

DIE BAUTECHNIK

13. Jahrgang

BERLIN, 26. April 1935

Heft 18

Hermann Zimmermann †.

Am 3. d. M. starb der Wirkl. Geheime Oberbaurat Dr.-Ing. e. h. Dr. phil. Hermann Zimmermann im 90. Lebensjahre.

Hermann Zimmermann war ein hervorragender Mathematiker, ein bahnbrechender Ingenieur und ein großer Mensch. Sein Tod ist ein schwerer Verlust.

So selten er als Mensch und Wissenschaftler war, so ungewöhnlich war auch sein Lebensgang. Der Freiheitsdrang der Jugend führte den Sechszehnjährigen zum Seemannsberuf. Als Schiffsjunge, dann als Matrose und schließlich als Steuermann kam er auf langen und oft gefahrvollen Segelschiffahrten in fast alle Weltteile. Diese harte Zeit bildete die Grundlage für sein späteres erfolgreiches Wirken und für sein vorbildliches Leben. Das Wunder des Sternenhimmels in klaren Nächten auf dem Ozean packte den jungen Seemann mit solcher Gewalt, daß er sich in den wenigen Mußestunden dem Studium der Astronomie und des Rüstzeuges der Astronomie, der Mathematik, mit ganzem Eifer widmete. Seine ungewöhnliche Begabung ließ ihn schnell in diese schwierigen Gebiete eindringen. Mit dem Fortschritt in der Mathematik kam die Liebe zum Ingenieurberuf. Als Vierundzwanzigjähriger bezog Zimmermann im Jahre 1869 das Polytechnikum in Karlsruhe. Im Jahre 1874 erwarb er sich bei der Universität Leipzig durch eine schwierige Arbeit auf dem Gebiete der Kinematik die Würde eines Dr. phil. Im Jahre 1875 trat er nach Ablegung der Diplomprüfung in die Dienste der Generaldirektion der Reichseisenbahnen in Straßburg. Als Drelunddreißigjähriger holte er die Reifeprüfung am Lyzeum in Straßburg und kurz darauf die Baumeisterprüfung in Karlsruhe nach. Seine erfolgreichen Arbeiten bei den Reichseisenbahnen und die geniale Konstruktion der Kuppel der Straßburger Sternwarte führten im Jahre 1881 zu seiner Berufung in das Reichsamt für die Verwaltung der Reichseisenbahnen in Berlin. Als der Altmeister Schwedler im Jahre 1891 in den Ruhestand trat, wurde Zimmermann als Vortragender Rat im Preußischen Ministerium der öffentlichen Arbeiten sein Nachfolger. Hier hat er 20 Jahre lang das umfangreiche Referat für Brücken- und Ingenieurhochbau der gesamten preußischen Staatsbahnen und daneben auch lange Jahre hindurch das Referat für Oberbau verwaltet. Viele Jahre war er auch Mitglied des Technischen Oberprüfungsamtes.

Neben seinem Amt entfaltete er eine umfangreiche Tätigkeit als Forscher und Gelehrter. Die Eisenbahnen verdanken ihm das klassische

Buch „Die Berechnung des Eisenbahnoberbaues“, das ihn bei allen Eisenbahnen der Welt bekannt machte. Das Buch schuf die erste sichere Grundlage für die Berechnung und Bemessung des Eisenbahnoberbaues. Zimmermanns Schriften über die Schwingungen eines Trägers mit bewegter Last und über die Knicksicherheit gedrückter stählerner Stäbe sind grundlegende Werke von größter Bedeutung. Mit besonderem Erfolge arbeitete Zimmermann auch auf dem Gebiete der räumlichen Fachwerke, er ersann

eine neue Kuppelform und baute die bekannte Reichstagskuppel in Berlin.

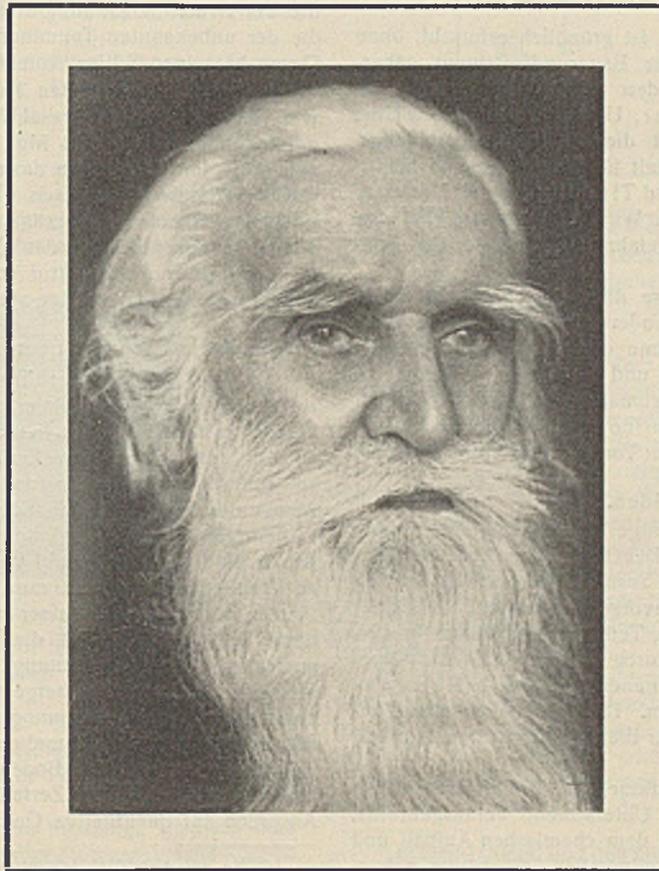
In der Zeit von 1920 an stellte Zimmermann seine überragenden mathematischen Kenntnisse und seine einzigartige Vertrautheit mit dem Knickproblem namentlich in den Dienst des „Ausschusses für Versuche im Stahlbau“ bei der Durchführung der schwierigen Versuche zur Feststellung der Knickspannungslinie gedrückter stählerner Stäbe. Der erfolgreiche Abschluß dieser Versuche ist in erster Linie dem von Zimmermann angegebenen Verfahren zur Ausschaltung der Fehlerhebel bei den Versuchen zu verdanken. Im Jahre 1930 faßte der vierundachtzigjährige Gelehrte die in langer, mühevoller Arbeit gewonnenen Erkenntnisse auf dem Gebiete des Knickproblems in einem Buche „Die Lehre vom Knicken auf neuer Grundlage“ zusammen.

Seine außergewöhnlichen Verdienste um die Ingenieurwissenschaften wurden durch viele Ehrungen anerkannt. Er war Ehrendoktor der Technischen Hochschule Karlsruhe und Inhaber der Silbernen und Goldenen Medaille für die Verdienste um das Bauwesen, der Grashof-Denk Münze des Vereines deutscher Ingenieure und der Goldenen Medaille der Preußischen Akademie des Bauwesens.

Er war vor allem auch ein selten edler und großer Mensch. Mit seinem überragenden Geiste paarten sich größte Anspruchlosigkeit, Bescheidenheit und Uneigennützigkeit. Allem äußeren Schein war er abhold. Er hatte ein verstehendes Herz für seine Mitmenschen, er stellte die eigenen Leistungen hintenan und hatte vor der Arbeit seiner eigenen Berufsgenossen und vor der Arbeit anderer Berufe unbedingte Achtung. Es war deshalb ein Glück, unter diesem überragenden Manne arbeiten und von ihm lernen zu können.

Zimmermann ist von uns gegangen. Seine Werke werden weiterleben. Sein vorbildliches Leben sei uns ein leuchtendes Beispiel.

Schaper.



Alle Rechte vorbehalten.

Beitrag zur chemischen Erforschung und Behandlung von Tonböden.

Von Prof. Dr. Kurd Endell.

(Mitteilung aus dem Laboratorium für bauwissenschaftliche Technologie der Technischen Hochschule Berlin.)

Die physikalischen Eigenschaften zweier äußerlich vollkommen gleichartiger Tonböden können bekanntlich grundverschieden sein. In dem Nichterkennen der Verschiedenheit der Eigenschaften liegt zweifellos oft die Ursache vieler Schäden, die trotz sorgfältiger Planung überall dort auftreten können, wo in oder auf Ton gebaut wird: Bauwerke setzen sich übermäßig oder schief, Dämme sacken, ohne zur Ruhe zu kommen, Böschungen rutschen langsam oder plötzlich ab usw. Die Frage, ob Tief- oder Flachgründung, beschäftigt den Brückenbauer immer wieder. Pfahlgründungen werden heute noch vielfach nur ausgeführt, weil man den Tonboden nicht richtig erkennt und vor unliebsamen Ereignissen geschützt sein will.

Erst in neuerer Zeit sind K. Terzaghi¹⁾ und A. Casagrande²⁾ daran gegangen, den Tonboden vom Standpunkte der Baugrundforschung zu untersuchen. Auf den bedeutenden Unterschied des Verhaltens von Ton im gestörten und ungestörten Zustande hat besonders A. Casagrande hingewiesen. Alle Tonböden enthalten außer dem sogenannten Tonanteil, der gleich näher erklärt wird, wechselnde Mengen nicht bindiger Beimengungen verschiedener Größe, wie Quarz, Glimmer, Kalkspat und Gesteinsreste, häufig Humussubstanzen und Wasser. Die Menge des im Tonboden vorhandenen Wassers ist außer von der Humussubstanz in erster Linie abhängig vom Tonmineral und den im Boden chemisch gelösten Stoffen.

Die eigentliche Natur der Tonminerale ist gründlich erforscht, ohne daß die bisher gemachten Erkenntnisse der Baugrundforschung nähergebracht wurden. Verfasser hat sich in den letzten drei Jahren gemeinsam mit seinen Mitarbeitern P. Vageler, U. Hofmann, D. Wilm, H. Fendius und C. Wens³⁾ eingehend mit diesen Fragen beschäftigt. Zusammen mit der Preußischen Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau in Berlin (R. Seifert, L. Ehrenberg und Tiedemann) hat Verfasser mit seinen Mitarbeitern U. Hofmann und D. Wilm in größerem Umfange gewisse Zusammenhänge zwischen Rutschgefahr und Chemie des Tonbodens aufzuklären versucht⁴⁾.

Da die bisher gewonnenen Erkenntnisse über die chemische Natur der Tone auch für die Erkenntnis des Tonbodens für die Bodenforscher von Bedeutung sein werden, soll hier, ohne der genannten Veröffentlichung der Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau vorgreifen zu wollen, ein kurzer Beitrag geliefert werden, zumal ein im Versuchsstadium begriffenes Verfestigungsverfahren von Tonböden die neuen Erkenntnisse des elektrochemischen Aufbaues der Tonteilchen bereits praktisch ausnutzt.

I. Natur der Tonböden.

Bereits K. Terzaghi⁵⁾ führte das eigenartige Verhalten toniger Böden (Elastizität, Zusammendrückbarkeit) auf die Blättchenstruktur der Tonminerale, die den Glimmern nahestehen, zurück. Dadurch bildet sich ein schuppenförmiger, in einer Richtung bevorzugter Aufbau. Bei jeder Art plastischer Verformung legen sich die Teilchen mit ihren breiten Flächen aneinander und gleiten (gefördert durch anhaftende Wasserfilme) aneinander vorbei. Diese Anschauung ist neuerdings durch Röntgenstrahlenuntersuchungen erhärtet worden. Die Feinstruktur aller Tonminerale zeigt stets Schichtengitter, die für Blättchenstruktur und große Spaltbarkeit kennzeichnend sind.

Gerade die Untersuchung der Feinstruktur der Tonminerale mit Hilfe von Röntgenstrahlen hat wesentliche Unterschiede herausgebracht. Wir unterscheiden heute im Tonboden nach dem chemischen Aufbau und der Feinstruktur hauptsächlich folgende Tonminerale, die häufig nebeneinander im gleichen Boden vorkommen:

1. Kaolinit $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$
2. Montmorillonit $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O \cdot x aq.$
3. Unbekannte Tonminerale . nicht bekannt.

Während die einzelnen Schichtebenen des Gitters im Kaolinit starr, wie auch sonst bei Kristallen, miteinander verbunden sind, sind die Schicht-

ebenen des Montmorillonits ähnlich wie bei einer Ziehharmonika beweglich angeordnet. Der Abstand zwischen den einzelnen Schichtebenen kann sich auf die doppelte Anfangsentfernung erhöhen. Lediglich unter dem Einfluß der Feuchtigkeit der Umgebung tritt in die Zwischenräume Wasser ein. Da Montmorillonit, das typische Mineral aller Bentonite, weit häufiger in Tonböden vorkommt, als man bisher angenommen hat, ist diese Tatsache für unsere nachfolgenden Betrachtungen von hoher Bedeutung.

Kolloidchemische Untersuchungen haben ferner gezeigt, daß alle Tonminerale stets eine so geringe Kristallgröße haben, daß gewisse kleine Mengen an der Kristalloberfläche austauschfähig gebundener Basen mit chemischen oder elektrochemischen Methoden ermittelt werden können. Von der Menge und chemischen Natur dieser an der Oberfläche der Tonteilchen lose gebundenen Basen hängen ihre Quellfähigkeit in Wasser und damit wohl auch, wenigstens zum Teil, die bodenstatistisch wichtigen Eigenschaften der Tonböden ab⁶⁾.

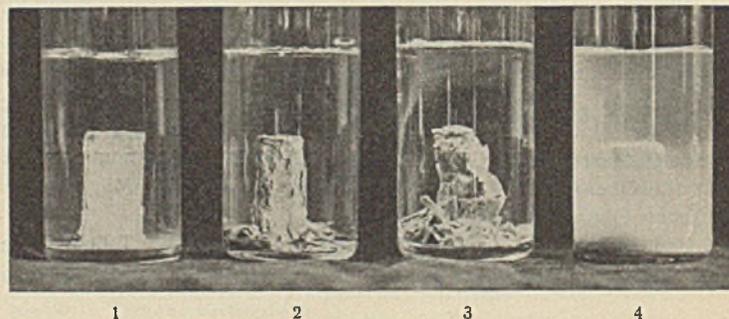
Die Summe der austauschfähig gebundenen Basen bezeichnet man in der Tonchemie als S-Wert und bestimmt sie als Milliäquivalent je 100 g Trockensubstanz durch Austausch mit Ammonchlorid. Neben diesen Basen sind auch die löslichen Salze der umgebenden Lösung gerade bei Bodenproben zu bestimmen. Die S-Werte der Kaoline (Kaolontone) liegen zwischen 3—15 } Milliäquivalent je
die der Bentonite (Montmorillonitone) zwischen . 40—80 } 100 g Trocken-
die der unbekannteten Tonminerale zwischen . . . 20—30 } substanz.
Quarz hat einen S-Wert von 0.

