 49).

3. Der Entwurf mit dem Kennwort „3 Scharnieren wipbrug“.

Verfasser: Gesellschaft Harkort, Duisburg; Dyckerhoff und Widmann, A.-G., Biebrich a. Rh., N. V. Albetam, Allgemeine Beton- en Aanneming-Maatschappij, s'Gravenhage; Architekt J. R. D. Roosenburg, Im Haag (Holland).

für jede Brückenhälfte im Dauerbetrieb 140 PS, sie genügen zum Öffnen und Schließen bei einem Winddruck von 40 kg/m^2 auf die gesamte Brückenfläche. Die Bewegungsfreiheit der Klappen wird auf den Führungsgerüsten durch hydraulische Puffer begrenzt; außerdem bewirken selbsttätige elektrische Ausschalter den rechtzeitigen Schluß der Bewegung. Mit Rücksicht auf die Drei-

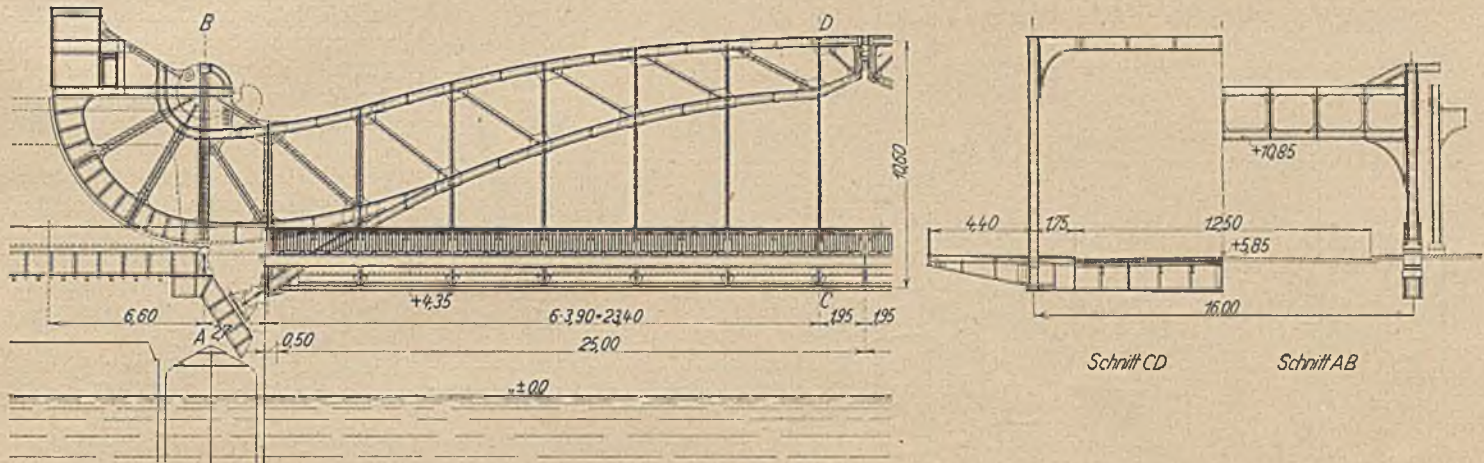


Abb. 36.

Die bewegliche Brücke ist als eine Rollklappbrücke oder Scherzerbrücke konstruiert, bei der die ganze Tragkonstruktion über der Fahrbahn liegt (Abb. 36). Diese Anordnung hat den Vorzug einer geringen Bauhöhe, sowie einer großen Sicherheit und Unempfindlichkeit, da hochbelastete Drehzapfen vermieden werden. Ein weiterer Vorteil liegt darin, daß infolge der Rückverlegung der Stützpunkte beider Brückenhälften während des Öffnens die Durchfahrt schneller freigegeben wird, als bei Brücken mit fester Drehachse. Auch bei diesem Entwurf ist zur Erzielung einer der Belastung und Spannweite entsprechenden Steifigkeit für die zweiflügelige Klappbrücke die Form des Dreigelenkbogens gewählt worden.

Die Linienführung des Tragwerks betont in erster Linie die Kraftträgerwirkung der Wälzbrücke, läßt aber zugleich durch die Bogenform des Untergurtes die Dreigelenkbogenwirkung der geschlossenen Brücke deutlich hervortreten. Der Antrieb der Brücke erfolgt durch Zahnritzel, die beiderseits auf den Pfeilern auf festen Portalgerüsten geführt werden. Die gesamten Antriebsvorrichtungen liegen auf dem rückwärtigen Kragträger der Klappen und bewegen sich mit diesen beim Öffnen und Schließen. Die in der Mitte der Brückenbahn über dem Portal angebrachten Motoren leisten

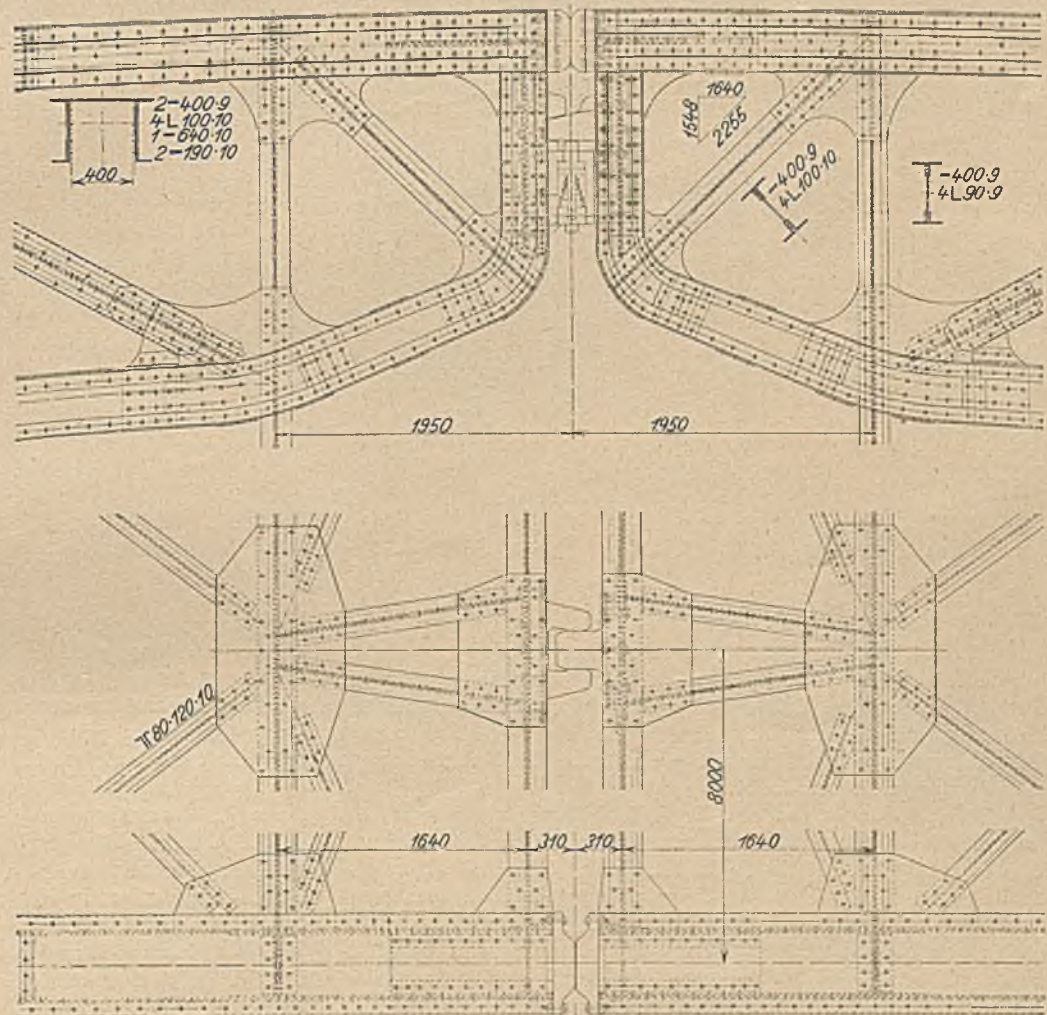


Abb. 37.

gelenkbogenwirkung der geschlossenen Brücke ist die Bewegungseinrichtung so gedacht, daß beim Schließen der Brücke die eine Brückenhälfte zunächst vor der Schlußstellung zum Halten gebracht wird, daß alsdann die zweite Klappe mit einem Zahn an den Scheitel anschlägt und daß dieser Zahn dann bei der gemeinsamen weiteren Abwärtsbewegung die Verriegelung der beiden Brückenhälften bildet. (Abb. 37.) Die Anschlagstelle des Verriegelungszahnes ist mit gefederter und hydraulisch gebremster Pufferung versehen, obwohl auch die elektrische Bremsung an sich schon eine sichere Beherrschung der Bewegung ermöglicht. Mit Rücksicht auf den erheblichen Winddruck,

Verkehrsbelastung aufgehoben wird. Im Entwurf „3 Scharnieren wipbrug“ werden diese Schwierigkeiten gelöst, indem ein Teil des Gegengewichtes durch Absenken und Abstützen auf der festen Konstruktion ausgeschaltet wird. Dieser Teil ist zu diesem Zwecke an Schraubenspindeln aufgehängt, die mit besonderem Antrieb durch einen Elektromotor von 20 PS versehen sind und bei geschlossener Brücke die Last um etwa 10 cm absenken, wobei sie sich dann auf die seitlich neben den Hauptträgern angeordnete Führungsgerüste abstützt.

Im wagrechten Sinne muß der Zusammenschluß im Scheitel so erfolgen, daß die Achsen der Brückenhälften genau auf-

einandertreffen; es müssen also Abweichungen, die sich etwa aus ungleichmäßigem Setzen der Pfeiler ergeben können, ausgeglichen werden, ohne daß die Konstruktion dauernd Zwängungsspannungen erleidet. Zu diesem Zweck wird in der Brückenachse an dem Querriegel des oberen Windverbandes auf einer Seite ein Keil angeordnet, der beim Schließen in eine Nut in der anderen Brückenhälfte eingreift. Der Keil kann bei ungleichmäßiger Pfeilersenkung durch passende Beilagen und Befestigung mit Langlöchern in wagrechter Richtung etwas verschoben werden. Gleichzeitig erfolgt eine Berichtigung der Bordkante der Straße und der Lage der Straßenbahngleise.

