

DIE BAUTECHNIK

12. Jahrgang

BERLIN, 23. Februar 1934

Heft 8

Alle Rechte vorbehalten.

Allgemeines über die neue Blaubeurertorbrücke in Ulm.

Von Baudirektor Feuchtinger in Ulm a. d. D.¹⁾

Ulm ist sechsfacher Knotenpunkt des Fernstraßenverkehrs. In ihm kreuzen sich die Fernverkehre: München—Augsburg—Ulm (F.-Nr. 10), Stuttgart—Ulm (F.-Nr. 10), Nürnberg—Ulm (F.-Nr. 19), Friedrichshafen—Ulm (F.-Nr. 30), Freiburg—Ulm (F.-Nr. 28), Kempten—Ulm (F.-Nr. 19).

Außerdem soll nach dem jüngsten veröffentlichten Netz der künftigen Reichsautobahnen die Reichsautobahn Karlsruhe—Stuttgart—Ulm—Augsburg—München, d. h. die große Ostwest-Autobahnlinie in Süddeutschland, als Gegenstück zu der Ostwest-Autobahnlinie Aachen—Köln—Düsseldorf—Essen—Dortmund—Hannover—Magdeburg—Berlin—Frankfurt a. d. O. in Norddeutschland, Ulm berühren.

Die Blaubeurertorbrücke (Abbild. 1a) überbrückt das Gelände des Personenbahnhofes Ulm, das sich in Richtung Nord-Süd wie ein Querriegel vor Alt- und Neustadt legt und die westlichen Stadtteile von diesen abtrennt, im Zuge der früheren Landstraße von Ulm nach Blaubeuren. Der Fernverkehr sowohl wie auch der Nachbarschaftsverkehr machten im Jahre 1877

von Konstruktionsfehlern und von ungenügender Gründung der durchlaufenden Hauptträger in dem aus Tuffsand bestehenden Untergrunde traten Senkungen ein. Die Tragfähigkeit mußte bald auf das ungenügende Maß von 80 Ztr. herabgesetzt, die Zahl der Zwischenjoche von 8 auf 16 vermehrt werden. Da die Brücke sonach mehr einem Steg als einer Fahrbrücke glich, wurde schon vor dem Kriege vom Gemeinderat der Stadt Ulm der Bau einer neuen leistungsfähigen Brücke beschlossen, und zwar nach einem Entwurf des Städtischen Tiefbauamtes (Abb. 2). Lediglich der Kriegsausbruch verhinderte damals ihre Ausführung.

Nach dem Kriege gaben neu eingetretene Gesichtspunkte des Verkehrs und der Brückentechnik der Brückenplanungsbearbeitung grundlegend neue Wendungen. Das neue Verkehrsmittel, das Auto, und der seit 1924, nach Beendigung der Inflationszeit einsetzende mächtige Autoverkehr ließen die Lösung der Rampenfrage nach dem damaligen Plan (Abb. 3) nicht mehr als zeitgemäß erscheinen. Es wurde als notwendig er-

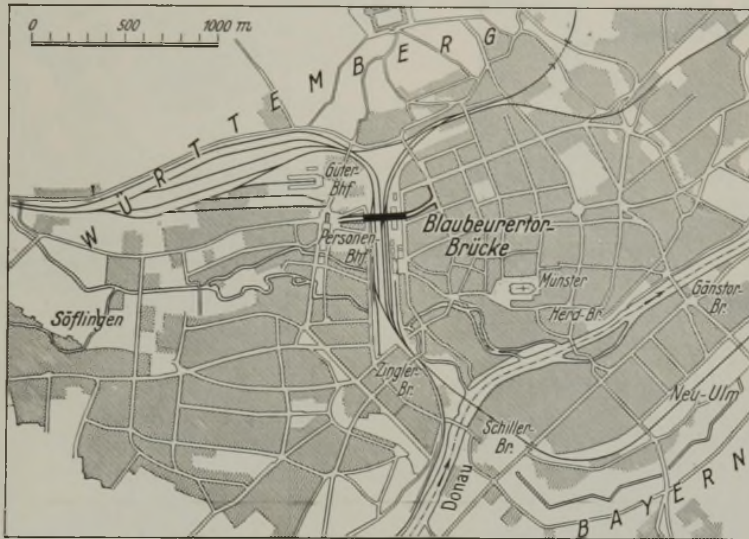


Abb. 1a.



Abb. 1b.

den Ersatz des schienengleichen Überganges dieser Straße durch eine Brücke notwendig. Die Erstellung dieser ersten Straßenüberführung über das Ulmer Bahnhofgelände kam in Form einer Gitterträgerbrücke auf Grund einer eigenartigen Vereinbarung zwischen der damaligen Württ. Eisenbahnverwaltung und der Stadtverwaltung Ulm zustande.

Diese Brücke, die „alte Brücke“ (Abb. 1b), wurde auf Kosten der Eisenbahn unter Leitung eines Beamten der damaligen Eisenbahnverwaltung gebaut. Ihre Unterhaltung hatte jedoch die Stadt zu übernehmen. Die Brücke litt schon von Anfang an sozusagen an Geburtsfehlern. Infolge

kannt, den Rampen eine zügigere Führung zu geben. Andererseits eröffnete das Auto neue Möglichkeiten für die Planung durch Anwendung wesentlich größerer Steigungen in den Rampen. Während man früher glaubte, nicht über 2,5% hinausgehen zu dürfen, sind bei der jetzt ausgeführten Brücke Steigungen bis zu 3,9% ohne Bedenken angewendet worden. Mit der zunehmenden Bedeutung des Straßenverkehrs durch das Auto überhaupt steigerte sich auch dementsprechend die Bedeutung dieser Brücke als Verkehrsbauwerk und Gelenkpunkt im Ulmer Verkehrssystem (Abb. 4).

Eine im Hinblick auf die zu erwartenden bedeutenden Kosten einer neuen Brücke nochmals vorgenommene Prüfung der Frage ihrer Notwendigkeit überhaupt, an Hand von Verkehrszählungen seitens der Stadt und angesichts der Tatsache, daß die rd. 1200 m lange Strecke des Bahnhofgeländes für die Überleitung der Verkehrsströme zwischen Westen und

¹⁾ Der Bau der Pfeiler sowie die Konstruktion und Aufstellung des Überbaues der Brücke werden Gegenstand eines demnächst erscheinenden besonderen Aufsatzes sein. Die Schriftleitung.

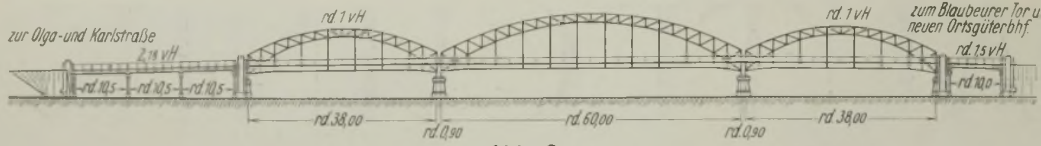


Abb. 2.

Osten und umgekehrt offensichtlich ohne eine weitere voll leistungsfähige Überbrückung über den Bahnhof viel zu lang war, bestätigte die Notwendigkeit einer neuen Brücke vollauf.

Die Lage der Brücke

war bedingt durch die Notwendigkeit ihrer Zuführung auf das Blaubeurertor, ein Torbauwerk aus dem früheren Festungsring der 40er Jahre, als die Stadt Ulm Festung des Deutschen Bundes war, im Westen, und im Osten etwa im Raume der vorhandenen Rampe der alten bestehenden Brücke.

es weist in seinen Verhältnissen und seiner ganzen Behandlung eine sehr ansprechende Architektur auf und soll im Sinne des Heimatschutzes, wenn irgend möglich, erhalten werden. Da es jedoch nur zwei Öffnungen von je 6,825 m Weite und mäßiger Höhe hat, so werden die Öffnungen nicht ausreichen, um den zukünftigen Verkehr aufzunehmen. Der Durchgangsverkehr soll deshalb, wie aus dem Lageplan ersichtlich, um das Torgebäude herumgeführt werden. Die bestehenden Toröffnungen sollen künftig nur noch Radfahr- und Fußgängerverkehr aufnehmen. Vor dem Torbauwerk ist frontal und seitlich ein Vorplatz vorgesehen, der dazu dient, den Verkehr der einmündenden Straßen zu vermitteln, aber auch mittels des Anbaues eine geschlossene, auf das Torbauwerk abgestimmte Umbauung zu erreichen.

Das Tor liegt in dem großen Zuge des früheren Festungsgürtels, der



Abb. 3.

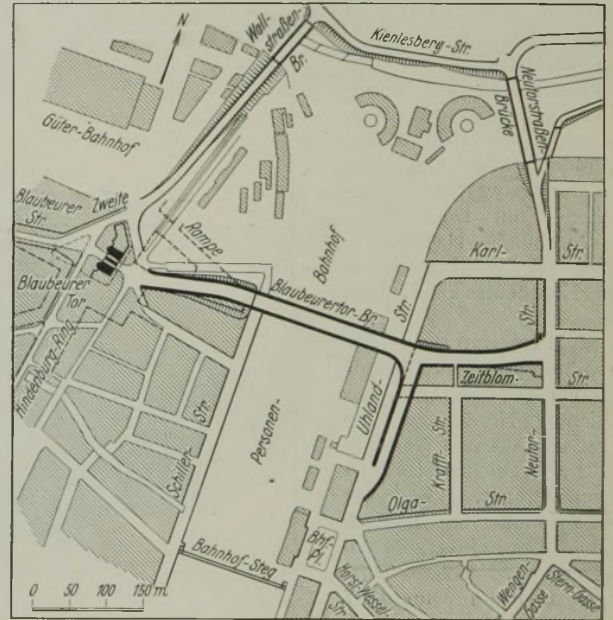


Abb. 4.

Nach dem Stadtbebauungsplan des Städtischen Tiefbauamtes wird die westliche Rampeanlage in Richtung zum Blaubeurertor zweiteilig dergestalt, daß vom westlichen Brückenkopf aus der eine Rampenzweig südlich, der andere Rampenzweig nördlich des Blaubeurertores, mit gleichzeitiger Einmündung nach dem dort liegenden Hauptgüterbahnhof der Stadt, um das Blaubeurertor herumgeführt werden soll. Von diesen zwei Rampenzweigen ist zunächst der südliche ausgeführt.

in diesem Stück zu einer grünen Ringstraße ausgebaut ist, wobei angestrebt wurde, im Rahmen dieses Ringes möglichst viel von dem früheren Grün des Festungsgürtels zu erhalten.

Für die Anlage der östlichen Rampe, die die Brücke mit dem Stadtinnern verbinden soll, liegen drei Richtungen des Verkehrsbedürfnisses vor, vom östlichen Brückenkopf aus nach Richtung Uhlandstraße—



Abb. 4a.

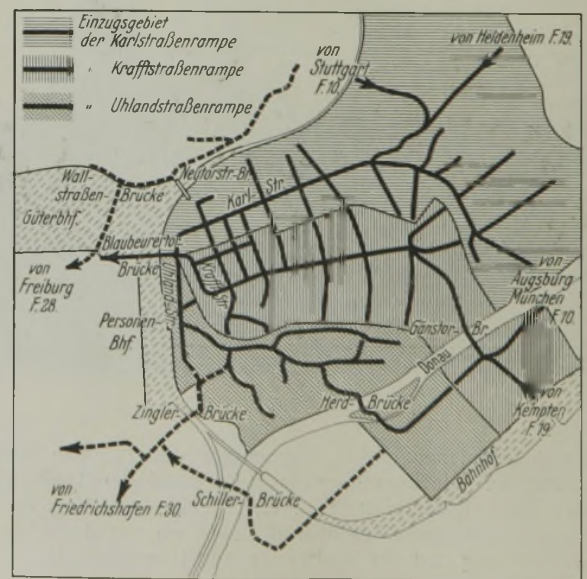


Abb. 5.

Ein besonderes Problem bildete die Zusammenführung der Straßen um das Blaubeurertor, zu denen auch die Blaubeurertorrampe gehört. Das Bauwerk des Blaubeurertores selbst ist noch ein Bestandteil des Festungsringes der Prittwitzschen Festung des Deutschen Bundes aus dem Jahre 1840. Das Bauwerk (Abb. 4a) ist noch heute sehr eindrucksvoll;

Bahnhofplatz, nach Richtung Karlstraße und nach Richtung Neutorstraße (Innenstadt). Eine dreifach verzweigte Rampeanlage (Abb. 5) wurde aber als zu kostspielig angesehen. Eingehende Untersuchungen der einzelnen, diesen Rampenzweigen zufallenden Verkehrs-Einflußgebiete der Stadt und ihrer Ursprungsgebiete innerhalb der Städte Ulm und Neu-Ulm (Abb. 6

u. 6a) ließen erkennen, daß von diesen drei Richtungen die zwei Richtungen nach Umlandstraße-Bahnhofplatz und die Richtung nach Neutorstraße die wichtigeren seien und daß die Entscheidung in der Rampenfrage, wenn ihre Zahl einmal auf zwei beschränkt werden mußte, auf die beiden Rampen: Neutorstraße-Bahnhofplatz zu fallen habe. Um aber dennoch auch die Karlstraße-Richtung mit einzubeziehen, wurde die Karlstraße durch Zusammenführung mit der Neutorstraße am Fuße der östlichen Brückenrampe und eine gemeinsame Rampe Neutorstraße-Karlstraße von der Neutorstraße aus zum östlichen Brückenkopf hinaufgeführt und auf diese Weise ebenfalls in das Verkehrssystem der Stadt eingefügt. Die Umlandstraße wird für den Durchgangsverkehr von Friedrichshafen (Bodensee) nach Stuttgart und Nürnberg und umgekehrt in ihrer seitherigen Höhe unter der Brücke hindurch- und weitergeführt, ebenso die Zeitblomstraße. Möglich wurde diese Rampenlösung erst, nachdem man sich zur Zulassung von Steigungsverhältnissen bis zu 3,9 ‰ für die Umlandstraßenrampe und von 3,7 ‰ für die Neutorstraßenrampe entschlossen hatte.