Lose gebunden an den Tonteilchen sind besonders einwertige Basen wie Na, das auch sehr viel Wasser anlagern kann. Schon etwas fester gebunden sind Ca und Mg, die aber auch ihrerseits leicht Wasser anlagern. Im Gegensatz dazu sind besonders fest gebunden H (Wasserstoff) und dreiwertige Basen wie Aluminium und Eisen, die im Vergleich zu den ein- und zweiwertigen Kationen weit weniger Wasser anlagern können. Wesentlich für das Quellverhalten der Tonminerale in Wasser ist außer ihrer Feinstruktur sowie der Art und Menge der gebundenen Basen auch der saure oder alkalische Charakter des Bodenwassers.

II. Das Zerfallen von Tönen und Tonböden in wässrigen Lösungen.

Da die lose an der Tonoberfläche gebundenen ein- und in geringem Maße auch zweiwertigen Basen die Neigung haben, sich mit Wasser zu verbinden, quellen alle trockenen Tone mehr oder weniger in Wasser und neigen zum Zerfallen. Nach dem bisher Gesagten müssen sie um so mehr quellen und um so schneller zerfallen, je größer die Menge der überhaupt vorhandenen Basen ist und je mehr Na (wenigstens in neutraler Bodenlösung) sich darunter befindet. Um dies zu erläutern, wurde eine größere Anzahl von Tönen in einem handgerechten Zustande zu Probekörpern von 30 mm Höhe und quadratischen Querschnitt von 11 mm Kantenlänge in einer mechanischen Vorrichtung hergestellt. Für diese Zerfallversuche ist die Vorbehandlung der Proben natürlich von ausschlaggebender Bedeutung. Alle Probekörper wurden möglichst unter gleichen Bedingungen hergestellt. Handgerechter Zustand bedeutet in der Keramik den Verformungsgrad eines Tons, bei dem er mit Wasser angemacht gerade nicht mehr an der Hand klebt; er entspricht also etwa der Klebgränze in der Bodenkunde. Die angestellten Versuche sollen nur die Richtung des Zerfallvorganges angeben und machen keinen Anspruch auf quantitative Genauigkeit.

⁶⁾ Es sei ausdrücklich auf die gemeinsam mit der Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau durchgeführte Arbeit hingewiesen, in der Zusammenhänge zwischen der Feinstruktur sowie der Menge und Art der austauschfähig gebundenen Basen der Tonminerale und dem Schubfestigkeits-, Reibungs- und Haftfestigkeitsbeiwerte anhand eines größeren Beobachtungsmaterials zum erstenmal gebracht werden.



1 2 3 4
Abb. 1. Zerfallen verschiedener Tone und Böden nach 15 min Lagerung in Leitungswasser.

¹⁾ K. Terzaghi, Erdbaumechanik. Wien 1925. — Ders., Ingenieurgeologie, Redlich-Terzaghi-Kampe. Jul. Springer 1929. — Ders., Handbuch der physikalischen und technischen Mechanik, IV. Bd., Auerbach und Horth. Leipzig 1931.

²⁾ A. Casagrande, Über die Struktur des Tones. Journ. Boston Soc. Civil Engineers, Bd. 19 (1932), S. 168.

³⁾ Über die Natur der keramischen Tone. Berichte der Deutschen Keramischen Gesellschaft 14 (1933), S. 407. — Röntgenographische und kolloidchemische Untersuchungen über Ton. Zeitschrift für angewandte Chemie 47 (1934), S. 539. — Über Basenaustauschfähigkeit von Tönen und Formgebungsprobleme in der Keramik (Gießen, Drehen, Pressen). Berichte der Deutschen Keramischen Gesellschaft 15 (1934), S. 595.

⁴⁾ Diese Arbeit erscheint demnächst als Mitteilung der V. A.

⁵⁾ K. Terzaghi, Die physikalischen Grundlagen des geologischen Gutachtens, Z. d. Oe. IAV 1921. — S. Fußnote 1.

Tabelle 1.
Kennzeichnende Eigenschaften der zerfallenden Tone der Abb. 1.

Nr.	Bezeichnung	Ton-mineral	Bei-mengung	Anmache-wasser in % der Trocken-substanz	S-Wert in Milliäquivalent je 100 g Trocken-substanz	Na-Wert
1	geschlämmter unplastischer Kaolin	Kaolinit	10-20% Quarz	30	4	0
2	plastischer Westerwälder Ton	Kaolinit	etwa 10% Quarz	45	10	0
3	Bentonit (Bleichton)	Montmorillonit	< 5% Quarz	100	60	1
4	Marines Sediment aus der Gegend von Hamburg Na-Ton	Montmorillonit	< 5% Quarz	60	26	6

Abb. 1 in Verbindung mit Tab. 1 zeigt deutlich, wie mit steigendem Gehalt an austauschfähigen Basen die Tonteilchen stärker zerfallen. Der Unterschied zwischen dem Ca-Bentonit Nr. 3 und dem Na-Ton Nr. 4 zeigt sich darin, daß die umgebende Lösung infolge der fällenden Wirkung der Ca-Ionen klar ist, dagegen bei dem Na-Ton ganz trübe. Der Na-Ton zerfällt unter Aufwirbelung einer Wolke.

Außerdem wurde der Zerfall von gleichen Tonprobenkörpern in neutraler, alkalischer und saurer Lösung verfolgt. Durch Tastversuche war aufgefallen, daß die Zerfallgeschwindigkeit durchaus verschieden ist, je nach der Reaktion der Bodenlösung, wie dies auf Grund der elektrochemischen Vorstellungen der Tone auch zu erwarten war.

Während entsprechend dem hohen Gehalt an austauschfähigen Basen der Ca-Bentonit in neutraler und alkalischer Lösung verhältnismäßig schnell zerfällt, bleibt er in schwach saurer Lösung zunächst beständig (Abb. 2).

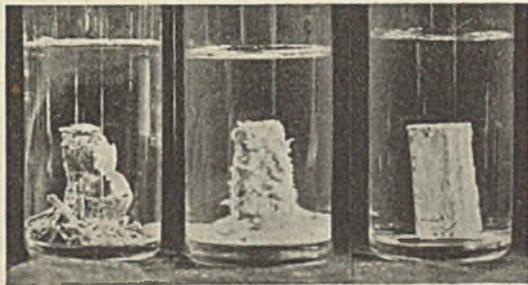


Abb. 2. Verhalten von Ca-Bentonit in neutraler, alkalischer und saurer Lösung nach 15 min.

Die Tonteilchen werden zusammengeklammert. Man spricht davon, daß der Boden „koagulliert“ ist. Freilich hält dieser Zustand nur wenige Stunden an. Ein ähnliches Verhalten in saurer Lösung zeigen auch die andern in Abb. 1 dargestellten Tone.

Die ausgewählten Beispiele weisen nur die Richtung. Je nach dem Charakter der Bodenlösung und etwa anwesender Humussubstanz können diese Zerfallerscheinungen einen anderen zeitlichen Verlauf nehmen. Besonders kann der Zerfall von Na-Ton durch Na in der Bodenlösung zurückgedrängt werden. Ausführlich sind diese Zusammenhänge an anderer Stelle erläutert³⁾.

III. Versuche zur elektrochemischen Verfestigung von Tonböden.

Seit vielen Jahren bemüht man sich, Tonböden tragfähig zu machen. Bekanntlich werden Fließeande durch Einspritzen von Wasserglas und Salzlösungen verfestigt, wobei SiO₂, das verkittend wirkt, ausgeschieden wird (Joostensches Verfahren). Da Tonhorizonte wasserundurchlässig sind, kann man in sie Lösungen nicht einspritzen. Zwar hat es Patentanmeldungen gegeben, die von der richtigen Erkenntnis ausgingen, daß saure oder Salzlösungen zwei- oder mehrwertiger Kationen den Boden krümeln und ein erneutes Quellen im Wasser hindern, doch gelingt es praktisch nicht, solche Lösungen in den Ton einzuspritzen. Man hat sich gelegentlich mit Sprengungen von Tonlagern geholfen und danach Zementmilch eingespritzt. Ob hierbei die zweiwertigen Ca-Ionen der erhärtenden Zementmilch auf die Krümelung des Tons oder die tatsächliche Verfestigung durch den erhärtenden Zement von

ausschlaggebender Wirkung war, dürfte mit Sicherheit wohl in manchen Fällen schwer zu entscheiden sein.

Erst die grundlegende Erkenntnis von Dr. L. Casagrande, Berlin, der, wie man schon „Chemie gegen Sand“, „Elektrizität gegen Ton“ anwendete, läßt gewisse Möglichkeiten der Tonverfestigung erkennen. Da dieses in den meisten Industrieländern geschützte und m. E. recht aussichtsreiche Verfahren⁷⁾ durch die erwähnten theoretischen Vorstellungen

über die elektrochemische Natur der Tone weitgehend gestützt wird, soll über den heutigen Stand der Versuche dieses Verfahrens nachstehend kurz berichtet werden.

Das Verfahren beruht darauf, daß in den zu behandelnden Tonböden in geeigneten Abständen Metallelektroden in zweckmäßiger Form eingebracht werden. Als Anode dient stets Aluminium, als Kathode meist Kupfer. Durch die Elektroden wird Gleichstrom geeigneter Spannung so lange geleitet, bis der Boden verfestigt ist.

Die Versuchsanordnung zeigt Abb. 3.

In einem würfelförmigen Holzkasten von 1 m³ Inhalt wurde parallel zu dessen einer Seitenwand eine Al-Platte und in 65 cm Abstand zu dieser ein mit Kupferblech beschlagener Holz-

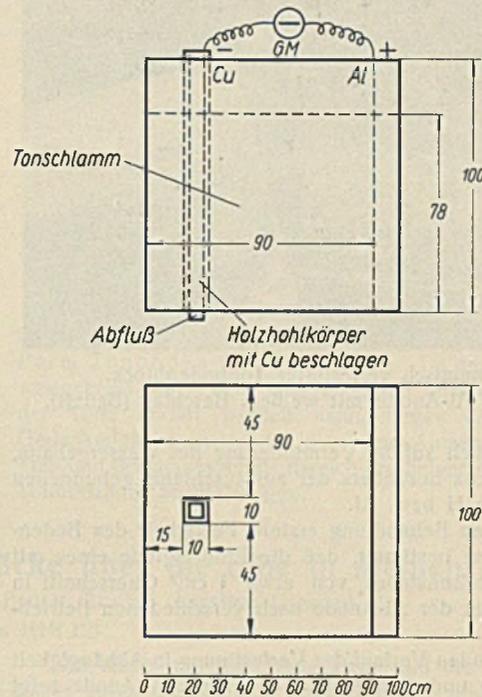


Abb. 3. Versuchsanordnung der elektrochemischen Tonbodenverfestigung nach L. Casagrande.

hohlkörper von quadratischem Querschnitt angeordnet. Der Holzhohlkörper und dessen Kupferbleg wurde dabei durchlöchert ausgeführt.

In diesen Holzkasten wurde als zu behandelndes Bodenmaterial der stark quellfähige und zum Rutschen neigende Ton aus der Gegend von Hamburg eingeführt. Der eingebrachte Boden war der Ton Nr. 4 der Tabelle 1, d. h. ein marines Sediment, ein typischer Na-Ton. Das Tonmineral war überwiegend Montmorillonit mit geringen Quarzbeimengungen. Im natürlichen Zustande besaß der Ton eine Fließgrenze von rd. 90 nach Atterberg (ermittelt im Casagrande-Apparat). Dieser Ton gelangte in einer Mischung von 1 : 4 mit feinkörnigem Sand (Korngröße 0 bis 1 mm Durchm.) zur Verwendung. Der Wassergehalt der Mischung betrug 80% des Trockengewichts.

An die Al- und Cu-Elektrode wurde dann Gleichstromspannung, und zwar an die Al-Platte als Anode angelegt. Es wurde mit einer Spannung von 220 V und etwa 7,5 Ampère angefangen, die später vorübergehend auf 400 V und 13 Ampère erhöht wurde.

Im Verlaufe des Versuches nahm der Widerstand zu; die Zunahme stellte ein relatives Maß der fortschreitenden Verfestigung dar. Diese

⁷⁾ In Deutschland und den meisten Kulturstaaten zum Patent angemeldet.

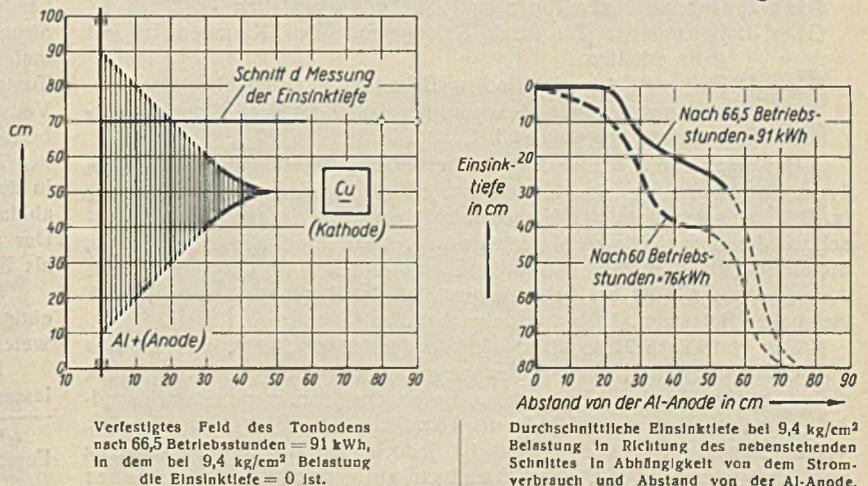


Abb. 4 u. 5. Wirkung der elektrochemischen Tonbodenverfestigung nach L. Casagrande.