Die Kämpfergelenke der Dreigelenkbogen-Hauptträger werden durch je zwei Pendellager gebildet. Das eine dient zur Aufnahme lotrechter, das andere zur Aufnahme der schräg gegen das Pfeilermauerwerk gerichteten Kräfte. In der Mitte der Pendelmittellinie bilden die beiden Lager eine feste Drehachse. Durch diese Anordnung wird die Achse des Kämpfergelenkes unmittelbar unter das Ende der Rollbahn verlegt und verhütet, daß beim Schließen der Brücke, d. h. beim Aufsetzen des Kämpferlagers, eine Verlegung des Unterstützungspunktes der Klappe gegen den Schwerpunkt eintritt, wodurch eine Störung des Gleichgewichtszustandes eintreten würde. Das Segment rollt beim Schließen der Brücke vom Ende der Rollbahn unmittelbar auf das lotrechte Pendellager, während zugleich

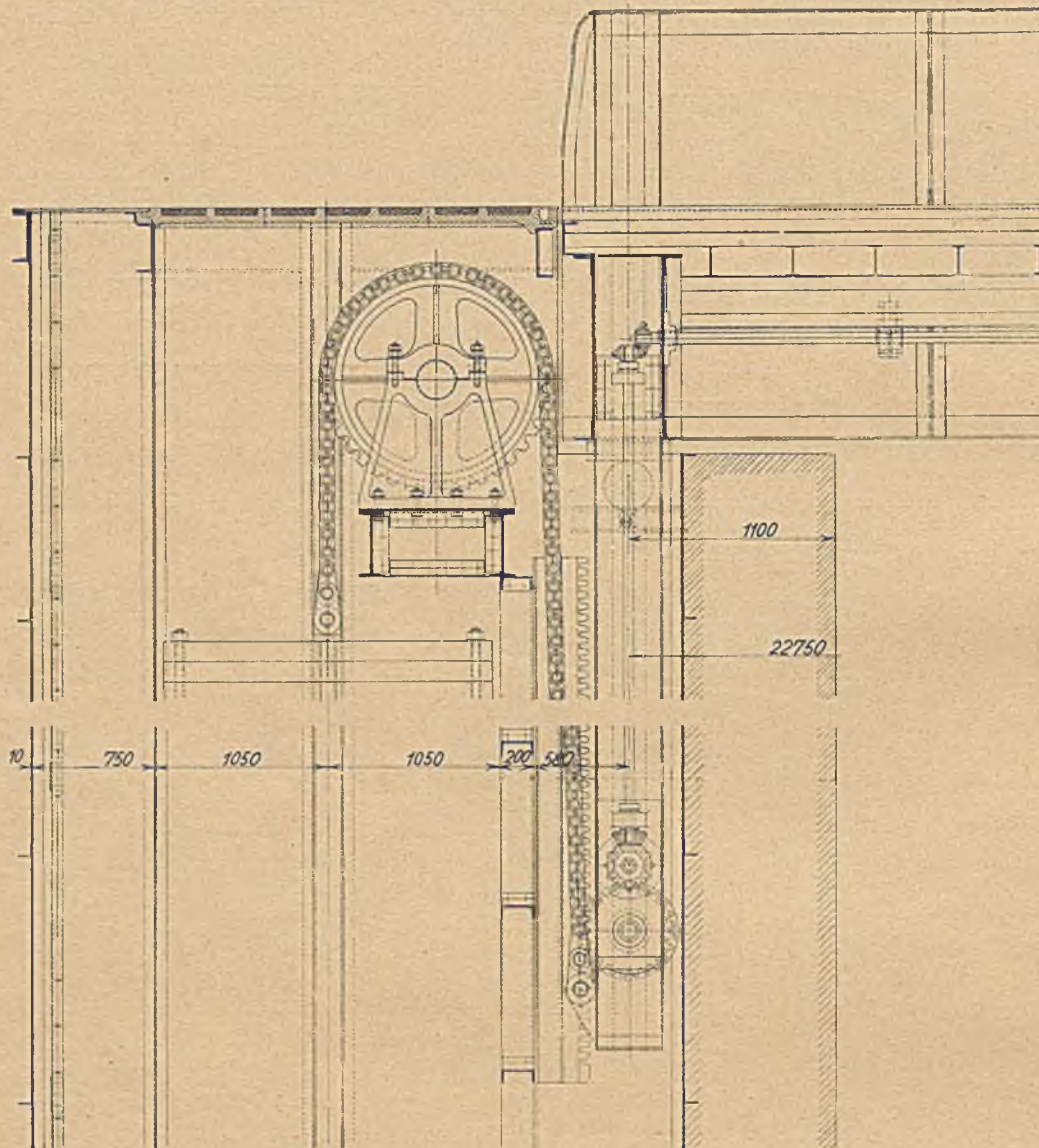


Abb. 38.

der während der Bewegung herrschen kann, sind außer den elektrisch betätigten Bremsen in den Betriebsmechanismus auch selbsttätig wirkende Lastdruckbremsen eingeschaltet, die die Bewegung der Klappe hemmen, wenn der Winddruck den Motorantrieb zu beschleunigen sucht und der Zahndruck im Getriebe sich daher umdreht.

Die Schwierigkeiten der Dreigelenklappbrücke bestehen nun vor allem darin, daß bei geschlossener Brücke die Wirkung der Kragträger für die Aufnahme der Verkehrslast ausgeschaltet werden muß. Weiterhin muß ein genauer Zusammenschluß der Gelenke gewährleistet sein, solange die Brücke geschlossen bleibt; deshalb ist ein Druckwechsel im Scheitelfgelenk unbedingt zu vermeiden. Es muß also immer eine wagrechte Belastung des Gelenkes vorhanden sein, die stets so groß ist, daß sie in keinem Falle durch die Einwirkung der

der untere Bogengurt das Schräglager berührt. Darauf erfolgt die Teilentlastung des Gegengewichtes und damit die Verlegung des Schwerpunktes der Brückenhälfte auf die Innenseite der Kämpferachse, wodurch der Scheitelschluß bewirkt wird. Ist das Scheitelfgelenk geschlossen, so werden die Fahrbahnenenden durch Schubriegel zwischen den Abschlußträgern mit Hilfe eines Elektromotors von 5 PS verriegelt. Die auf die Klappenenden wirkende Belastung verteilt sich dann auf beide Brückenhälften, Höhenabweichungen infolge ungleicher elastischer Durchbiegung sowie auch gegenseitige wagrechte Verschiebungen durch Windkräfte werden verhütet.

Die Seitenöffnungen treten gegenüber den Ausmaßen der Mittelöffnung zurück. Doch wird auch hier die architektonische Lösung durch die Forderung des Programms erschwert, daß eine Seitenöffnung ebenfalls als bewegliche

Brücke auszuführen ist. Die Schwierigkeit wird durch den neuartigen Vorschlag vermieden, die Hubvorrichtung in das Pfeiler- oder Widerlagermauerwerk zu versenken und den Überbau auf Stelzen zu setzen, die in schachtartigen Aussparungen des Mauerwerks geführt werden. An ihnen greifen Gegengewichte und Hubwerk an (Abb. 38). Die Normalzeit für das Öffnen und Schließen der Klappbrücke einschließlich der Bedienungszeit für die Schranken und Signale beträgt $2\frac{1}{2}$ Minuten. Im Falle des Versagens der Stromzuführung können alle Bewegungen durch Handbetrieb ausgeführt werden. Für die Hubbrücke der Seitenöffnung beträgt die Zeit des Öffnens und Schließens je $1\frac{1}{2}$ Minuten.

Als Konstruktionsmaterial für die tragenden Teile der Überbauten ist in erster Linie hochwertiger Baustahl vorgesehen. Das Gegengewicht besteht aus Gußeisenblöcken, die durch Schrauben an den Tragkonstruktionen befestigt werden, so daß Hohlräume vermieden werden; das Raumgewicht kann in diesem Falle zu 7 t/m^3 angenommen werden. Für die Fahrbahnabdeckung der Klappe werden als leichtes und dauerhaftes Material Seilgurte gewählt, die auf Holzbohlen aufgenagelt, mit Teer getränkt und an der Oberfläche mit Sand überdeckt werden.

Für die Fundierung der Strompfeiler wird mit Rücksicht darauf, daß die bewegliche Brücke sehr empfindlich gegenüber Verschiebungen und Setzungen der Pfeiler und Widerlager ist, eine Druckluftgründung mit Eisenbeton-Caissons in Vorschlag gebracht. Diese Fundierung bietet die größte Sicherheit gegen einseitige Setzungen, die den Betrieb am meisten gefährden. Außerdem ist mit der Luftdruckgründung der Vorteil rascher Herstellung verbunden, denn die Caissons der Strompfeiler können auf Hellingen hergestellt und sofort nach Abbruch der alten Pfeiler eingeschommen und abgesenkt werden. Die sehr breiten Pfeiler der Wälzbrücke sind aus je zwei Schiffen gebildet, die oben durch eine kräftige Eisenbetonplatte miteinander verbunden sind, um den Schub des Dreigelenkbogens durch Rahmenwirkung nach den Caissons abzuleiten. Auch für die Landpfeiler wurde mit Rücksicht darauf, daß die Preßluftanlage für die Herstellung der Strompfeiler installiert werden muß und daher die Kosten der mit Luftdruckgründung hergestellten Landpfeiler nur unwesentlich größer sind, wie die einer Pfahlfundierung, die solidere Luftdruckgründung vorgeschlagen.

(Fortsetzung folgt.)

DIE WÜRFELFESTIGKEIT UND DIE SÄULENFESTIGKEIT ALS GRUNDLAGE DER BETONPRÜFUNG UND DIE SICHERHEIT VON BETON UND EISENBETONBAUTEN.

Vortrag, gehalten auf der Hauptversammlung des Deutschen Betonvereins, März 1927.

Von Professor Dr.-Ing. W. Gehler, Dresden.

(Schluß von Seite 27.)

A. Der Zerreißversuch (Abb. 18b).

a) Z. B. nach C. Bach und O. Graf, Heft 16 des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton lieferte (umgerechnet auf den 20 cm-Würfel) $W = 294\text{ kg/cm}^2$ und K_z von 15,4 bis 21 schwankend, i. M. $18,6\text{ kg/cm}^2$, also $K_z : W = 6,3\% = 1 : 15,8$.

b) Desgl. nach Forschungsheft des V.D.I. (Nr. 166) $W = 265$, K_z von 16 bis 20,7 schwankend, i. M. $18,6\text{ kg/cm}^2$ und $K_z : W = 7,2\% = 1 : 14$.

Da es sehr schwer ist, beim Zugversuch einen außermittigen Kraftangriff völlig zu vermeiden, streuen die Ergebnisse der-

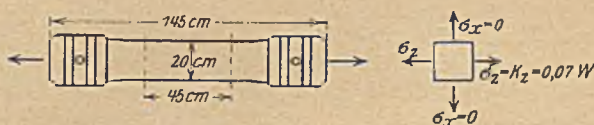


Abb. 18b.

artiger Versuche sehr stark und sind nicht durchaus zuverlässig, sie fallen in der Regel zu niedrig aus.

B. Die Verdrehungsversuche haben das wichtige Ergebnis gebracht, daß auch bei Beton die Zugrisse stets unter 45° auftreten. Da in den Diagonalen des Würfels abcd (s. Abb. 18c) die Hauptspannungen $\sigma_x = +\tau$ (in der Ebene cb) und $\sigma_z = -\tau$ (in der Ebene ad) auftreten, muß $\sigma_x = K_v$ und $\sigma_z = K_v$ sein. Der Spannungskreis II der Verdrehungsfestigkeit K_v liegt aber in Abb. 18a zwischen Kreis I und III, die sich beide nach den Erörterungen unter 6. in A berühren müssen. Der Verdrehungskreis II kann daher die Mohrsche Grenzlinie nur ebenfalls in A erreichen, wenn überhaupt ein Bruch dieser Art stattfinden soll.

Ergebnis: Für Beton ist die Verdrehungsfestigkeit $K_v = K_z$ zu erwarten. Der Verdrehungsversuch würde demnach am sichersten den Wert der Zugfestigkeit für Beton ergeben.

Dies scheinen auch die Versuche von Mörsch 1904 mit Hohlzylindern aus Beton zu bestätigen, bei denen sich $K_z =$

8 kg/cm^2 und $K_v = (9,4 + 7,9 + 9,3) : 3 = 8,9\text{ kg/cm}^2$ ergab, also angenähert $K_v = K_z$.

Zahlenmäßig wurde in dem unter A genannten Heft 16 gefunden: für $W = 294\text{ kg/cm}^2$, $K_v = (25,7 + 27,3 + 23,7) = 25,6\text{ kg/cm}^2$, also $K_z : W = K_v : W = 8,7\% = 1 : 11,5$.

