

DIE BAUTECHNIK

12. Jahrgang

BERLIN, 13. Juli 1934

Heft 30

Alle Rechte vorbehalten.

Fugendichtung an Wasserbauwerken aus Beton.

Bearbeitet im Auftrage des Reichsverkehrsministeriums von Oberreg.- u. -baurat Ferdinand Trier und Regierungsbaumeister a. D. Otto Stolzenburg in Magdeburg.

Die Ausbreitung der Betonbauweise im Wasserbau und besonders die Verdrängung des erdfeuchten Betons durch solchen flüssiger oder weicher Konsistenz zwang dazu, ausgedehntere Bauwerke durch Fugen in kleinere Blöcke zu unterteilen, deren Größtmaße so gewählt sind, daß mit der Bildung wilder Risse durch Schwinden des Betons, durch Temperaturänderungen und durch Setzungen und Formänderungen verschieden belasteter Bauteile nicht gerechnet zu werden braucht.

Die Fugen liegen im Betriebe meist ganz oder teilweise unter Wasser, sind der Besichtigung entzogen und für Instandsetzungsarbeiten nicht ohne weiteres zugänglich. Von ihrer dauernden Dichtigkeit hängt aber in vielen Fällen die Betriebsfähigkeit und sogar die Standsicherheit und Erhaltung des Bauwerks ab. Eine allen Anforderungen entsprechende Fugendichtung gehört deshalb zu den wichtigsten konstruktiven Aufgaben des Wasserbaues.¹⁾

Betrachtet man die für diese Aufgabe bisher gefundenen Lösungen, so zeigt sich eine große Mannigfaltigkeit. Aber nur wenige haben ihren Zweck auf die Dauer erfüllen können. Es dürfte deshalb von allgemeinem Werte sein, die Erfahrungen mit den bisher ausgeführten Fugendichtungen kennenzulernen und daraus neue Erkenntnisse bezüglich einer zweckmäßigen baulichen Ausbildung herzuleiten. Es sei vorweg bemerkt, daß die gesammelten Erfahrungen und die bei der Elbstrombauverwaltung in Magdeburg angestellten Versuche zu dem Ergebnis führen, daß für Fugen, bei denen mit größeren gegenseitigen Bewegungen der aneinanderstoßenden Baublöcke zu rechnen ist, die Dichtung mit gewelltem Kupferblech allen anderen Dichtungsarten überlegen ist.

Die bisher angewandten Arten der Fugendichtungen.

Die bisher angewandten Arten von Fugendichtungen bei Wasserbauwerken sind durch eine Umfrage bei den Dienststellen der Reichswasserstraßenverwaltung festgestellt und nach Veröffentlichungen der letzten Jahre ergänzt worden. Sie lassen sich in folgende Gruppen ordnen:

1. Ausfüllung der Fuge durch Dichtungspappe,
2. Falzdichtung
 - a) mit Ton,
 - b) mit Teerstrick,
 - c) mit eingelegten Dichtungsplatten.

Bei den Dichtungen der Gruppe 2 ist in vielen Fällen außerdem eine Dichtung nach Gruppe 1 angewendet.

3. Dichtung aus einbetonierten gewellten Blechen.

Die Fugendichtung der Gruppe 1 durch Aufkleben mehrerer Lagen Asphaltpappe auf die Stirnfläche des einen Baublocks und Gegenbetonieren des Nachbarblocks wird im allgemeinen nur als zusätzliche Maßnahme zu den Dichtungen der Gruppen 2 und 3 in Betracht kommen. Da die Pappen unelastisch sind, muß sich beim Schwinden des Betons eine feine Fuge bilden und die für die dauernde Erhaltung der Pappe notwendige feste Einspannung zwischen Mauerwerk verlorengehen. Die Pappe wird dann verrotten und die von Anfang an mangelhafte Dichtungswirkung ganz verlieren. An zwei Schleusen, bei denen diese Fugendichtung angewendet worden ist, hat sie versagt.

Die Fugendichtungen der Gruppe 2 (Falzdichtungen) zeigen eine ganze Reihe verschiedener Anordnungen. Bei einer großen Zahl von Schleusen, darunter auch in neuester Zeit ausgeführte, ist die Dichtung durch mit Teerstrick oder Jute oder Filz umwickelte Blechstreifen, meistens aus Eisen versucht worden (Abb. 2). Zinkbleche oder Flach-eisen von 15 bis 20 cm Breite und 2 bis 15 mm Dicke sind dicht umwickelt. Die Umwicklung ist noch mit Goudron oder Asphalt getränkt worden. Dann wurde der ganze Dichtungskörper je zur Hälfte in die beiden Baublöcke einbetoniert (Abb. 2). Als zusätzliche Dichtung ist in verschiedenen Fällen eine Asphaltpappdichtung nach Gruppe 1 angewendet, oder die Fuge ist mit einer Asphalt-Goudronmischung ausgefüllt worden. Bei einer Schleuse wurde als dritte Sicherung ein 20·30 cm großer mit Ton ausgefüllter Schacht angeordnet (Abb. 1). Die Dichtung der Gruppe 2 hat auch da, wo zusätzliche Dichtungen angewendet wurden, fast in allen Fällen versagt. Sie ist ihrer Ausbildung nach Verschiebungen der beiden Baublöcke gegeneinander in der Längsrichtung der Dichtung überhaupt nicht gewachsen.

Die eine gewisse Elastizität besitzende Umwicklung ist das eigentlich dichtende Element, während das Blech das Gerüst der Dichtung abgibt. Beide Stoffe werden im Laufe der Zeit durch Korrosion zerstört. Wenn diese Dichtung auch in Fällen, in denen die aneinanderstoßenden Baublöcke nur geringe Bewegungen gegeneinander ausführen können, zunächst genügt, so kann doch mit ihrer dauernden Wirksamkeit nicht gerechnet werden.

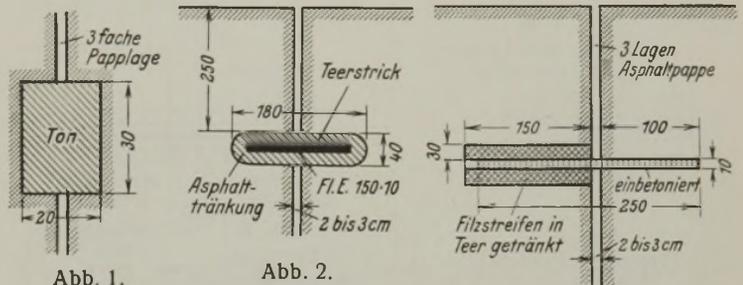


Abb. 1.

Einfache Pappdichtung.

Abb. 2.

Eisen-Teerstrickdichtung.

Abb. 3. Filzstreifen-dichtung mit Eisenblech.

An einer größeren Zahl von Schleusen, die in den Jahren 1907 bis 1912 erbaut sind, wurden die Fugen durch Eisenbleche von 5 bis 10 mm Dicke und 150 bis 300 mm Breite gedichtet, die auf halbe Breite in dem einen Baublock fest einbetoniert sind, während die andere Hälfte sich zwischen geteerter Filzstreifen in dem anderen Baublock bewegen kann (Abb. 3). In einigen Fällen wurden statt der Eisenbleche Zinkbleche von 2·200 mm Querschnitt und statt der Filzstreifen Pappstreifen verwendet.