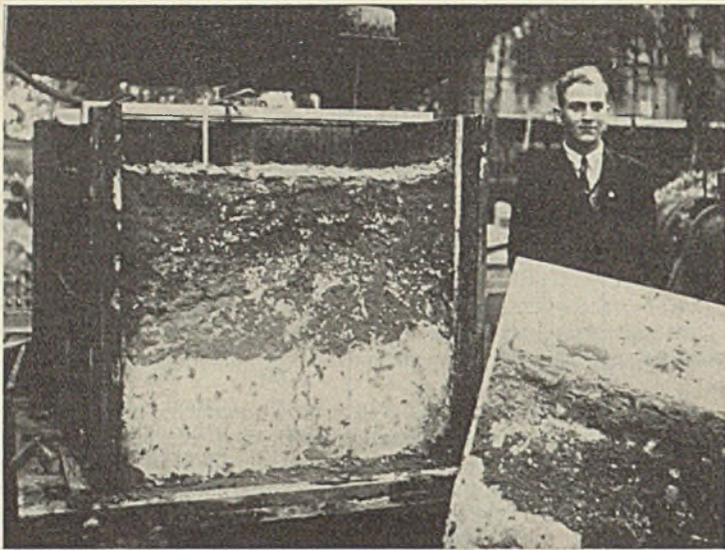


Abb. 6. Elektrochemisch verfestigter Tonbodenblock.
Rechts die angegriffene Al-Anode mit weißem Beschlag (Bauxit).

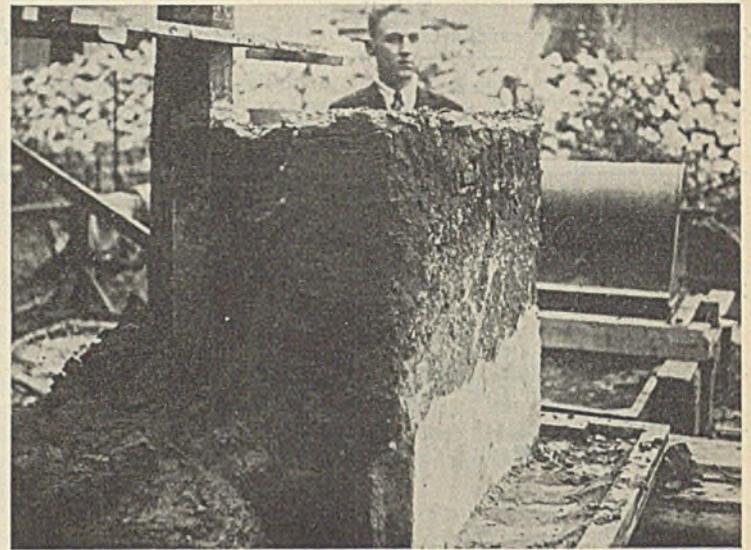


Abb. 7. Elektrochemisch verfestigtes Tonprisma
nach Abspritzen mit Wasser.

Zunahme beruht nicht lediglich auf der Verminderung des Wassergehalts, sondern auch auf einem Ersatz besonders der austauschfähig gebundenen Na-Kationen des Tons durch H bzw. Al.

Die bei der vorstehenden Behandlung erzielte Festigkeit des Bodenmaterials wurde in der Weise bestimmt, daß die Eindringtiefe eines mit $9,4 \text{ kg/cm}^2$ belasteten Rundstahles von etwa 1 cm^2 Querschnitt in verschiedenen Abständen von der Al-Anode nach verschiedenen Betriebsstunden ermittelt wurde.

Den danach sich ergebenden Verlauf der Verfestigung in Abhängigkeit von den aufgewandten kWh und dem Abstände von der Al-Anode zeigt die in Abb. 4 gegebene Darstellung. In Ergänzung hierzu läßt Abb. 5 die durchschnittliche Einsinktiefe in Richtung des in Abb. 4 gegebenen Schnittes ebenfalls in Abhängigkeit von dem Stromverbrauch und dem Abstände von der Al-Anode erkennen.

Nach Beendigung der Verfestigung (Abb. 6 u. 7) wurden sämtliche Holz-wände entfernt und der stehengebliebene Bodenblock mittels kräftigen Wasserstrahls abgespritzt. Es blieb ein verfestigtes dreiseitiges Prisma entsprechend der behandelten Bodenzone stehen. Aus diesem Prisma von der Seite der Al-Anode entnommene Bodenproben zerfielen auch nach monatelanger Lagerung unter Wasser praktisch nicht und zeigten hierbei auch keine Quellung (Abb. 8).

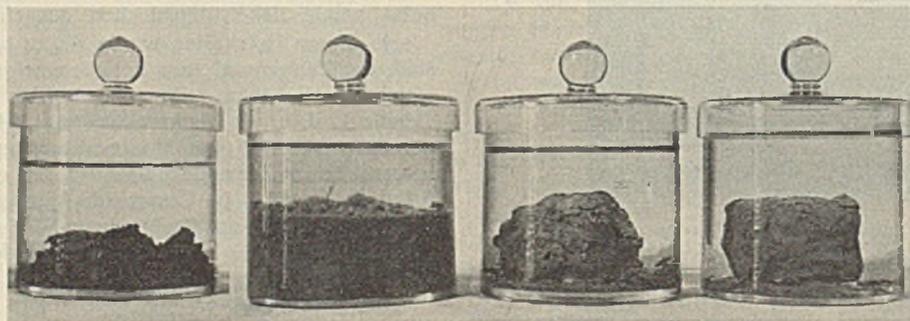


Abb. 8. Verhalten der Na-Ton-Sandmischung in Wasser
vor und nach der elektrochemischen Behandlung. Maßstab 1:5.

Glas 1: Unbehandelter Ton nach 5 min Wasserlagerung. Der Ton zerfällt bereits.

Glas 2: Unbehandelter Ton nach 1 Std. völlig zerfallen.

Glas 3: Behandelte Ton nach 3 Monaten. Der Klumpen ist fast ganz erhalten.

Glas 4: Ein nach der elektrischen Behandlung durchgekneteter Tonklumpen von der Al-Anode, der sich nach drei Monaten überhaupt nicht geändert hat.

Das ursprünglich breiige Material besitzt nach Beendigung der elektrolytischen Behandlung eine Konsistenz, als ob es einer hohen Belastung (z. B. Überlagerung in der Natur) unterzogen worden wäre. Eine Bodenschicht derart verfestigten Materials würde, wenn in der Natur angetroffen, als unbedenklicher Baugrund angesehen werden. Im Gegensatz zum Anfangsstadium sind bei behandeltem Material Bauwerksetzungen, auch bei hoher Belastung, höchst unwahrscheinlich.

Das verfestigte Material ist nicht in dem Sinne „fest“, wie man es von Gestein erwartet, sondern es zerspringt bei entsprechendem Druck zwischen den Fingern. Es hat also, besonders dann, wenn es stark sandhaltig ist, als kleines Stück in der Hand nicht die Festigkeit wie z. B. verkieselter Sand. Als Baugrund ist jedoch eine derartige Konsistenz vollständig befriedigend, da bekanntlich auch ganz kohäsionsloser Sand in entsprechender Tiefe und unter gewöhnlichen Verhältnissen sehr tragfähig ist.

Die Atterbergsche Fließgrenze nimmt mit der Dauer der Behandlung ab. Je höher die Fließgrenze eines Materials, desto kleiner wird im allgemeinen sein Winkel der inneren Reibung, d. h. desto rutschgefährlicher ist das Material. Der Reibungswinkel⁸⁾ des verwendeten Na-Tones beträgt durchschnittlich 17° vor Behandlung und etwa 25° nach elektrolytischer Behandlung. Die Erhöhung der Standfestigkeit von behandeltem Material ist somit außer Zweifel.

Diese Verfestigung geschieht wahrscheinlich zum größten Teil durch elektrische Umladung der Tonteilchen unter dem Spannungseffekte des elektrischen Stromes. Die elektrische Umladung bewirkt dabei im wesentlichen — soweit sich diese sehr verzwickten Vorgänge bisher übersehen lassen — einen Austausch der austauschfähig an der Oberfläche der Tonteilchen gebundenen ein- und zweiwertigen Kationen, besonders Na gegen H, bzw. dreiwertige Kationen, besonders Al, die durch Zersetzung des vorhandenen Wassers bzw. Auflösung der Al-Anode entstehen.

Wie groß der Wassergehalt des Bodens auch vor der Behandlung gewesen sein mag, mit der natürlichen Beendigung der elektrischen Behandlung sinkt er in jedem Falle in weitem Umfang, auf z. B. etwa 30 bis 40%, je nach der Art des Bodens. Die Verfestigung ist derart, daß selbst bei stärkerem Naßwerden des behandelten Bodens der Wassergehalt unverändert bleibt und eine Zerstörung des Bodens nicht mehr stattfindet. Die außerordentlich geringe Zusammendrückbarkeit des behandelten Bodens läßt vermuten, daß der Verfestigungsvorgang mit einer Strukturumbildung, auch in Fällen von vollkommen gestörtem Ausgangsmaterial, Hand in Hand geht. Neben der vorerwähnten Umladung der Tonteilchen können durch den elektrolytischen Vorgang abgelagerte Al-Verbindungen vielleicht ebenfalls zur Erhöhung der Festigkeit des Bodens beitragen.

Möglicherweise geht eine Aluminatbildung nebenher, die vielleicht in ähnlicher Weise wie die erhärtende Wirkung der bei dem Zementabbinden auftretenden Kalziumaluminathydrate zur Verfestigung beiträgt. Der weiße Beschlag der Al-Anode auf Abb. 6 wurde röntgenographisch als Bauxit $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ festgestellt.

Aus einer großen Reihe von Anwendungsmöglichkeiten seien einige Beispiele herausgegriffen, bei denen eine elektrolytische Behandlung weicher Tonbodenschichten denkbar wäre.

1. In gutem Baugrunde sind weiche Tonlinsen eingeschlossen und lassen starke, ungleichmäßige Setzungen befürchten. Statt der teureren

⁸⁾ Die Reibungsversuche wurden im Laboratorium der Deutschen Forschungsgesellschaft für Bodenmechanik an der Technischen Hochschule Berlin mit Hilfe des Casagrandeschen Scherapparates durchgeführt. Die Scherkraft wurde in Stufen von $\frac{1}{40}$ der lotrechten Belastung und in Zeitintervallen von 1 min aufgebracht.

Pfahlgründung würde hier eine elektrolytische Behandlung der weichen Einschlüsse in vielen Fällen wohl genügen.

2. Ein bestehender Hang rutscht stellenweise ab und läßt mit Recht weitere, ausgiebige Rutschungen erwarten. Die erwähnte Tatsache der Erhöhung des Reibungswinkels durch elektrolytische Behandlung bedeutet ein gutes Mittel zur Verhinderung weiterer Rutschungen. Eingebrachte Elektroden, z. B. in Form von mit Al und Cu beschlagenen Pfählen nach Abb. 9 würden den Rutschhang nach elektrolytischer Behandlung innerhalb kurzer Zeit derart stabilisieren, daß weitere Rutschungen unwahrscheinlich sind. Die erforderliche Tiefe der Behandlung richtet sich nach der ungünstigsten Lage der Gleitfläche und kann angenähert errechnet werden.

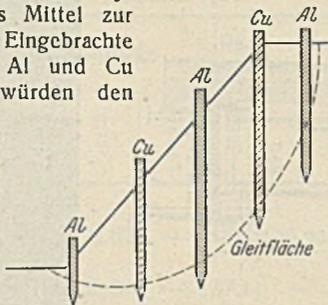


Abb. 9. Mit Al und Cu beschlagene Pfahlreihe in einem Rutschhang (schematisch).

3. Dichtung von Erddämmen, Kanaldämmen usw. durch elektrolytische Behandlung. Der Kern eines gespülten Damms (Abb. 10) könnte durch seitliches Auflegen von Cu- und Al-Platten elektrolytisch verfestigt werden. Da die Wasserdurchlässigkeit jedoch schon nach kurzer Behandlungsdauer völlig aufhört, würde hier ein besonders schnelles und billiges Arbeiten möglich sein. Die Cu-Platten könnten jeweils gezogen und für die nächste darüberliegende, zu behandelnde Schicht Verwendung finden.

IV. Ausblick.

Die neuzeitlichen Erkenntnisse der elektrochemischen Natur der Tonminerale und die vorliegenden Versuchserfolge des elektrochemischen Verfestigungsverfahrens von Tonböden ergänzen sich in schöner Weise. Freilich kann man bei dem heutigen Stande der Versuche nicht sagen, ob das neue Verfahren unter allen Umständen für alle Tonböden stets wirtschaftlich ist. Besonders ist die Frage der günstigsten Anordnung, Abmessung und Anbringung der Elektroden noch keineswegs geklärt.

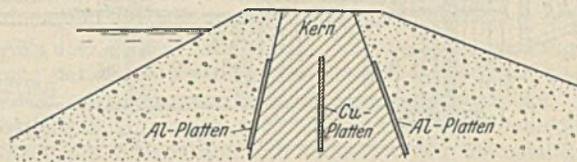


Abb. 10. Dichtung von Erd- und Kanaldämmen (schematisch).

Es verdient aber hervorgehoben zu werden, daß es sich hier um das erste Verfahren handelt, das den Versuch macht, in technischer Form Tonböden zu verfestigen. Da der Verfestigungsvorgang selbst weitgehend durch den heutigen Stand unserer Kenntnisse von der Natur der Tone erklärt werden kann, liegen dem Verfahren wohl richtige Gedankengänge zugrunde, die seine Anwendung in all den Fällen des Tief- und Bergbaues aussichtsreich erscheinen lassen, wo es gilt, unbequeme Tonhorizonte zu verfestigen.

Alle Rechte vorbehalten.

Der Bau der neuen Straßenbrücke über die Elbe in Meißen.

Von Reg.-Baurat Gruhle und Reg.-Baurat Dr.-Ing. Kirsten, Dresden.
(Schluß aus Heft 12).

C. Einzelheiten und Berechnung der Landöffnungen.

a) Die rechte Landöffnung.

Die mittlere Tragkonstruktion dieser Öffnung besteht aus sechs Hauptträgern, die durch lastverteilende Querrahmen zu einem für örtliche Lasten gemeinsam wirkenden Tragsystem verbunden sind (Abb. 32). Das Stehblech der Hauptträger ist 1260 · 12 mm. Als Gurtwinkel sind L 140 · 140 · 13 und als Gurtplatten Bleche 480 · 13 mm (bis zu drei Stück) verwendet. Bei der statischen Berechnung sind die Querverbindungen als starr angenommen worden. Die Trägheitsmomente der Hauptträger wurden sämtlich gleich gesetzt. Damit erfolgt die Durchbiegung aller Punkte der Hauptträger, die auf einer zur Achse senkrechten Strecke liegen, nach einer geraden Linie. Ist n die Zahl der Hauptträger und a_m der Abstand des in Frage kommenden Trägers vom Nachbarträger, so entfällt von einer Last P , die im Abstände e von der Schwerachse wirkt, auf den Träger bei m der Anteil

$$P_m = \frac{P}{n} \pm \frac{P e a_m}{\sum a^2}$$

Die zwischen den Hauptträgern im Abstände von 5,1 m vorgesehenen Rahmen haben folgenden Querschnitt: Stehblech 1200 · 12 mm, Gurtwinkel 90 · 90 · 9. Für die Ermittlung der größten Beanspruchung der Querrahmen wurden die Einflußlinien unter Zugrundelegung der Lastverteilung auf die einzelnen Hauptträger berechnet.