Ergebnis: Als Zug-Druck-Festigkeitsfaktor, der heute vielfach erörtert wird, darf für unseren Eisenbetonmörtel etwa $K_z : W = \text{rd. } 9\% = 1 : 11$ angenommen werden. Bemerkt sei, daß es für Straßenbauzwecke durch Beimengung kieselsäurehaltiger Stoffe bereits gelungen ist,

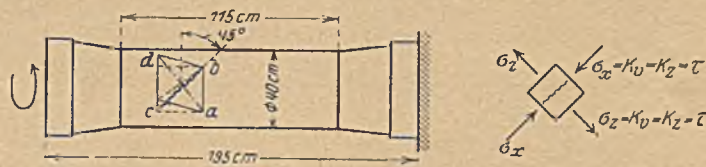


Abb. 18c.

diesen Wert selbst bei hochwertigem Zement auf etwa $12,5\%$ $= 1 : 8$ zu erhöhen. Die Vergrößerung dieses Wertes muß eine der wichtigsten Aufgaben in der nächsten Zukunft sein.

C. Unser Würfeldruckversuch mit einem Schmiermittel (s. Abb. 18d und das 2. Beispiel unter 6)

liefert uns neben $\sigma_x = W_0 = -0,50 W$ als zweite Hauptspannung $\sigma_z = K_z = +0,09 W$ und den Spannungskreis III, der wiederum in A die Kreise I und II berühren muß (s. Abb. 18a).

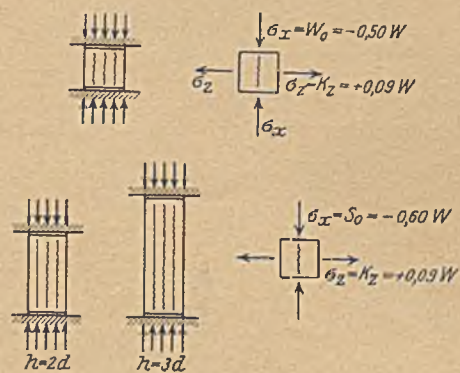


Abb. 18d.

D. Der Säulendruckversuch mit einem Schmiermittel (s. Abb. 18a und d) ergibt $\sigma_x = S_0 = -0,60 W$ und $\sigma_z = K_z = 0,09 W$. Sein Spannungskreis IV berührt aus den gleichen Gründen wie Kreis III (s. unter 6) wiederum I, II, III in A und begrenzt den ganzen Zugbereich DAD' der Mohrschen Hüllkurve für Beton. Die wagerechte Zugspannung $\sigma_z = K_z$ muß im Bruchzustand von den Säulenbügeln aufgenommen werden, wodurch sich eine neue Beleuchtung ihrer Wirkungsweise ergibt.

8. Die Spannungskreise im Druckbereich (s. Abb. 19) wollen wir unterteilen in

A. die des Bereiches niedrigen Druckes. Sie um-

kommt O. Graf auf anderem Wege im Handbuch für Eisenbau Bd. I, 3. Aufl., 1921, S. 212.)

b) Der Aufbau dieser Grenzlinie erfolgt mit Hilfe der drei Elemente:

a) der Zugfestigkeit $OA = K_z = \frac{1}{11} W$,

β) der Säulenfestigkeit S_0 ohne Endflächenreibung $S_0 = OX_4 = \sigma_{x4} = 0,60 W$. Damit ist der Zugbereich begrenzt.

γ) der Würfelfestigkeit $W = OX_6$, mit anschließender Tangente unter $\varphi = 70^\circ$ gegen die Lotrechte geneigt, womit der Druckbereich hinreichend abgegrenzt ist.

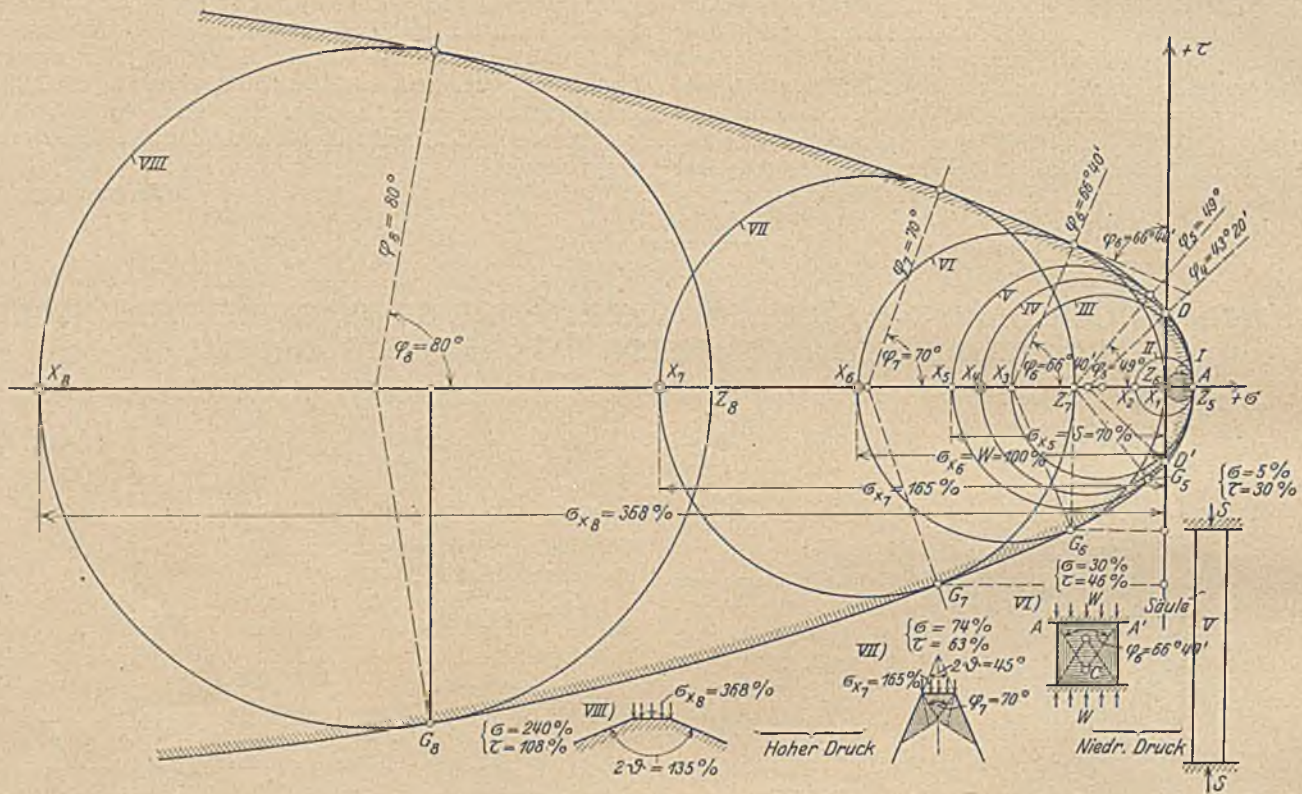


Abb. 19.

fassen den Kreis V der Säulenfestigkeit (mit Endflächenreibung)

$$S = \sigma_{x5} = 0,70 W = 70\%$$

und den Kreis VI der Würfelfestigkeit (mit Endflächenreibung)

$$W = \sigma_{x6} = 100\% \text{ mit } \varphi_6 = 66^\circ 40'.$$

B. die Kreise des Bereiches hohen Druckes. Sie umfassen die Spannungskreise der Schneidenfestigkeit, errechnet nach L. Prandtl auf Grund unserer früheren Versuche (vergl. W. Gehler, über Beanspruchungen in Betonfundamenten, Bauingenieur 1922, S. 421), z. B. Kreis VII, Schneidenfestigkeit bei einem Schneidenwinkel $2\theta = 45^\circ$ mit $\sigma_{x7} = 165\%$ und $\varphi_7 = 70^\circ$, ferner Kreis VIII desgl. bei $2\theta = 135^\circ$ mit $\sigma_{x8} = 368\%$.

Damit ist die Mohrsche Grenzkurve für Beton gefunden (Abb. 19). Die Spannungen sind sämtlich in Prozenten der Würfelfestigkeit W angegeben.

C. Ergebnisse:

a) Für den Spannungskreis VI der Würfelfestigkeit W ergibt sich zeichnerisch $OZ = \sigma_z = 0$. Dieser Kreis geht also zufällig durch den Nullpunkt unseres Koordinatensystems. Er fällt hiernach mit dem Kreise für Biegedruck zusammen, so daß die Biegedruckfestigkeit = Würfelfestigkeit W anzunehmen ist. (Zu dem gleichen Ergebnis

c) Die üblichen Festigkeiten sind hiernach für Zug $K_z = 0,09 W$, für Schub $K_s = 0,23 W$, für Verdrehung $K_v = K_z$, für Druck Würfelfestigkeit $W =$ Biegedruckfestigkeit. Die Schubspannung in den Gleitflächen AC und A'C des Würfels im Punkte C der Abb. 17 ist durch die Ordinate in G_6 (Abb. 19) bestimmt zu $\tau_6 = 0,465 W$.

Als Beleg für die Richtigkeit der Annahme der Winkel zwischen den Gleitflächen bei hohem Drucke zu $\varphi_7 = 70^\circ$ und $\varphi_8 = 80^\circ$ sei auch noch eine Abbildung einer in Dresden früher geprüften Empergerschen Säule mit umschnürtem Gußeisen durchgeführt, bei der $\varphi = 72^\circ$ gemessen wurde (Abbildung 20).

9. Aus der Mohrschen Grenzlinie läßt sich die Sicherheit ν von Beton- und Eisenbeton-Bauteilen

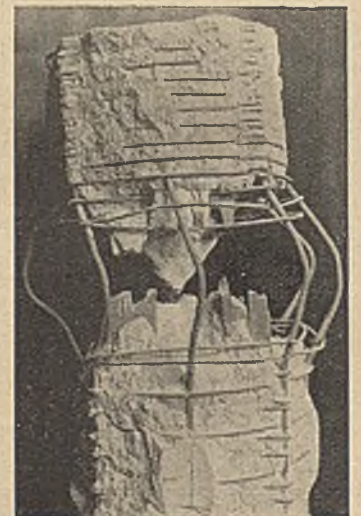


Abb. 20.

im Druckbereich leicht bestimmen. Man trägt für den jeweils betrachteten Spannungszustand des Bauteiles den zugehörigen Kreis ein, z. B. in Abb. 21b über $OX = ZX$. Handelt es sich dann um den Vergleich mit der Würfelhaftigkeit, also mit dem Kreis VI, so ist die gesuchte Sicherheit $r = OX_6 : ZX$. Welcher Vergleichskreis jeweils zu wählen ist, möge aus folgenden Beispielen hervorgehen, in denen die Eisenbetonbestimmungen 1925 mit ihren Bezeichnungen zugrunde gelegt sind⁷. Die beiden ersten Beispiele behandeln eine Eisenbetonsäule in einem Dachgeschoß (Abb. 21a). Hier ist die Säulenfestigkeit mit Endflächenreibung, also Kreis V maßgebend mit $\sigma_x = S = 0,70 W = 70\%$. Wären, wie es oft bei Brücken der Fall ist, Pendelstützen vorhanden, so wäre Kreis IV mit $S_0 = 0,60 W$ maßgebend.

1. Beispiel.

Aufgabe: Eisenbeton-Dachsäule.
Handelszement $\sigma_{21} = 35 \text{ kg/cm}^2$
Ausgeschalt nach 21 Tagen
 $W_{b28} = \min W_{28} = 100 \text{ kg/cm}^2$

1. a) Verminderung wegen des geringeren Ausschaltalters
 $W_{b21} = 0,88 W_{b28} = 88 \text{ kg/cm}^2$

b) Erhöhung wegen Wasserabsaugung der Holzschalung (s. Gary, Heft 39 und Gehler, Erläuterungen, IV. Aufl., S. 182).