Zusätzlich ist an einzelnen Schleusen noch eine geklebte dreifache Papplage nach Gruppe 1 angewendet. Diese Dichtungsart hat ebenfalls mit wenigen Ausnahmen versagt. Die mit Teer getränkten Filzstreifen sind vom Wasser ausgelaugt und verrottet.

Die Verwendung von Zinkblechstreifen hat an einer Stelle, wo eine ähnliche Dichtung nach Abb. 4 angewendet worden ist, zu einem vollen Mißerfolg geführt. Das Wasser stieg und fiel hinter den Schleusenmauern mit dem Wasser in der Schleusenammer. Bei Instandsetzungen wurden einige der im Jahre 1913 hergestellten Dichtungen freigelegt und festgestellt, daß der Asphaltfilzstreifen hinter der Mauer verfault und zerfallen und der Zinkblechstreifen teilweise zerfressen war, und zwar auf die ganze Höhe der Dichtung. Es muß angenommen werden, daß die innere Dichtung ebenso zerstört ist. Es ist nicht ausgeschlossen, daß das Zinkblech schon bei der Herstellung durch Zementwasser aufgelöst ist¹⁾.

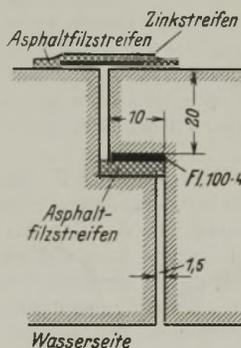


Abb. 4. Filzstreifen-dichtung mit Zinkblech.

Bei einer weiteren Zahl in neuerer Zeit ausgeführter Schleusen und Düker sind die Fugen durch einen einbetonierten Verbundkörper aus Bitumen mit Bleiblecheinlage gedichtet. Diese Dichtungsart ähnelt der Eisen-Teerstrickdichtung. An Stelle des Eisens ist ein etwa 3 mm dickes Bleiblech getreten, das seiner Dehnbarkeit wegen gewählt wurde; statt des Teerstricks ist das Bleiblech völlig mit Bitumen von etwa 3 cm Dicke umgeben worden (Abb. 5). Die so entstandene Bitumenbleiblech ist in manchen Fällen auf den Breitseiten mit Längsbahnen von Hanfstricken versehen, die mit Bitumenmasse getränkt und mit der Bohle zu einem Verbundkörper verschmolzen sind. Diese Stricke gewähren der Bitumenbohle einen Schutz beim Einbau und sollen ihr innerhalb ihrer Einspannungsstellen eine größere Nachgiebigkeit geben (Abb. 6). Die Bitumenmasse hat zwei Aufgaben zu erfüllen, sie soll die Bleiblecheinlage gegen chemische Einwirkungen, besonders des Zementwassers schützen

¹⁾ E. Heyn, Versuche über das Verhalten von Kupfer, Zink und Blei gegenüber Beton und den damit in Berührung stehenden Flüssigkeiten. Deutscher Ausschluß für Eisenbeton, Heft 8, Berlin 1911, Wilh. Ernst & Sohn.

und durch die ihr bei mittleren Temperaturen eigene starke Dehnbarkeit die Bewegungen der Baublöcke ermöglichen, ohne die Dichtung zu gefährden. Mit dieser Dichtung sind z. B. die 15 bis 30 m voneinander entfernten Dehnungsfugen an den Schleusen des Rhein-Herne-Kanals versehen worden. Hinter der Bitumenbleibohle ist die Fuge zu einem kreisförmigen Beobachtungsschacht von 25 cm Durchm. erweitert worden (Abb. 7). Die Dichtung hat versagt. Die Beobachtung des Wasserstandes in den Schächten ergab, daß das Wasser in ihnen ebenso schnell stieg und fiel wie in den Schleusenkammern. Von 166 beobachteten Dehnungsfugen sind nur 7 ganz dicht und 21 mäßig dicht geblieben. Die übrigen 138 Fugen sind undicht geworden, bei 16 Fugen traten Senkungen des Hinterfüllungsbodens ein. Die schadhafte Stellen verteilen sich über die ganze Länge der Fugen. Die Vergrößerung des Fugenabstandes im Winter ist 6 bis 15 mm. Bei den Schleusen des Lippe-Seitenkanals Dorsten, Flaesheim, Ahsen und Datteln ist 1924 bis 1927 eine ähnliche Fugendichtung ausgeführt worden, nur ist der Beobachtungsschacht auf 60 cm Durchm. vergrößert, und die Fugen sind zusätzlich mit einer doppelten Lage Asphaltpappe ausgefüllt. 14 Fugen sind mäßig undicht und 2 Fugen sind völlig undicht geworden. An den Schleusen Fürstenberg (1925) und Groß-Wusterwitz (1928) ist die Fugendichtung nach Abb. 6

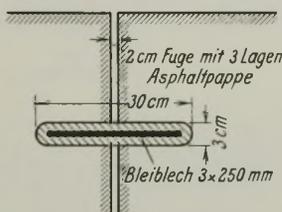


Abb. 5.
Bitumenbleibohlen-dichtung.

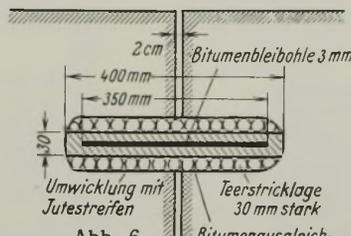


Abb. 6.
Verstärkte Bitumenbleibohlendichtung.

verwendet worden. Die Fugen erhielten einen mehrfachen Inertolanstrich, gegen den unmittelbar betoniert worden ist. Die Dichtung hat nicht ganz dicht gehalten, bald nach Einstellung der Grundwasserabsenkung traten Undichtigkeiten auf. Auch bei einer Reihe weiterer Schleusen hat die Dichtung nach Abb. 5 u. 6 sich als nicht ausreichend erwiesen. Andererseits sind in den Schleusen im Bezirk Breslau, deren Fugen nach Abb. 3 gedichtet sind, trotz größerer Bewegungen der Baukörper Schäden nicht beobachtet worden.

Die am Rhein-Herne-Kanal infolge des Bergbaues eingetretenen Bodensenkungen unter einigen Schleusen haben sicherlich zur Lockerung und Zerstörung der Dichtungen beigetragen. Die Undichtigkeiten sind aber nicht nur an den Schleusen festzustellen, an denen Bodensenkungen eintraten, sondern auch da, wenn auch in geringerem Maße, wo kein Bergbau betrieben worden ist. Die gegenseitige Verschiebung der Baublöcke in lotrechter Richtung infolge der Bodensenkung betrug an den Dehnungsfugen i. M. 2 bis 3 mm, als Höchstmaß ist 7 mm gemessen worden. Die gegenseitigen waagerechten Verschiebungen liegen im allgemeinen innerhalb eines Zentimeters (2 bis 10 mm), erreichen aber an der Schleuse II des Rhein-Herne-Kanals 3 bis 5 cm.