Durch Treppenaufgänge werden die Umlandstraße bei der Zeitblomstraße mit dem östlichen Brückenkopf und die Schillerstraße mit dem westlichen Brückenkopf zur Abkürzung für den Fußgängerverkehr verbunden.

Auf diese Weise ergab sich die billigste Lösung der Rampenfrage, die aber auch gleichzeitig den tatsächlichen Verkehrsbedürfnissen am zutreffendsten Rechnung tragen dürfte.

Gestaltung der Brücke selbst.

Außer für Lage und Führung der Brückenlinie und ihrer Rampen wurde aber auch für die Wahl der Gestalt und Erscheinung der Brücke selbst im Jahre 1925 eine neue Lage geschaffen. Die bis dahin ausgearbeiteten Brückenpläne gingen von einem Fachwerkträgersystem mit über der Brückenfahrbahn gelegener Fachwerkkonstruktion der Hauptträger aus. Die Durchschneidung des Luftraumes in so großer Länge und Höhe über der Gleisanlage des Bahnhofs durch ein solches Fachwerkssystem konnte aber im Sehbereich des das Stadtbild beherrschenden Ulmer Münsters nicht als glücklich betrachtet werden. Das Ulmer Münster bringt bei jeder Hinzufügung eines neuen städtebaulichen Elementes zum Stadtbild eine sehr ernst zu nehmende Verpflichtung. Gerade als das wenig Befriedigende an der Lösung eines Fachwerkträgers erkannt wurde, ergab sich durch die damalige Einführung hochwertigen

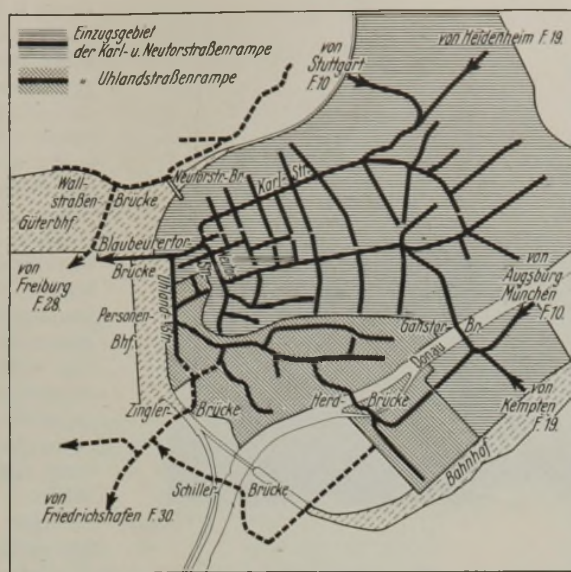


Abb. 6.

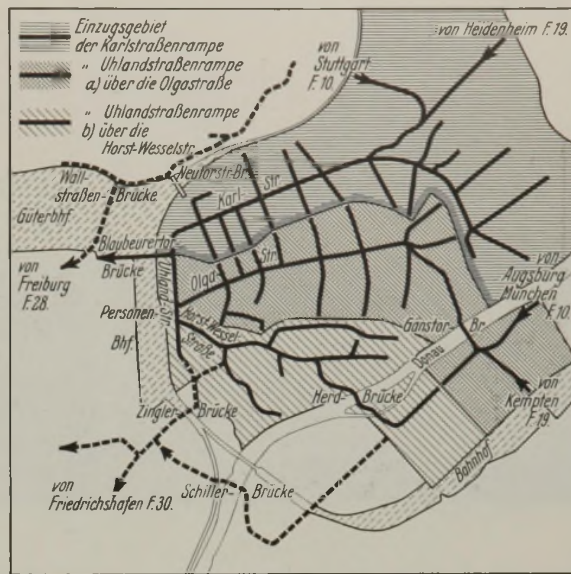


Abb. 6a.

Baustahl möglich wurde, das in diesem Fall beste Trägersystem und damit die Lösung für die Blaubeurerbrücke darstelle. Der auf dieser Grundlage von ihm aufgestellte Entwurfsvorschlag 1925 wurde allen nachfolgenden weiteren Planbearbeitungen in seinen wesentlichen Merkmalen zugrunde gelegt (Abb. 7 u. 7a). Mit der Wahl dieser Trägerform wurde die bestmögliche Einfügung der Brücke durch ihre einfache, ruhige und klare

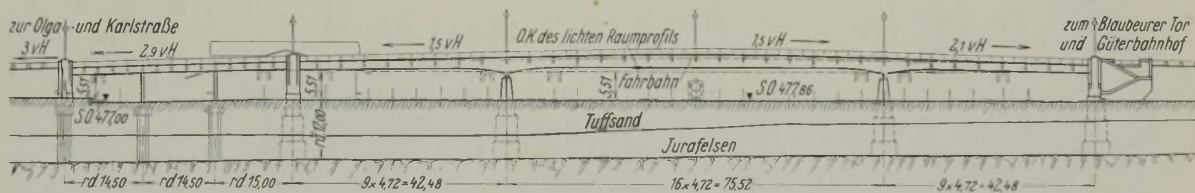


Abb. 7.

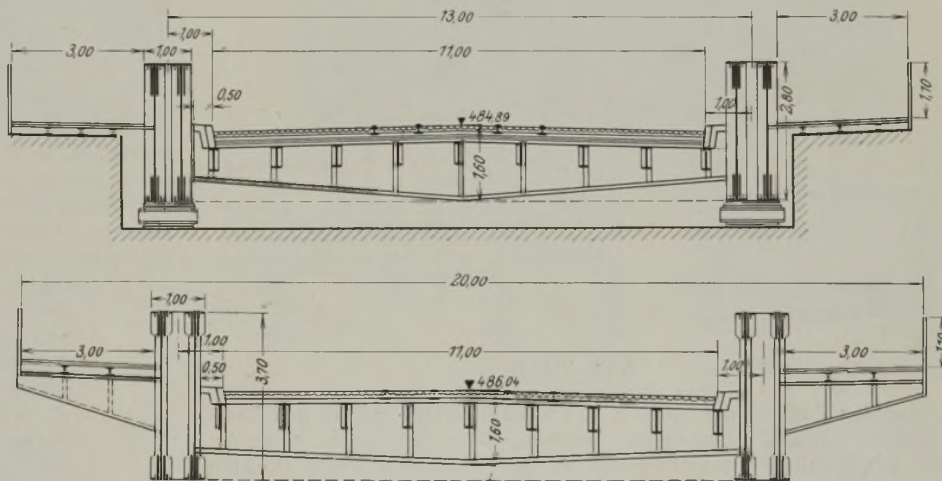


Abb. 7a.

Gestalt und flächige Wirkung in das Gesamtbild des Bahnhofs und der Stadt erreicht (Abb. 8 u. 9).

Nach den Vorschlägen der Stadt wurde der Brückenquerschnitt wie folgt

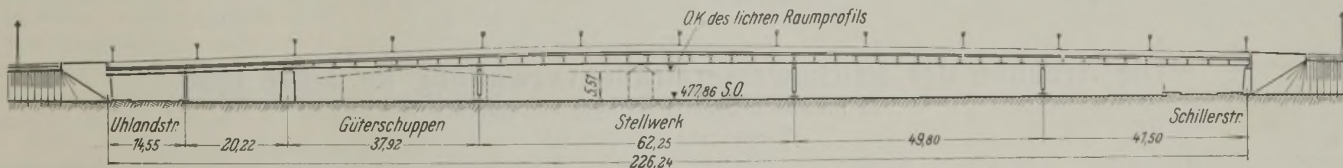


Abb. 9.

Baustahls in dem Brückenbau eine neue Wendung, auch für eine günstigere Gestaltung der Brücke selbst in ihrer Erscheinung. Das Städtische Tiefbauamt, für das die Wahl eines befriedigenden Trägersystems eine besondere Sorge sein mußte, vertrat sofort die Auffassung, daß der weitgespannte Blechbalken, der durch den neuen hochwertigen

gestaltet: Die Fahrbahn der Brücke ist, wie der Querschnitt Abb. 10 u. 10a zeigt, mit 8,50 m Breite dreispurig. Außerhalb der Hauptträger ist zu beiden Seiten ein Fußgängersteig von 2,20 m Breite mit je einem Radfahrweg von 1 m Breite ausgekragt. Die Radfahrwege wurden den Gehwegen und nicht der Fahrbahn angegliedert, weil dadurch die Brücke im ganzen billiger



Abb. 8.

wird. Die Gesamtbreite der Brücke zwischen den Geländern ist 17,70 m. Die beiden Hauptträgerwände trennen in ganzer Länge der Brücke die Fahrbahn von Fußgänger- und Radfahrwegen. Ihre Oberkante verläuft in demselben Visier und etwa in derselben Höhe wie die Geländer. Die Brücke ist von der Stadt mit kugelförmigen Milchglaskandelabern beleuchtet. Ihr Stil und ihre Reihung wirken bei dem architektonischen Gesamtbild der Brücke nicht unwesentlich mit. Der Typ dieser Lampen ist nicht bloß an dieser Brücke, sondern auch an anderen einzelnen her-

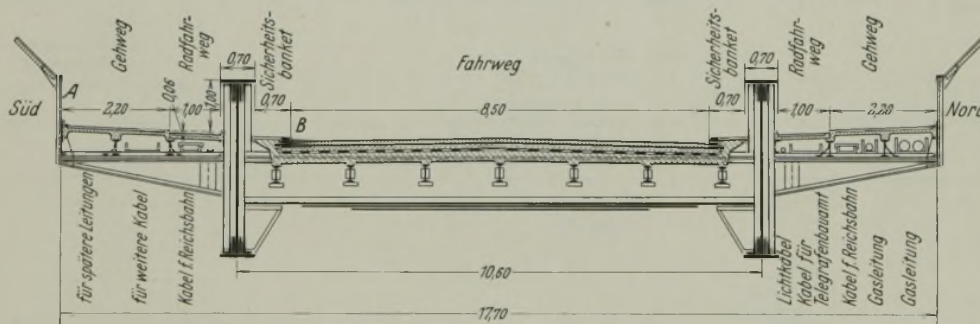


Abb. 10.

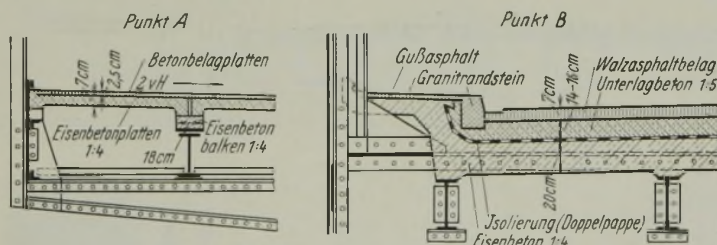


Abb. 10a.

vorragenden Punkten der Stadt, z. B. am Münsterplatz und an den Stadteingängen, planmäßig verwendet worden. Sie sollen durch diese Art ihrer wiederholten Anwendung an solchen charakteristischen Punkten eine besondere einprägsame Wirkung im Stadtbild hervorbringen.

Die Gehwege sind mit Betonplatten abgedeckt, die Fahrbahn mit einem 7 cm dicken Belag aus Walzasphalt, um mit Rücksicht auf das nahegelegene Stellwerk des Bahnhofs den Verkehr über die Brücke möglichst geräuschlos zu machen.

Auf den Rampen wurden die ebenfalls 8,5 m breiten dreispurigen Fahrbahnen mit einer Chaussierung und einem mit dem neuen Kaltasphalt

Colas B getränkten Schotterkörper abgedeckt. Diese Kaltasphaltsorte ermöglichte die Verwendung von ganz billigem Steinmaterial, eine Maßnahme, die deshalb getroffen wurde, weil die Erdkörper der Rampen frisch geschüttet sind, sich wohl noch setzen werden und deshalb eine endgültige und wesentlich kostspieligere Decke noch verfrüht gewesen wäre. Andererseits sollte der Bevölkerung doch eine in ihrem Gebrauch den heutigen Bedürfnissen an Staubfreiheit und Sauberkeit entsprechende Straße sogleich und nicht erst später geboten werden. Mit der Anwendung des neuen Kaltasphaltes Colas B denkt man einen, den besonderen Verhältnissen dieses Falles Rechnung tragenden Ausweg gefunden zu haben.