Bauwerksfestigkeit

$B_{21} = 1,1 W_{b21} + 50 = 147 \text{ kg/cm}^2$

c) Ergebnis: Umrechnungsfaktor $\beta = 147 : 100 = 1,47$

2. Nach dem Spannungskreis V ist die Säulenfestigkeit

$S_{21} = 0,70 \beta W = 0,70 \cdot 147 = 103 \text{ kg/cm}^2$

a) Sicherheit im Druckbereich

$\nu = 103 : 35 = 2,9 \text{ fach}$

b) Hauptspannung $\sigma_x = 35 \text{ kg/cm}^2$

Nebenspannung (Zug, der von den Säulenbügeln aufzunehmen ist)

$\sigma_y = 0,09 W = \frac{9,0}{2,9} = 3,1 \text{ kg/cm}^2$

2. Beispiel.

desgl.

Hochwertiger Zement $\sigma_{21} =$

45 kg/cm²

nach 8 Tagen

$\min W_{28} = 130 \text{ kg/cm}^2$

$W_8 = 0,65 W_{b28} = 84 \text{ kg/cm}^2$

$B_8 = 1,1 W_{b8} + 50 = 142 \text{ kg/cm}^2$

$\beta = 142 : 130 = 1,09$

$S_8 = 0,70 \cdot 142 = 99 \text{ kg/cm}^2$

$\nu = 99 : 45 = 2,2 \text{ fach}$

$\sigma_x = 45 \text{ kg/cm}^2$

$\sigma_y = 0,09 W = \frac{10,4}{2,2} = 4,7 \text{ kg/cm}^2$

3. Beispiel. Ein anschauliches Bild gibt diese Darstellungsweise besonders dann, wenn verwickeltere Beanspruchungen wie im folgenden Falle vorliegen. Für eine Stauwand mit $W_{b28} = 90 \text{ kg/cm}^2 = 100\%$ seien die Höchstspannungen für die lotrechten und wagerechten Flächen eines Elementarwürfels im Punkte E, wie in Abb. 21c eingeschrieben, berechnet worden⁸. Trägt man nun die Koordinaten in Abb. 21b ein, so ergeben sich die Punkte P_1 und P_2 und damit der gesuchte Spannungskreis über XZ . Damit sind aber auch die Richtungen der Hauptspannungen XP_1 und ZP_1 gefunden, sowie die größte Druckspannung $\sigma_x = XZ = 0,31 W = 27,5 \text{ kg/cm}^2$, während $\sigma_z = 0$ ist. Als Vergleichskreis kommt hier die Würfelhaftigkeit $W = 100\%$ in Betracht, so daß

$\nu = W : \sigma_x = W : 0,31 W = 3,2 \text{ fach}$

ist.

Die Mohrsche Darstellung gibt somit eine klare Veranschaulichung des Spannungszustandes und der Sicherheit.

IV. Teil. Die Folgerungen aus den Versuchen unter Verwendung der neueren Elastizitäts- und Plastizitätslehre.

Die Elastizitätslehre ist in neuester Zeit so weit ausgebildet worden, daß sie die Berechnung der Spannungen in einem Block quadratischen Querschnittes zwischen zwei ebenen Druckplatten, also für ein ebenes Problem dann ermöglicht, wenn gewisse bestimmte Randbedingungen von vornherein angenommen werden. Hierbei wird allerdings stets das Hookesche Proportionalitätsgesetz zugrunde gelegt. Unser

⁷ Ausführliche Behandlung s. W. Gehler, Erläuterungen zu den Eisenbetonbestimmungen 1925, IV. Aufl. S. 187 (Verlag von Wilh. Ernst & Sohn, Berlin).

⁸ z. B. nach O. Mohr, Abhandlungen a. a. O. S. 297.

Problem ist im vergangenen Jahre zufällig an mehreren Stellen mathematisch behandelt worden:

1. Die Göttinger Dissertation: Beiträge zur Lösung eines elastischen Körpers mittels der Airyschen Spannungsfunktion von Wolfgang Riedel (Referent: Professor Dr.-Ing. A. Nádaí, Korreferent: Professor Dr. L. Prandtl, die mir die Unterlagen freundlichst zur Verfügung gestellt haben). Als erstes Beispiel wird die Theorie des Druckversuchs⁹ behandelt, und zwar unter der Annahme eines „ebenen Verzerrungszustandes“ d. h. die Dehnung rechtwinklig zur Bildfläche sei gleich Null). Nach dem Vorgange von K. Wieghardt können die Spannungen eines derartigen elastisch isotropen Kontinuums als Grenzwerte der Spannungen eines ebenen Fachwerks aufgefaßt werden, wenn nur die Maschen fein genug gewählt werden. Die so errechneten Spannungen σ_1 (lotrecht), σ_2 (wagerecht) und τ sind in Abb. 22a für einen Quadranten eingetragen, wobei von uns die Werte

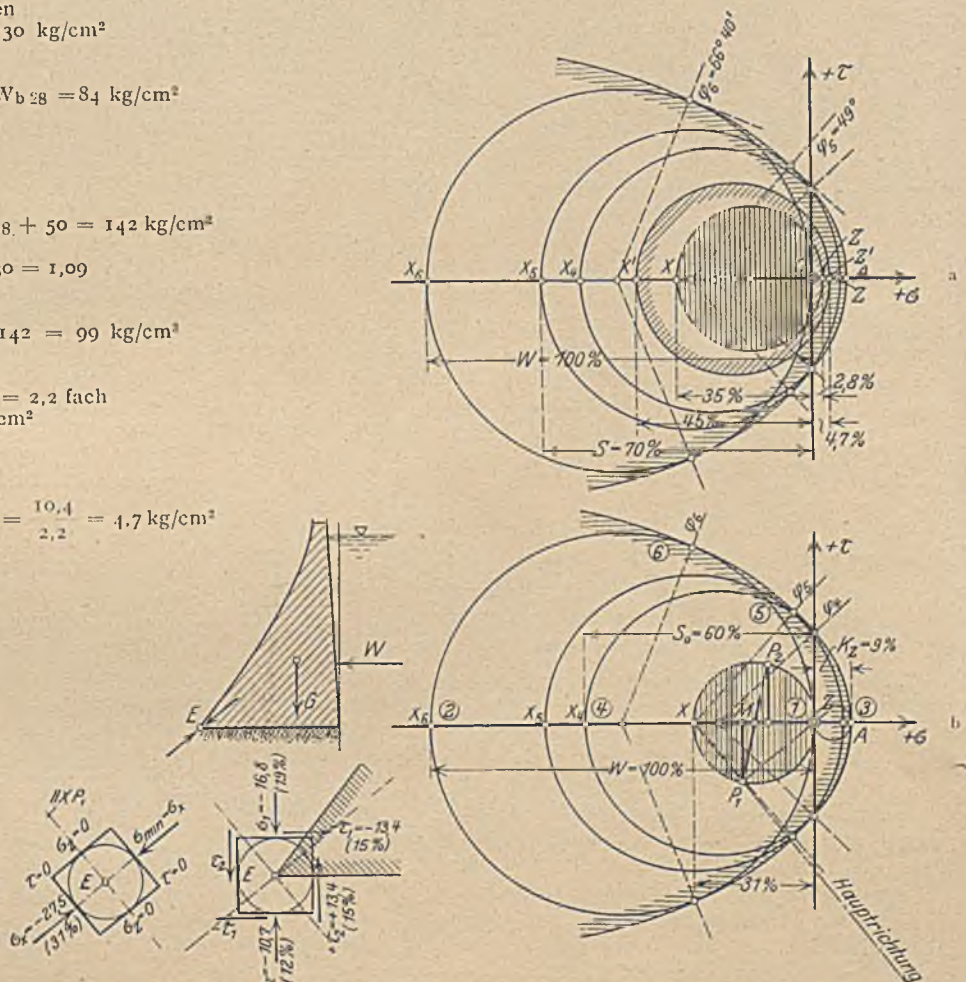


Abb. 21.

nur auf einen anderen Maßstab gebracht worden sind, der sich durch die Projektionsgleichung $\int \sigma_x dF = P = F \sigma_m$ ergibt. Die Zahlenwerte stellen somit die Verhältnisse $\sigma_1' = \sigma_1 : \sigma_m$, $\sigma_2' = \sigma_2 : \sigma_m$ und $\tau' = \tau : \sigma_m$ dar, wobei σ_m die gleichmäßig verteilte gedachte Pressung an der Druckplatte bedeutet.

⁹ Frühere Arbeiten über die Theorie des Druckversuchs für achsensymmetrische Probleme sind: L. M. G. Filon, On the Elastic Equilibrium of Circular Cylinders under certain practical Systems of Load, Phil. Transactions of London, 1902, A, 198, S. 174. R. Girtler, Über das Potential der Spannungen in elastischen Körpern als Maß der Bruchgefahr, Wiener Ber. 1907, Heft 3, S. 509. Mysz, Zur Theorie des Druckversuchs, Darmstädter Diss. 1909. S. Timoschenko, The approximative solution of two-dimensional Problems in elasticity, Phil. Magazine, 6. Series, 282, Juni 1924.

Ergebnisse dieser Arbeit (s. Abb. 22a). (Im folgenden sind auch noch die nach dem Ritzschen Verfahren von Professor Timoschenko⁹ errechneten Werte in Klammern hinzugefügt, die wenigstens dem Sinne nach gut übereinstimmen.)

An der Kante A' ist $\sigma_1 = \sigma_{E \max} = 1,42 \sigma_m$, also um 55% (36%) größer, als in der Mitte der Druckplatte, wo $\sigma_1 = 0,92 \sigma_m$

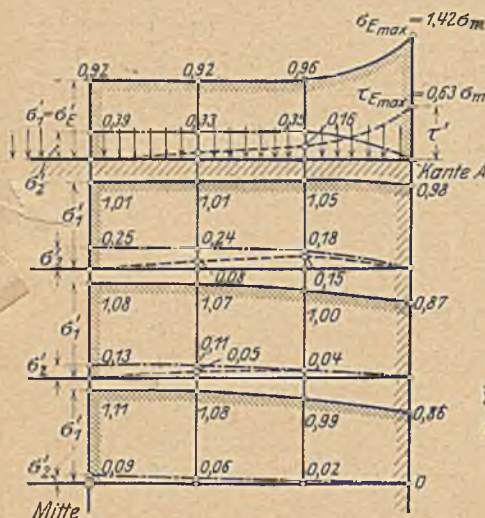


Abb. 22a.

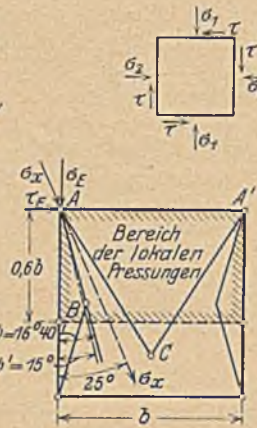


Abb. 22b.

ist. In der lotrechten Symmetrieachse wächst σ_1 von $0,92 \sigma_m$ auf $1,11 \sigma_m$ in Blockmitte, also um 20% (9%). In der waagrechten Symmetrieachse fällt σ_1 von $1,11 \sigma_m$ in Blockmitte auf $0,86 \sigma_m$ am Rande, also um 22% (12%). An der Kante A' ist $\tau_1 = \tau_{E \max} = 0,63 \sigma_m$, also der Reibungsbeiwert $\mu_{\max} = \tau_1 : \sigma_1 = 0,44$. Durch Planimetrieren der τ_E -Fläche erhält man als Mittelwert $\tau_{Em} = 0,17 \sigma_m$, also $\mu_m = \tau_{Em} : \sigma_m = 0,17 \sigma_m : \sigma_m = 0,17$.