Gelegentlich von Instandsetzungsarbeiten an der Schleuse II des Rhein-Herne-Kanals wurde im Jahre 1930 an Stellen, an denen sich größere Undichtigkeiten gezeigt hatten, das Mauerwerk von der Kammer her bis auf die Bitumenbleibohle aufgestemmt. Es zeigte sich, daß es schon bei der Herstellung nicht möglich gewesen ist, die Dichtungsbohlen überall in die entwerfsmäßige Lage zu bringen. Die Bitumenplatten waren offenbar infolge der Wärme in der Bauzeit zum Teil in sich zusammengesunken und ausgebeult, zum Teil seitlich verschoben. An einer Stelle, an der Hinterfüllungsboden in die Kammer gedrungen war, war die Dichtungsbohle durch Zerrung der Schleuse in ihrer Längsrichtung infolge ungleichmäßiger Bergsenkung ganz aus dem Falz herausgezogen. An anderen Stellen war das Bitumen wulstartig in die Dehnungsfuge hineingequollen. Anscheinend ist das schon beim Betonieren geschehen, vielleicht dadurch, daß durch den Druck des Betons das weiche Bitumen gepreßt wurde. Zwischen Mauerwerk und Bitumenbleibohle zeigten sich überall Fugen, die darauf zurückzuführen sind, daß das Bitumen infolge seiner mangelnden Elastizität nach Formänderungen beim Zurückgehen der Bewegungen seine frühere Form nicht wieder annimmt. Da, wo die Bitumenbleibohlen beiderseits fest in der Mauer eingespannt gefunden wurden, war das Bitumen bei der Erweiterung der Fugen durch Kälteeinwirkung gerissen und das Blei im Riß freigelegt. Beschädigungen des Bleies waren an den für die Besichtigung zugänglichen Stellen nicht erkennbar.

Die geschilderten Erfahrungen zwingen zu der Folgerung, daß auch mit Bitumenbleibohlen keine einwandfreie Dichtung zu erzielen ist.

Bei den Fugendichtungen der Gruppe 3 wird die Dichtung durch dünne U-förmig gebogene Bleche hergestellt, die durch ihre Form federnd wirken.

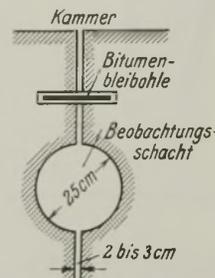


Abb. 7. Fugen an den Schleusen des Rhein-Herne-Kanals.

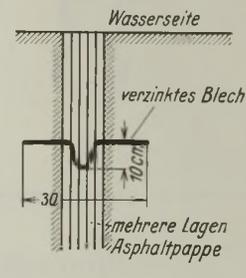


Abb. 8. Dichtung aus verzinktem Eisenblech.

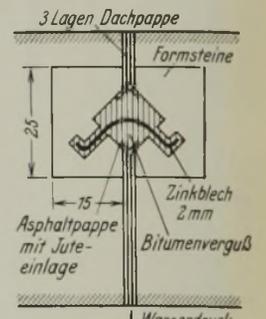


Abb. 9. Zinkblechdichtung an der Schleuse Kochendorf.

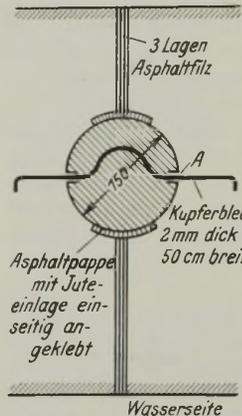


Abb. 10. Kupferblechdichtung an Schleusen der Neckarbaudirektion.

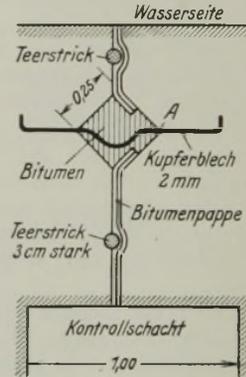


Abb. 11. Kupferblechdichtung der Talsperre Kriebstein.

An der Curower Kahnschleuse bei Greifenhagen an der Oder sind solche Bleche aus verzinktem Eisen angewandt worden (Abb. 8). Die Dichtung hat versagt, weil die Bleche infolge Setzung der einzelnen Baublöcke gegeneinander gerissen sind.

An der Schleuse Kochendorf der Staustufe Neckarsulm sind 1828 die Fugen durch ein einbetoniertes 2 mm dickes Zinkblech gedichtet worden.

Das Blech kann sich nach Abb. 9 in einem mit Bitumen vergossenen Schacht bewegen, der durch Einbetonierung von Formsteinen geschaffen wurde. An weiteren Schleusen der Neckarbaudirektion Stuttgart wurden die Fugen durch ein 2 mm dickes, wellig gebogenes Kupferblech nach Abb. 10 gedichtet. Das Blech kann sich in einem mit Bitumen vergossenen Schacht bewegen, der durch Verwendung von zwei halbzylindrischen, 1,50 m hohen Schalenblechen von 2 mm Dicke gewonnen wird, die nach dem Abbinden des Betons herausgezogen werden. An den Staumauern der Talsperre Kriebstein im Zschopau-Tal in Sachsen ist die Dichtung in ähnlicher Weise nach Abb. 11 ausgeführt. Bei den sämtlichen Blechdichtungen ist als zusätzliche Dichtung die Fuge mit Asphaltpappe nach Gruppe 1 ausgefüllt. Bei dem letzterwähnten Bau ist eine weitere Sicherheit durch einbetonierte Teerstricke erstrebt. Bei diesen Dichtungen der Gruppe 3 haben sich Schäden bisher nicht gezeigt. Setzungen der Baublöcke in lotrechter Richtung sind allerdings nicht erkennbar geworden. Bei der Talsperre Kriebstein ist der Bitumenvergüß im Winter 1929 an der Oberfläche brüchig geworden. Das deutet auf die Gefahr hin, daß im Winter Blech und erstarrtes Bitumen einen festen Körper bilden, das Blech nicht mehr federnd nachgeben kann und es zur Zerstörung des Metallbleches an der Einspannstelle A (s. Abb. 10 u. 11) infolge der großen bei Kürzung der Baublöcke auftretenden Zugkräfte kommen kann.

Versuche mit Fugendichtungen.

Wenn sich aus den vorstehend geschilderten Erfahrungen ergibt, daß nur mit federnden Blechen eine sichere Dichtung erzielt wurde, so blieb die Frage offen, ob die Mängel der Dichtung mit Bitumenbleibohlen nicht beseitigt werden können durch Wahl einer geeigneteren Querschnittsform, eines geeigneteren Bitumens oder eines geeigneteren Bleies, und ob die Blechdichtungen nicht der Zerstörung durch angreifende Wässer oder durch Bewegungen der Baublöcke gegeneinander in der Längsrichtung der Bleche ausgesetzt sind.

Zur Klärung dieser Fragen sind bei der Elbstrombauverwaltung durch das Neubauamt Kanalabstieg Versuche ausgeführt worden, die sich den Verhältnissen in der Natur möglichst anzupassen versuchten. Dabei ist allerdings von der Belastung der Fugendichtung entsprechend dem in der Natur wirksamen Wasser- oder Erddruck abgesehen worden.

Zur Prüfung der Widerstandsfähigkeit wurden Bitumenbleibohlen verschiedenen Querschnitts in 60 cm Länge waagrecht in zwei Betonblöcke eingespannt, wovon der eine durch eine Spreizvorrichtung hin- und herbewegt werden konnte. Die Versuche wurden in der Frostversuchsanstalt in Glindenberg in einem Raume ausgeführt, in dem die Temperatur zwischen + 25° und - 15° in Stufen von je 5° verändert werden konnte.

Die Temperaturverminderung um je 5° nahm 1 bis 2 Tage in Anspruch. Die Fugenweite wurde nach jeder Temperaturverminderung stufenweise um je 1 mm vergrößert und bei Erwärmung umgekehrt verfahren. Dies entspricht einem Abstände der Trennungsfugen eines Bauwerks von etwa 17 m.