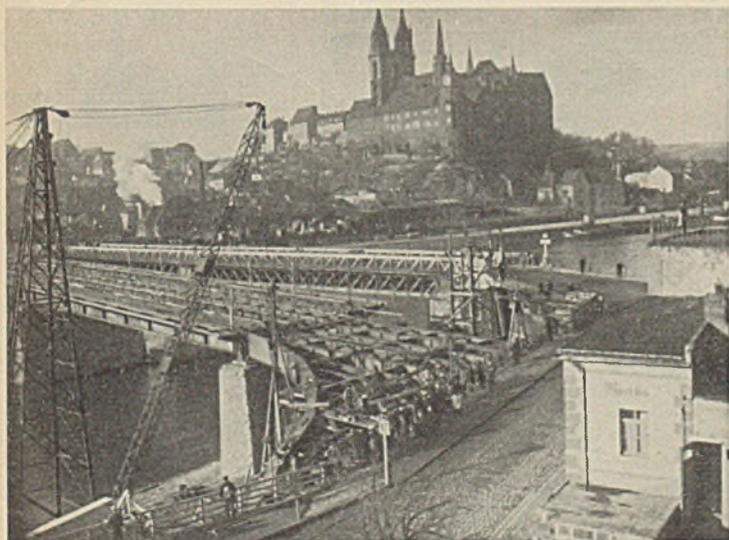


Abb. 32. Stahlgerippe der rechten Landöffnung (ohne unterstromige Trompete).

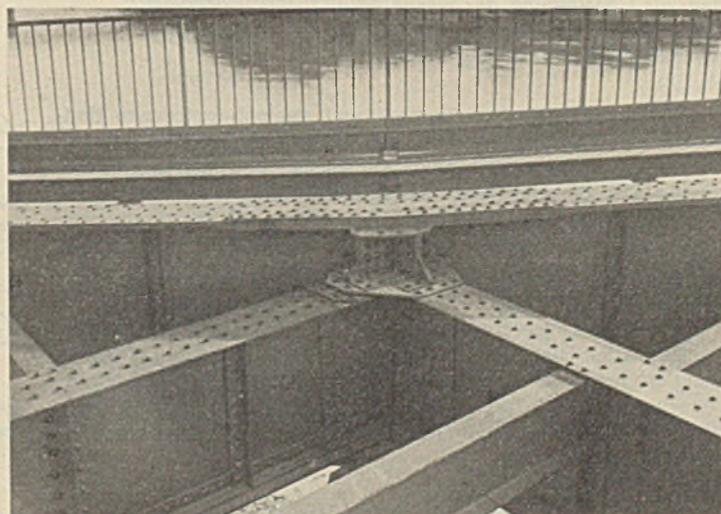


Abb. 34. Knotenpunkt im oberstromigen Hauptträger. Ausbildung des Trägerrostes.

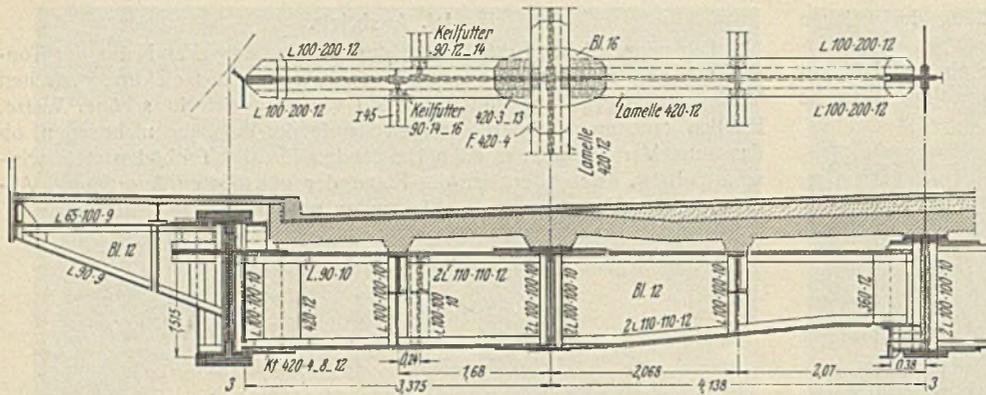


Abb. 33. Rechter Landüberbau, Querträger 3.

den geraden belasten. Die auf diese Weise ermittelten Zusatzkräfte rufen wiederum entgegengesetzt wirkende Zusatzmomente und Zusatzkräfte in dem gekrümmten Hauptträger hervor. Diese Rechnung wurde so lange fortgesetzt, bis die Zusatzkräfte verschwindend klein wurden. Die tatsächlichen Spannungszustände wurden dann durch Über-

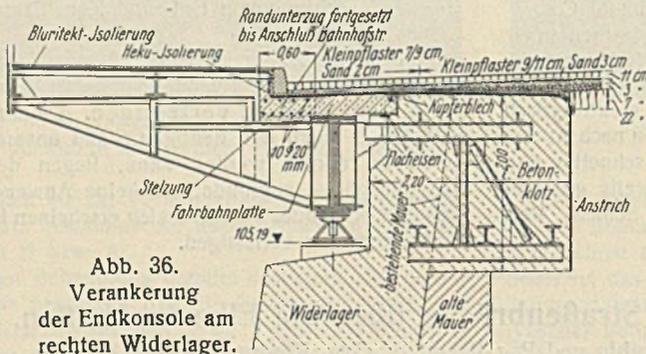


Abb. 36. Verankerung der Endkonsole am rechten Widerlager.

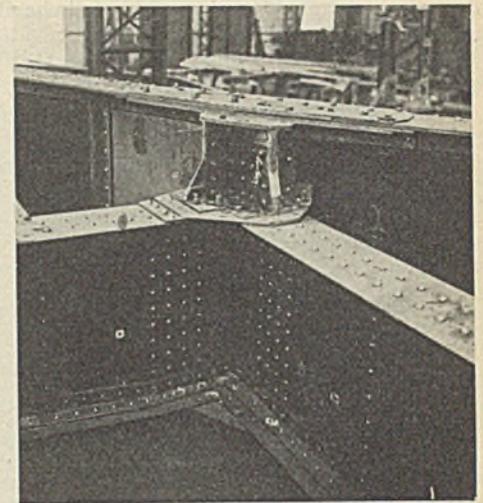


Abb. 35. Knotenpunkt im unterstromigen Hauptträger.

Seitenansicht Ansicht im Trägerschnitt

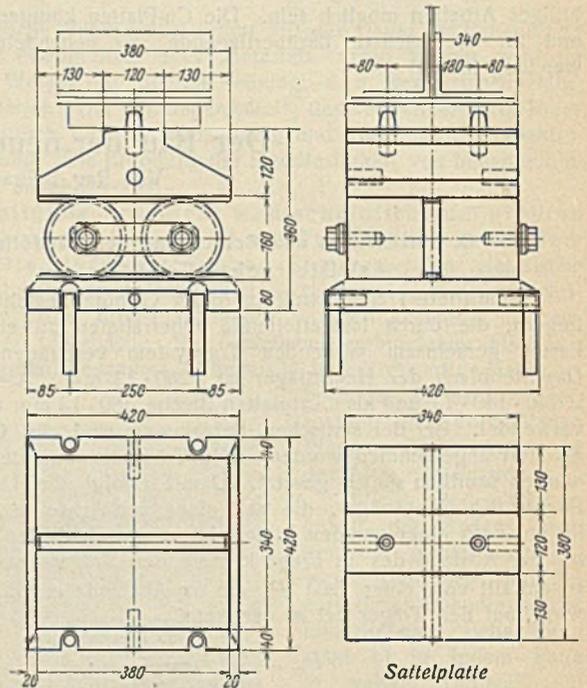
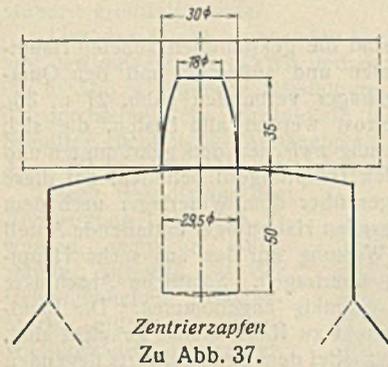
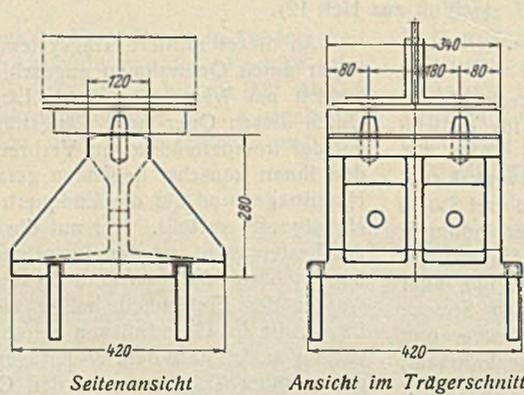


Abb. 37a. Bewegliches Lager der Landüberbauten auf Pfeiler I und IV.



Zentrierzapfen
Zu Abb. 37.



Seitenansicht

Ansicht im Trägerschnitt

lagerung sämtlicher Belastungsfälle gefunden. Besondere Sorgfalt wurde auf die Ausbildung der Polygonknickpunkte gelegt (Abb. 34 u. 35). Die im Ober- und Untergurt wirkenden waagerechten Kräfte werden durch hinreichend starke Versteifung in die Quer- und Längsträgergurt-ebenen übergeleitet. Die erforderliche große Anzahl von Anschluß-nieten zur Übertragung der waagerechten Kräfte bedingte an den Fußwegkonsolen Anhängewinkel (Abb. 33).

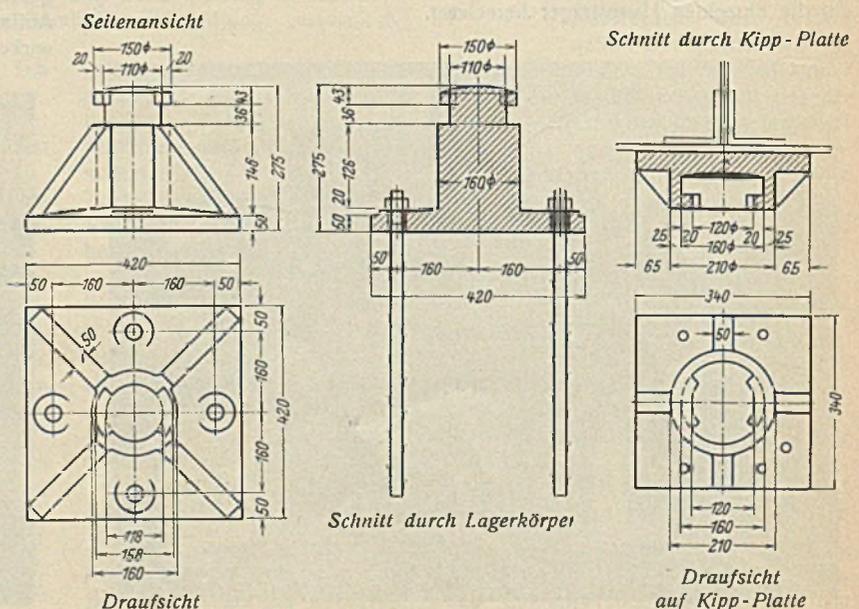
Bei den am weitesten stromauf und stromab gelegenen Endkonsolen am Widerlager wurden zur Aufnahme der Kippmomente Betonverankerungen notwendig. Zwecks Verringerung dieser Momente sind die Gangbahn-Längsträgerprofile dort so bemessen, daß sie die Last aus Eigengewicht nicht auf das Endkonsol, sondern auf die beiden benachbarten Stützpunkte zu übertragen vermögen und daß dieses lediglich durch die Verkehrslast beansprucht wird (Abb. 36).

Die festen Lager sind auf dem Widerlager, die beweglichen auf dem rechten Uferpfeiler (IV) angeordnet. Eine besondere Durchbildung erfuhren die Lager für die gekrümmten Randträger A und H, die wegen der Möglichkeit des Auftretens von negativen Auflagerkräften (Abheben) auch Zugkräfte aufzunehmen imstande sein müssen (Abb. 37, 37a bis 37b).

b) Die linke Landöffnung.

Sie ist wie der Mittelteil der Tragkonstruktion der rechten Landöffnung ausgeführt.

Abb. 37. Festes Lager der Landüberbauten auf den Widerlagern (für die Träger B, C, D, E, F, G).



Draufsicht

Abb. 37b. Lagerkörper für das feste Lager der Träger A und H auf dem rechten Widerlager.

D. Materialverbrauch.

Insgesamt wurden rd. 1400 t Stahl (St 37, St 52, Stg 52, 81) verbaut. Die Verteilung der einzelnen Stahlarten auf die verschiedenen Bauteile zeigt die nachstehende Übersicht, aus der auch die Gewichte in t je m Brückenlänge und je m² Verkehrsfläche zu entnehmen sind.

Konstruktionsteil	Linker Landüberbau			Hauptbrücke			Rechter Landüberbau (Trompete)		
	St 37 t	St 52 t	Stg 52,81 t	St 37 t	St 52 t	Stg 52,81 t	St 37 t	St 52 t	Stg 52,81 t
Hauptträger einschl. Windverband . . .	58,13	—	—	41,26	624,62	—	81,41	36,48	—
Querträger mit Fußwegkonsolen	13,07	—	—	25,46	135,38	—	37,11	—	—
Längsträger	7,94	—	—	190,31	—	—	33,24	—	—
Geländer	3,45	—	—	28,27	—	—	5,23	—	—
Besichtigungswagen einschl. Laufschienen	8,85	—	—	26,57	—	—	9,73	—	—
Lager	0,08	—	2,72	0,26	—	21,14	1,53	—	4,58
Gesamtstahlgewicht (außer Lager) in t	91,52			1072,13			204,73		
Stahlgewicht je m Brückenlänge in t	4,47			6,55			10,1		
Stahlgewicht je m ² Verkehrsfläche in t	0,248			0,364			0,324		

E. Die Aufstellung der Stahlkonstruktion.

Da für die Schifffahrt je eine Öffnung von mindestens 20 m l. W. in der mittleren und in der rechten Stromöffnung freigehalten werden mußte und auf dem rechten Ufer der zutage tretende Fels größere Schwierigkeiten beim Rammen von Rüstungen erwarten ließ, ergab es sich von selbst, daß mit dem Vorbau vom linken Elbufer aus begonnen wurde. Es wurde dort auf festen Rüstungen montiert, während zwischen den Stropfeilern II und IV wegen der freizuhaltenden Schifffahrtöffnungen der freie Vorbau gewählt wurde. Aus Abb. 38 u. 38a sind die allgemeine Anordnung der Montagegerüste und der Rüstungsvorgang selbst zu ersehen.