2. Die Aachener Dissertation¹⁰ „Zur Theorie der Druckversuche“ von Max Knein (Lehrstuhl von Professor Dr. von Kármán) geht von einer Airyschen Spannungsfunktion, und zwar von der besonders glücklich gewählten Form aus:

$$F = r^n \left\{ A [\cos n \psi - \cos (n-2) \psi] + B \left[\sin n \psi + \frac{n}{2-n} \sin (n-2) \psi \right] \right\},$$

worin r und ψ Polarkoordinaten mit dem Pol im oberen Randpunkte sind. Die beiden Randbedingungen an der Druckfläche (die Endflächen bleiben eben und die Reibung verhindert hier die Querdehnung vollkommen) liefern zwei homogene Gleichungen für die Beiwerte A und B und durch Nullsetzen der Nennerdeterminante eine Beziehung zwischen der Poissonzahl m und einer gewissen Hilfsgröße n , nämlich

$$m^2 \cdot \left(n^2 - 2n - 3 \sin^2 n \frac{\pi}{2} \right) + 4m \cdot \left(1 + \sin^2 n \frac{\pi}{2} \right) - 4 = 0.$$

Der Wert n schwankt überhaupt nur zwischen 1,5 und 2 und errechnet sich bei Eisen für $m = \frac{10}{3} = 3,3$ zu $n = 1,67$ und bei Beton für $m = 6$ zu $n = 1,81$. Ferner ist der mittlere Reibungsbeiwert errechnet zu

$$\mu_m = \left[\tau_E : \sigma_E \right] = \left[\left(\operatorname{tg} n \frac{\pi}{2} \right) \cdot \frac{m(3-n)-2}{m \cdot n - 2} \right],$$

so daß er sich für Eisen zu $\mu_m = 0,3$ sowie für Beton zu $\mu_m = 0,19$ ergibt. Endlich ist der Winkel $\psi = \varrho_{\max}$ des Strahles, längs dessen τ_{\max} auftritt, zu errechnen aus:

¹⁰ Auszug s. in der Zeitschrift für angewandte Mathematik und Mechanik, 6. Bd., Heft 5, Oktober 1926, S. 414.

$$\operatorname{tg} 2 \varrho_{\max} = \frac{\frac{A}{B}}{\left(\frac{A}{B} \right)^2 \cdot (2-n) - n}$$

woraus sich für Eisen $\varrho_{\max} = 28^\circ$, dagegen für Beton $\varrho_{\max} = 15^\circ = \psi'$ ergibt (s. Abb. 22b).

Diese für den sogen. singulären Randpunkt gefundene Lösung kann nun durch ein geschicktes Überlagerungsverfahren dazu benutzt werden, um die Spannungen in begrenzten Körpern anzugeben. Die so errechneten Spannungshügel sind in Abb. 23a und 23c wiedergegeben und durch Zwischenschaltung in Abb. 23b das Bild für den Würfel angedeutet.

Ergebnisse für einen Block quadratischen Querschnittes:

a) Die lokalen Pressungen, die hier am Rande der Druckplatte sogar unendlich groß angenommen worden sind (s. die Querprofile durch den Spannungshügel der σ_y in Abb. 22b links), stören die gleichmäßige Spannungsverteilung $\sigma = P : F$ nur bis zu einer Tiefe von $h = 0,6 h$. Hier endet also der Bereich dieser lokalen Pressungen σ_y .

b) Die dabei entstehenden Schubspannungen haben ihren Größtwert längs zweier von den Kanten A und A' ausgehender Grate des Spannungshügels, deren Neigung sich für Beton mit $m=6$ zu $\psi = \varrho_{\max} = \text{rd. } 15^\circ$ errechnet (s. Abb. 23b und 22b).

c) Während daher beim Betonwürfel der Gleitungsbruch längs dieser Gratlinien zu erwarten ist



Abb. 23a.

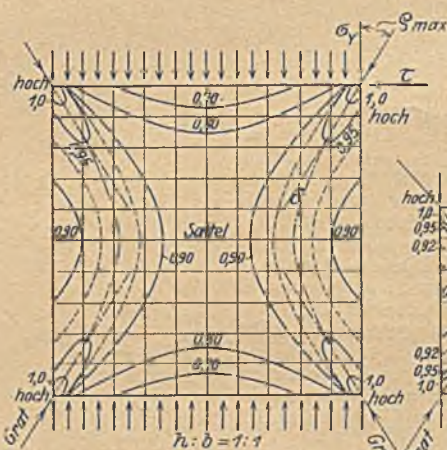


Abb. 23b.

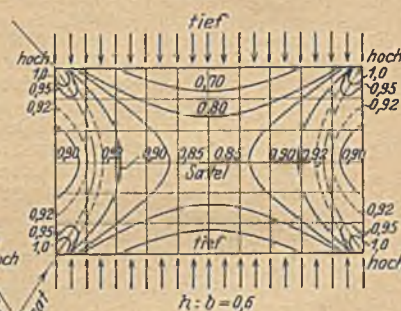


Abb. 23c.

(gemessen wurde beim Würfel $\psi = 16^\circ 40'$), tritt bei den Säulen von großer Höhe nach Abb. 23a noch ein zweiter Bereich gleich großer Schubspannungen τ_{\max} auf (aber nicht beim Würfel, s. Abb. 23b). Unser Punkt C scheint gerade in diesen Bereich zu fallen. Hieraus erklärt sich, daß bei Säulen der Gleitungsbruch entweder in C oder in den Kanten A und A' erfolgen kann.

3. Als Koeffizient der Endflächenreibung ist auf Grund dieser Beobachtungen und Rechnungen für Beton auf Eisen folgendes anzunehmen (s. Abb. 22b):

a) Nach unseren Gleitflächenmessungen darf als größte Neigung von σ_x gegen die Lotrechte der Winkel von $\psi + \frac{\psi}{2} = 16^\circ 40' + 8^\circ 20' = 25^\circ$ angenommen werden. Dann wäre $\mu_{\max} =$

$\lg 25^\circ = 0,47$. Aus den Erörterungen unter 2. errechnete sich als Ort der größten Schubspannungen τ_{\max} beim Block der Strahl AB unter dem Winkel $\psi' = 15^\circ$, während unsere Gleitflächenmessung am Würfel $\psi = 16^\circ 40'$ ergab, also befriedigend übereinstimmte.

b) Nach 1. ist aus Abb. 22a für den Block

$$\tau_{\max} = \tau_{E, \max} : \sigma_{E, \max} = 0,63 \sigma_m : 1,42 \sigma_m = 0,44.$$

c) Bei der Annahme gleichmäßiger Verteilung der Endflächenreibung erhält man beim Block (nach den Rechnungsergebnissen unter 1) $\mu_m = 0,17$ und (unter 2) $\mu_m = 0,19$.

d) Ergebnis: Hiernach darf man an den Würfeln als Größtwert der Endflächenreibung etwa $\mu_{\max} = 0,45$ bis $0,50$ annehmen, während sich bei der Voraussetzung gleichmäßiger Verteilung der Endflächenreibung etwa $\mu_m = 0,20$ erwarten läßt.

4. Über die Ausbildung von einzelnen Gleitflächen an Würfeln im Gegensatz zu den Gleitflächenpaaren nach Mohr liegen bereits Versuche mit Paraffinkörpern von Professor Dr. Nádai (Göttingen) vor¹¹.

5. Als letzte Errungenschaft der neueren Elastizitätslehre sei hier noch die sogen. Plastizitätsbedingung auf Grund der Energiegrenze

der Elastizität erwähnt auf Grund der Arbeiten von Beltrami 1885, R. Girtler 1907, R. v. Mises 1913 und F. Schleicher 1925. Bei Gleitungsbrüchen liegt es nahe, von der „Ladung“ eines Körpervolumens mit Energie zu sprechen. Der mathematische Ausdruck dafür ist die auf die Raumeinheit bezogene Formänderungsarbeit.

$$(4) \quad \left\{ \begin{aligned} A &= \frac{1}{2E} (\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2) - \frac{1}{mE} (\sigma_x \sigma_y + \sigma_x \sigma_z + \sigma_y \sigma_z) \\ &\quad + \frac{1}{2G} (\tau_{xy}^2 + \tau_{xz}^2 + \tau_{yz}^2) \\ \text{oder auch} \\ A &= G \left[(\epsilon_x^2 + \epsilon_y^2 + \epsilon_z^2) + \frac{(\epsilon_x + \epsilon_y + \epsilon_z)^2}{2mE} + \frac{\gamma_x^2 + \gamma_y^2 + \gamma_z^2}{2} \right] \end{aligned} \right.$$

Dieser Ausdruck kann für einen beliebigen dreiaxigen Spannungszustand berechnet werden, sobald nur die Spannungen σ und τ oder auch die Dehnungen ϵ und die Schubwinkel γ bekannt sind. Damit erhält man eine skalare Ortsfunktion, d. h. die Größe der „Ladung“ in einer betrachteten Raumeinheit, und zwar einen Wert, der stets positiv ist. Dieser Wert A erscheint folgender Eigenschaften wegen als Vergleichsmaßstab für die Anstrengung eines Baustoffes besonders geeignet. Er enthält explicit die Materialfestwerte E, m und G, die das elastische Verhalten des Baustoffes kennzeichnen. Sein Endwert ist unabhängig von dem Weg, auf dem er erreicht ist. Durch Zusatzglieder lassen sich Abweichungen vom Hooke'schen Gesetz berücksichtigen. Er benutzt alle Spannungswerte (σ und τ), nicht nur τ_{\max} , wie beim Mohrschen Verfahren, bei

dem vor allem die mittlere Hauptspannung vernachlässigt wird. Er kann sowohl mit Hilfe der Spannungen wie der zu messenden Verzerrungen gefunden werden. Setzt man in (4) $A = \sigma_e^2 : 2E$, so erhält man eine Vergleichsspannung

$$(5) \quad \sigma_e = y = \sqrt{2 E A},$$

die bei einem gedachten einachsigen Spannungszustand (z. B. Zugversuch) die gleiche Formänderungsarbeit (Ladung) in der Raumeinheit erzeugt, wie der vorliegende Spannungszustand. Die neueren Versuche haben nun ergeben, daß der Fließbeginn plastischer Stoffe zweifellos von dem mittleren hydrostatischen Druck

$$(6) \quad p = x = \frac{1}{3} (\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z)$$

abhängt. Es liegt daher nahe, nach dem Vorschlag von F

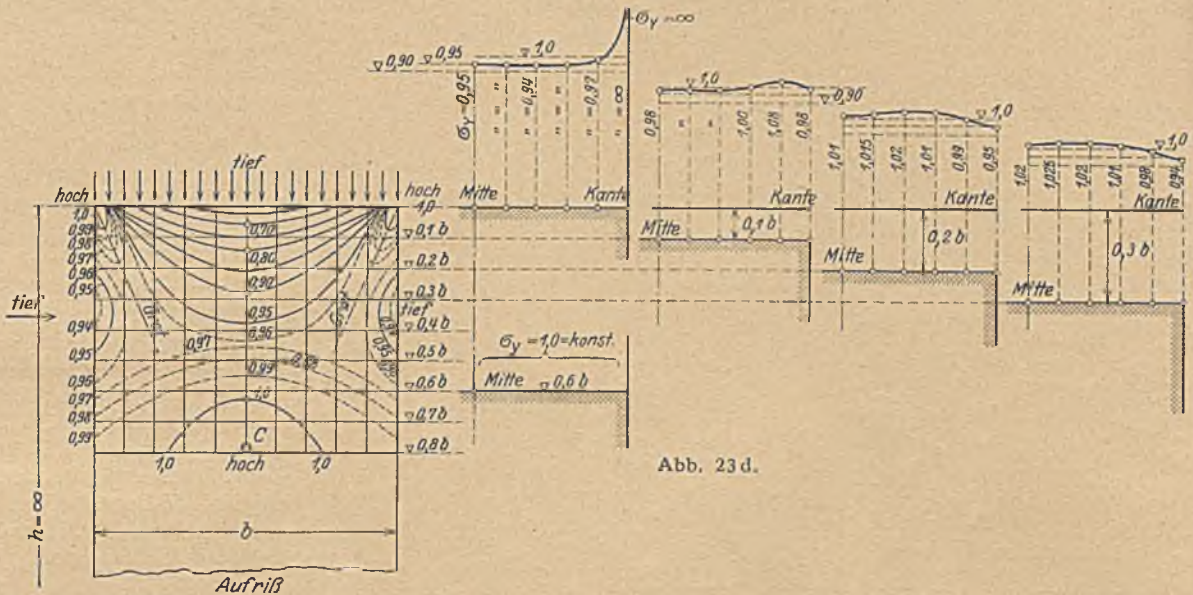


Abb. 23 d.