Die Gehwege der Rampen sind 2,50 m breit, und in sie sind ebenfalls zwei Fahrradwege von je 1 m Breite mit Richtungsverkehr eingefügt.

Neben der schon seit Jahrzehnten bestehenden Baufälligkeit der alten Brücke gab den unmittelbaren Anlaß zum Brückenneubau die Elektrisierung der Bahnlinie Augsburg—Ulm—Stuttgart. Die dafür notwendige größere lichte Durchfahrhöhe unter der Brücke für den elektrischen Betrieb von 5,51 m war bei der alten Brücke nicht vorhanden. Die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft und die Stadtverwaltung Ulm einigten sich auf einen vollständigen Neubau für eine den neuzeitlichen Erfordernissen des Verkehrs Genüge leistende Brücke. Nach dieser Einigung werden die Kosten der Brücke selbst je hälftig geteilt zwischen der Reichsbahn und der Stadt. Die Kosten der Zufahrtrampen (230 000 RM) trug die Stadt Ulm allein. Die neue Brücke geht, wie es bei der alten Brücke war, in das Eigentum der Reichsbahn-Gesellschaft, aber in die Unterhaltung der Stadt Ulm über.

Der Ausführungsentwurf selbst wurde von der Reichsbahndirektion Stuttgart bearbeitet. Die wichtigen technischen Einzelheiten wurden zwischen Reichsbahn und Stadt gemeinsam festgelegt. Ausgangspunkt war dabei der Entwurfsvorschlag des Städtischen Tiefbauamts vom Jahre 1925 (Abb. 7 u. 7a) in seinen grundlegenden Gesichtspunkten.

Die Bauleitung über die Brücke selbst ist der Reichsbahn deshalb zugefallen, weil sie in den Vertragsverhandlungen den Standpunkt einnahm, daß sie in ihrem Bahngelände niemand anders bauen lassen wolle. Ausführung der Rampen und der Decken der Brückenfahrbahn und -gehwege sowie der Beleuchtung war Sache der Stadt.

Beteiligt waren:

1. seitens der Reichsbahn:

der Brückenreferent der RBD Stuttgart Oberbaurat Dr.-Ing. Schaechterle, in dessen Händen die Verfassung des Ausführungsentwurfs und der Bauausführung lag; die statischen Berechnungen und konstruktiven Einzelheiten des Stahlbaues wurden im Brückenbüro der RBD Stuttgart von Reichsbahnmann Büttner bearbeitet. Als örtlicher Bauleiter war vom Reichsbahnneubauamt Ulm 2 (Vorstand: Reichsbahnrat Künlén) Reg.-Bmstr. Burger bestellt; als Hilfskräfte waren tätig Dipl.-Ing. M. E. Feuchtinger und Kienzle;

2. seitens der Stadtverwaltung Ulm:

der technische Referent des Bürgermeisterrates und Vorstand des städtischen Tiefbauamtes Baudirektor Feuchtinger, ferner Baurat Schefold, Vermessungsdirektor Enßlin und Stadtbaumeister Luppatt.

Alle Rechte vorbehalten.

Die Arbeiten der Reichswasserstraßenverwaltung im Jahre 1933.

Von Ministerialdirektor Dr.-Ing. ehr. Gährs.

(Fortsetzung aus Heft 6.)

Im Bereich des Wasserbauamts Magdeburg wurden die Arbeiten an der Versuchsstrecke oberhalb Schönebeck für eine verschärfte NW-Regulierung der Elbe zwischen der Saalemündung und dem Abstieg des Mittellandkanals zunächst abgeschlossen. Durch die in diesem Jahre hergestellten weiteren Zwischenbuhnen und Kopfschwellen am unteren Ende der Übergangsstrecke und die hierdurch erreichte bessere Stromführung ist eine merkliche Besserung der bisher noch nicht befriedigenden Tiefenverhältnisse in der Übergangsstrecke erzielt worden. Vor Inangriffnahme

weiterer Maßnahmen soll zunächst der Erfolg der bisherigen Arbeiten abgewartet, besonders auch die Wirkung eines größeren Hochwassers festgestellt werden.

Auch die Regulierung der Elbestrecke an der Abzweigung des Mittellandkanals ist im Jahre 1933 zu einem vorläufigen Abschluß gebracht. Ob später weitere Maßnahmen zur Freihaltung der Stromstrecke von Sandbänken, deren Bildung durch die Erweiterung des Abflußquerschnitts an der Kanalabzweigung bedingt ist, erforderlich sein werden, soll eben-

falls abgewartet werden. Eine weitere Einschränkung der Mittelwasserbreite oder eine Ausdehnung der Kopfschwellenvorlagen dürfte jedenfalls wegen des an dieser Stelle zu erwartenden lebhaften Schiffsverkehrs kaum in Frage kommen.

Das im Vorjahre aus Mitteln des Arbeitbeschaffungsprogramms begonnene 1,25 km lange Deckwerk am linken Ufer unterhalb der Abzweigung des Mittellandkanals wurde fertiggestellt und wird zur glatteren Stromführung wesentlich beitragen.

Im Baukreis Tangermünde beschränkten sich die Bauarbeiten im letzten Jahre auf die Beseitigung beträchtlicher Eisschäden, die im vergangenen Winter an Bühnenköpfen und ihren Vorlagen entstanden waren.

Auch im Bezirk Wittenberge mußten verschiedene Bühnen, die durch HW und Eisgang beschädigt waren, wiederhergestellt werden. Die im Rahmen des Papen-Programms 1932 in Angriff genommenen NW-Regulierungsarbeiten bei Scharleuk und bei Kietz konnten im Herbst 1933 zu Ende geführt werden. Bei einer durchschnittlichen Belegschaftsstärke von 115 Arbeitern auf der Baustelle Scharleuk und von 110 Arbeitern auf der Baustelle Kietz wurden insgesamt 32 500 bzw. 23 700 Tagewerke geleistet. Im Spätherbst konnte außerdem auf zwei weiteren Stromstrecken, nämlich bei Wittenberge und bei Lenzen, die NW-Regulierung als Notstandsarbeit im Rahmen des Reinhardt-Programms begonnen werden.¹⁾ Wie bei Scharleuk und bei Kietz soll das Regulierungsziel auch hier durch die Verlängerung und den Neubau von Bühnen zur Einschränkung der übergroßen MW-Breiten und unter gleichzeitiger Verbesserung der Streichlinienführung erreicht werden. Die Kosten dieser Arbeiten, bei denen mit je 50 000 Tagewerken gerechnet wird und die mit 675 000 RM (Wittenberge) und 625 000 RM (Lenzen) veranschlagt sind, werden aus Öffa-Darlehn und Zuschüssen der Reichsanstalt für Arbeitsvermittlung und Arbeitslosenversicherung bestritten.

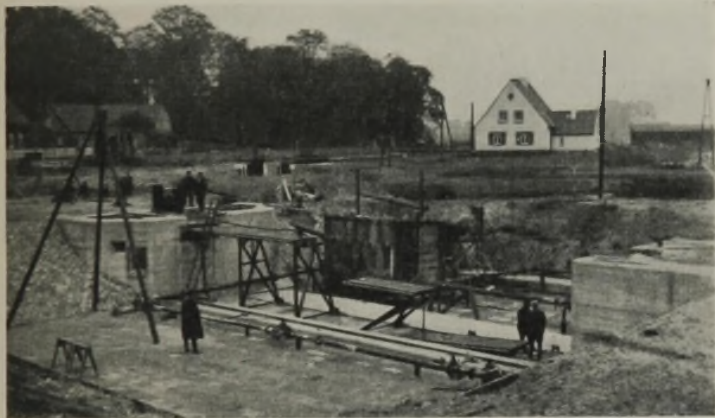


Abb. 23. Staustufe Bardowick.
Nadelwehr im Bau, im Hintergrunde Schleuse und Wärterhaus.

Im Bezirk des Wasserbauamts Hitzacker wurden die Abgrabungsarbeiten bei Quickborn Anfang 1933 zu Ende geführt. Vom freiwilligen Arbeitsdienst wurden hier rd. 5400 Tagewerke geleistet. Aus Mitteln des Reinhardt-Programms konnte die NW-Regulierung einer Elbestrecke unterhalb Darchau begonnen werden. Ebenso wie bei Wittenberge und bei Lenzen sind hier besonders schlechte Fahrwasserhältnisse zu beseitigen. Von den insgesamt benötigten 1 280 000 RM wurden zunächst 800 000 RM zur Verfügung gestellt. Zu leisten sind rd. 50 000 Tagewerke.

Im Baukreis Lauenburg wurden die 1931 begonnenen Regulierungsbauten an der Versuchsstrecke Barförde zu einem vorläufigen Abschluß gebracht. Die schlechten Fahrwasserstellen sind beseitigt. Nach dem Ausbau der Bühnen, durch den die Strombreite von 290 m auf rd. 215 m eingeschränkt wurde, hat sich die Fahrwassertiefe auf dieser Stromstrecke um mehr als 50 cm gebessert, so daß jetzt durchgehend eine Wassertiefe von 1,50 m unter dem bekannten NNW vorhanden ist. Da auf Grund dieser günstigen Ergebnisse auf den Bau der vorgesehenen Kopfschwellen zunächst verzichtet werden konnte, wurde der Ausbau der Kopfschwellen auch auf sämtlichen übrigen, bisher in Angriff genommenen Regulierungstrecken vorläufig zurückgestellt. Anschließend an die Versuchsstrecke Barförde wurde die Regulierung der Elbestrecke bei Lauenburg mit Mitteln des Sofort-Programms durchgeführt. Infolge vermehrter Verwendung von Sand bei der Herstellung der Bühnenkörper konnten Tagewerke und Faschinenmaterial gespart und hierdurch nennenswerte Kostenersparnisse gegenüber dem Anschlag erzielt werden (Abb. 22). Mit den zur Verfügung stehenden 960 000 RM ließ sich eine erheblich längere Stromstrecke als vorgesehen ausbauen. Im Spätherbst wurde außerdem im Rahmen des Reinhardt-Programms die NW-Regulierung auf dieser Elbstrecke bis Geesthacht ausgedehnt. Hierfür sind 1 400 000 RM bereit-

gestellt, mit denen rd. 100 000 Tagewerke auf der Baustelle geleistet werden. Nach Beendigung dieser Arbeiten im Jahre 1934 wird die Elbe von Boizenburg bis Geesthacht in ihrer ganzen Länge wesentlich gebesserte Fahrwasserhältnisse aufweisen.



Abb. 22. NW-Regulierungsarbeiten bei Lauenburg.
Abdecken einer Buhne mit Steinschüttung.

Die Verbesserung der Ilmenau-Wasserstraße wurde im großen und ganzen zu Ende geführt. Auf dem Unterlauf wurden rd. 24 km abbruchige Uferböschung mit Schüttsteinen befestigt. Oberhalb Bardowick wurde eine Staustufe mit Nadelwehr, Schleuse für 1,10 m Gefälle, errichtet (Abb. 23 u. 24). Durch frühere Begrädnungen und Baggerungen sowie durch die Beseitigung des starken Krautwuchses infolge der zahl-



Abb. 24. Staustufe Bardowick.
Schleuse mit Wärterhaus. Ansicht vom Unterwasser.

reich angetretenen Motorfahrzeuge war der Wasserstand hier im oberen Teil allmählich erheblich gesunken. Nach Errichtung des Staues und nach Durchführung der vorgesehenen Baggerungen wird bis Lüneburg eine Fahrwassertiefe von 1,3 m vorhanden sein. Im Zusammenhang mit diesen Arbeiten ist die Anlage von Entwässerungsgräben für das Gutsgelände von Vrestorf sowie der Bau einer Beregnungsanlage für 400 Morgen Gemüseland zu erwähnen.

Für die Fortsetzung der Arbeiten auf der östlichen Strecke des Mittellandkanals standen an Haushaltsmitteln rd. 9,5 Mill. RM und einschließlich der Zuschüsse durch das Papen- und das Sofort-Programm zusammen rd. 15,5 Mill. RM zur Verfügung. Damit wurden die Arbeiten zwischen Braunschweig und der Elbe in acht Erdarbeitslosen fortgesetzt und über 5 Mill. m³ gefördert. Von im ganzen 46,6 Mill. m³ Bodenaushub sind jetzt fast 34 Mill. m³ oder rd. 73% geleistet. Abb. 25 u. 26 zeigen die Erdarbeiten in der Dammstrecke des Loses M 2 (Magdeburg).

Fertiggestellt ist der Kanal bis zum Hafen Braunschweig; dieser ist seit Ende September an das westdeutsche Wasserstraßennetz angeschlossen und seit Ende 1933 in Betrieb.