Auf dem linken Elbufer, wo nur beschränkter Raum für die Ablagerung der angelieferten Konstruktionsteile vorhanden war, wurden die Bauhütten, das Magazin und die Kompressorenanlage untergebracht. Die Stahlbauteile wurden vom Bahnhof Meißen-Triebischtal aus durch die Städtische Straßenbahn auf Rollbockwagen bis unmittelbar zur Baustelle befördert, wo die einzelnen Stücke mittels eines Schwenkkranes von 24 t Tragfähigkeit unmittelbar vom Eisenbahnwagen an die Verwendungsstelle auf der Brücke gehoben wurden (Abb. 39).

Für die linke Landöffnung war eine durchgehende Rüstung nicht vorgesehen; in der Mitte der Öffnung war lediglich zur Unterstützung der Brücke ein Doppelbock aufgestellt, während die Nietgerüste nach Bedarf örtlich hergerichtet und verschoben wurden. Mit Hilfe des Schwenkkranes wurde außerdem der in Reichweite liegende Teil der linken Seitenöffnung der Hauptbrücke unmittelbar auf feste Rüstung abgesetzt und der besonders für den freien Vorbau benötigte Derrick-Kran mit fahrbarem Unterwagen montiert, der bei einer Ausladung von 11,5 m eine Tragfähigkeit von 22 t besaß. Die restliche Montage der Stahlkonstruktion zwischen Pfeiler I und II wurde mit Hilfe des Derricks auf fester Rüstung bewirkt. Der Transport der Bauteile auf der Brücke wurde

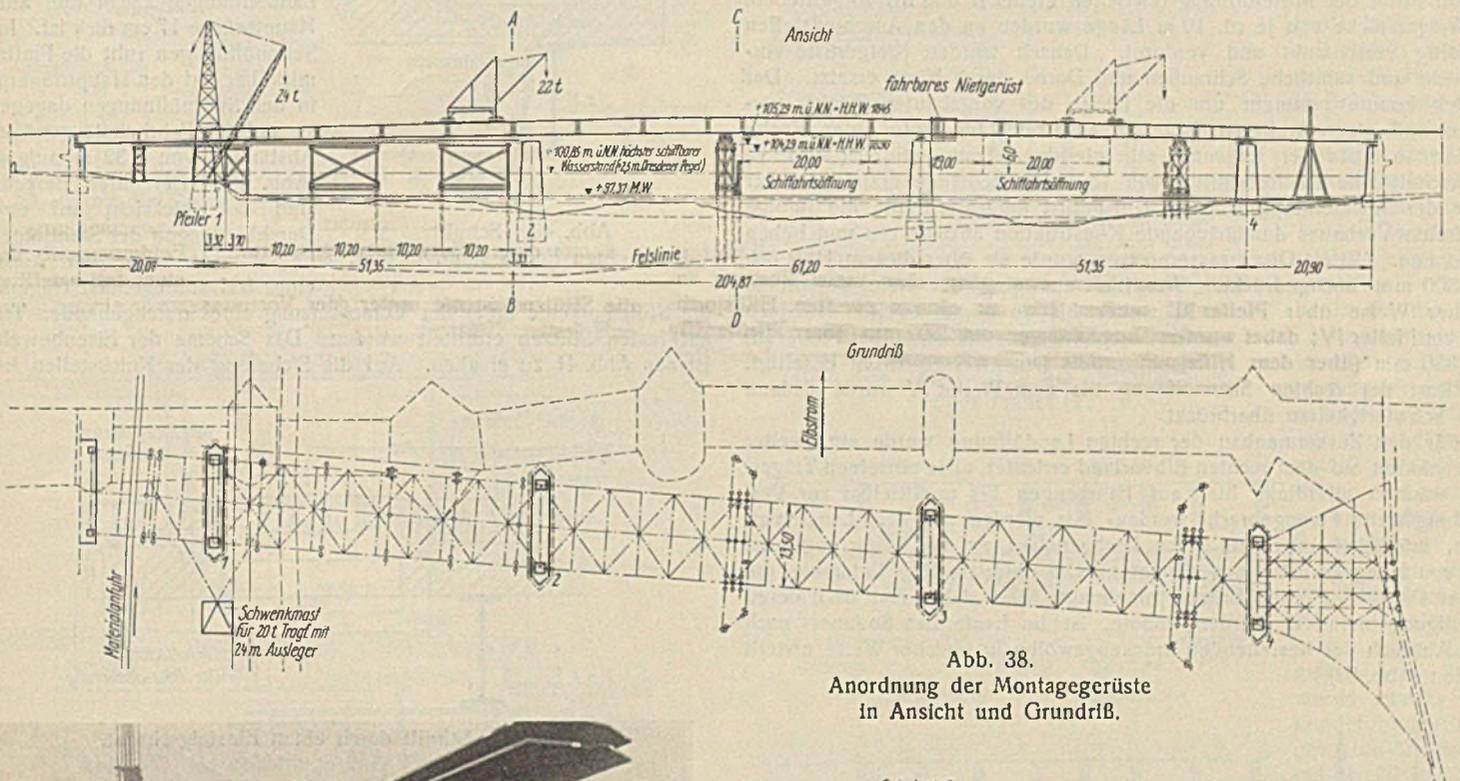


Abb. 38. Anordnung der Montagegerüste in Ansicht und Grundriß.

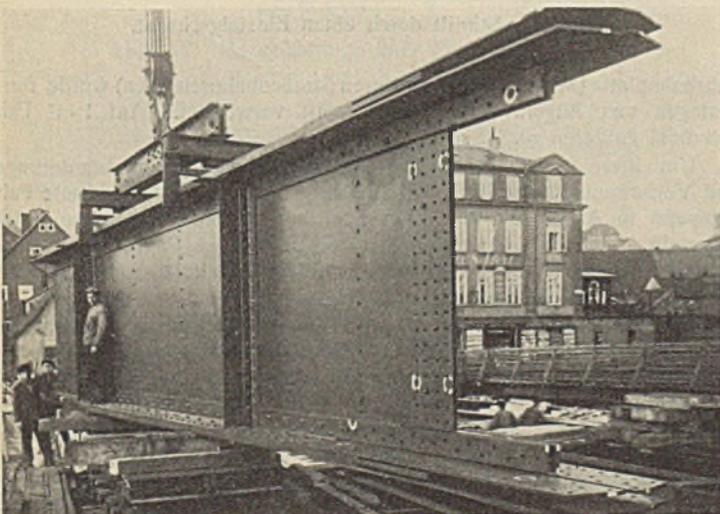


Abb. 39. Heben der Stahlbauteile mittels Schwenkkranes vom Eisenbahnwagen aus.

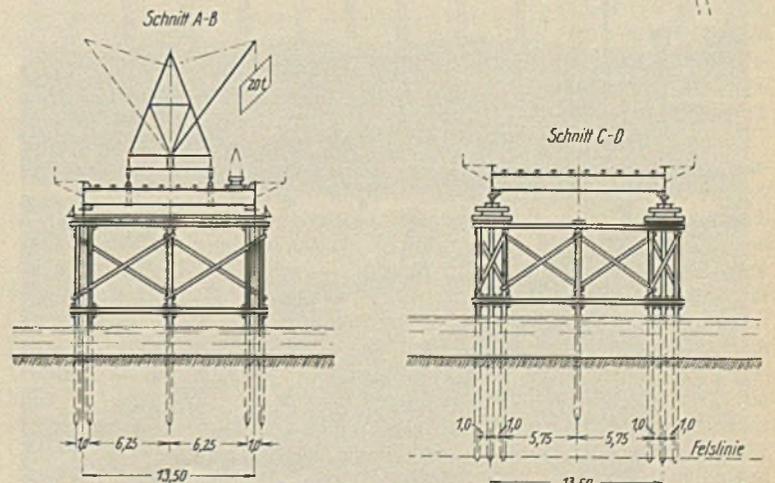


Abb. 38a. Querschnitte durch die Montagegerüste.

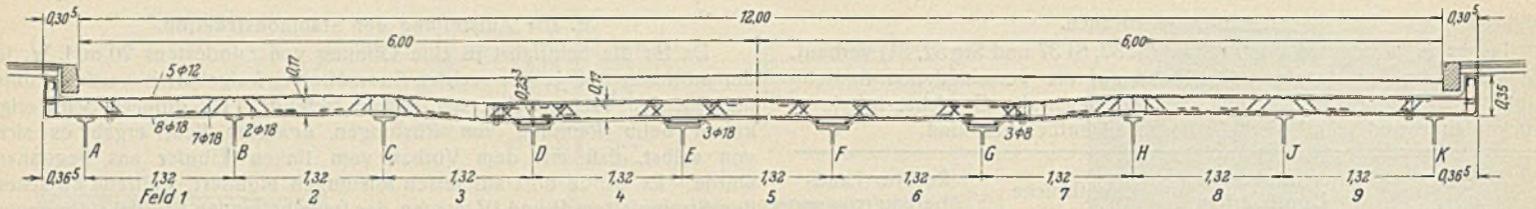


Abb. 41. Bewehrung der Fahrbahn der Hauptbrücke.

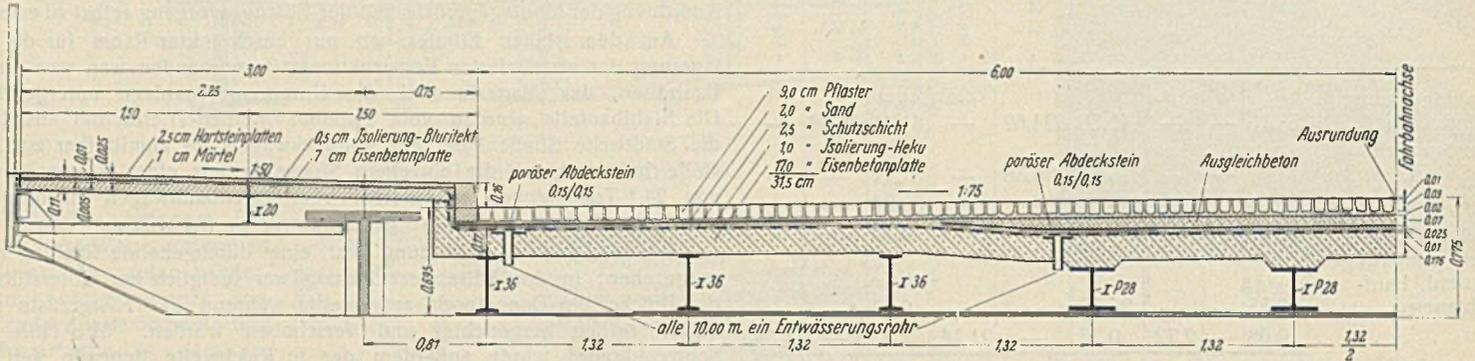


Abb. 40. Querschnitt durch Fahr- und Gangbahn in der Hauptbrücke.

von Pfeiler I aus auf einem oberstromseitig verlegten Verladegleis durchgeführt, auf dem die einzelnen Trägereile jeweils bis in Reichweite des Vorbauderricks gebracht wurden. Nach dem Abnieten der Stahlkonstruktion bis zum Pfeiler II setzte der freie Vorbau ein. Zunächst wurde dieser bis zur Mitte der Mittelöffnung (zwischen Pfeiler II und III) vorgetrieben. Die Trägerstücke von je rd. 10 m Länge wurden an den Anschlußstellen sorgfältig verschraubt und verdornt. Danach wurden Nietgerüste vorgestreckt und sämtliche Schrauben und Dorne durch Nieten ersetzt. Der Derrick konnte nunmehr um die Länge des vorgebauten Stückes vorgehen und einen weiteren Trägereile ansetzen. Im Laufe einer Woche wurden so trotz der teilweise sehr niedrigen Temperaturen (-25°C) durchschnittliche Baufortschritte von 15 m Brückenlänge erzielt. In der Mitte der Mittelöffnung war ein Hilfsgerüst aufgestellt, um die infolge des freien Vorbaues durchhängende Konstruktion abzustützen und heben zu können. Mittels Druckwasserpressen wurde sie über diesem Hilfsjoch um 300 mm hochgedrückt. Von hier aus ging der freie Vorbau in gleicher Weise über Pfeiler III weiter bis zu einem zweiten Hilfsjoch kurz vor Pfeiler IV; dabei wurden Durchhänge von 250 mm (über Pfeiler III) und 850 mm (über dem Hilfsjoch) mittels Druckwasserpressen beseitigt. Der Rest der rechten Stromöffnung bis zum Pfeiler IV wurde alsdann ohne Schwierigkeiten überbrückt.

Für den Zusammenbau der rechten Landöffnung wurde ein zweiter Schwenkkran auf dem rechten Elbvorland errichtet. Die einzelnen Trägereile mußten allerdings hier auf Fahrzeugen bis unmittelbar zur Verwendungsstelle herangebracht werden. Sie wurden auf dem Lande verdornt, möglichst in einem Stück hochgehoben, auf die Lager abgesetzt und von Hängegerüsten aus vernietet. Die unterstromige Trompete, die in das Profil der alten Brücke hineinragte und daher erst nach deren Beseitigung montiert werden konnte, ist im Laufe des Sommers nach dem Abbruch der bestehenden Brückengewölbe in gleicher Weise erstellt worden (Abb. 32).