Zunächst wurde der bisher gebräuchliche Querschnitt nach Abb. 12 untersucht, wobei ein Abschnitt der beim Bau der Straßenunterführung Elbeu²⁾ benutzten Dichtungsbohlen verwendet wurde. Die Fugenweite war anfangs 10 mm und wurde bei der Anfangstemperatur von 10° entsprechend dem Schwinden in der Natur auf 13 mm erweitert. Dann wurde die Temperatur in der angegebenen Weise stufenförmig gesenkt und die Fuge entsprechend erweitert. Bei 0° und einer Fugenweite von 14,3 mm löste sich die Bohle vom Beton. Bei -10,5° und einer Fugenweite von 15,9 mm trat ein Riß im oberen Bitumen auf, gleichzeitig rutschte die Bohle weiter aus der Einspannung heraus. Dieses typische Winterbild zeigt Abb. 13. Die Temperatur wurde alsdann stufenweise erhöht und die Fuge entsprechend verengert. Dabei schloß sich zunächst der Riß. Dann rutschte die Bohle in den Falz zurück und füllte diesen bei +16° voll aus. Am Rande des beweglichen Blocks zeigte sich eine Stauchung des Bitumens. Abb. 14 zeigt dieses typische Sommerbild. Die Erscheinungen wiederholten sich bei den weiteren Versuchsgängen, jedoch war die für die Bewegung des Betonblocks erforderliche Kraft geringer als beim ersten Versuchsgang, ein Zeichen, daß die Adhäsion des Bitumens am Beton im ersten Gang zerstört und bei der Erwärmung nicht voll wiederhergestellt wurde.

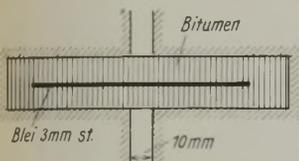


Abb. 12. Bitumenbleibohle von der Straßenunterführung Elbeu.

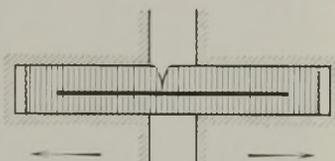


Abb. 13. Winterbild.

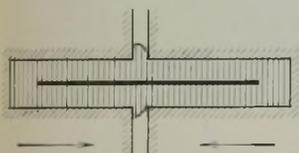


Abb. 14. Sommerbild.

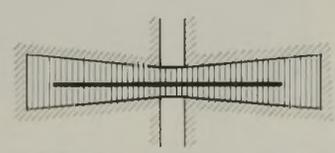


Abb. 15. Keilförmige Bitumenbleibohle.

Untersuchungen der Haftfestigkeit zwischen Bitumen und Beton ergaben, daß die Adhäsion stets größer als die Kohäsion im Bitumen ist, solange letzteres plastisch weich ist. Sobald das Bitumen erhärtet, ist die Kohäsion größer. Bei ±0° ist jedes praktisch als Bohle verwendbare Bitumen so hart, daß es sich nicht mehr nennenswert dehnen läßt. Die Bohle mit rechteckigem Querschnitt nach Abb. 12 wird also im Beton bei Frost stets rutschen und umläufig werden.

Um dieses Rutschen zu verhindern, lag es nahe, den eingespannten Teilen der Bohle nach Abb. 15 einen keilförmigen Querschnitt zu geben. Wenn diese Einspannung voll zur Wirksamkeit käme, müßte das sehr kurze Stück der Bohle in der eigentlichen Fuge sich um das ganze Maß der Erweiterung der Fuge dehnen und entsprechend bei Verengung der Fuge stauchen. Da Blei und Bitumen dieser Anstrengung nicht gewachsen sind, wurde die Fuge durch Abschrägung der Ecken des Betons auf 10 cm nach Abb. 16 erweitert. Ein Versuch mit diesem Querschnitt ergab, daß die Gefahr der Umläufigkeit durch die keilige Einspannung beseitigt wird. Die Enden der Bohle lösten sich zwar bei der Vergrößerung des

verengung wird das Bitumen wieder voll in die Einspannung hineingedrückt. Die Bitumenrisse in der Fugenstrecke schließen sich. Die Bleieinlage wird ein wenig gestaucht und hängt nach unten durch. Diese Vorgänge wiederholen sich bei den weiteren Versuchsgängen. Der Kraftbedarf für die Fugenerweiterung ist nach der Erstarrung des Bitumens sehr hoch. Die Bitumenbleibohle ist aber kein Bauglied, das erhebliche Zugkräfte aufnehmen kann. Es ist vor allem nicht zu erwarten, daß das Blei den dauernden Dehnungen und Stauchungen lange standhält.

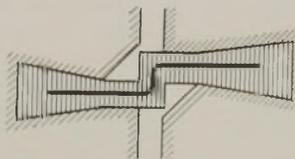


Abb. 18. Gekröpfte Bitumenbleibohle.

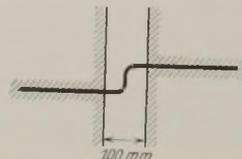


Abb. 19. Gekröpftes Bleiblech für den Dauerversuch.

Durch Ausbildung des Querschnitts der Bitumenbleibohlen nach Abb. 18 werden Zugspannungen in der Bleieinlage bei Erweiterung der Fuge vermieden. Ein Versuch mit einer derartigen Bohle, der bei mittlerer Temperatur ausgeführt wurde, zeigte, daß die Einspannung bei der Fugenerweiterung nicht zerstört wird. Die Kröpfung wird gestreckt und gestaucht. Nach mehreren Streckungen traten an der Kröpfung Risse im Bitumen auf, die sich beim Stauchen immer wieder schlossen.

Die Lebensdauer einer solchen Dichtung wird von der Lebensdauer des Bleiblechs abhängen. Um diese zu erforschen, wurde ein gekröpftes Bleiblech nach Abb. 19 beiderseits eingespannt und die 100 mm breite Fuge abwechselnd auf 108 mm verbreitert und auf 100 mm zurückgestaucht. Je 1 mm Bewegung brauchte 10 sek. Nach 27 Gängen (Dehnung + Stauchung) zeigte sich an der Kröpfung eine Aufrauung, wohl die dem Blei eigentümliche Kornvergrößerung oder Sammelkristallisation, aber erst nach 400 Gängen wurden mit bloßem Auge Oberflächenrisse bemerkbar. Nach rd. 600 Gängen trat Bruch ein. Die Lebensdauer des Bleies erscheint danach ausreichend, wenn nicht durch Korrosion die Zerstörung befördert werden kann. Es muß jedoch darauf hingewiesen werden, daß es im Sommer immer sehr schwierig sein wird, die Bitumenbohlen so zu verwahren und einzubauen, daß sie die günstige Form nicht durch Weichwerden verlieren. Ferner ist zu bedenken, daß unter dem, wie erwähnt, beim Versuche nicht berücksichtigten Einfluß des Wasser- und Erddruckes das Blei besonders im Sommer bei weichem Bitumen in ungünstiger Weise verbogen werden kann und dann seine Beanspruchungen durch die Bewegungen erheblich größer werden können. Auf das Verhalten bei niedrigen Temperaturen ist der Versuch nicht ausgedehnt worden.

Eine Verbesserung der Eigenschaften der Bitumenbleibohlen durch Auswahl besonders geeigneter Bitumen und Bleiarten wird nur in sehr beschränktem Maße möglich sein. Reine Bitumina haben ziemlich die gleiche Spanne zwischen Erweichungs- und Erstarrungspunkt. Die Temperatur, bei der die Erweichung eintritt, läßt sich zwar durch Mischung verschiedener Bitumensorten und Beigabe von Füllern in gewissen Grenzen verändern. Trotzdem wird jedes Bitumenerzeugnis, das bei sommerlicher Wärme für den Einbau der Bitumenbleibohlen nicht zu weich ist, im Winter hart und spröde, so daß es schon bei geringer Spannung reißt.