Im Spätherbst 1933 wurden auf Grund des Reinhardt-Programms noch weitere 11,4 Mill. RM zur Verfügung gestellt, und es konnten vor Schluß des Jahres die letzten fünf Erdarbeitslose westlich der Elbe als Notstandsarbeiten in Angriff genommen werden, zugleich auch die letzten 13 Straßenbrücken dieser Strecke, eine zweigleisige Reichsbahnbrücke und eine Kleinbahnbrücke. Im Bau waren außerdem im letzten Jahre 15 Straßenbrücken und eine Eisenbahnbrücke, bereits fertig sind nunmehr 41 Straßenbrücken von im ganzen 72. Ferner waren im letzten Jahre fünf Düker im Bau und fertig sind jetzt 27 von 47. Bei Braunschweig wurde der große Oker-Düker²⁾ in Betrieb genommen.

¹⁾ Vgl. a. Bautechn. 1932, Heft 51, S. 659 ff.

²⁾ Bautechn. 1933, Heft 28, S. 406 ff.



Abb. 25. Erdarbeiten im Los M 2 (Magdeburg) des Mittellandkanals. Sumpfen des ersten Spüldammes.

Bei der Ausführung der Düker und Durchlässe hat sich die Verwendung von eisenbewehrten Schleuderbetonmuffenrohren, die in Abmessungen bis zu 2000 mm Durchm. und Abschnitten bis zu 5 m Länge geliefert werden, bestens bewährt (Abb. 27). Sie stellen einen Baustoff von hervorragender Dichtigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen angreifendes Grundwasser dar und gestatten eine erhebliche Verkürzung der Bauzeit, die



Abb. 27. Verlegen von Schleuderbetonmuffenrohren von 2 m Durchm. für die Durchführung des Mittelgrabens durch eine Brückenrampe.

namentlich bei teurer Grundwassersenkung sehr ins Gewicht fällt. Bei Beton sehr stark angreifenden Wässern sind auch Rohre mit innerem oder äußerem oder beiderseitigem angeschleudertem 2 cm dicken Asphaltbetonschutzmantel verwendet worden. Es werden fast alle Düker in dieser Weise ausgeführt, abgesehen von den ganz großen, die als Eisenbetonrahmen ausgebildet sind. Für Gründungen ist Unterwassergußbeton nach dem Contractorverfahren³⁾ vielfach mit bestem Erfolge angewendet worden. Er hat auch bei der Gründung von Schleuderbetonrohr-Dükeren

³⁾ Trier u. Tode, Unterwassergußbeton nach dem Contractorverfahren. Berlin 1931, Wilh. Ernst & Sohn.



Abb. 26. Erdarbeiten im Los M 2 (Magdeburg) des Mittellandkanals. Einschlämmen des Bodens mittels eines Wasserrinnenwagens, der im Fahren aus einer Rohrleitung gespeist wird.

zwischen Spundwänden tief unter dem Grundwasserspiegel wiederholt Verwendung gefunden. Hier wurde zunächst eine dünne eisenbewehrte Schutzsohle in kurzen Abschnitten unter Wasser gegossen und dann die ganze Baugrube zum Einbringen der Rohre ausgepumpt. Dazu wurde bei dem Reiselinger und dem Buchhorster Düker im Drömling von der Firma Philipp Holzmann eine besondere Belastung der Sohle nach einem

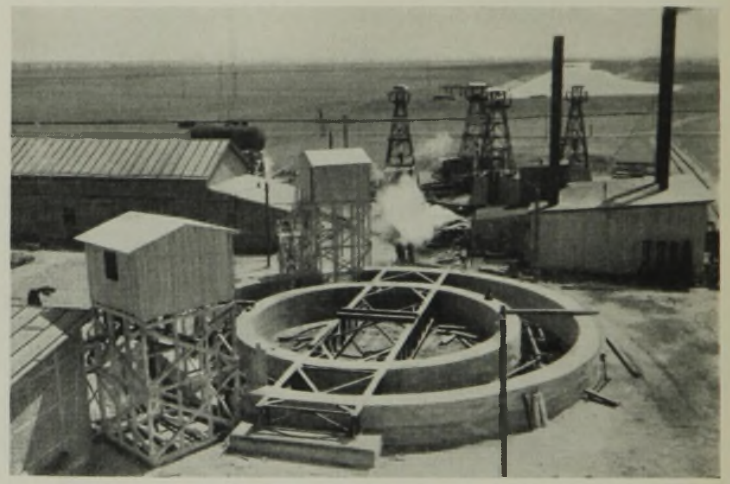


Abb. 28. Hebewerk Rothensee. Baustelle mit dem Gefrierkeller eines Schwimmerschachtes vor dem Abteufen und den Bohrtürmen für die Gefrierrohre des anderen Schachtes. Im Hintergrunde die untere Haltung des Elbabstieglekanals.

patentierten Verfahren aufgebracht und so eine sichere und wirtschaftliche Bauausführung erzielt. Auch die Betonierung im Trockenem ist bei Eisenbetonrahmen mit feststehendem und im Beton steckendem Rohr nach Art des Contractorverfahrens mit gutem Erfolg ausgeführt worden.

Am Hebewerk Rothensee sind die beiden rd. 65 m unter Gelände niederzubringenden Schwimmerschächte im Bau. Sie werden mit Gefriergründung ausgeführt. Der Schachtausbruch hat 12 m Durchm. Der Ausbau besteht aus einer 20 cm dicken Tonerdebetonschicht, auf die eine 1 cm dicke Bitumenisolation aufgespritzt wird. Zwischen diese und den Ring aus eisernen Tübbingern von 11 m Durchm. wird der Tragbeton aus Portlandzement eingebracht. Die Fugen der Tübbinge werden mit



Abb. 29. Hebewerk Rothensee. Gesamtansicht der Baustelle für die Schwimmerschächte mit Dammschlußmauer.



Abb. 30. Mittellandkanal. Nördliche Widerlager der Eisenbahnbrücke Gifhorn—Braunschweig mit rutschendem Böschungskegel.



Abb. 31. Eisenbahnbrücke Gifhorn—Braunschweig. Freigelegtes Widerlager, anschließende Behelfsbrücke.

Blei gedichtet. An dem einen Schacht ist der Ausbau im Gange, am anderen die Frostmauer in der Herstellung begriffen (Abb. 28 u. 29).

Die für das Hebewerk bei Rothensee mögliche kürzeste Bauzeit legt den Zeitpunkt, bis zu dem der Mittellandkanal bis zur Elbe in Betrieb kommen kann, fest. Mit der Fertigstellung kann nicht vor dem Jahre 1937 gerechnet werden.

Nordöstlich von Braunschweig in dem 25 m tiefen Einschnitt kamen stellenweise die oberen Geschiebemergelschichten auf dem darunter anstehenden Tonmergel nach dem Bodenaushub ins Rutschen und machten Böschungsabflachungen größeren Umfangs und außerdem besondere Sicherungsmaßnahmen zum Schutze der rd. 200 m langen Reichsbahnbrücke der Strecke Gifhorn—Braunschweig erforderlich. Das letzte Widerlager mußte unterfangen und die Brücke zunächst behelfsmäßig in Holz-

konstruktion um 35 m verlängert werden. Zur Verhinderung der Rutschungen sind Versuche mit Zementeinpressungen in größerem Maßstabe gemacht worden, die brauchbare Ergebnisse zu haben scheinen.

Abb. 30 zeigt das nördliche Widerlager der Eisenbahnbrücke Gifhorn—Braunschweig mit rutschendem Böschungskegel, der durch Eisenbetonpfähle abzustützen versucht wurde.

Abb. 31 zeigt die Verlängerung der Reichsbahnbrücke Gifhorn—Braunschweig mit dem unterfangenen und freigelegten ehemaligen Widerlager.

Eine Anzahl von spiralbewehrten Eisenbetonpfählen von 35 cm Durchm., mit denen versucht wurde, die Rutschung aufzuhalten, sind trotz einbetonierter Eisenbahnschiene durch den Druck der rutschenden Erdmassen verbogen und zum Teil mitsamt der Schiene abgebrochen worden. (Fortsetzung folgt.)

Ein neues Verfahren zur Bestimmung von Übergangsbogen in Flußkrümmungen.

Alle Rechte vorbehalten.

Von Dr.-Ing. R. Winkel, o. Professor der Technischen Hochschule Danzig.

In dem kürzlich im Verlage von Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin, erschienenen Buche „Die Grundlagen der Flußregelung“ habe ich auf S. 25 u. 26 in allgemeiner Darstellung auf ein neues Verfahren zur Bestimmung von Übergangsbogen in Flußkrümmungen hingewiesen, das sich aus den neuesten Erkenntnissen der Übergangsbedingungen für Gleisbogen herleitet. Die Anregung hierzu gaben eine Doktor-Dissertation von G. Schramm „Die Gestaltung der Gleisbogen als Kurven mit fortlaufend veränderlicher Krümmung“, J. Springer, Berlin 1931, und die beiden ergänzenden Abhandlungen von Prof. Dr.-Ing. chr. R. Petersen „Der Übergangsbogen im Eisenbahngleis“, J. Springer, Berlin 1932, und „Der Übergangsbogen im Straßenbahngleis“, Verkehrstechnik 1933, Heft 15/16.

Unter Benutzung dieser Arbeiten habe ich das neue Verfahren auch zur Anwendung auf die Flußkrümmungen ausgestaltet. Dabei konnten so weitgehende Vereinfachungen erhalten werden, daß es jetzt keine Mühe mehr bereitet, den Übergangsbogen mit stetiger Krümmungsänderung aufzuzeichnen; es lassen sich drei Punkte des gesuchten Bogens, am Anfange, in der Mitte und am Ende nebst den zugehörigen Endtangente sofort ermitteln, durch die der Übergangsbogen bereits in seinem ganzen Verlaufe genügend genau festgelegt ist. Die große Bedeutung der Übergangsbogen für den störungsfreien Abfluß aus einer Krümmung heraus in den geraden Stromübergang ist im Buche „Flußregelung“ S. 22 eingehend erörtert worden.

Zunächst sollen die allgemeinen Entwicklungen kurz wiedergegeben werden. In Abb. 1 bedeute B_1 den ursprünglichen, gegebenen Bogen und B_2 den gesuchten Bogen, der einem vorgeschriebenem Krümmungsverlaufe folgt. Die Tangente zweier einander entsprechenden Punkte M_1 und M_2 auf beiden Bogen schließen miteinander den δ ein, der dem Unterschiedwinkel der beiden Zentriwinkel α_2 und α_1 gleich ist, wie es aus Abb. 1 zu ersehen ist. Mithin ist $\delta = \alpha_2 - \alpha_1$; damit ist dann auch der Abstand e_n zweier Punkte N_1 und N_2 bekannt, $e_n = e_m + \delta dx$ und, da $e_n - e_m = de$ ist, auch $de = \delta dx$, und allgemein

$$(1) \quad e = \int \delta dx = \int (\alpha_2 - \alpha_1) dx.$$

Weiterhin ist $dx = r d\alpha_1 = R d\alpha_2$, und, da $d\alpha_1 = dx : r$ sowie $d\alpha_2 = dx : R$ ist,

$$(2) \quad \alpha_1 = \int \frac{1}{r} \cdot dx \quad \text{und} \quad \alpha_2 = \int \frac{1}{R} \cdot dx.$$

Aus Gl. 1 u. 2 folgt demnach, sofern $\tan \delta = \delta$ (etwa bis 5°) gesetzt werden kann,

$$(3) \quad \delta = \alpha_2 - \alpha_1 = \int \frac{1}{R} \cdot dx - \int \frac{1}{r} \cdot dx.$$

Die Werte $1/r$ und $1/R$ stellen das Krümmungsmaß dar, das sich stetig ändern soll, etwa so, wie es in dem Krümmungsbild (Abb. 3) dargestellt ist. Für den Kreisbogen von der Länge l_0 bleibt $1/R$ unverändert, daher zeigt das Mittelstück in Abb. 3 eine der Abszissenachse parallele Begrenzung. Das Krümmungsmaß für eine Stelle des Übergangsbogens, die um x vom Bogenanfang entfernt liegt, ist aus dem Verhältnis $1/r : 1/R = x : l$ gegeben

$$(4) \quad \frac{1}{r} = \frac{1}{R} \cdot \frac{x}{l}.$$

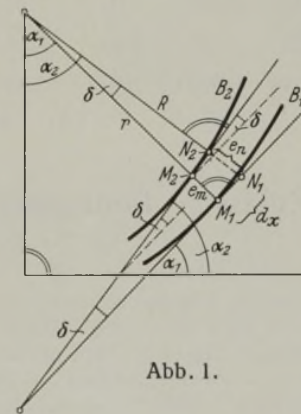


Abb. 1.

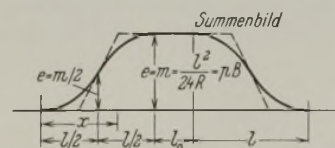


Abb. 5.