Schleicher¹² nach Gleichung (5) als Ordinate $y = \sqrt{2 E A}$ und nach Gleichung (6) als Abszisse $x = p$ aufzutragen.

Dann erhält man z. B. für Flußstahl eine bestimmte stetig verlaufende Linie für den Beginn des Fließens. Jeder Punkt dieser Grenzlinie entspricht einem bestimmten Versuch, z. B. dem Zerreißversuch, dem Verdrehungsversuch, dem Druckversuch. Errechnet man nun bei einer bestimmten Belastung die Spannungen $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ und die sämtlichen Werte τ , ferner A, sowie $y = \sqrt{2 E A}$ und $x = p = \frac{1}{3} (\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z)$ und trägt diese Koordinaten auf, so erhält man einen Punkt P. Zieht man noch den Strahl OP, der diese Grenzlinie in einem Punkt G schneiden möge, so ergibt sich die Sicherheit gegen Fließen zu $v = \overline{OG} : \overline{OP}$.

Für die verschiedenen neuzeitlichen Stahlsorten (St. 37 weich und normal, St. 48 und Si-Stahl) ergibt eine solche Grenzlinie wertvolle Aufschlüsse und zeigt deutlich, wie die Ladungsgröße A bei den hochwertigen Stählen erhöht ist.

Ähnlich wie die Mohrsche Grenzlinie wurde auch diese neue Grenzlinie für unseren Eisenbetonmörtel auf Grund unserer Versuche errechnet (s. Abb. 24). Sie besteht angenähert aus einem Parabelstück zwischen Punkt III und VI von der Form

$$y^2 = 3,7 \cdot W \cdot (x - 0,063 W)$$

und nach oben und unten anschließenden Geraden. Die Sicherheiten ergeben sich für unsere beiden Beispiele in der gleichen Höhe, wie oben in der Mohrschen Darstellung.

¹¹ A. Nádai, Über die Gleit- und Verzweigungsflächen einiger Gleichgewichtszustände bildsamer Massen und die Nachspannungen bleibend verzerrter Körper, Zeitschr. für Physik 1924, Bd. 30, Heft 2.

¹² F. Schleicher, Der Spannungszustand an der Fließgrenze (Plastizitätsbedingung), Zeitschrift für angewandte Mathematik und Mechanik Bd. 6, 1926, S. 199.

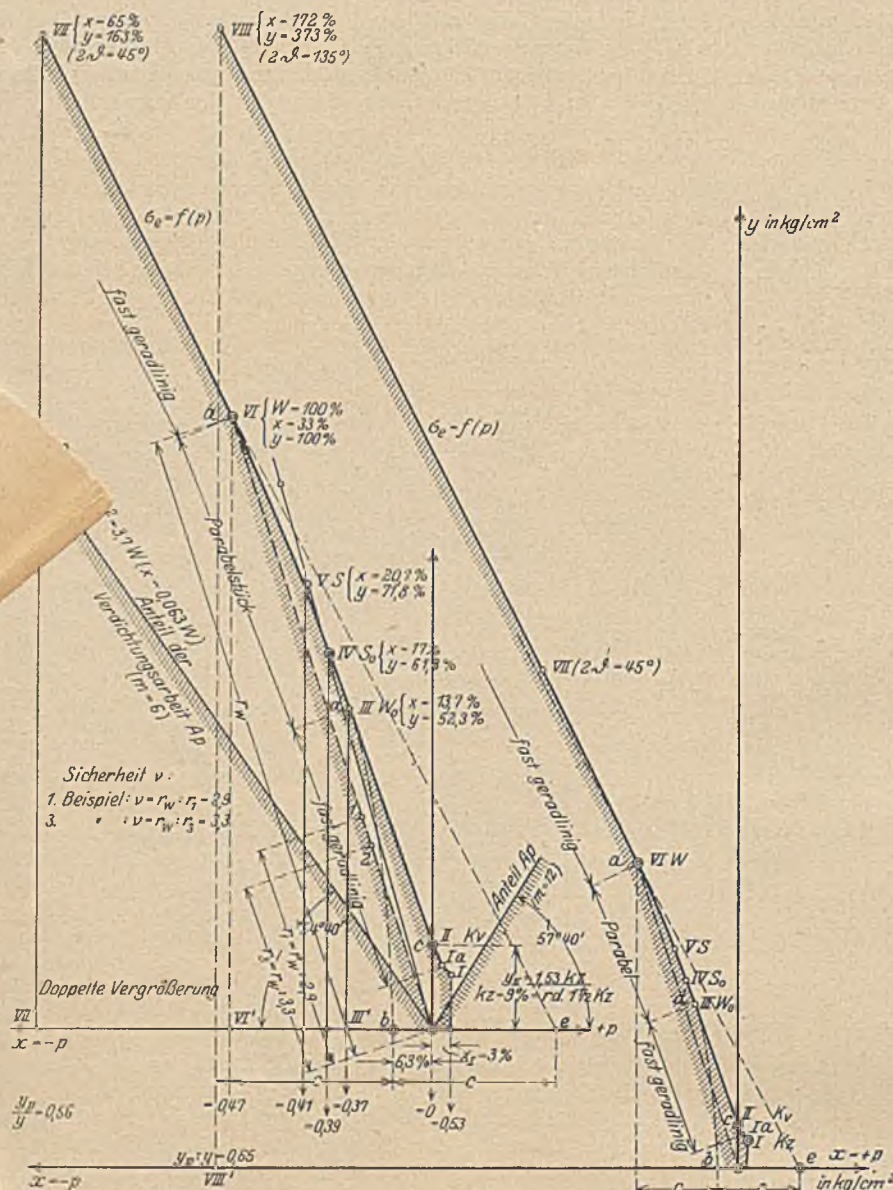


Abb. 24.

Der Anteil der Verdichtungsenergie berechnet sich zu

$$(7) \quad A_p = \frac{3(m-2)}{2mE} p^2$$

für Beton im Druckbereich mit $m=6$ zu $A_p = \frac{1}{2} \frac{p^2}{E}$,
sowie im Zugbereich mit $m=12$ zu $A_p = \frac{1}{2} \frac{p^2}{E} 2,5$. Die
zugehörigen Ordinaten in unserer Darstellung der Abb. 24 sind

dann $y = p \sqrt{2}$ (für Druck) bzw. $p \sqrt{2,5}$ (für Zug).
Sie sind also jeweils durch eine Gerade mit der
Neigung $\sqrt{2}$ bzw. $\sqrt{2,5}$ begrenzt.

Inwieweit diese neue Darstellungsweise als
Gegenstück zur Mohrschen Grenzlinie für spröde
Stoffe wie Zementmörtel und Beton nutzbar ge-
macht werden kann, müssen die künftigen ver-
suchsmäßigen und rechnerischen Erfahrungen
zeigen.

Beide Grenzlinien, sowohl die der Abb. 19
wie die der Abb. 24, lassen uns deutlich erkennen,
daß die Zugfestigkeiten (also Kreis I in der ersten
und Punkt I in der zweiten Darstellung) außer-
ordentlich schwache Stellen unseres Baustoffes
sind. Gelingt es, die Zugfestigkeit zu verbessern,
so wird dadurch der ganze untere, wichtigste
Teil der Grenzlinien gehoben, weil die darin
enthaltenen Festigkeiten nicht etwa unabhängig
voneinander sind, sondern in einem unlösbaren,
inneren Zusammenhang stehen.

Zusammenfassung.

Die Spannungsverhältnisse beim Druckver-
such mit Würfeln waren bisher durch die End-
flächenreibung so verschleiert, daß aus ihnen
keine klaren Schlußfolgerungen gezogen werden
konnten. Durch die vorliegenden Versuche und
Betrachtungen soll dieser Schleier gelüftet wer-
den. Die Würfelstabilität ohne Endflächenreibung
tritt als eine neue Materialgröße hervor.

Im Wettstreit zwischen Würfel und Säule
als Normenkörper des Druckversuches können
unsere Ergebnisse zunächst als eine Ehrenrettung
des Würfels angesehen werden. Einer seiner Vor-
züge ist die Schlußfolgerung, daß bei Beton unter
der Annahme der Mohrschen Theorie die Würfel-
festigkeit ebenso groß wie die Biegedruckfestig-
keit ist.

Die Säulen aus Beton bieten andererseits den
Vorzug, daß sich der Bereich der lokalen Pressun-
gen nicht wie beim Würfel über die ganze Höhe
des Versuchskörpers erstreckt, sondern auf ein
kleines Stück am Kopf und am Fuß der Säule
beschränkt bleibt. Daher ist es möglich, in hal-
ber Höhe der Säule, also außerhalb dieser
Störungsbereiche, genaue Formänderungsmes-
sungen vorzunehmen und weiteren Aufschluß

über die Spannungsverhältnisse zu erhalten. Erst weitere Ver-
suche können die Frage entscheiden, ob die Vorteile der Säulen
praktisch so hoch zu bewerten sind, daß man den Vorschlag
machen müßte, sie an die Stelle der Probewürfel zu setzen.

Im übrigen zeigen die Versuche und Erörterungen, daß
wir mit unseren Eisenbetonvorschriften auch hinsichtlich der
Sicherheit durchaus das Richtige getroffen und das Material
soweit als irgend möglich ausgenutzt haben.

WIRTSCHAFTLICHE MITTEILUNGEN.

Die vorläufigen Leitsätze für die Baukontrolle im Eisenbetonbau
sind vom Reichsverkehrsminister durch einen Runderlaß bei der
Reichswasserstraßenverwaltung eingeführt worden. Nach die-
sem Erlaß muß bis auf weiteres bei Ausführung größerer Beton- und
Eisenbetonbauten auch von solchen Firmen, die dem Deutschen
Beton-Verein nicht angehören, die Durchführung der Baukontrolle
nach den vorläufigen Leitsätzen verlangt werden.

Eisenpreiserhöhung. Als Auswirkung der vom Reichsarbeits-
minister für verbindlich erklärten Schiedssprüche vom 15. Dezember

1927 in der Gesamtstreitigkeit wegen Lohn und Arbeitszeit
zwischen dem Arbeitgeberverband für den Bezirk der Nordwest-
lichen Gruppe des Vereins Deutscher Eisen- und Stahlindustrieller
und den Arbeitnehmerorganisationen, durch welche in den
Thomas-, Siemens-Martin- usw. Stahlwerken die Achtstunden-
schicht eingeführt, die Stundenverdienste um 2 % erhöht und die
Überstundenzuschläge verdoppelt worden waren, hat sich der Stahl-
werks-Verband zu einer Erhöhung der Werksverbandpreise für Stab-
und Formeisen veranlaßt gesehen. Das Maß der Erhöhung ist
aus nachstehender Tabelle zu entnehmen:

	Stabeisen			
	Oberhausen		Neunkirchen	
	Frachtgrundlage		Frachtgrundlage	
	Th	SM	Th	SM
	in M. je t:		in M. je t:	
Bisheriger Preis	134.—	139.—	128.—	133.—
Preis ab 13. I. 1928 . . .	137.—	145.—	133.—	140.—
Erhöhung in M./t	+3.—	+6.—	+5.—	+8.—
Erhöhung in %	2,2%	4,3%	3,9%	6,0%
Formeisen				
	Frachtgrundlage		Frachtgrundlage	
Bisheriger Preis	131.—	136.—	125.—	130.—
Preis ab 13. I. 1928 . . .	134.—	142.—	130.—	128.—
Erhöhung in M./t	+3.—	+6.—	+5.—	+8.—
Erhöhung in %	2,3%	4,4%	4,0%	6,2%

Außerdem sind auch die sogenannten 33 1/3 % betragenden „Kaliberrabatte“ auf die Dimensionsüberpreise für Formeisen, die beim Bezuge auf Frachtbasis Oberhausen schon seit einiger Zeit nicht mehr gewährt wurden, seit dem 13. Januar 1928 auch beim Bezug auf Frachtbasis Neunkirchen in Fortfall gekommen. Damit ist für Formeisen eine weitere Preissteigerung von rund 2,— M./t verbunden, weil im Durchschnitt des Gesamtabsatzes auf die Tonne rund 6,— M. Überpreis fallen. Bei Bezug von Moniereisen werden die „Kaliberrabatte“ in Höhe von 33 1/3 % der für den Eisenbetonbau vornehmlich in Frage kommenden Dimensionsüberpreise im ganzen Reichsgebiet weiterhin gewährt.