Nachteilig für den Bestand von Bitumendichtungen können auch Alterungserscheinungen sein, die ein Brüchigwerden herbeiführen. Diese Alterungserscheinungen werden nach neueren Untersuchungen durch den katalytischen Einfluß von Blei und Kupfer unter Mitwirkung des Luftsaauerstoffs gefördert³⁾.

Die verschiedenen Bleisorten haben keine so voneinander abweichenden Eigenschaften, daß eine wesentliche Verbesserung der Bitumenbleidichtung durch Wahl einer bestimmten Bleisorte zu erwarten wäre. Das im Vakuum umgeschmolzene Elektrolytblei ist gegen chemische Angriffe am widerstandsfähigsten und hat eine geringere Rekristallisationsfähigkeit als Hüttenblei⁴⁾. Das letztere dürfte jedoch für Dichtungszwecke genügen. Über Festigkeit und Dehnungsvermögen von Blei und Bleilegierungen ist wenig bekannt⁵⁾. Eigene Untersuchungen des Neubauamts zeigen, daß durch Zusatz von 1% Antimon zu Hüttenblei die Festigkeit erheblich gesteigert wird, ohne daß die Dehnungsfähigkeit nachläßt. Der Antimonzusatz hat auch den Vorteil, daß die Sammelkristallisation stark verzögert wird⁶⁾.

Um das Verhalten der Blechdichtungen bei ungleichmäßigem Setzen benachbarter Baublöcke kennenzulernen, wurden 3 m lange Versuchs-

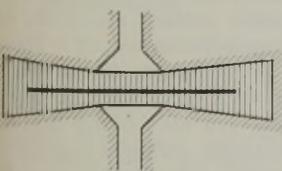


Abb. 16. Fuge mit abgeschrägten Ecken.

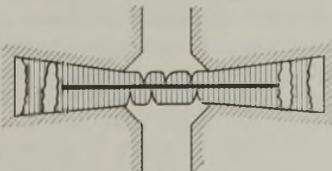


Abb. 17. Winterbild.

Abstandes der Blöcke vom Beton ab, die über die Bleieinlage überstehenden Enden des Bitumens rissen sogar ab, aber an den keiligen Flächen lag das Bitumen fest an. Nach dem Starrwerden des Bitumens muß die freie Strecke fast die gesamte Dehnung aufnehmen. Es zerreißt bald, während das an den Enden fest im Bitumen eingespannte Blei weiter gedehnt wird. Abb. 17 zeigt das Winterbild. Bei der Fugener-

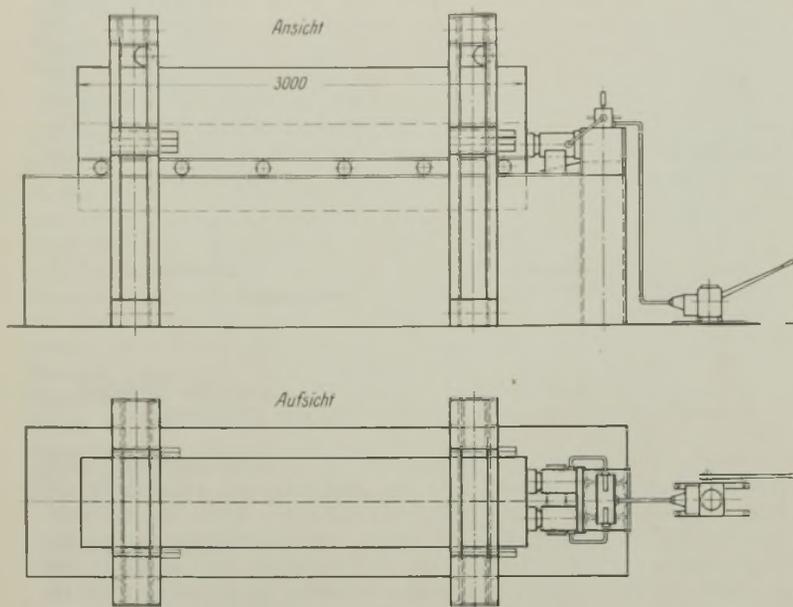
²⁾ Schinkel u. Prött, Die Straßenunterführung Elbeu, Bautechn. 1932, S. 196.

³⁾ Dr.-Ing. Ernst Lehr, Stoffprüfung, Z. d. Vdl 1931.

⁴⁾ Zeitschr. f. Metallkunde 1930, S. 342.

⁵⁾ Dr.-Ing. Alfeis, Untersuchungen über Ursachen der Zerstörungen von Grundwasser-Isoliermaterialien, Mitteilungen der Versuchsanstalt für Ingenieurbauwesen a. d. Techn. Hochschule Braunschweig, Heft 8.

⁶⁾ ETZ 1932, S. 849.



Querschnitt für Versuch 1

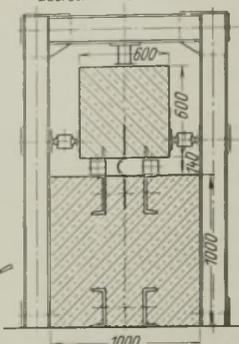


Abb. 20.
Gerät zur Prüfung
von
Dichtungsblechen.

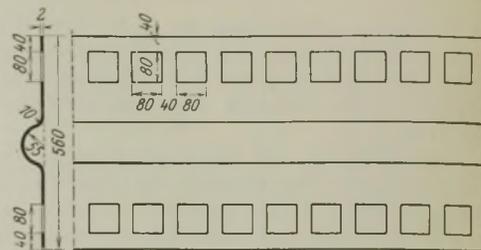


Abb. 21.
Kupferblech für Versuch 1.

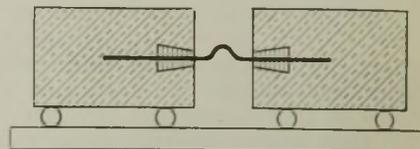


Abb. 24. Dauerversuch
mit dem verformten Kupferblech.

bleche in einen unteren festen und einen oberen beweglichen Betonblock einbetoniert. Das Versuchsgerät ist in Abb. 20 dargestellt. Der obere Betonblock läuft auf dem unteren mittels Rollen und wird durch zwei Führungsgerüste gezwungen, sich genau in der Richtung der Bohlenachse zu bewegen. Die Bewegung wurde durch zwei gekuppelte Öldruckpressen bewirkt, die zusammen bis 70 t Druck hergeben.

Für den ersten Versuch wurde das in Abb. 21 dargestellte Kupferblech benutzt, das dem beim Bau des Beberdükers am Mittellandkanal verwendeten Dichtungsrahmen entspricht. Im Bereich der Fuge zeigt der Querschnitt eine halbkreisförmige Welle mit 55 mm Halbmesser. Die Blechränder sind mit Löchern versehen, durch die eine bessere Verankerung des Bleches im Beton erzielt wird. Das Blech wurde für den Versuch auf halber Länge quer durchgeschnitten und wieder zusammengeschweißt, um die Festigkeit der Schweißnaht bei starken Verformungen des Bleches zu prüfen. Der Pressendruck wurde in Stufen mit je 2 bis 3 min Pause gesteigert. Nach einer Verschiebung von 0,8 mm begann Faltenbildung in der Dehnungswelle des Kupferblechs. Nach 37,7 mm Verschiebung riß das Blech unmittelbar neben der Schweißnaht rd. 8 cm lang auf. Es fing gleichzeitig an, sich an beiden Enden in den Einspannungen ein wenig zu lösen.