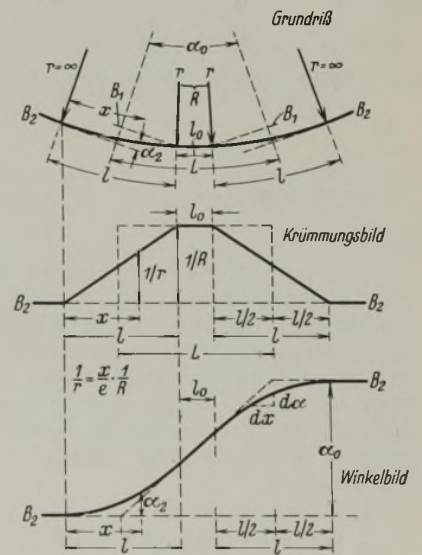


Abb. 2 bis 4.

Aus Gl. 2 geht hervor, daß die Flächenwerte des Krümmungsbildes der Größe des Zentriwinkels α entsprechen. Es ist daher

$$(5) \quad \int \frac{1}{r} \cdot dx = \int \frac{1}{R} \cdot dx = \frac{x^2}{2Rl} = \alpha_2.$$

Auf der Strecke l bildet das Winkelbild (Abb. 4) demnach eine quadratische Parabel; für das Mittelstück l_0 nimmt α linear zu, wie es einer

Kreiskrümmung entspricht. Wir denken uns ferner den Kreisbogen bis zur Mitte des Übergangsgebietes $l/2$ verlängert. Für die erste Hälfte des Übergangsbogens von $x=0$ bis $x=l/2$ ist der Ausgangsbogen B_1 eine Gerade, für die $\alpha_1=0$ bleibt; demnach ist gemäß Gl. 3 auf dieser Strecke die jeweilige Ordinate α_2 auch zugleich $=\delta$, während auf der Strecke $x=l/2$ bis $x=l$ jeweils δ durch den Ordinatenunterschied α_2 (Parabellinie) und α_1 (Gerade zwischen $x=l/2$ und $x=l$) dargestellt wird.

Im Summenbilde (Abb. 5) stellen die Ordinatenwerte die Bogenabstände e gemäß Gl. 1 dar. Für $x=l/2$ ist nun $e = \int \delta dx = \int \alpha_2 dx = \int \frac{x^2}{2Rl} dx$, mithin

$$(6) \quad e = \frac{x^3}{6Rl}$$

Für $x=l/2$ ist daher

$$(7) \quad e = \frac{l^2}{48R}$$

Und infolge der Symmetrie zu der Lotrechten durch $x=l/2$ wird für $x=l$ der größte Bogenabstand m doppelt so groß, also

$$(8) \quad m = \frac{l^2}{24R}$$

Abb. 2 stellt im Grundriß den Kreisbogen l_0 und die beiderseits anschließenden Übergangsbogen, je von der Länge l , dar. Abb. 6 zeigt einen Übergangsbogen allein in etwas größerer Darstellung, aus der der innere Zusammenhang $m =$ größter Abstand der Ausgangsbogen, in der Mitte $e = m/2$, die Tangenten der beiden Endpunkte des Übergangsbogens usw. erkennbar ist.

Wenn wir diese Ergebnisse nun auf die Flußkrümmung anwenden wollen, müssen wir zunächst die Länge l des Übergangsbogens zu dem Krümmungshalbmesser R in eine bestimmte Beziehung bringen, weil bei scharfer Krümmung mit kleinem Halbmesser die Länge l größer sein muß als bei schwacher Krümmung mit großem Halbmesser. — Die Regelungsbreite B zwischen den beiderseitigen Streichlinien sei berechnet worden (vgl. Grundlagen der Flußregelung S. 17). Der Krümmungshalbmesser des Kreisbogens in der Krümmung sei $R = nB$. Ferner sei

$$(9) \quad l = sR = (sn)B \quad \text{oder} \quad l = \zeta B$$

Durch vergleichende Berechnung aus den jeweiligen Längen der Übergangsparabel (a. a. O. S. 23) wurde die Beziehung erhalten:

$$(10) \quad \zeta = 3,8 - 0,36 n^{4/5}$$

Damit ergibt die Gl. 8 für m den Wert des größten Abstandes der beiden Bogen:

$$(11) \quad m = \frac{\zeta^2 B^2}{24nB} = \left(\frac{\zeta^2}{24n}\right)B \quad \text{oder} \quad m = pB$$

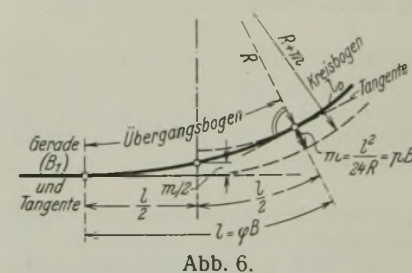
In der nachstehenden Tabelle sind die nach den Gl. 10 u. 11 berechneten ζ - und p -Werte für verschiedene Werte $n (= R : B)$ zusammengestellt:

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|-------------|-------------|
| $n = 5$ | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| $\zeta = 2,5$ | 2,3 | 2,11 | 1,93 | 1,76 | 1,57 | 1,39 | 1,21 | 1,03 | 0,85 | 0,66 | 0,49 | 0,30 | 0,17 | 0,05 | ≈ 0 |
| $p = 0,052$ | 0,037 | 0,0265 | 0,0194 | 0,0144 | 0,0103 | 0,0073 | 0,0051 | 0,0034 | 0,00215 | 0,00121 | 0,00063 | 0,00022 | 0,00007 | ≈ 0 | ≈ 0 |

$n = R : B; \quad l = \zeta B; \quad m = pB; \quad (B = \text{Regelungsbreite}).$

Demnach werden für $n = 19, 20$ und mehr die Werte ζ und p so klein, daß sie dann praktisch gleich Null gesetzt werden dürfen; kleinere Krümmungshalbmesser als $R = 5B$ werden für Flußkrümmungen in jedem Falle bei einer Flußregelung vermieden. Somit grenzt die vorstehende Tabelle den ganzen in Frage kommenden Bereich ein.

Beim Entwurf einer Flußregelung können mit Hilfe dieser Tabelle die Übergangsbogen, die an die kreisförmige Krümmung anschließen müssen, schnell und leicht bestimmt werden; der flußaufwärts anschließende Übergangsbogen kann hier, wie es in den „Grundlagen der Flußregelung“ S. 22 begründet wurde, auch fortgelassen werden. Für den aus dem Lageplan zu entnehmenden Wert $n = R : B$ werden aus der Tabelle, gegebenenfalls durch Zwischenschalten, die zugehörigen Werte ζ und p bestimmt; es sind damit nach Gl. 9 u. 11 die hier zu Grunde zu legenden Größen l und $m = pB$ bekannt. Diese werden nun so an den Kreisbogen angesetzt, wie es in Abb. 6 dargestellt ist. Die beiden Kreisbogen haben als Halbmesser R und $R + m$. Auf diese Weise werden drei Punkte, nämlich die beiden Endpunkte des Übergangsbogens und der mittelste Punkt mit $e = m : 2$ erhalten (Gl. 7). Da die Tangenten an den Endpunkten ebenfalls bekannt sind, ist der Verlauf des Übergangsbogens innerhalb des Abstandes zwischen beiden Kreisbogen (vgl. Abb. 6) so weit eingegrenzt und festgelegt, daß die durchgezogene



In dieser einfachen Weise ist es jetzt möglich, eine Flußkrümmung der hydromechanischen Forderung streng entsprechend zu gestalten; es ist daher unnötig, irgend eine analytische Kurve, z. B. die zuweilen vorgeschlagene Lemniskate, als Übergangsbogen zu wählen, die viel verwickeltere Berechnungen verlangt und vielleicht die Forderungen der Stetigkeit in der Änderung des Krümmungsmaßes trotzdem nicht so streng erfüllt, wie es die nach dem neuen Verfahren gewonnenen Bogen tun.

Da für Flußkrümmungen die lineare Änderung $1/r$ in durchaus ausreichender Weise der Bedingung eines störungsfreien Abflusses gerecht wird, erübrigt sich hier die Anwendung des geschwungenen Krümmungsverlaufes. Bei diesem würde zwar der e - und m -Wert je nur halb so groß wie nach Gl. 7 und 8 werden, dafür müßte aber die Länge des Übergangsbogens 1,41 mal so groß wie l (nach Gl. 9) werden, was für Flußkrümmungen unzumutbar sein würde. Die Tabelle darf daher ohne Bedenken in der Praxis angewandt werden.

Alle Rechte vorbehalten.

Zulässige Bodenpressung und Bettungsziffer.

Von Dr.-Ing. Eugen Jaeger, Hannover.

1. Neuere Versuche und Erkenntnisse.

Die richtige Bemessung der Flachgründungen erfordert Angaben über die zulässige Belastung des Baugrundes und seine Bewegung. Die zulässige Belastung für eine bestimmte Bodenart läßt sich nach unseren heutigen Erkenntnissen nicht durch einen Zahlenwert ausdrücken, wie etwa die zulässige Spannung der festen Baustoffe. Selbst wenn man voraussetzt, daß das anstehende Erdreich auf genügende Tiefe gleichartig gelagert ist, so hängt die zulässige Bodenpressung noch von folgenden Umständen ab:

1. Größe und Form der Grundplatte¹⁾,
2. Grenzbelastung des Bodens,
3. Lagerungsdichte des Bodens,
4. Zulässige Bewegung des Bauwerks bzw. Bauwerkteiles.

Die Zustände 1 bis 3 sind durch die Abhängigkeit 2 (Grenzbelastung) von 1 (Größe und Form) und 3 (Lagerungsdichte) miteinander verbunden. Grundsätzlich steht fest, daß die Grenzkraft mit der Lagerungsdichte und der Größe der Grundplatte wachsen muß. Sowohl Grenzkraft wie Bewegung wachsen mit dem Längenmaßstab. Zusammenfassend kann man sagen:

¹⁾ Press, Baugrundprobelastung usw., Bautechn. 1932, Heft 30.

Die zulässige Pressung kann bei Reibungsböden wachsend mit wachsender Fundamentgröße angesetzt werden, falls man nicht aus besonderen Gründen, was häufig der Fall ist, nur beschränkte Wege zulassen darf. Will man gleiche Setzung verschiedener großer Fundamente erreichen, so muß bei gleichartigen Reibungsböden das größere Fundament für eine kleinere Bodenpressung bemessen werden als das kleinere Fundament. Die „zulässige“ Pressung ist also ebenfalls abhängig von der Bodenbewegung. Eine genauere Betrachtung der Bewegungserscheinungen ist demnach unerläßlich.

Die Beziehung zwischen Kraft und Weg wird durch die Kraftwegkurve dargestellt, die auf Grund von Modellversuchen abgeleitet werden kann (Abb. 1). Die modellgesetzmäßige Übertragung ist physikalisch noch nicht einmal grundsätzlich geklärt. Sie wird dadurch wesentlich erschwert, daß es bei den senkrechten Bodenbelastungsversuchen nur schwer möglich ist, den Belastungsgrenzwert eindeutig zu beobachten und festzulegen. Immerhin läßt sich heute bereits auf Grund theoretischer Überlegungen²⁾ im Verein mit sorgfältig durchgeführten Modellversuchen die Größen-

²⁾ Aichhorn, Zusammendrückung des Bodens, Geologie und Bauwesen 1932, Heft 1. — Streck, Probelastung und Bauwerksenkung, Baugeing. 1933, Heft 5/6. — Terzaghi, Bodenpressung und Bettungsziffer, Österreichische Bauzeitung 1932, Heft 25.

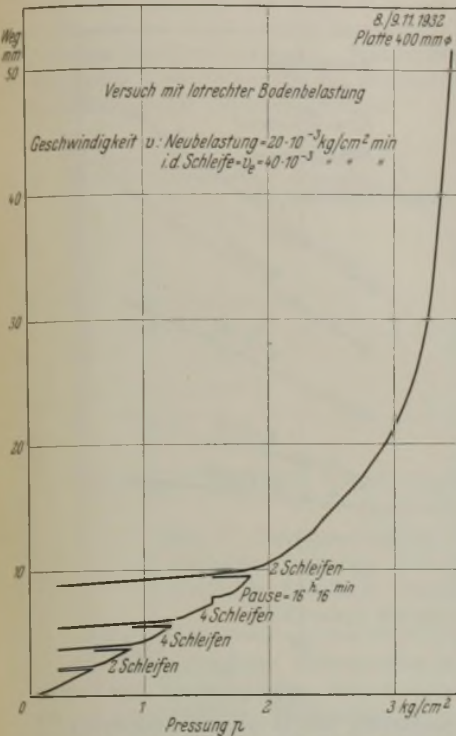


Abb. 1a. Kraftwegkurve.