Ferner sind die bisher für Stab- und Formeisen bei Aufgabe einer Dimension zur gleichzeitigen Abwanzung und zum ungeteilten Versand in größeren Mengen gewährten Mengenrabatte halbiert worden. Die dadurch bewirkte Preissteigerung ergibt sich aus folgender Zusammenstellung:

Bei Bestellung von:	Bisheriger Rabatt M/t	Jetziger Rabatt M/t	Preis- steigerung M/t
5 bis unter 10 t . .	1,—	0,50	0,50
10 „ „ 20 t . . .	2,—	1,—	1,—
20 „ „ 50 t . . .	2,50	1,25	1,25
50 t und mehr . . .	3,—	1,50	1,50

Die Avi zur Eisenpreiserhöhung. Die Mitgliederversammlung der Arbeitsgemeinschaft der Eisen verarbeitenden Industrie, welcher u. a. der Beton- und Tiefbau-Wirtschaftsverband und der Deutsche Eisenbau-Verband angehören, hat in ihrer in Berlin am 18. Januar 1928 abgehaltenen Sitzung die Frage der Eisenpreiserhöhung behandelt und dazu einstimmig folgende Entschließung gefaßt:

Die deutsche Eisen verarbeitende Industrie war von der Wirtschaftskrise des Jahres 1926 in ihren Absatzmengen wie in ihren Preisen mit voller Wucht getroffen worden. Die Konjunktur des Jahres 1927 war für sie eine reine Mengenkonjunktur, ihre Preise haben im Durchschnitt den Stand von 1925 noch bei weitem nicht erreicht. Die Walzeisenpreise dagegen waren zwar infolge der strengen Syndizierung der Eisen schaffenden Industrie während der Krise des Jahres 1926 nicht gesunken, hatten andererseits aber während der Konjunktur des Jahres 1927 auch keine Steigerung erfahren.

Die starke Inlandsbeschäftigung der letzten Monate ist im Absteigen begriffen. Eisen schaffende wie Eisen verarbeitende Industrie befinden sich mit einem großen Teil der deutschen Wirtschaft bereits wieder in so gespannter Lage, daß sich jede zusätzliche Belastung verbietet. Ungeachtet dieser Tatsache hat der vom Herrn Reichsarbeitsminister verbindlich erklärte Schiedsspruch vom 15. Dezember 1927 beiden Industriegruppen eine allgemeine Lohnerhöhung aufgezwungen, obgleich zu demselben Zeitpunkt die Eisen schaffende Industrie durch die Durchführung der Arbeitszeitverordnung eine Erhöhung ihrer Selbstkosten auf sich nehmen mußte.

Die Eisen verarbeitende Industrie bejaht die Notwendigkeit einer umsichtigen Sozialpolitik eben so sehr aus wirtschaftlichen wie aus sozialen Gründen. Mit um so größerem Nachdruck muß sie darum jedoch auf die elementare Tatsache hinweisen, daß keine Sozialpolitik etwas verteilen kann, was nicht zuvor die Wirtschaft verdient hat, und daß deshalb eine gesunde Sozialpolitik sich unbedingt in den Rahmen der Produktionspolitik einordnen muß. Eine Sozialpolitik, die diesen gesunden Boden der Wirtschaftspolitik unter den Füßen verliert, handelt eben so sehr gegen das Interesse der Arbeitnehmer wie der Arbeitgeber. Erhöhung der Reallöhne hat zur Voraussetzung eine entsprechende Steigerung der Produktivität, die durch gesunde Kapitalbildung und Preismäßigungen der gesamten Volkswirtschaft zugute kommen muß. Der notwendige Fortgang der Rationalisierung wird unmöglich gemacht, wenn ihre als Abschluß einer allmählichen Entwicklung zu erwartenden Früchte in Form von Nominallohnsteigerungen einzelner Arbeitnehmergruppen vorweg genommen werden. Die bisherige Politik des Reichsarbeitsministeriums, die immer wieder gegen diese elementaren wirtschaftlichen Grundsätze verstoßen hat, muß endlich eine entscheidende Umstellung erfahren.

In der richtigen Erkenntnis, daß Eisen schaffende und Eisen verarbeitende Industrie wirtschaftlich auf einander angewiesen sind, hat die Eisen verarbeitende Industrie bisher in allen Wirtschaftsfragen Hand in Hand mit der Eisen schaffenden Industrie gearbeitet. Aus dieser Einstellung heraus ist auch seinerzeit seitens der Eisen verarbeitenden Industrie das Abkommen mit der Eisen schaffenden Industrie (Avi-Abkommen) geschlossen worden. In diesem Abkommen ist bekanntlich festgelegt, daß „das Ziel der internationalen Eisenvereinbarung eine Regelung der Auslandspreise für Eisen sein solle“ in der Weise, daß „der Unterschied zwischen Auslands- und Inlands-Effektivpreisen verringert und möglichst bald ganz zum Verschwinden gebracht werden sollte“. Tatsächlich hat sich der Unterschied zwischen Inlands- und Auslandspreisen für Walzeisen seit Abschluß der internationalen Rohstahlgemeinschaft nicht nur nicht verringert, sondern wesentlich erhöht.

Ferner sollten sich „die Vereinbarungen keinesfalls nur auf eine Regelung der gegenseitigen Belieferung der Innenmärkte oder am Eisenpakt beteiligten Länder beschränken, sondern vor allem die gegenseitige Unterbietung auf den Auslandsmärkten für Eisen beschränken“, in Wirklichkeit hat gerade umgekehrt die Unterbietung auf den Auslandsmärkten zugenommen, und der einzig greifbare Erfolg der internationalen Abmachungen beschränkt sich bisher auf die Gebietsschutzabkommen. Durch diese ist der deutsche Eisenmarkt isoliert worden. Bei den wichtigsten kartellierten Walzeisensorten ist der Unterschied zwischen Inlands- und Auslandspreis nahezu auf das Doppelte des Zollobettes gestiegen. Inzwischen erwächst der deutschen Eisen verarbeitenden Industrie auf dem deutschen Inlandsmarkt ein unnatürlich verschärfter Wettbewerb seitens der mit den niedrigen Auslandspreisen arbeitenden Fertigindustrien des Auslandes.

Die Eisen verarbeitende Industrie hat bisher, unter Zurückstellung berechtigter eigener Bedenken, der Eisen schaffenden Industrie bei ihren Bestrebungen nach internationaler Kartellierung kein Hindernis in den Weg gelegt. Angesichts der vorstehend festgestellten Sachlage bedauert sie es auf das tiefste, daß die Eisen schaffende Industrie unter dem Drucke der Politik des Reichsarbeitsministeriums die Lage der bereits infolge der Lohnerhöhung geschwächten Eisenverarbeitung durch die überstürzt und trotz ihrer Warnung beschlossene Preiserhöhung noch weiter erschwert hat. Sie erhebt Einspruch gegen diese für sie in ihrer jetzigen Lage doppelt schwere Neubelastung, die sie ihrerseits abzuwälzen nicht in der Lage ist. Die weitere Entwicklung der internationalen Eisenkartellierung wird die Eisen verarbeitende Industrie auf das aufmerksamste verfolgen müssen.

Zwischen den beiden Industriegruppen war schließlich vereinbart worden, daß „die Preispolitik für Eisen in Süddeutschland so gehandhabt werden solle, daß etwa die Vorkriegsrelation zwischen den süddeutschen und norddeutschen Eisenpreisen, welche früher die Grundlage für den standortsmäßigen Aufbau der Industrien gegeben hat, eingehalten wird“. Die einseitig ohne Mitwirkung der Beteiligten vorgenommene Änderung der Preise und Rabatte für Frachtbasis Neunkirchen, von der aus bisher ganz Süd- und Mitteldeutschland sowie ein großer Teil von Ostdeutschland beliefert wurde, widerspricht dem Geiste dieser Vereinbarung. Es muß deshalb gefordert werden, daß dieser Punkt auf gemeinsam festzustellender Grundlage neu geprüft und entschieden wird.

Planmäßige Verteilung von Bauaufträgen. Im Wirtschaftspolitischen Ausschuß des Reichswirtschaftsrats ist folgender Antrag eingebracht worden:

Der Wirtschaftspolitische Ausschuß des vorläufigen Reichswirtschaftsrats bittet die Reichsregierung, mit den Verwaltungen der Reichsbahn, der Reichspost und allen sonstigen für größere Auftragserteilung an die Wirtschaft in Betracht kommenden Reichsstellen sowie mit den Regierungen der Länder und den Vertretungen der Kommunen in Verbindung zu treten, um Mittel und Wege ausfindig zu machen, wie die behördliche Auftragserteilung an die Wirtschaft von größeren zentralen volkswirtschaftlichen Gesichtspunkten aus planmäßiger erfolgen kann. Insbesondere mußte ernsthaft versucht werden, eine zu starke stoßweise Häufung eiliger Aufträge zu verhindern, um eine größere Stetigkeit in die von solchen Aufträgen der öffentlichen Hand beeinflussten Zweige der deutschen Wirtschaft zu bringen.

Das Reichsverkehrsministerium nahm zu der Frage der gleichmäßigen Verteilung der Bauaufträge über das ganze Jahr in folgender Weise Stellung:

Aus Kreisen des Baugewerbes und der Baustoffindustrien sind wiederholt Wünsche laut geworden, die unter Verwendung öffentlicher Mittel des Reichs, der Länder usw. durchzuführenden Baumaßnahmen möglichst gleichmäßig auf das ganze Jahr zu verteilen. Es wird besonders darüber Klage geführt, daß von verschiedenen Verwaltungen immer noch sofort nach erfolgter Bereitstellung der Haushaltsmittel, also zu Beginn des Frühjahrs, schlagartig die Vergabe der gesamten genehmigten Aufträge erfolgt. Die Bauarbeiten und die Ausführung der Lieferungen für diese Arbeiten drängten sich auf einige Monate zusammen und erforderten dann vielfach Verstärkungen der Belegschaften und Überstunden, während im Spätherbst und insbesondere in den Wintermonaten Arbeitsmangel ein-

trete, der Betriebseinschränkungen und Stilllegungen nach sich ziehe. Die entlassenen Arbeiter fielen dann, da zu dieser Zeit eine Aufnahmemöglichkeit in anderen Gewerben zumeist auch nicht besteht, der Erwerbslosenfürsorge anheim.