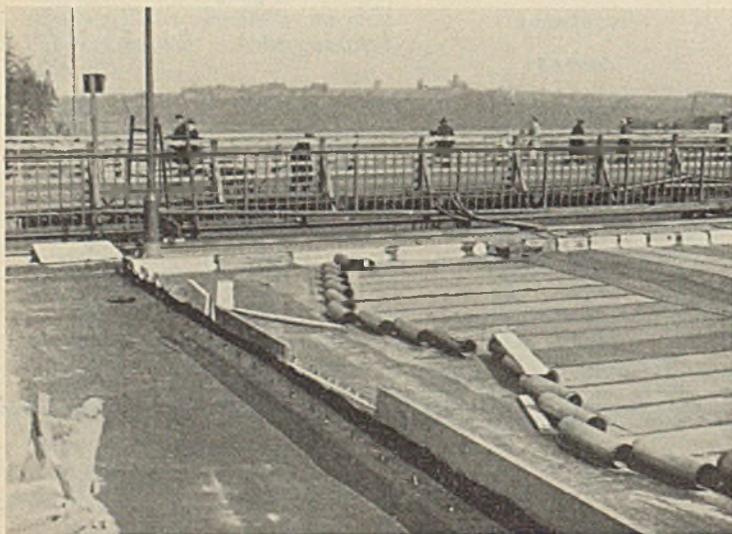


Abb. 42. Aufbringen der Heku-Isolierung.

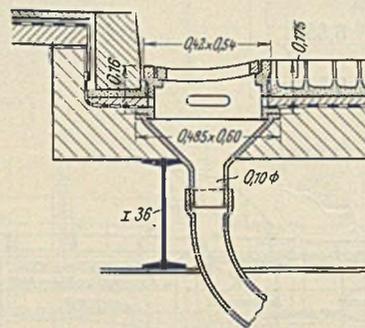


Abb. 43. Schnitt durch einen Entwässerungsschrot.

VIII. Die Fahrbahn.

Die Tragkonstruktion der Fahrbahn wird durch eine Eisenbetonplatte gebildet, die in den beiden Landöffnungen 22 cm und auf der Hauptbrücke 17 cm dick ist. In den Seitenöffnungen ruht die Platte unmittelbar auf den Hauptträgern auf, in den Stromöffnungen dagegen ist sie auf den Fahrbahnträgern in Abständen von 1,32 m aufgestellt (Abb. 40). Bei ihrer Berechnung sind mit Rücksicht auf etwaige Durchbiegungen der Stahlträger das Feldmoment unter der Annahme eines frei aufliegenden Trägers und die Stützmomente unter der Voraussetzung eines durchgehenden Trägers auf festen Stützen ermittelt worden. Das Schema der Eisenbewehrung ist aus Abb. 41 zu erschen. Auf die Sicherung der Knickstellen in der

die Stützmomente unter der Voraussetzung eines durchgehenden Trägers auf festen Stützen ermittelt worden. Das Schema der Eisenbewehrung ist aus Abb. 41 zu erschen. Auf die Sicherung der Knickstellen in der

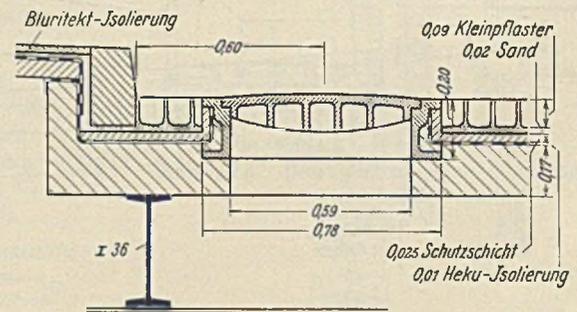


Abb. 44. Schnitt durch einen Einsteigschacht.

Fahrbahnplatte (Mulde für die späteren Straßenbahnschienen) wurde durch Einlegen von Bügeln besondere Sorgfalt verwendet. Auf 1 m^2 Fahrbahnplatte entfielen rd. 32 kg Eisen.

Um Risse durch Nebenspannungen infolge Temperaturänderungen und Verformungen der Stahlbauteile zu vermeiden, ist die gesamte Fahrbahnplatte in Abständen von 10 m quer zur Brücke in einzelne Felder aufgeteilt. An den Stoßstellen ist gegen einfache Pappeinlage stumpf betoniert worden. Über der Fuge wurde als Schutz gegen etwa eindringende Nässe ein Kupferblech verlegt.

Für die Gangbahn wurden aus wirtschaftlichen und technischen Gründen vorher fertiggestellte Eisenbetonplatten (Abmessung $1,0 \cdot 1,5 \cdot 0,07\text{ m}$) verwendet. Die Art ihrer Auflagerung auf den Gangbahnträgern und auf der Fahrbahnplatte geht aus Abb. 40 hervor.

Zur Abweisung des Oberflächenwassers sind folgende Maßnahmen getroffen worden:

Über der Eisenbetonfahrbahnplatte wurde die in letzter Zeit in Einführung begriffene Dichtung der Vereinigten Deutschen Metallwerke, Abt. Hedderheimer Kupferwerk, verwendet. Sie besteht aus drei Schichten:

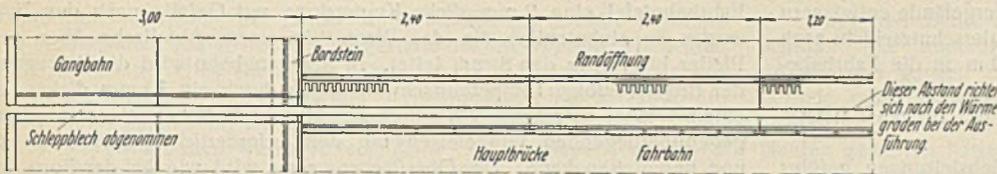
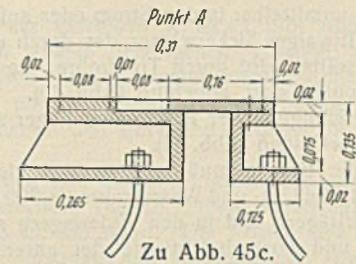


Abb. 45a. Ausbildung der Dehnungsfuge über Pfeiler I. Draufsicht.



Draufsicht auf Punkt A

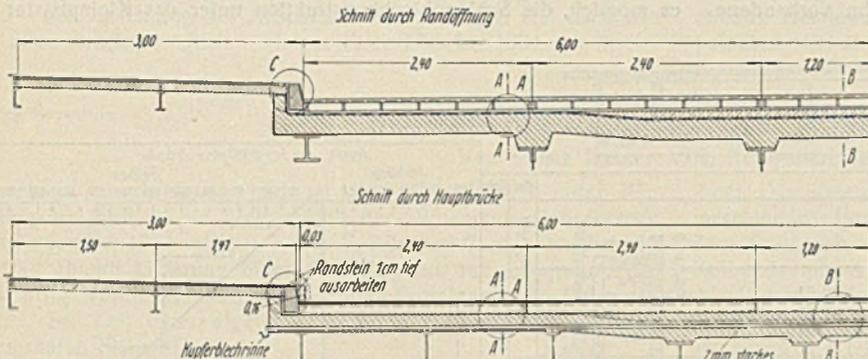


Abb. 45b. Längsschnitte durch die Dehnungsfuge.

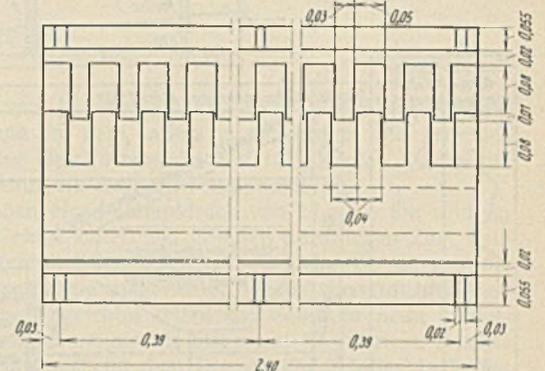


Abb. 45c. Draufsicht und Schnitt durch den Gußkörper bei Punkt A.

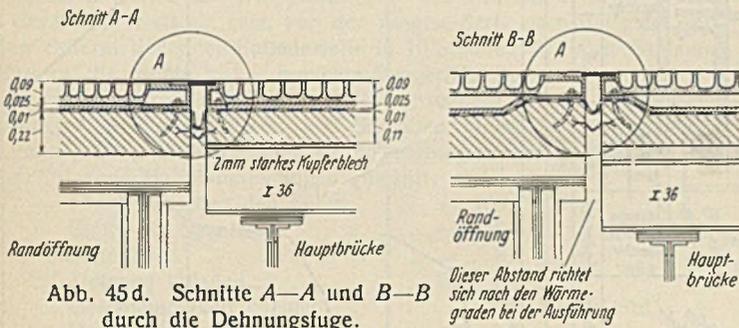


Abb. 45d. Schnitte A-A und B-B durch die Dehnungsfuge.

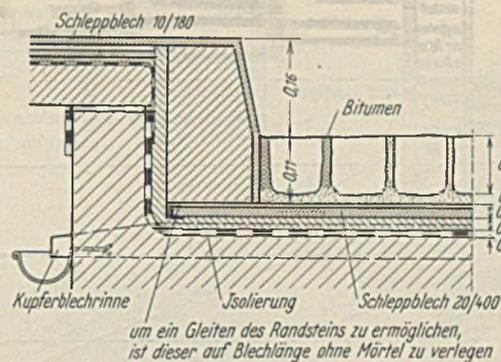


Abb. 47a. Ausbildung der Dehnungsfuge über Pfeiler IV.

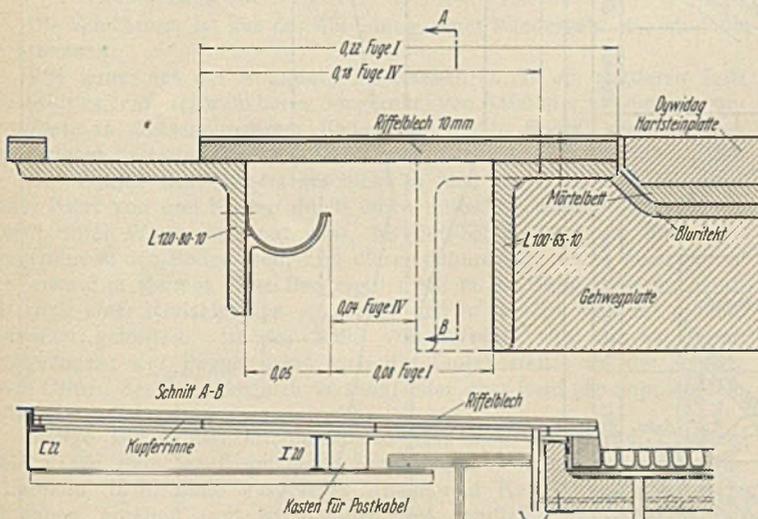


Abb. 46. Gangbahnfuge über Pfeiler I und IV.

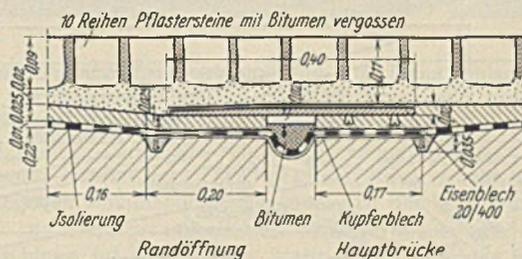


Abb. 47b. Querschnitte durch die Dehnungsfuge in Nähe der Gangbahn und in Brückenmitte.

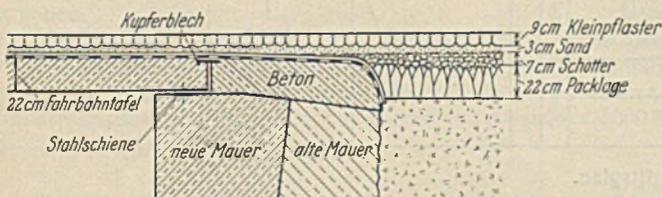


Abb. 48. Anschluß der Fahrbahn an das rechte Widerlager.

1. Grundanstrich des Betons mit Inertol,
2. Verlegen eines 0,2 mm dicken geriffelten Kupferbronzebleches auf Heku-Klebmasse,
3. Aufbringen einer 1 bis 2 mm dicken Aufstrichmasse (Mexphalt).

Die Kupferbleche wurden wie bei den bekannten Bitumenjutegeweben durch Aufrollen verlegt (Abb. 42). Als besondere Vorzüge dieser Kupferblechisolierung sind das große Dehnungsvermögen (40 bis 50%) und die hohe Zugfestigkeit (24 bis 28 kg/mm²) des Materials zu nennen (Angaben der Hedderheimer Kupferwerke). Auch die Möglichkeit des Verlegens

in der kalten Jahreszeit spricht sehr für seine Verwendung im Brückenbau. Über diese Isolierungsschicht ist eine 2,5 cm dicke Monierschutzschicht aufgebracht worden. Zwecks Herstellung eines profilgerechten Unterbaues für die Fahrbahnentwässerung ist der vorsorglich ausgesparte Straßenbahnkoffer zunächst mit Magerbeton ausgefüllt worden. Auf dieser Unterbauebene wurde in einer 2 cm hohen Sandschicht Kleinfpflaster von 9 cm Höhe (Lautsitzer Granit) verlegt. Das Quergerfälle der Straße wurde zwecks Verminderung des Eigengewichts der Brücke mit 1:75 gewählt, was mit Rücksicht auf das verhältnismäßig starke Längsgerfälle unbedenklich erscheint.

Die Eisenbetonplatten der Gangbahn wurden nach dem Verlegen gestrichen und anschließend mit einem einfachen Bitumenjutegewebe isoliert (einmaliger Grund- und Deckanstrich). Darüber sind 2,5 cm dicke Hartsteinplatten der Firma Dyckerhoff & Widmann AG., Cossebaude, in Kalkmörtel mit einem Quergerfälle von 1:50 nach der Fahrbahn zu aufgebracht. Die Dichtungsbahn des Fußweges ist so weit nach dem Bord zu geführt, daß die Heku-Isolierung der Fahrbahn überlappt und somit etwa eingedrungenes Oberflächenwasser von der Fahrbahnplatte ferngehalten wird (Abb. 40). Zur raschen Ableitung des Oberflächenwassers sind in Abständen von etwa 30 m Einlaufschrote aus Gußeisen am Straßenbord entlang eingebaut

worden, die unmittelbar in den Strom oder auf das Ufergelände entwässern (Abb. 43). Etwas Sickerwasser, das durch die Monierschutzschicht noch eindringen sollte, wird durch Tropfrohre, die alle 10 m in die Fahrbahntafel einbetoniert sind, abgeführt (Abb. 40).

Zur Besichtigung der Pfeiler und Lager sind in der Brücke Einsteigöffnungen vorhanden (Abb. 44).