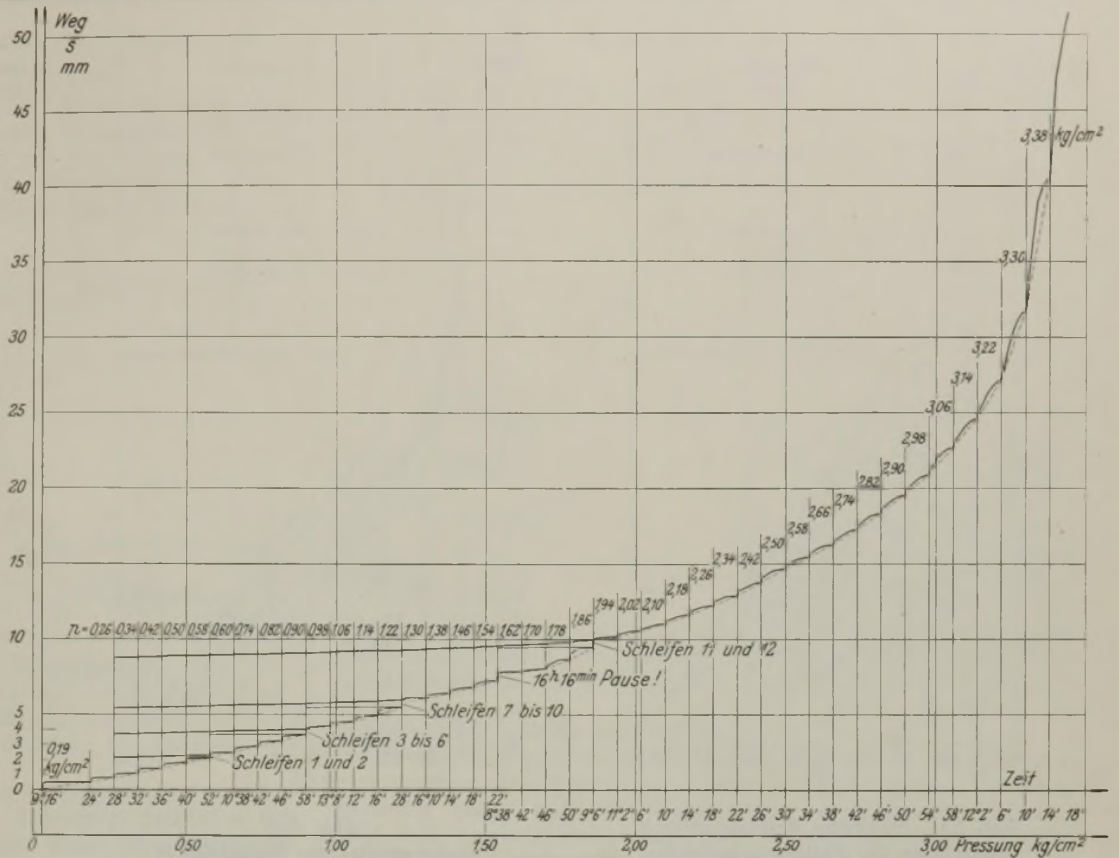


Abb. 1c. Kraftweg- und Wegzeitkurven des Versuchs mit senkrechter Bodenbelastung.

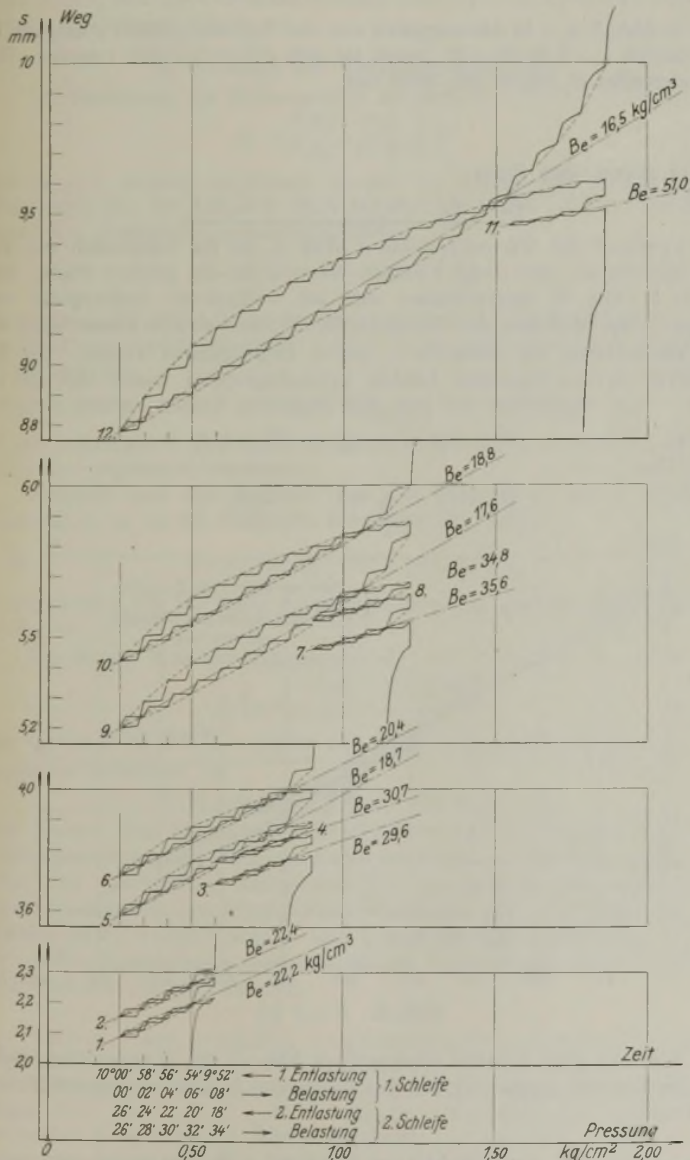


Abb. 1b. Entlastungsschleifen zum Versuch mit senkrechter Bodenbelastung.

ordnung der zu erwartenden Bodenbewegung des Bauwerks und damit seiner zulässigen Belastung schätzen.

Die Kennziffer der Bodenelastizität ist die elastische Bettungsziffer. Unter Bettungsziffer versteht man allgemein die Pressung, die erforderlich ist, um den Einheitsweg hervorzurufen:

$$B = \frac{p}{s} = \frac{\text{Pressung}}{\text{Weg}}$$

Sie wächst bei gleichartigem Boden mit der Lagerungsdichte.

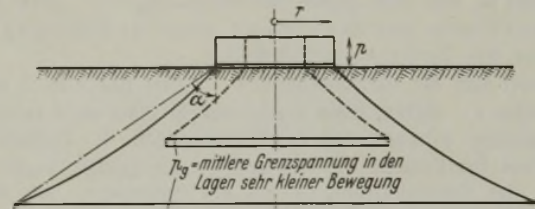


Abb. 2. Schematische Darstellung der Tiefenwirkung bei großer und kleiner Lastplatte.

Für die Berechnung der häufig vorkommenden statisch unbestimmt gelagerten Bauwerke besitzt die elastische Bettungsziffer besondere Bedeutung. Die Berechnung des Eisenbahnoberbaues und der Kranbahnen beruht auf ihrer Anwendung³⁾. Unsere heutigen Erkenntnisse zeigen, daß die Setzung von einzelnen Fundamenten größerer Gebäude mit durchlaufenden Decken oder Rahmenkonstruktionen bei verschiedener Fundamentgröße oder verschiedenartigem Baugrund unbedingt berücksichtigt werden muß. Hierzu ist die Kenntnis der Bettungsziffer erforderlich. In Übereinstimmung mit der theoretischen Erkenntnis bewies Press durch umfassende Vergleichsversuche¹⁾, daß die Bodenbewegung mit der Fundamentgröße wachsen muß (vgl. Abb. 2), die Bettungsziffer also sinkt. Auch der umkehrbare (elastische) Teil der Bewegung wächst, so daß die elastische Bettungsziffer B_e bei wachsendem Längenmaßstab kleiner wird.

2. Ergebnis der hannoverschen Versuche zur Ermittlung der elastischen Bettungsziffer.

In der Hannoverschen Versuchsanstalt für Grundbau und Wasserbau (Prof. Franzius) sind Modellversuche durchgeführt, um einen Anhalt für zu erwartende Bauwerkbewegung zu erhalten.⁴⁾ Da bei Bauwerken auf

³⁾ Zimmermann, Die Berechnung des Eisenbahnoberbaues, 2. Aufl., Berlin 1930. — Müller-Breslau, Graphische Statik, Band 2, 2. Abteilung.

⁴⁾ Die Versuche wurden ermöglicht durch starken Einsatz des Freiwilligen Arbeitsdienstes und geldliche Unterstützung von seiten der Gesellschaft der Förderer der Versuchsanstalt.

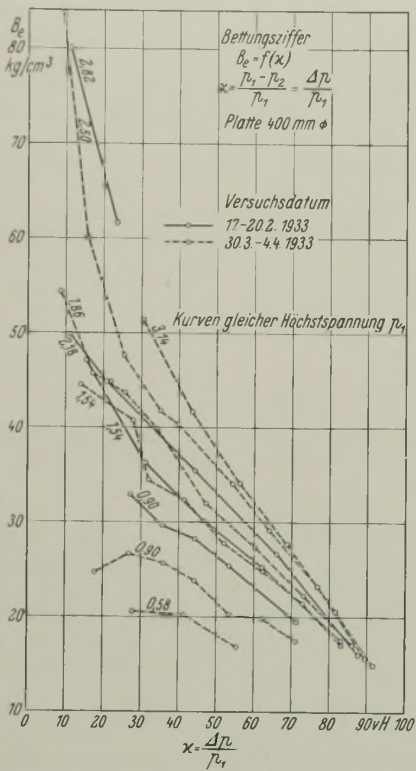


Abb. 3a. Elastische Bettungsziffer B_e (Mittellinie der Entlastungsschleifen) Kurven gleicher Pressung p_1 .

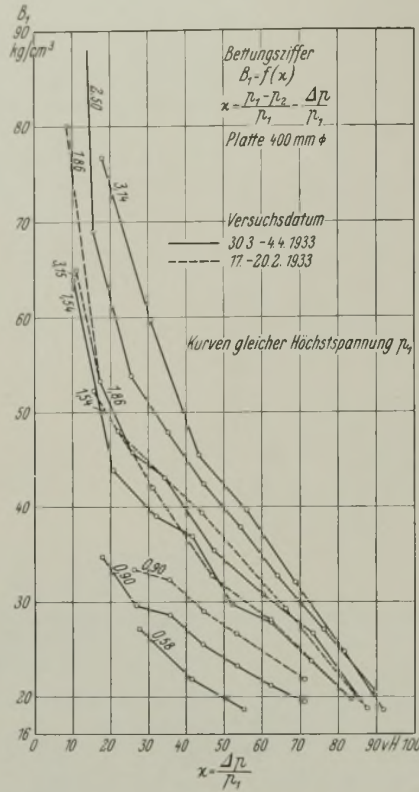


Abb. 3b. Bettungsziffer der Entlastung B_1 Kurven gleicher Pressung p_1 .

Die Koeffizienten a und b wurden nach der Methode der kleinsten Quadrate errechnet, und die Mittelwerte einer größeren Zahl von Versuchen

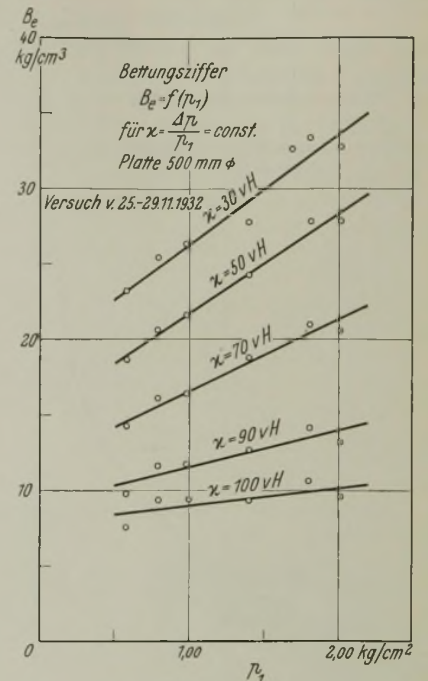


Abb. 4. Bettungsziffer bei konstanter Entlastungsziffer x .

großen Fundamenten die elastische Bewegung die größte Rolle spielt⁵⁾, wurde auf ihre Beobachtung besonderer Wert gelegt. Bei einer Entlastung von der größeren Pressung p_1 auf die kleinere p_2 um $\Delta p = p_1 - p_2$ ist die elastische Bettungsziffer:

$$(1) \quad B_e = \frac{\Delta p}{\Delta s}$$

Die Größe B_e wurde dargestellt in Abhängigkeit von der Entlastungsziffer $x = \Delta p : p_1$. Die hannoverschen Versuche bestätigten die vorerwähnten Erkenntnisse und ergaben außerdem eine Abhängigkeit der elastischen Bettungsziffer B_e von dem Grade der Entlastung Δp : „Die Bettungsziffer einer Platte und für ein und dieselbe Pressung sinkt mit dem Grade der Entlastung“ (Abb. 3).⁶⁾