Ein solches Verfahren, das schon in Zeiten normaler Arbeitsverhältnisse unwirtschaftlich ist, muß in der heutigen Zeit besonders vermieden werden. Es muß vielmehr eine gleichmäßige Beschäftigung der Bau- und Baustoffgewerbe und eine gleichmäßige, andauernde Arbeitsbeschaffung für die Bauhandwerker und Baustoffarbeiter, soweit dies mit den Arbeiten irgendwie vereinbar ist, zur Belebung des Arbeitsmarktes auch während der Wintermonate erreicht werden.

Wenn nun auch im allgemeinen bei der Eigenart der im Bereiche der Reichswasserstraßenverwaltung hauptsächlich vorkommenden Tiefbauarbeiten, deren Ausführung sich zum größten Teil auf mehrere Jahre erstreckt, sich eine schlagartig gleichzeitige Vergebung ohnehin von selbst verbietet, so hat das Reichsverkehrsministerium gleichwohl angeordnet, daß besonderes Augenmerk einer möglichst durchgehenden und einigermaßen gleichbleibenden Verteilung der Auftragsvergebungen zuzuwenden sei, damit eine gleichmäßigere Beschäftigung der beteiligten Industrien und ein möglichst unveränderter Stand der Belegschaften erreicht wird. Es wird gehofft, daß die Unternehmer der Leistungen und Lieferungen dann auch mehr als bisher in der Lage sein werden, Preise und Löhne sowie die Güte der Baustoffe auf gleicher Höhe zu halten.

Arbeitsrecht.

Der Begriff der Beharrlichkeit der Arbeitsverweigerung im Sinne des § 123 Ziffer 3 RGO. setzt nicht unbedingt eine Wiederholung des Verhaltens voraus. (Aus einem Urteil des Reichsarbeitsgerichts vom 17. November 1927 Aktz.: RAG. 5/27.) Die klagenden Arbeiter waren mit einer Arbeitszeitregelung des Werks nicht einverstanden. Die Arbeitszeitregelung des Werks setzte eine Wochenarbeitszeit von 49 Stunden fest, verteilte diese auf Montag bis Freitag und ließ den

Sonnabend frei. Die Kläger wollten jedoch an jedem Tag arbeiten, und zwar nicht nachmittags bis 6 Uhr, sondern nur bis 4 Uhr. Die Kläger kamen eines Morgens zur Arbeit und teilten sich die Arbeitszeit entsprechend ihren Wünschen ein und verließen nachmittags um 4 Uhr das Werk. Anstatt einer 1½ stündigen Mittagspause machten sie nur eine halbstündige Mittagspause und stellten den Dampf, den der Meister für die Dauer von 1½ Stunden abgestellt hatte, vorher eigenmächtig wieder an. Auch hatte sie der Meister darauf aufmerksam gemacht, daß die Arbeitszeit erst um 6 Uhr beendet wäre. Als die Kläger tags darauf wieder zur Arbeit erschienen, wurden sie fristlos entlassen.

In diesem Verhalten sei objektiv eine Zuwiderhandlung der sich aus dem Arbeitsvertrag ergebenden Pflichten der Kläger zu erblicken, und zwar sei der Tatbestand des § 123 Ziffer 3 RGO. gegeben. Die Kläger haben die Arbeit unbefugt verlassen und sich geweigert, den ihnen obliegenden Verpflichtungen nachzukommen, indem sie statt der angeordneten Mittagspause von 1½ Stunden nur eine solche von ½ Stunde gemacht und zu diesem Zweck in die Rechte des Meisters eingegriffen hatten. Die Revision der Kläger glaubte in diesem Sachverhalt keine beharrliche Verweigerung im Sinne des § 23 Ziffer 3 RGO. zu erblicken. Demgegenüber betont aber das Reichsarbeitsgericht in seinen Entscheidungsgründen, daß der Begriff der Beharrlichkeit nicht unbedingt eine Wiederholung des Verhaltens voraussetze sondern das Vorliegen einer Beharrlichkeit könne auch bei nur einmaligem Verhalten in Frage kommen und müsse der bei den begleitenden Umständen zum Ausdruck kommenden Willensrichtung entnommen werden. Der Ausdruck der Beharrlichkeit sei u. a. darin zu erblicken, daß die Kläger den Vorsatz hatten, die von ihnen eingeführte Arbeitszeitregelung weiter durchzuführen, und zwar solange, bis die Werkleitung auf dieses Verhalten reagiere. Wenn der Sachverhalt des § 123 Ziffer 3 RGO. gegeben sei, wäre eine fristlose Entlassung der Kläger auch ohne weiteres berechtigt. Wenn auch die Arbeitszeitregelung der Beklagten ungültig gewesen sei, so könne doch der einzelne Arbeitnehmer nicht von sich aus eine eigenmächtige Änderung dieser Arbeitszeitregelung vornehmen.

PATENTBERICHT.

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

A. Bekanntgemachte Anmeldungen.

Bekanntgemacht im Patentblatt Nr. 49 vom 8. Dezember 1927.

- Kl. 4 a, Gr. 25. B 130 019. Beleuchtungskörper G. m. b. H., Berlin NW 6, Luisenstr. 35. Windsichere Aufhängung von Beleuchtungskörpern, insbesondere an Straßenkreuzungen. 25. II. 27.
- Kl. 5 d, Gr. 14. A 50 122. Dipl.-Ing. Franz Abt, Frankfurt a. M., Schafflestr. 4. Bergeversatzmaschine mit rotierendem Kranz. 21. II. 27.
- Kl. 20 a, Gr. 12. G 67 465. Gesellschaft für Förderungsanlagen Ernst Heckel m. b. H., Saarbrücken. Seilschwebbahn für Personenverkehr. 4. VI. 26.
- Kl. 20 i, Gr. 8. O 16 081. Orenstein & Koppel A.-G., Berlin SW 61, Tempelhofer Ufer 23/24. Weiche, insbes. Rillenschienenweiche. 13. XI. 26.
- Kl. 37 a, Gr. 2. N 25 947. Karl Nocker, Bingen a. Rh., Fruchtmarkt 7. Freitragende Decke. 31. V. 26.
- Kl. 42 c, Gr. 2. W 75 848. Richard Wörsching, Starnberg, Oberbayern. Gleitschutz für Stativfüße; Zus. z. Pat. 424 285. 25. IV. 27.
- Kl. 42 d, Gr. 2. H 108 174. Max F. Hoffmann, Chemnitz, Wettinerplatz 5. Vorrichtung zur Einstellung graphischer Darstellungen. 24. IX. 26.
- Kl. 42 d, Gr. 2. H 108 175. Max F. Hoffmann, Chemnitz, Wettinerplatz 5. Tafel zur Einstellung graphischer Darstellungen. 24. IX. 26.
- Kl. 80 a, Gr. 8. M 98 401. Hermann Meyer, Ballenstedt a. H. Maschine zur Herstellung, insbesondere Mischung von Straßenbaustoffen. 24. I. 27.
- Kl. 80 a, Gr. 8. M 98 476. Hermann Meyer, Ballenstedt a. H. Maschine zur Herstellung, insbes. Mischung von Straßenbaustoffen mit zwei oder mehreren Brennern; Zus. z. Ann. M 98 001. 23. II. 27.
- Kl. 80 a, Gr. 14. F 63 392. Formbaustein-Gesellschaft m. b. H., Würzburg, Am Exerzierplatz 3. Selbsttätige Fallstempel- presse zur Herstellung von Mauersteinen aus Zementmasse o. dgl. 1. IV. 27.
- Kl. 81 d, Gr. 1. N 24 976. Niederrheinische Metallwarenfabrik C. Frickenstein & Co., Wesel. Vorrichtung zur staubfreien Entleerung von mit Scharnierdeckel versehenen Müllgefäßen in Sammelbehälter. 31. VIII. 25.
- Kl. 81 e, Gr. 94. C 38 617. Carlshütte Akt.-Ges. für Eisengießerei und Maschinenbau, Waldenburg-Altwasser. Vorrichtung zum selbsttätigen Aufhalten von Förderwagen. 16. VIII. 26.
- Kl. 81 e, Gr. 126. B 125 353. Friedrich Brennecke, Borna b. Leipzig. Großmassen-Kippenförderer. 4. V. 26.
- Kl. 81 e, Gr. 133. St 42 032. Eduard Steiner, Bayreuth. Lockerer für Bunkergut. 31. XII. 26.

- Kl. 81 e, Gr. 136. B 130 283. Adolf Bleichert & Co. A.-G., Leipzig Gohlis. Durch eine Abziehvorrichtung bedienter Bunker- auslauf; Zus. z. Pat. 393 227. 12. III. 27.
- Kl. 81 e, Gr. 136. M 98 798. Mitteldeutsche Stahlwerke Akt.-Ges., Berlin W 8, Wilhelmstr. 71. Schlitzbunker. 14. III. 27.

B. Erteilte Patente.

Bekanntgemacht im Patentblatt Nr. 49 vom 8. Dezember 1927.

- Kl. 19 a, Gr. 31. 453 992. Dipl.-Ing. Ludwig Lewissohn, Berlin NW 21, Stromstr. 68. Verschiebbare und um die Schiene als Drehachse beliebig schwenkbare Schienenschleif- vorrichtung. 30. XII. 25. L 64 798.
- Kl. 20 i, Gr. 12. 454 077. Peter Hoffmann, Mannheim, A 1. 5. Einrichtung zum Befestigen zerlegbarer Eisenbetonwände auf Eisenbetonschwellen für Gestänge-, Drahtzugs- und Rohrleitungen. 5. VIII. 26. H 107 518.
- Kl. 20 i, Gr. 33. 454 078. Siemens-Schuckertwerke G. m. b. H. Berlin-Siemensstadt. Einrichtung zur selbsttätigen Zug- beeinflussung. 1. VIII. 26. S 75 517.
- Kl. 20 i, Gr. 35. 454 079. Dr. Max Dieckmann, Gräfelfing b. München, Dr.-Ing. Wolfgang Baseler, München, Walhallas- straße 21 und Dipl.-Ing. Albert Kammerer, Berlin-Char- lottenburg, Dankelmannstr. 32. Vorrichtung zur Sicherung von Eisenbahnzügen von der Strecke aus durch elektro- magnetische Induktion. 8. VIII. 26. D 51 027.
- Kl. 24 k, Gr. 5. 454 019. Liptak Fire-Brick Arch Company, Chicago, V. St. A.; Vertr.: Dipl.-Ing. B. Oettinger, Pat.-Anw., Berlin SW 61. Feuerraumdecke, deren Steine auswechselbar an Trägern mittels Klammern befestigt sind. 9. V. 24. L 60 142.
- Kl. 42 k, Gr. 23. 454 137. Fa. Louis Schopper, Leipzig, Bayersche Straße 77. Druckvorrichtung für Materialprüfungs- maschinen. 30. IV. 26. Sch 78 705.
- Kl. 81 e, Gr. 126. 454 111. Maschinenfabrik Buckau Akt.-Ges. zu Magdeburg, Magdeburg-Buckau. Abraumförderer mit Eimer- leiter. 15. VIII. 24. M 86 020.
- Kl. 85 e, Gr. 9. 454 012. Hans Freese, Karlsruhe, Westendstr. 57. Sinkkasten mit Schlammleimer und Abscheideeinrichtung für Leichtflüssigkeiten aus Abwässern, dessen Zulauföffnung durch den Einfluß eines Schwimmers abschließbar ist. 18. IX. 25. F 59 833.
- Kl. 85 e, Gr. 9. 454 013. Franz v. Reiche, Berlin-Grunewald, Caspar-Theiß-Str. 23. Sinkkasten mit auf dem Boden aufstehendem Schlammleimer. 13. X. 25. R 65 629.
- Kl. 85 e, Gr. 10. 454 014. Franz Sengbusch, Berlin-Spandau, Jagowstr. 3. Schachtdeckelfüllung. 19. VIII. 25. S 71 410.