Für einen weiteren Versuch wurde ein ähnliches Blech wie beim ersten Versuch verwendet, jedoch waren diesmal die Löcher an den Blechrändern nicht quadratisch, sondern kreisrund gestanzt, weil das Blech bei dem ersten Versuch an den äußeren Ecken der Quadrate trotz Abrundung eingerissen war. Ferner war dieses Blech am hinteren Ende — von den Pressen aus gesehen — mit einem Halbmesser von 250 mm gekrümmt; an die Krümmung schloß sich noch ein gerader Schenkel von 50 mm Länge (vgl. Abb. 22). Hiermit sollte die Widerstandsfähigkeit einer Eckdichtung erprobt werden. Das Blech war im langen Schenkel zweimal gestoßen. Der eine Stoß wurde mit Kupfer verschweißt, der andere hart gelötet. Nach 7,3 mm Verschiebung des oberen Blocks zeigte sich die erste leichte Faltung im langen Schenkel, bald darauf begann auch in der Krümmung Faltenbildung. Nach 40,5 mm Verschiebung riß wieder zuerst die Schweißnaht auf 12 mm Länge auf. Nach 73 mm Verschiebung zeigte sich 25 cm hinter der Lötnaht ein Anbruch, der zunächst nicht durch das Blech reichte, aber schon in der nächsten Druckstufe 8 cm lang aufriß. Die Zerstörung der Lötnaht selbst begann erst nach etwa 92 mm Verschiebung des oberen Betonblocks.

Ein dritter Versuch wurde mit dem in Abb. 22 u. 23 dargestellten Blech ausgeführt. Die Dehnungswelle hatte nur einen Halbmesser von 25 mm, der für die in Wirklichkeit möglichen Dehnungen in der Längsrichtung der Baublöcke vollauf genügt; die Gegenkrümmungen an den Übergängen zum geraden Blech haben 35 mm Halbmesser gegenüber 10 mm bei Versuch 1. Die Stanzlöcher sind verkleinert, zur weiteren Verbesserung der Einspannung sind die Lochränder umbördelt. Besonders aber wurde das Blech nicht unmittelbar neben der Welle fest in die Betonklötze eingespannt, sondern durch Auflegen von Bitumenstreifen beiderseits der Welle eine 70 mm breite nachgiebige Zone geschaffen, um so die unvermeidlichen Faltungen des Bleches beim unterschiedlichen Setzen der durch die Fuge getrennten Blöcke weniger scharf werden zu lassen. Die Bitumenstreifen wurden zur Vermeidung von Verformungen erst kurz vor dem Betonieren auf das Blech geklebt. Das Ziel wurde voll erreicht. Bis zu einer Verschiebung von 40 mm blieb das Blech unversehrt. Die Faltenbildung war bis dahin unerheblich.

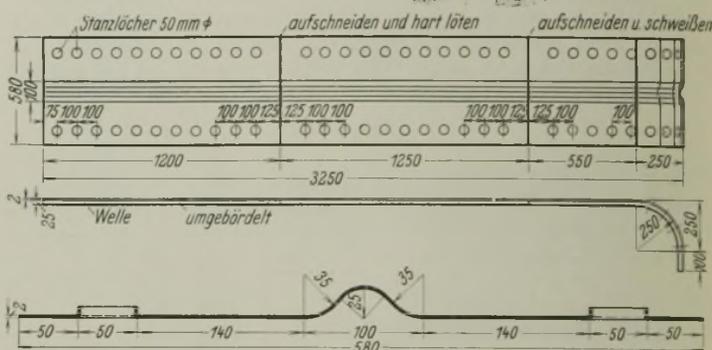
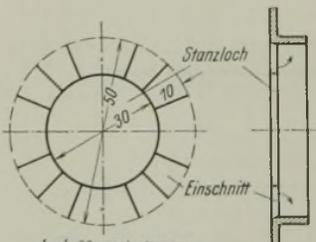


Abb. 22.
Kupferblech für Versuch 3.



Loch 30 mm Ø stanzen
Rand 10 mm tief einschneiden
Rand umbördeln

Zu Abb. 22.

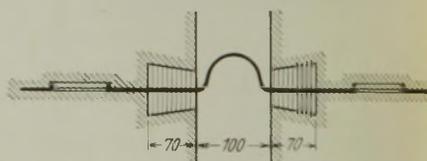


Abb. 23.
Kupferblech für Versuch 3.

Nach 67,5 mm Verschiebung zeigten sich an der Schweißstelle zwei winzige Punkte, die Lichtschimmer durchließen und sich bis zum Ende des Versuchs nur wenig erweiterten. Nach 93 mm Verschiebung riß das hintere Ende des oberen Betonblocks infolge Überbeanspruchung des Querschnitts an der Krümmung des Bleches ab, so daß der Versuch nach rd. 97 mm Verschiebung beendet werden mußte, ohne daß außerhalb der Schweißstelle, also an dem glatten Dichtungsblech oder der Lötstelle, eine Zerstörung zu beobachten war.

Um festzustellen, welche Lebensdauer einer Blechdichtung zugetraut werden kann, die durch ungleichmäßige Setzung sehr stark verformt ist, wurde aus dem für Versuch 3 benutzten Blech ein 60 cm langes Stück, das die Lötnaht enthielt, ausgeschnitten und nach Abb. 24 als Versuch 3a in zwei Betonblöcke einbetoniert. Die Blöcke wurden dann der Fugenerweiterung entsprechend regelmäßig um 8 mm voneinander entfernt und in die Ausgangsstellung zurückgebracht. Nach 52 Gängen (Hinbewegung + Zurückbewegung) zeigte sich in der Lötnaht ein 15 mm langer Riß parallel zur Naht und ein 8 mm langer Riß senkrecht zur Naht. Nach 65 Gängen vereinigten sich beide Risse zu einem Winkel von etwa 20 mm Schenkellänge. Der Riß schloß sich in der Ausgangsstellung (geringste Fugenbreite) immer wieder so vollkommen, daß er keinen Lichtschimmer durchließ. Wenn auch unter dem beim Versuche nicht wirkenden Wasser- oder Erd- druck der Riß sich vielleicht nicht ganz wieder schließen würde, so darf doch angenommen werden, daß auch dadurch eine größere Undichtigkeit nicht entstehen würde.

Der Zustand des Bleches nach 102 Gängen ist aus Abb. 25 zu ersehen. Aus dem Lichtbilde ist auch die Faltenbildung der Welle und die geringe Verformung der Löcher am Blechrande gut ersichtlich. Da Fugenbewegungen bis 8 mm auch unter ungünstigen Verhältnissen in der Natur selten vorkommen, ist das Ergebnis sehr günstig, zumal, wenn man die außerordentliche Vorbeanspruchung durch ungleichmäßiges Setzen um 97 mm berücksichtigt.