Schneidet man die Kurvenscharen $B_e = f(x)$ der Abb. 3 durch senkrechte Geraden $x = \text{const.}$, dann ergibt sich in einer anderen Kurvenschar die Bettungsziffer abhängig von der Pressung (Abb. 4). Danach wächst B_e mit p_1 . Diese Erscheinung kann in erster Linie geklärt werden aus dem Anwachsen des Elastizitätsmoduls mit der Pressung⁷⁾. Als Annäherung können die Kurven (Abb. 4) durch Geraden dargestellt werden

$$(2) \quad B_e = a + b p_1$$

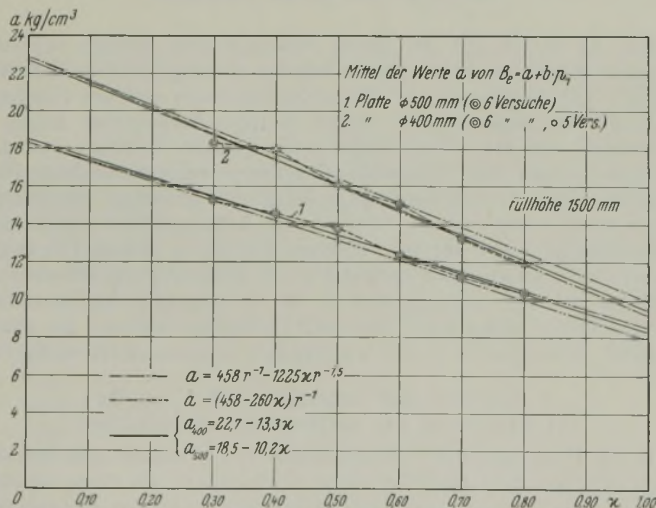


Abb. 5. $a = f(x)$.

sind in Abb. 5 u. 6 in Abhängigkeit von der Entlastungsziffer x dargestellt. Im Bereich $x = 0,20$ bis $0,90$ lassen sie sich durch Geraden ersetzen. Die Bettungsziffer B_e ergibt sich dann mit

$$a = \alpha_1 - x \alpha_2$$

$$b = \beta_1 - x \beta_2$$

und in der allgemeinen Form:

$$(3) \quad B_e = \alpha_1 - \alpha_2 x + \beta_1 p_1 - \beta_2 p_1 x$$

Ein Vergleich der Versuchspunkte a (Abb. 5) für die Lastplatten von 400 und 500 mm Durchm. zeigt kleinere Werte a für die größere Platte. Die Werte b (Abb. 6) unterscheiden sich bei veränderter Plattengröße nur wenig. Das Absinken der Bettungsziffer B_e muß also im wesentlichen auf die Veränderung der Beiwerte α_1 und α_2 zurückgeführt werden. Die Ergebnisse der vorliegenden beiden Versuchsgruppen lassen sich mit $p_2 = (1 - x)p_1$ angenähert auf eine der folgenden beiden Formen bringen:

$$(4a) \quad B_e = c_1 r^{-1} - c_a x r^{-1,5} + c_2 p_2$$

oder aber

$$(4b) \quad B_e = (c_1 - c_b x) r^{-1} + c_2 p_2$$

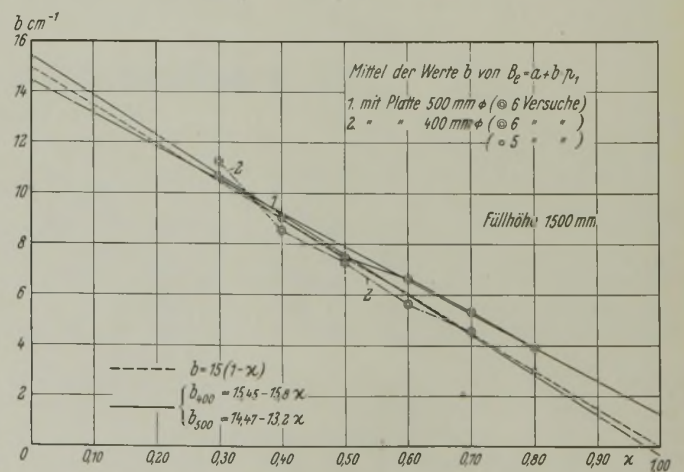


Abb. 6. $b = f(x)$.

⁵⁾ Hugi, Untersuchungen über die Druckverteilung im örtlich belasteten Sand, Dissertation. Zürich 1927.

⁶⁾ Dieselben Ergebnisse wurden bei hannoverschen Versuchen mit waagerechter Bodenbelastung gefunden; vgl. Petermann: Bewegung und Kraft bei Ankerplatten, Bauing. 1933, Heft 43/44.

Für Kies aus dem Leinetal (Siebanalyse Abb. 7) mit abgerundeten, meist flachen Körnern ergab sich bei den Versuchen in trocken eingeschüttetem Zustande

⁷⁾ Terzaghi, Tragfähigkeit und Baugrund, 1. Bericht der Internationalen Konferenz für Brückenbau und Hochbau, Paris, Mai 1932.

$$c_1 = 458 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2} \quad c_2 = 15 \text{ cm}^{-1}$$

$$c_a = 1225 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-1,5} \quad c_b = 260 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

Die Schütthöhe des Versuchsmaterials war rd. 1,50 m; darunter befand sich ein Fußboden aus $0,50 \times 0,50 \text{ m}^2$ großen Betonplatten von 5 cm Dicke, die auf einer dünnen Sandschicht auf dem gewachsenen Erreich (lehmiger Sand) verlegt waren. Praktisch konnte diese Versuchsanordnung, wie einige Kontrollversuche mit kleinerer Füllhöhe zeigten, der Forderung unendlich großer Füllhöhe genügen.

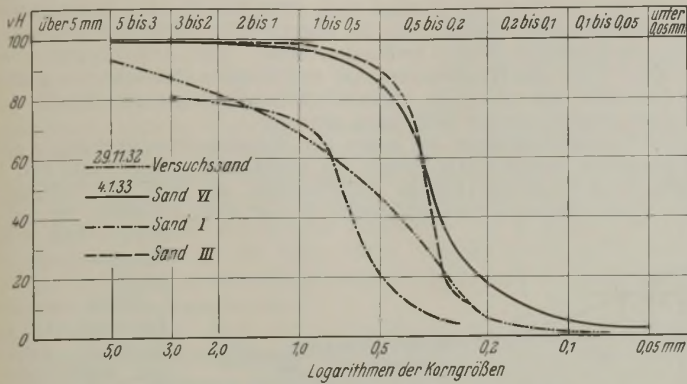


Abb. 7. Zusammensetzung des Versuchssandes
Dichteste Lagerung: Porenziffer $\epsilon_{\min} = 0,42$
Lockerste Lagerung: Porenziffer $\epsilon_{\max} = 0,50$
Spezifisches Korngewicht 2,65.

Die Darstellung der Bettungsziffer in der vorliegenden Form soll in erster Linie bautechnischen Nutzen haben. Keinesfalls handelt es sich um ein unumstößliches mathematisches Gesetz. Wenn eine physikalische Deutung der Formel für B_e auch zur Zeit nicht möglich ist, so läßt sich doch zeigen, daß die Versuchsergebnisse nicht im Widerspruch zur neueren Grundbauforschung stehen.

3. Wertung der Versuchsergebnisse.

Die Bedeutung der Bettungsziffer ist nach (1)

$$B_e = \frac{\Delta p}{\Delta s} = \frac{p_1 - p_2}{s_1 - s_2}$$

Die Wege s können dargestellt werden als Summe der kleinen Formänderungen ds , um die sich die waagerechten Lagen von der Dicke dz unter dem Fundament zusammendrücken.

$$s = \int_0^\infty ds, \text{ wobei } ds = \frac{\sigma dz}{E}$$

Macht man die vereinfachende Annahme⁸⁾ einer Lastausbreitung unter dem mittleren Verteilungswinkel α (Abb. 2), so ergibt sich⁹⁾ für Kreisplatten überschläglich:

$$s = \frac{pr}{E \cdot \text{tg } \alpha}$$

Hierin bezeichnet E den mittleren Elastizitätsmodul des Versuchsmaterials unter den gegebenen Umständen.

Entlastet man das Erreich von der Pressung p_1 auf die kleinere Pressung p_2 , so ist die elastische Bewegung der Platte

$$(5) \quad \Delta s = s_1 - s_2 = (p_1 - p_2) \frac{r}{E \cdot \text{tg } \alpha},$$

wobei dann E ein für beide Pressungen p_1 und p_2 gemittelter Elastizitätsmodul ist.

Mit diesem Wert (5) wird aus (1)

$$B_e = \frac{\Delta p}{\Delta s} = \frac{E \cdot \text{tg } \alpha}{r}$$

Die Größe $E \cdot \text{tg } \alpha = B_e r$ ergibt sich dann z. B. nach (4b) bei den vorliegenden Versuchen zu

$$E \cdot \text{tg } \alpha = 458 - 260 \kappa + 15 r p_1 (1 - \kappa).$$

Das besagt: Das Produkt aus Elastizitätsmodul und Tangente des Ausbreitungswinkels wächst mit der Bodenpressung und der Plattengröße und sinkt mit wachsender Entlastungsziffer κ . Bereits bekanntgewordene Beobachtungen für den Elastizitätsmodul zeigten ebenfalls, daß E mit der Bodenpressung wachsen muß⁷⁾. Das besagt inhaltlich gleichzeitig, E sinkt mit κ . Die Feststellung: E wächst mit der Plattengröße, hat zum mindesten Wahrscheinlichkeit für sich.

⁸⁾ Kögler und Scheidig, Druckverteilung im Baugrund, Bautechn. 1927/29.

⁹⁾ Aichhorn, Zusammendrückung des Bodens, Geologie und Bauwesen 1932, Heft 1, S. 18 u. 19. — Kögler, Verhandlungen des 2. internationalen Kongresses für Techn. Mechanik. Zürich 1926.

4. Anwendung der veränderlichen Bettungsziffer.

Die vorliegenden Untersuchungen erlauben die Berechnung der Bettungsziffer für ein auf Sand gebettetes Fundament, wenn es mit einiger Annäherung durch eine Kreisplatte ersetzt werden kann. Will man stets mit Mindestgrößen von Bettungsziffern rechnen, so wende man bei Plattengrößen unter 500 mm Durchm. Gl. (4a) und über 500 mm Durchm. Gl. (4b) an. Die Beiwerte κ unter den Gl. (4a) u. (4b) ergeben einen Mittelwert zwischen Bettungsziffer der Entlastung und Wiederbelastung (vgl. Abb. 8). Bei mehrfacher Wiederholung der Ent- und Belastung nähern sich beide Werte, wie ausführliche Versuche gezeigt haben, dem Mittelwerte B_e .

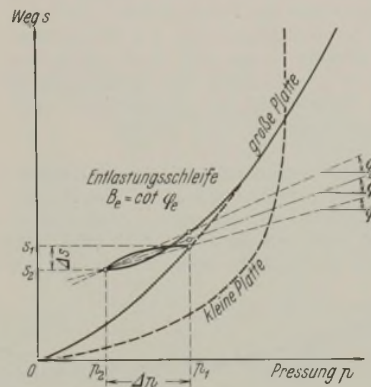


Abb. 8. Geometrische Darstellung der verschiedenen Bettungsziffern an einem Punkte einer Kraftwegkurve.

Auf eine vorsichtige, möglichst gleichmäßige erste Belastung eines neuen Bauwerks auf mehreren Einzelfundamenten ist stets Wert zu legen. Sogenannte „ungünstige Probebelastungen“ als erste Belastung können infolge ungleichmäßiger plastischer Senkungen des Baugrundes nie wieder gutzumachende Schäden mit sich bringen. Demgegenüber spielt eine selbst um 100 % falsche Ermittlung der elastischen Bettungsziffer eine geringe Rolle.

Zumeist wird sich die elastische Bettungsziffer bei fest gelagertem Kies oder Sand etwas größer ergeben als nach den vorliegenden Versuchen. Zweifellos bringt auch die üblicherweise vorzunehmende Gründung mindestens 1 m unter Erdoberfläche eine Vergrößerung der Bettungsziffer mit sich. Diese Überlegungen berechtigen zur unbedenklichen Anwendung der hannoverschen Versuchsergebnisse. Es sind noch ausführliche Versuche auf diesem Gebiete erforderlich, um einwandfrei die elastische Bettungsziffer auch für größte Fundamente zu bestimmen. Es ist aber auf jeden Fall besser, heute schon mit den vorliegenden veränderlichen Werten für B_e zu rechnen, als an irgendwelchen, jeder theoretischen und praktischen Überlegung widersprechenden festen Größen festzuhalten.