Über die Brücke mußten insgesamt vier Betriebsleitungen geführt werden. Für die Gas- und Wasserrohre (je 300 mm l. W.) wurden Öffnungen in den Querträgern und in den Widerlagern ausgespart. Zur Überleitung der Strom- und Postkabel diente der unter der Gangbahn vorhandene

Fahrbahntafel eine 2 mm dicke Kupferrinne mit Gefälle nach den Fußwegen zu einbetoniert, die das Wasser in einem Abfallrohr über den Pfeiler hinweg in den Strom leitet. In der Gangbahn wird die Bewegung der Brücke infolge Temperaturschwankungen durch ein 10 mm dickes, an einem Winkel befestigtes Riffelblech gewährleistet, das auf einem zweiten, gegenüberliegenden Winkeleisen mit dem erforderlichen Spielraum hin und her gleiten kann. Das Oberflächenwasser wird wie bei der Fuge der Fahrbahn in Kupferinnen abgeführt (Abb. 46). Beim rechten Landpfeiler ist eine Dehnungsfuge von nur 4 cm Breite notwendig; infolgedessen war es möglich, die Schleppblechkonstruktion unter das Kleinpflaster zu ver-

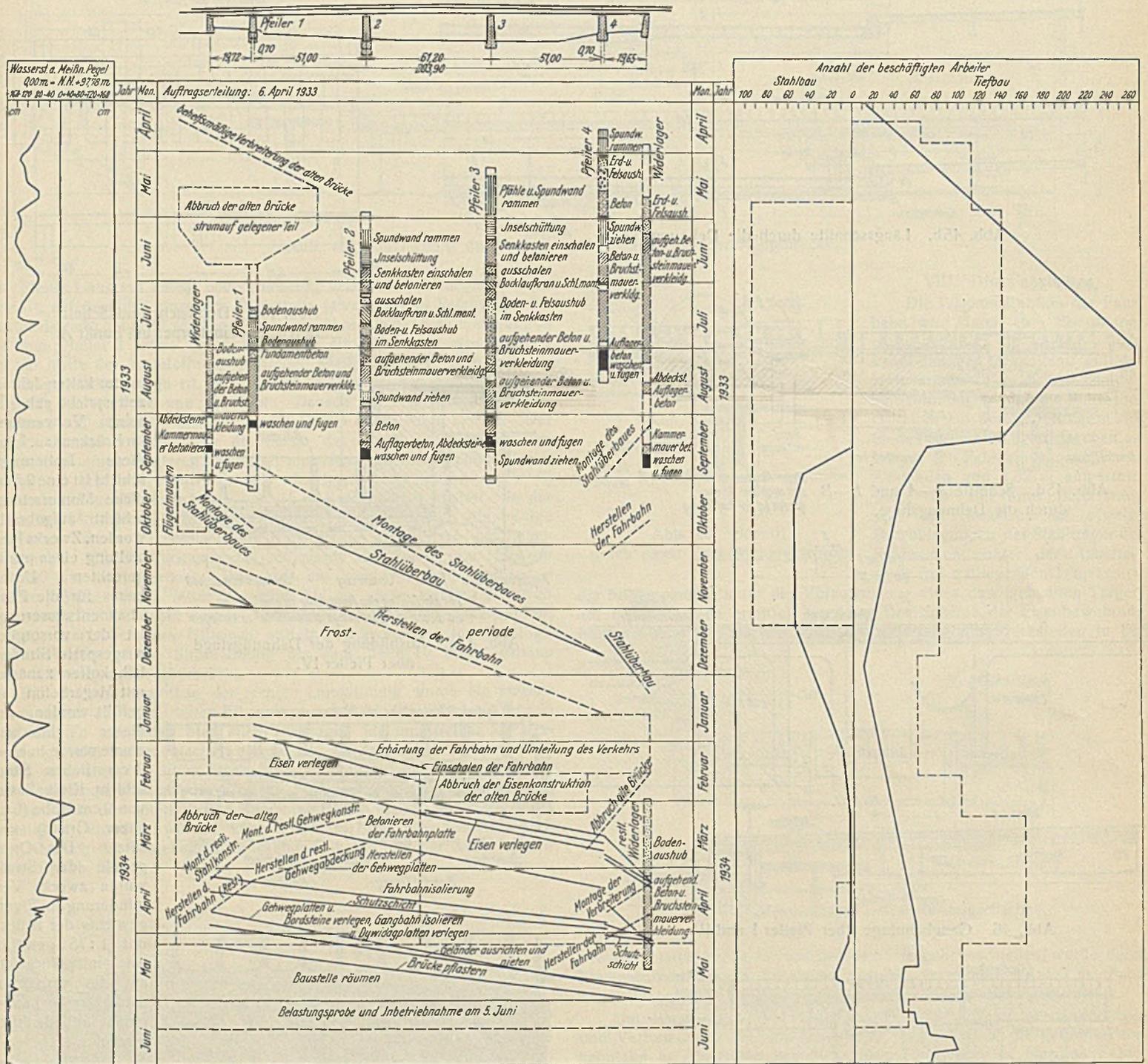


Abb. 49. Baufortschrittsplan.

freie Raum. Zwecks Schonung der Bruchstein-Ansichtflächen des linken Widerlagers wurden dort die Stromkabel in Siederöhren an der Rückenfläche der Stützmauern hinab und von da durch das Fundament des Widerlagers hindurch dem Eltwerk zugeleitet (Abb. 25).

Die über den Landpfeilern vorgesehenen Dehnungsfugen sind verschieden durchgebildet. Über Pfeiler I ergab die Berechnung unter der Annahme einer Temperaturschwankung von $\pm 35^\circ \text{C}$ eine Bewegung von rd. 8 cm. Dieses an sich große Maß bedingte die Anordnung eines besonderen Gußkörpers mit fingerförmig ausgeschnittenen Schleppblechen (Abb. 45a bis d). Zur Ableitung eindringenden Oberflächenwassers ist in die

legen, das durch Offenlassen größerer Fugen und deren Vergießen mit Bitumen in die Lage versetzt wurde, den Bewegungen der Brücke zu folgen. Die Durchbildung der Fuge ist aus Abb. 47a bis b zu ersehen.

Für die Anschlüsse an den Widerlagern waren die Verhältnisse insofern günstiger, als dort die festen Lager der Seitenöffnungen angeordnet sind. Der Dichtung der Eisenbetonfahrbahnplatte, die als Auflager eine stählerne Schiene erhielt, wurde an dieser Stelle besondere Sorgfalt zugewandt. Um das Eindringen von Wasser auf alle Fälle zu verhindern, wurden die Kupferbleche weit über die Widerlager hinweggezogen; Einzelheiten darüber sind aus Abb. 48 ersichtlich.

Für die Beleuchtung der Brücke sind 19 Stück 5,5 m hohe stählerne Maste in Abständen von 25 bis 30 m aufgestellt, die mit Ovalspegelleuchten von Zeiss-Ikon versehen sind. Die Maste sind von den Bordkanten aus 0,5 m in die Gangbahn eingerückt und in Stahlmastschuhen befestigt, die auf den Obergurtlamellen der Hauptträger aufgeschweißt wurden.

Mit den Bauarbeiten wurde Anfang April 1933 begonnen; sie waren Ende Mai 1934 so weit fortgeschritten, daß Anfang Juni die Belastungsprobe vorgenommen und nach deren günstigem Verlauf die Brücke dem Verkehr übergeben werden konnte. Die endgültige Fertigstellung des Bauwerks — die Errichtung der Anschlüsse war teilweise erst nach Abbruch der alten Brücke möglich — folgte Ende Oktober 1934.

Alle Rechte vorbehalten.

Schleppkopf-Saugebagger „Chien She“.

Von Franz Lasser VDI, Königsberg (Pr.).

Nach einer Ausschreibung und scharfem Wettbewerb unter den leistungsfähigsten Firmen der Welt schloß der „Whangpoo Conservancy Board“ im November 1933 mit der Firma F. Schichau G. m. b. H., Elbing, einen Vertrag ab auf Lieferung eines Saugebaggers mit Laderaum, der Ende 1934 fertig wurde und nach eingehenden Erprobungen in Pillau im Februar d. J. zur Zeit unter eigenem Dampf von Danzig nach seinem Bestimmungshafen Shanghai fährt.

Der Bagger ist für Schlickbaggerungen an der Barre an der Mündung des Yangtsefflusses bestimmt und wurde unter Aufsicht und entsprechend der höchsten Klasse für „Hopper-Bagger“ des Britischen Lloyd erbaut. Das Gerät soll imstande sein, von der Yangtse-Barre nach der zwei Seemeilen entfernt liegenden Entladestelle in 10 Stunden 19 200 m³ Schlamm zu fördern, die größte bisher erreichte Baggerleistung.

Nach umfangreichen Modell-Schleppversuchen in der Preußischen Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau in Berlin zur Ermittlung der günstigsten Schiffsform und Schraubenabmessungen wurden für den Bagger folgende Hauptabmessungen gewählt:

Länge zwischen den Loten . . .	= 109,7 m
Breite auf Spanten	= 18,3 „
Seitenhöhe	= 8,1 „
Tiefgang beladen	= 5,5 „
Geschwindigkeit beladen . . .	10 ¹ / ₄ Knoten/Std.
Größte Baggertiefe	= 13,7 m.

Die Schiffsform ist aus der Abbildung, einer Wiedergabe des Modells, zu erkennen.

Wie ferner aus der Abbildung zu ersehen ist, ist im mittleren Teile des Schiffes ein schwenkbares Saugerrohr von 1100 mm i. Durchm. angeordnet, an dessen unterem Ende ein in der Breite veränderlicher Schleppkopf befestigt ist.

Der Betrieb des Baggers geschieht so, daß das Saugerrohr bei langsamer Fahrt von drei Knoten durch einen mittschiffs angebrachten Schlitz soweit unter Wasser gesenkt wird, bis der Schleppkopf am Ende des Saugerrohrs in den Boden greift und diesen dahinstreichend in einer Breite von etwa 3 m abräbt. Das Baggergut fließt in das Saugerrohr und wird mit Hilfe einer Kreiselpumpe angesaugt und in den rd. 3200 m³ großen Laderaum gefördert. Ist das Schiff voll beladen, wird das Saugerrohr hochgezogen; der Bagger fährt nach der Entladestelle, wo der Schlick durch Öffnen der Bodenklappen versenkt oder über Bord gepumpt werden kann.

Infolge seiner eigenartigen Arbeitsweise kann der Bagger an allen Plätzen, die dem Schiff genügend Bewegungsfreiheit geben, vollständig freifahrend, d. h. ohne ausgelegte Anker und Ketten, allein vor den Schrauben arbeiten und ist dadurch der Schifffahrt in keiner Weise hinderlich. Der Bagger kann mehrere Wochen ununterbrochen arbeiten und braucht nur zur Aufnahme von Betriebsstoffen und Proviant an Land zu gehen.

Zur Durchführung dieser Arbeitsleistungen wurden die Maschinenanlage und der Schiffskörper im wesentlichen in folgender Weise ausgeführt.

Die gesamte Maschinenanlage besteht aus drei stehenden umsteuerbaren Dreifach-Expansions-Kolbendampfmaschinen von zusammen 5000 PS.

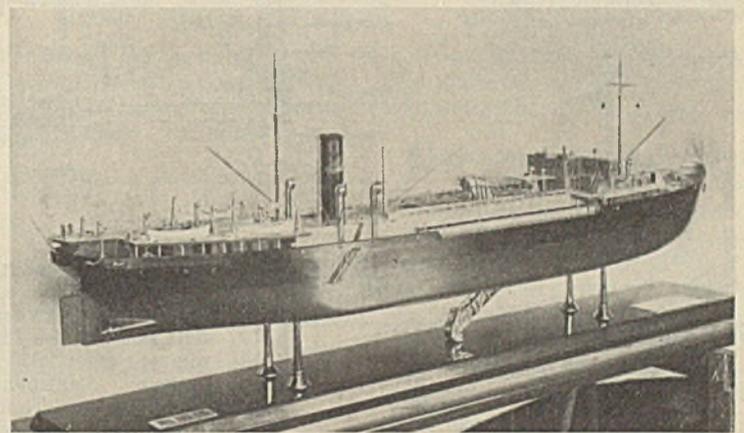
Über den Baufortschritt der einzelnen Arbeiten gibt Abb. 49 Aufschluß. Die außerordentlich knapp bemessenen Termine wären im großen und ganzen eingehalten worden, wenn nicht die harte Frostperiode vom Dezember 1933 eine Verzögerung der Arbeiten um rund 11 Wochen verursacht und damit den gesamten Arbeitsplan über den Haufen geworfen hätte.

Insgesamt wurden durch den Bau in der Werkstatt und auf der Baustelle rd. 85 000 Tagewerke geleistet. Die Höchstbelegschaft auf der Baustelle betrug im Sommer 1933 rd. 350 Mann. Die Kosten des Bauwerks einschl. Herstellung der Bahnhofstraße und Abbruch der alten Brücke belaufen sich auf rd. 1,8 Mill. RM.

Zwei Dampfmaschinen von je etwa 1600 PS sind hinter der Antriebsmaschine der Förderpumpe vor dem Laderaum angeordnet und verleihen dem beladenen Schiff eine Geschwindigkeit von 10¹/₄ Knoten. Die dritte Kolbendampfmaschine treibt die Bagger-Kreiselpumpe an.

Die vier Kessel haben einen Dampfdruck von 14 atü. Sie sind für Kohle- oder Ölfeuerung eingerichtet und erhalten künstlichen Zug, Bauart Howden. Die Bunker sind als Quer- und Längsbunker ausgebildet und für Kohlen- und Ölaufnahme eingerichtet. Sechs wasserdichte Querschotte und der Laderaumlängsschott teilen das Schiff in neun wasserdichte Abteilungen. Die Wohnräume für insgesamt 77 Offiziere, Beamte und Mannschaften sind entsprechend dem Dienste des Schiffes in heißer Gegend geräumig und mit reichlicher Lüftung versehen.

Außer den zum Betriebe erforderlichen Winden und Hilfsmaschinen, wie Dampfspelse-, Luft-, Kühlwasser-, Lenz-, Ballast- und Sanitätspumpe



wurden noch ein Evaporator und eine Eiskühlanlage eingebaut. Ferner ist der Bagger mit einer Anlage zur Erzeugung von destilliertem Trinkwasser und allen technischen Neuerungen, wie drahtloser Telegraphie und Telephonie, Tiefgangs- und Displacementsanzeigern, sowie elektrischem Echolot ausgerüstet. Die gesamte Baggerarbeit wird von der hoch gelegenen Kommandobrücke aus durch den Baggermeister geleitet.