Um das Verhalten der Bitumenbleibohlendichtung bei ungleichmäßigen Setzungen mit dem der Kupferblechdichtung vergleichen zu können, wurde eine Bitumenbleibohle 300·30 mm mit einer 3 mm dicken Bleieinlage ebenfalls in zwei Betonblöcke eingespannt, deren oberer sich gegen den unteren verschieben ließ. Die Bitumenbleibohle hatte wie das Kupferblech der Versuche 2 und 3 an einem Ende eine Krümmung von 250 mm Halbmesser (vgl. Abb. 22), um die Verformungen einer Eckdichtung festzustellen. Der Versuch wurde bei +4° ausgeführt, um nicht zu ungünstige Verhältnisse für das Bitumen zu schaffen. Nach einer Verschiebung des oberen Betonblocks um 14 mm zeigte sich auf der konvexen Seite der Krümmung ein Riß im Bitumen, der sich schnell erweiterte. Nach etwa 40 mm Verschiebung rutschte die Bohle vorn in

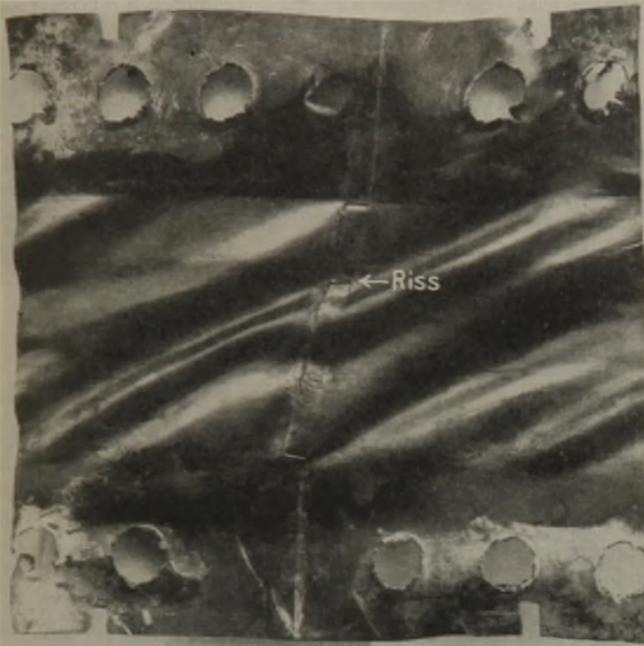


Abb. 25.

Zustand des Kupferblechs nach Beendigung der Versuche 3 und 3a.

der Nähe der Pressen aus der Einspannung heraus. Kurz darauf wurde das Bitumen an der Krümmung immer mehr zerstört. Nach 69 mm Verschiebung riß das Blei an der Krümmung ein. Der Riß schritt schnell vor und erstreckte sich nach 80 mm Bewegung über die ganze Krümmung. Im langen Schenkel blieb das Bitumen lange unversehrt. Erst nach 78 mm Verschiebung machten sich hier deutlich an der Oberfläche Zerstörungen bemerkbar, die weiter fortschritten, aber bis zum Schluß nicht einen solchen Umfang annahmen, daß Undichtigkeiten zu befürchten gewesen wären. Nach einer Verschiebung um 133 mm wurde der Versuch beendet.

Es bleibt noch übrig, sich über das Verhalten des Kupferblechs gegen chemische Einwirkungen klar zu werden.

Den Angaben im Schrifttum⁷⁾ und eigenen Versuchen ist zu ent-

⁷⁾ Korrosion von Kupfer von Dr. L. W. Haase, Berlin-Dahlem, Metallwirtschaft 1930, Heft 24 bis 26. — Das Kupfer im Wasserleitungsbau in physikalischer, chemischer und gesundheitlicher Beziehung von Dr. L. W.

nehmen, daß das Kupfer durch Säuren nur in Gegenwart von Luftsauerstoff oder von Sauerstoff abspaltenden Stoffen angegriffen wird. Die starken Säuren vermögen, wenn sie verdünnt sind, das oxydfreie Metall nicht anzugreifen, sondern nur das Kupferoxyd. Aus Versuchen mit 1:200 und 1:400 verdünnter Schwefelsäure darf geschlossen werden, daß die Lebensdauer des Kupferblechs in säurehaltigem Grundwasser nicht geringer ist als die des ungeschützten Betons. Kohlensäure greift Kupfer nur in ganz geringem und praktisch bedeutungslosem Maße an. Im allgemeinen ist der Angriff durch anorganische neutrale Salze unerheblich und im Grundwasser wegen Schutzschichtbildung ohne Gefahr. Kalziumhydroxyd (Kalkwasser) löst Kupfer nicht auf. Es bildet sich eine Schutzschicht wahrscheinlich aus Kupferoxyd und Kalziumkarbonat. Inkrustationen, d. h. Anlagerungen, die über das übliche Maß der Schutzschicht hinausgehen, treten beim Kupfer im Gegensatz zum Eisen weder durch kaltes noch durch warmes Wasser ein.

Es empfiehlt sich, das Kupferblech, soweit es mit Wasser in Berührung kommt, mit einem Bitumenanstrich zu versehen, der auch bei stärkeren Verformungen nicht rissig wird. Damit dürfte jede Gefährdung durch chemische Angriffe ausgeschaltet sein.

Ergebnis.

Die bei den Versuchen an die Dichtungen gestellten Ansprüche waren höher, als sie bei Bauwerken im allgemeinen vorkommen. Nur so konnte festgestellt werden, ob die Dichtungen am Bauwerk mit Sicherheit halten und dicht bleiben werden.

Die bisher im Wasserbau hauptsächlich verwendete ebene Bitumenbleibohle mit Bleieinlage ist nur für kleinere Bauwerke verwendbar, wo größere Bewegungen in den zu dichtenden Fugen nicht zu erwarten sind. Bitumenbohlen mit dem Querschnitt nach Abb. 18 genügen auch bei großen Fugenbewegungen, wenn Gewähr dafür gegeben ist, daß die Bohlen nicht durch Weichwerden ihre Form verlieren und nicht durch Wasser- oder Erddrucke in ungünstiger Weise verformt werden können. Für die Dichtung von Bauwerkecken ist die Bitumenbleibohle in jeder Form ungeeignet, sofern mit größeren ungleichmäßigen Setzungen zu rechnen ist. Wenn die Setzungen nicht gerade im Sommer eintreten, solange das Bitumen weich ist, zerreißt das Bitumen in der Krümmung schon bei 2 cm Setzungsunterschied so stark, daß sich die Risse auch bei Erwärmung nicht mehr schließen können. Dann bleibt dem Blei die gesamte Dichtung allein überlassen. Es ist unwahrscheinlich, daß das durch die Setzungen gedehnte und verformte Bleiblech den Stauchungen und Dehnungen infolge von Wärmeschwankungen lange standhält.

Die Kupferblechdichtung ist der Bitumenbleibohle und den anderen bisher angewandten Dichtungen überlegen. Wo größere Setzungen erwartet werden müssen, ist die Ausbildung der Dichtung nach Abb. 23 vorzuziehen. Eine solche Dichtung hält auch in Bauwerkecken bei Setzungsunterschieden bis etwa 9 cm stand. Eine Umhüllung der Bleche mit Bitumen empfiehlt sich nicht, weil dieses beim Erstarren im Winter das Kupferblech an den notwendigen Verformungen hindert und dadurch Anlaß zum Reißen des Bleches an der Einspannstelle geben kann. Ein Anstrich der freien Kupferflächen mit Bitumen ist ausreichend.

Es sei noch erwähnt, daß bei den Bauten am Mittellandkanal die Fugendichtung mit Bitumenbleibohlen teurer gewesen ist als die Dichtung mit gewellten Kupferblechen.