Für die Fundamentgrößen und Verhältnisse der Baupraxis ergibt das zweite Glied in Gl. (4a) oder (4b) einen verhältnismäßig sehr kleinen Wert. Für rohe Überschlagsrechnungen kann die einfache Form der Gleichung für die Bettungsziffer als genügende Annäherung empfohlen werden¹⁰⁾:

$$(4c) \quad B_e \approx 300 r^{-1} + 15 p_2.$$

1. Beispiel.

Fundament $F = 0,5 \text{ m}^2$
Gesamtbelastung $p_1 = 2,8 \text{ kg/cm}^2$
davon tote Last $p_2 = 2,1 \text{ kg/cm}^2$
Nutzlast $\Delta p = p_1 - p_2 = 0,7 \text{ kg/cm}^2$

ergibt

$$\kappa = \frac{\Delta p}{p_1} = \frac{0,7}{2,8} = 0,25$$

$$r = \sqrt{F : \pi} = \sqrt{0,5 : 3,14} = \text{rd. } 0,40 \text{ m} = 40 \text{ cm}$$

und nach (4a)

$$B_e = 458 r^{-1} - 1225 \kappa r^{-1,5} + 15 p_2 = 11,5 - 1,2 + 31,5 = 41,8 \text{ kg/cm}^3$$

nach (4b)

$$B_e = (458 - 260 \kappa) r^{-1} + 15 p_2 = 11,5 - 1,6 + 31,5 = 41,4 \text{ kg/cm}^3$$

2. Beispiel.

Fundament $F = 2,0 \text{ m}^2$
Gesamtbelastung $p_1 = 3,0 \text{ kg/cm}^2$
davon tote Last $p_2 = 1,2 \text{ kg/cm}^2$
Nutzlast $\Delta p = p_1 - p_2 = 1,8 \text{ kg/cm}^2$

ergibt

$$\kappa = \frac{\Delta p}{p_1} = \frac{1,8}{3,0} = 0,60$$

$$r = \sqrt{F : \pi} = \sqrt{2,0 : 3,14} = \text{rd. } 0,8 \text{ m} = 80 \text{ cm}$$

nach (4a)

$$B_e = 458 r^{-1} - 1225 \kappa r^{-1,5} + 15 p_2 = 5,7 - 1,0 + 18,0 = 22,7 \text{ kg/cm}^3$$

nach (4b)

$$B_e = (458 - 260 \kappa) r^{-1} + 15 p_2 = 5,7 - 2,0 + 18,0 = 21,7 \text{ kg/cm}^3$$

Das zweite Beispiel zeigt das Absinken der Bettungsziffer bei größerer Entlastungsziffer und Grundfläche.

¹⁰⁾ Gl. (4c) stimmt für $\kappa = 0,60$ mit Gl. (4b) genau überein.

Vermischtes.

Oberregierungsbaurat Petrich †. Am 3. Februar 1934 starb, wie die *Dresd. Nachr.* 1934 v. 7. Februar berichten, in Dresden Oberregierungsbaurat Paul Petrich. Er war am 8. August 1878 in Schöna geboren. 1907 wurde er zum Staatsdienst einberufen. Er war dann beim Straßen- und Wasserbauamt Meißen tätig. 1920 wurde er zum Regierungsbaudirektor und Vorstand des Straßen- und Wasserbauamtes Bautzen ernannt und 1925 als Oberregierungsbaurat zur Straßenbaudirektion im Finanzministerium versetzt. Unermüdlich hat er seine Kraft für die Anpassung des sächsischen Straßennetzes an den neuzeitlichen Verkehr eingesetzt und zahlreiche Neubauten von Straßen und Brücken in allen Teilen des Landes durchgeführt. Er war auch ein geschätzter Mitarbeiter der „Bautechnik“ (vgl. Jahrgang 1929, Heft 30 u. 32, Die Umgehungsstraße bei Penig).

Hängebrücke in Camden. Eins der bemerkenswertesten Bauwerke, das in der letzten Zeit im Staate Missouri errichtet wurde, ist die Hängebrücke in Camden, ungefähr 70 km südlich von Jefferson, über die in *Eng. News-Rec.* 1933, Bd. 111, Nr. 13 vom 28. September, S. 367, berichtet wird. Sie überspannt das Bett des kleinen Niangua-Flusses am

Für den Entwurf der Stahltürme waren auch die Beanspruchungen infolge gleichmäßiger Temperaturänderung zu berücksichtigen. Als Windbelastung wurden rd. 150 kg/m² auf die 1 1/2-fache Seitenprojektion der Brücke angerechnet.

Das östliche Widerlager, das als festes Lager des Versteifungsträgers ausgebildet ist, hat U-förmigen Grundriß. Die Eisenbetonpfeiler unter den Türmen sowie unter dem beweglichen Endlager des Hängewerkes stehen mit der Sohle unterhalb des Wasserspiegels auf Fels. Die beiden Hauptpfeiler bestehen aus je zwei nach oben hin in einen Rechteckquerschnitt übergehenden Pfosten, die im oberen Teile durch eine spitzbogenförmig ausgebildete Platte verbunden sind. Der Zwischenpfeiler am westlichen Ende des Hängewerkes hat rechteckigen Querschnitt und überträgt das HHW um rd. 30 cm. Das westliche Endlager der Brücke wird von einer winkelförmigen Stützwand getragen.

Der Versteifungsträger, der außer den Biegungsbeanspruchungen noch den gesamten waagerechten Schub als Druckkraft aufzunehmen hat, ist an den Türmen durch Gelenke unterbrochen, die hier auf Stelzlager ruhen. Er besteht aus einem Walzträger von rd. 100,2 cm Höhe, die mithin etwa 1/68 der Hauptöffnung be trägt.

Die 6,1 m breite Fahrbahn wird aus hochkant gestellten durchtränkten Kanthölzern von 5/10 cm Querschnitt gebildet, die auf den 1,31 m voneinander entfernten liegenden Längsträgern befestigt sind. Der Achsenabstand der Querträger ist 3,80 m.

Jeder Hängegurt setzt sich aus vier vorgedehnten, galvanisierten Kabeln zusammen, die durch die Schellen der Hängeseile

in gegenseitigem Abstände gehalten und somit leicht zugänglich sind (Abb. 2). Zum Schutze gegen Witterungseinflüsse haben sie einen Anstrich erhalten. An den Enden der Hängekonstruktion sind sie mittels Augenstäbe an den Versteifungsträgern angeschlossen, wie aus Abb. 3 ersichtlich.

Die Aufstellung der Versteifungsträger und Türme geschah von einem Holzgerüst aus, auf dem, vom Westende beginnend, ein fahrbarer Auslegerkran betrieben wurde, der zum Einbauen der mittels eines Förderkabels angelieferten Konstruktionsteile diente. Die Aufstellung der Stahlkonstruktion dauerte vom 1. Februar bis 25. März 1933. Die Gesamtkosten der Brücke belaufen sich auf rd. 36 914 \$ bei einer Baulänge von 158,5 m, d. h. also 232 \$ für 1 lfd. m, bzw. 30,5 \$ für 1 m² der Brückenbahn.

Die Brücke wurde von dem Missouri State Highway Department erbaut.

— Zs. —

Personalnachrichten.

Preußen. Der Regierungsbaurat (W.) Jentsch ist vom Wasserbauamt in Steinau a. O. an das Hafenbauamt in Kolberg versetzt worden.

Der Regierungsbaurat (W.) Dr.-Ing. Helmrich, Kulturbaubeamter in Liegnitz, ist auf seinen Antrag in den dauernden Ruhestand versetzt worden.

Der Regierungs- und Baurat (W.) Helbig bei der Regierung in Düsseldorf ist auf seinen Antrag zwecks Übertritts in den Dienst der Provinzialverwaltung der Provinz Brandenburg als Landesbaurat aus dem Preußischen Staatsdienst entlassen worden, der Regierungsbaumeister (M.) Pistorius beim Maschinenbauamt in Stettin-Bredow dsgl. zwecks Übertritts in den Dienst der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft.

Der Regierungs- und Baurat (W.) Schasler bei der Verwaltung der Berliner Wasserstraßen (Polizelpräsidium) in Berlin ist gestorben.

Sachsen. Straßen- und Wasserbauverwaltung. Versetzt: Regierungsbaurat Hase von der Sächsischen Wasserbaudirektion Dresden zum Straßen- und Wasserbauamt Dresden.

INHALT: Allgemeines über die neue Blaueuertorbrücke in Ulm. — Die Arbeiten der Reichswasserstraßenverwaltung im Jahre 1933. (Fortsetzung.) — Ein neues Verfahren zur Bestimmung von Übergangsbogen in Flußkrümmungen. — Zulässige Bodenpressung und Bettungsziffer. — Vermischtes: Oberregierungsbaurat Petrich †. — Hängebrücke in Camden. — Personalnachrichten.

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

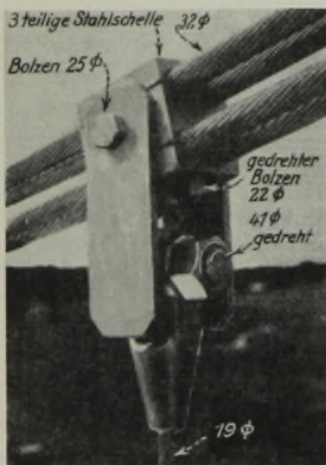
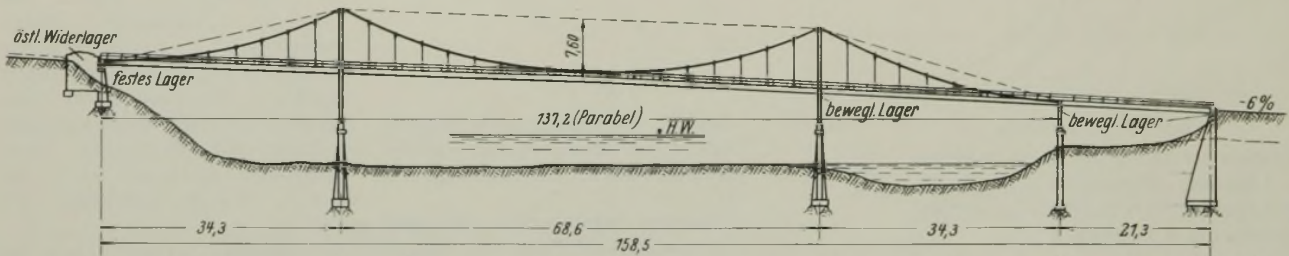


Abb. 2.

Ozart-See mit vier Öffnungen von 34,3, 68,6, 34,3 und 21,30, zusammen 158,5 m Stützweite.

Abb. 1 zeigt die Seitenansicht der Brücke sowie die wesentlichsten Einzelheiten, von denen besonders die Befestigung der Kabel an den Enden des Versteifungsträgers und dessen bewegliche Lagerung an den Stahltürmen beachtlich sind.

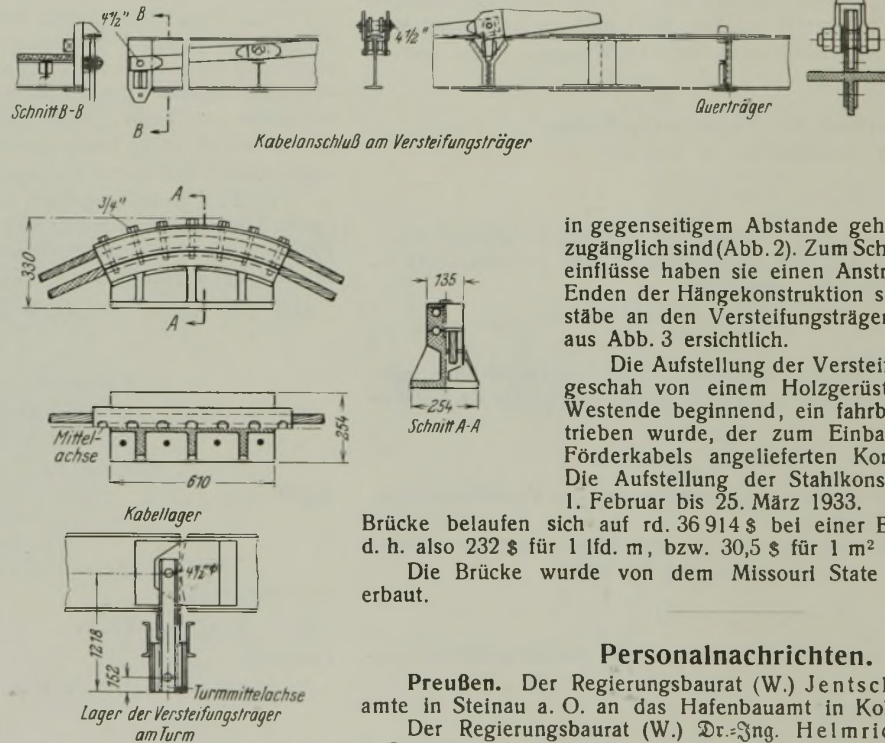


Abb. 1.

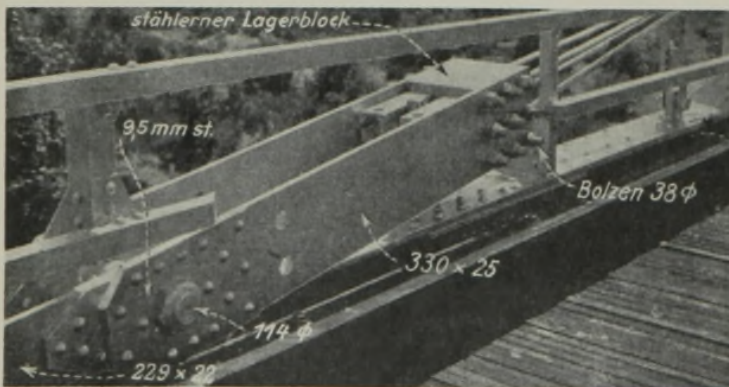


Abb. 3.