Die Danziger Werft von Schichau baute das Schiff, während die Maschinen auf der Elbinger Werft derselben Firma entstanden.

Für die 11 500 Seemeilen lange Reise nach seinem Bestimmungsort Shanghai ist das Schiff entsprechend hergerichtet worden. Der Laderaum wurde für die Aufnahme von Kohlen so verwendbar gemacht, daß es möglich ist, den gesamten für die Reise erforderlichen Kohlenbedarf von rd. 2800 t einzunehmen, so daß ein Anlaufen von Häfen zum Kohlennehmen nicht erforderlich ist.

Möge der Name des Schiffes „Chien She“, was etwa „Wiederaufbau“ bedeutet, für seine Arbeit im Osten ein gutes Zeichen sein.

Vermischtes.

Oberbaurat Cornehl's †. Unser geschätzter Mitarbeiter, Magistrats-oberbaurat Dipl.-Ing. Wilhelm Cornehl's ist in Berlin-Schmargendorf im 51. Lebensjahre unerwartet gestorben. Er stammte aus Hannover und war seit 1912 bei der Berliner Stadtverwaltung, hauptsächlich beim Brückenbauamt tätig. Auf seinen Entwürfen beruht u. a. die bekannte neue Kettenbrücke über den Humboldthafen vom Friedrich-Karl-Ufer zum Lehrter Bahnhof, die heute den Namen Admiral-Scheer-Brücke trägt. Außer über diese Brücke¹⁾ hat Oberbaurat Cornehl's auch einen wertvollen Aufsatz über den Wiederaufbau der Weidendammer Brücke in Berlin (Entwurf²⁾) in der „Bautechnik“ veröffentlicht.

¹⁾ Bautechn. 1932, Hefte 1, 4 u. 7. — ²⁾ Ebenda 1924, Hefte 33 u. 35.

Haus der Technik in Essen. Das neue Vorlesungsverzeichnis für das Sommersemester 1935 enthält u. a. wieder einige fachwissenschaftliche Vorlesungen aus dem Gebiete des Bauingenieurwesens:

28. Mai 1935, 19¹/₄ Uhr: Die Stahlerzeugungsverfahren im Lichte der Stoff- und Energieversorgung; Direktor Dr.-Ing. Bansen, Rheinhausen. — 28. Juni 1935, 19¹/₄ Uhr: Die neuen Kanalbauten in Holland und Belgien und ihre wirtschaftlichen Auswirkungen; Dr. Spethmann, Essen. — 5. Juli 1935, 19¹/₄ Uhr: Neue Wege im Fahrzeug-Stahleleichtbau; Direktor Ernst Kreißig, Waggonfabrik AG, Ürdingen. — 9. Juli 1935, 19¹/₄ Uhr: Bergbautechnisches Thema; Bergassessor F. W. Wedding, Essen.

Hörerkarten an der Abendkasse, der Geschäftsstelle des HdT und in den bekannten Vorverkaufsstellen. Semesterkarte für alle Vorträge 5 RM, Hörerkarte für eine technische Vorlesung 1,50 RM, Eintrittskarte für die allgemeinen Vorträge im Vorverkauf 0,75 RM, an der Abendkasse 1 RM.

Programm durch die Geschäftsstelle des Hauses der Technik, Essen, Postfach 254, erhältlich.

Reichswoche ohne Lärm vom 6. bis 12. Mai 1935. Das Hauptamt für Volkswohlfahrt beabsichtigt, durch seine Abteilung „Schadenverhütung“ gemeinsam mit dem „Amt für Schönheit der Arbeit“ der Deutschen Arbeitsfront, der Reichsgemeinschaft der technisch-wissenschaftlichen Arbeit (RTA) und dem Nationalsozialistischen Bund Deutscher Technik (NSBDT) vom 6. bis 12. Mai eine Aktion „Kampf dem Lärm“ durchzuführen. Die Veranstaltung geschieht im Einvernehmen mit dem Reichsministerium für Volksaufklärung und Propaganda, dem Reichsinnen-, Reichsverkehrs-, Reichsarbeits- und dem Reichswirtschaftsministerium.

Stahlpundwand für Fort Peck Damm. Eng. News-Rec. 1935, Bd. 114, Nr. 2 vom 10. Januar, S. 35, berichtet über bemerkenswerte Bauausführungen zum Schutze der unterliegenden alluvialen Bodenschichten gegen Unterspülungen für den durch Spülverfahren später zu errichtenden Erddamm durch

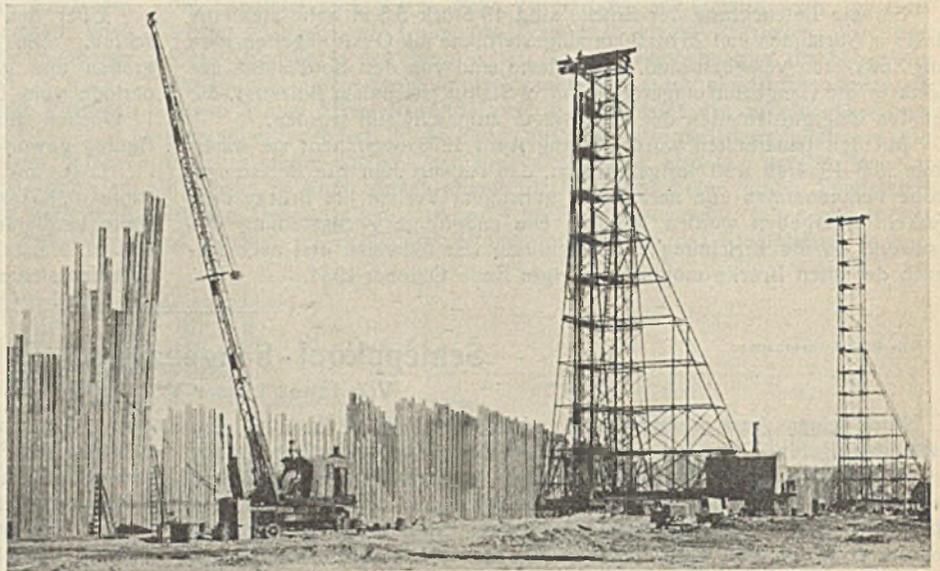


Abb. 2.

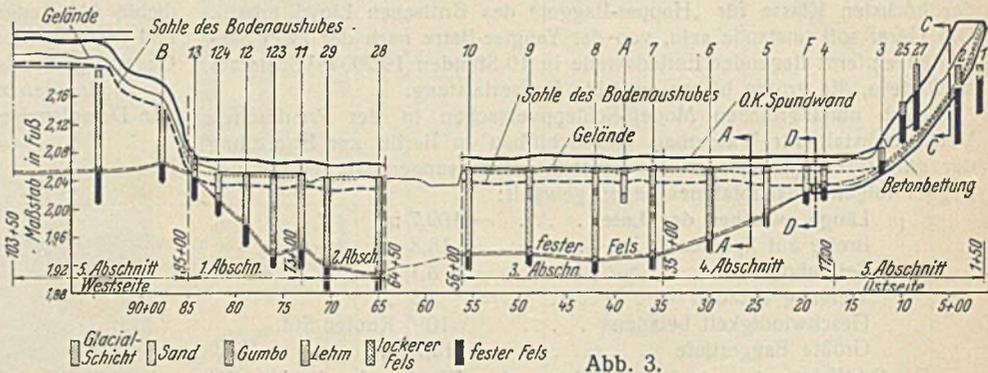


Abb. 3.

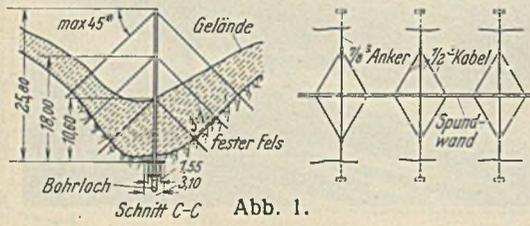
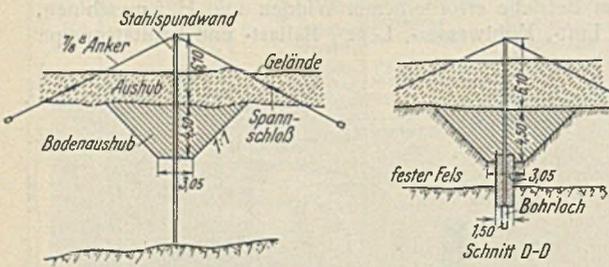


Abb. 1.

das Missouri-Flußbett 32 km südöstlich von Glasgow, Mont. Eshandelt sich um das Einrammen einer 2900 m langen Stahlpundwand bis zu Tiefen von 45 m, die als Kern die Dammsicherung aufnehmen

und zu ihrer seitlichen Stützung während der Dammauffüllung durch schräge Kabel beiderseits verstrebt wird (Abb. 1). Zum Herunterrammen der Spundpfähle in zum Teil beträchtliche Tiefen werden diese in einzelnen Abschnitten mit angeschweißten Verlängerungen versehen; beim Herabrammen werden Auslegerkrane und 60 m hohe Rammtürme mit Dampf- und Preßluftschlämmern verwendet (Abb. 2). Die Oberkante der Spundwand ragt bis 6 m über das Gelände empor zum Schutze der späteren Dammfüllung. An den Talrändern, wo die undurchlässige Bodenschicht bis dicht unter das Gelände ansteigt, wird der untere Teil der Spundwand in Beton eingebettet (Abb. 1). Die Verankerungen greifen zu beiden Seiten im Abstände von etwa 5 m in der Höhenrichtung an. Nach dem Abrammen wird der zu beiden Seiten der Spundwand anliegende Boden in Form eines Längsgrabens ausgehoben.

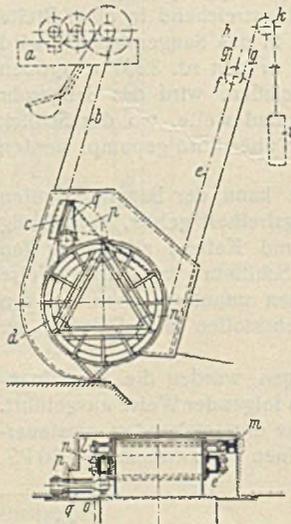
Im Flußbett wird, da dieses während der ersten beiden Jahre des Dammbaues in der natürlichen Gestalt belassen werden soll, die Spundwand an der Sohle abgeschnitten. Erst wenn der Fluß durch die Umleitungsstollen hindurchgeleitet werden kann, folgt die Aufstockung dieses Teiles des Dammkernes. Der untere Teil der Spundwand bis etwa 20 m Höhe wird aus leichteren Profilen als der obere gewählt. Die Verschweißung geschieht auf elektrischem Wege unter Überlappung der zu verbindenden Stücke bis zu 3 m.

Die Bodenschichten des Flußtales wurden durch Bohrungen festgestellt und sind aus dem Höhenplan (Abb. 3) ersichtlich. Je zwei Pfähle werden gleichzeitig gerammt. Die undurchlässige Schicht ist erreicht, wenn bei 30 bis 40 Schlägen nur noch ein Herabrammen bis zu 2,5 cm möglich ist, während hierzu anfänglich erheblich weniger Schläge erforderlich waren. Gleichzeitig wird das Ergebnis der Bohrungen für die Bestimmung der Rammtiefen benutzt. Mit der Arbeit wurde am 30. August 1934 begonnen; die gesamte Arbeitsdauer wird etwa 300 Tage betragen. Im November 1934 war bereits ein Abschnitt am Westufer von 360 m Länge fertiggestellt und der zweite bis zum Flußbett reichende Abschnitt im Arbeitsplan zur Hälfte erledigt.

Zs.

Patentschau.

Walzenwehr mit Aufsatzklappe. (Kl. 84 a, Nr. 581554 vom 15. 8. 1929 von Firma Louis Eilers in Hannover-Herrenhausen.) Zur Aufspeicherung der beim Umlegen der Klappe wirkenden Wasserkraft wird das rückwärtige Ende des Hubmittels über eine feste Rolle zu dem in den Zwischenlagen verstellbaren Gegengewicht geführt. Um einen genügenden Schutz gegen etwa auftretende Widerstände zu schaffen, wird das Gegengewicht schwerer ausgeführt, als es zum Aufrichten der Klappe erforderlich ist. Ein Teil *b* des Hubmittels führt vom Windwerk *a* zur Klappe *c* und dem Wälzkörper *d*, während der andere Teil *e* des Hubmittels an einer losen Rolle *f* befestigt ist, die in einem bei *h* ortsfest gelagerten Hubmittel *g* läuft, dessen anderes Ende mit einem Gewicht *i* belastet ist. Das Hubmittel *g* ist über eine feste Rolle *k* geführt. Mit Hilfe des Zahnkranzes *l* rollt die Walze auf der Bahn *m* ab. Auf der Walze *d* ist ein Ring *n* angeordnet, der durch das Hubmittel *b, e* verstellt wird. Am Ring sitzt ein Bolzen *o*, um den ein Hebel *p* schwingt, an dessen anderem Ende das an der Welle *r* der Klappe befestigte Gestänge *q* angreift. Beim Öffnen des Wehres wird der Strang *b* angezogen und die Klappe durch Drehen des Ringes *n* um die Walze gesenkt. Hierbei wird das Gewicht *i* gehoben und Kraft des Windwerkes in ihm aufgespeichert. Ist die Klappe ganz umgelegt, so trifft ein Anschlag des Ringes *n* gegen einen Anschlag der Walze, wodurch bei weiterem Ziehen des Stranges die Walze hoch gewälzt wird. Gleichzeitig legt sich das Gewicht *i*, wenn die Klappe umgelegt ist, gegen einen Anschlag, so daß der Strang *b* der Kette festgehalten wird. Beim weiteren Nachlassen des Kettenstranges wird die Klappe durch das einen Kraftspeicher darstellende Gewicht *g* aufgerichtet.



INHALT: Hermann Zimmermann †. — Beitrag zur chemischen Erforschung und Behandlung von Tonböden. — Der Bau der neuen Straßenbrücke über die Elbe in Meissen. — Schleppkopfsaugebagger „Chien She“. — Vermischtes: Oberbaurat Corneliß †. — Haus der Technik in Essen. — Reichswoche ohne Lärm vom 6. bis 12. Mai 1935. — Stahlpundwand für Fort Peck Damm. — Patentschau.

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