Haase und Dr. med. Ulsamer, Berlin-Dahlem, Mai 1933, Beiheft der Kleinen Mitteilungen der Landesanstalt für Wasser-, Boden- und Luft-hygiene.

Alle Rechte vorbehalten.

Der Umbau der Elbstraßenbrücke in Torgau.

Von Regierungsbaurat H. Borggreve u. Dipl.-Ing. R. Stoß in Magdeburg und Regierungsbaurat R. Bayer in Torgau.

I. Allgemeines.

Die Elbstraßenbrücke in Torgau bildete seit längerer Zeit ein großes Hindernis sowohl für den Land- als auch für den Schiffsverkehr. Der eine Brückenpfeiler, der mitten im Fahrwasser der Elbe auf einer felsigen Erhöhung der Sohle stand, hatte schon zu vielen Schiffsunfällen und -verlusten geführt. Außerdem hatte die Brücke für den Landverkehr nur eine Fahrbahnbreite von 5 m und zeigte bei dem Befahren starke Schwankungen, besonders bei dem schnellen und schweren Kraftwagenverkehr. Die Brücke war von den weit ausladenden, schweren Kraftwagen nur mit Vorsicht zu befahren, was bei ihrer Länge von 350 m von dem Durchgangsverkehr störend empfunden wurde. Eine weitere starke Behinderung des Verkehrs trat ein, nachdem durch eine vorläufige Nachrechnung festgestellt worden war, daß die Brücke uneingeschränkt nur mit Lasten von 8 t und mit einer Geschwindigkeit bis 10 km/h befahren werden durfte. Bald stellte sich heraus, daß die verkehrsregelnde Polizeiverordnung schwer durchzuführen war, weil die vorgeschriebene

Geschwindigkeit häufig überschritten wurde und weil die Feststellung der Lasten äußerst schwierig war. Infolgedessen war es notwendig, die schwächsten Brückenteile baldigst zu verstärken.

Von dem Herrn Minister für Wirtschaft und Arbeit wurden daher im Sommer 1932 Mittel für die Durchführung der dringenden Verstärkungsarbeiten zur Verfügung gestellt. Sie konnten bereits im Herbst 1932 in Angriff genommen werden. Es war beabsichtigt, zunächst an den Flutbrücken die notwendigsten Verbesserungen, wie die Verstärkung der Hauptträger und der Querträger unterhalb der Fahrbahn, durchzuführen, dagegen den Umbau und die Verbreiterung der Fahrbahn und der Fußwege der Flutbrücken und die Ersetzung der beiden alten Strombrücken durch einen neuen weitgespannten Überbau einer späteren Zeit zu überlassen. Die Durchführung dieser ersten Verstärkungsarbeiten der fünf Flutbrücken wurde im Wege einer öffentlichen Ausschreibung an die Firma C. H. Jucho, Dortmund, vergeben.

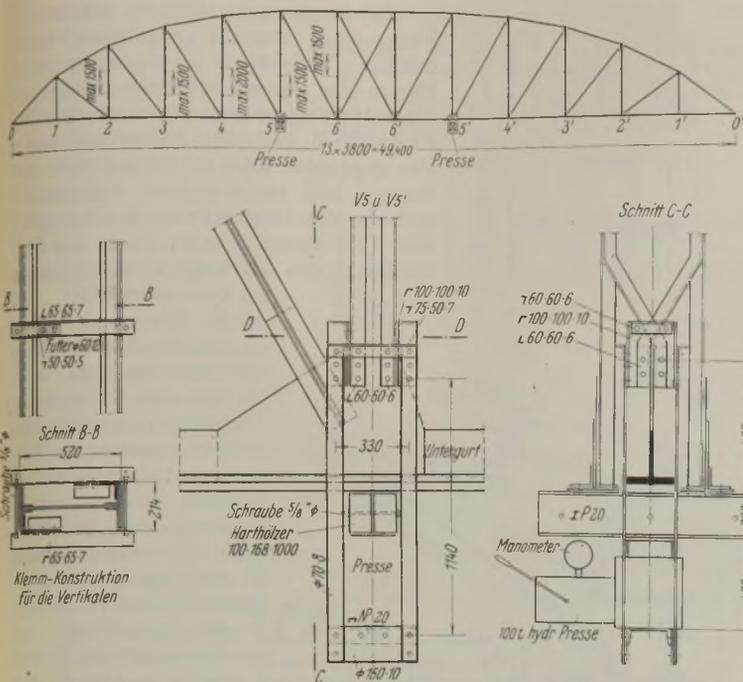


Abb. 2. Anordnung der Druckpressen.

bei Anschlüssen von Fachwerkträgern bestehen, wurde dieser ersten Ausführung der Vorzug gegeben. Es war auch möglich, die für die später wirklich auftretenden Spannungen wichtige, maßgebliche Verbindung zwischen altem Hauptträger und neuem Hilfsträger, die bei dem vorgesehenen Pressendruck stattfand, in so kurzer Zeit durchzuführen, daß während dieser nur der schwere Verkehr ganz ausgeschaltet wurde, die leichten Fuhrwerke dagegen auf die Seite des nicht in Arbeit befindlichen Hauptträgers verwiesen werden konnten. Die gesamten anderen Verstärkungsarbeiten, wie erster Einbau des Hilfsträgers bis zu seiner in sich selbst geschlossenen Vernietung und die spätere Verbindung der beiden Hauptträger an für die Spannungsverteilung weniger wichtigen Stellen, konnten vorgenommen werden, ohne daß der schwere und lebhafteste Verkehr diese Arbeiten in einer für die spätere, tatsächlich auftretende Spannungsverteilung ungünstig wirkenden Weise zu beeinflussen vermochte.

Bei den Schwedler-Trägern mit 11 und 13 Feldern der Überbauten 6 bis 8 wurden die beiden Pressen jeweils unterhalb des Untergurts unmittelbar unter den Pfosten angebracht, die die drei mittleren Felder begrenzen (Abb. 2). Die von den Pressen ausgeübten Kräfte zogen den Hilfsträger abwärts und drückten den bestehenden Hauptträger nach oben, wobei die Aufwärtsbewegung des alten Hauptträgers entsprechend seinem größeren Stab-Querschnitt rd. $\frac{1}{4}$ der Abwärtsbewegung des Hilfsträgers betrug. Der jeweilige Pressendruck konnte mit Hilfe eines Manometers festgestellt werden. Nach Proberechnungen ergab sich für die 11-feldrigen Überbauten von 45,1 m Stützweite ein Pressendruck von 12 t, für die 13-feldrigen von 49,4 m Stützweite ein solcher von 10 t bei den vorgesehenen Hilfsträgerquerschnitten. Bei diesen Berechnungen wurde vorausgesetzt, daß der Hilfsträger frei durchhängend vor der Einwirkung des Pressendruckes auch sein volles Eigengewicht zu tragen hätte. Unter Vernachlässigung des Eigengewichts der Hilfsträger ergaben weitere Berechnungen, daß die Pressendrücke noch um rd. 6 t zu erhöhen gewesen wären, um die vorgesehenen Vorspannungen zu erreichen. Bei der Durchführung der Arbeiten zeigte sich nun, daß die theoretische Annahme der Wirkung des vollen Eigengewichts infolge der oben erwähnten Anklammerung und der unter Reibung stattfindenden Berührung der alten und neuen Druckstäbe und vielleicht nicht völlig einwandfreier Auflagerung sich nicht voll auswirkte, wie dies durch genaue Durchbiegungsberechnungen und beim Wirkenlassen des Pressendruckes durch sorgfältige Durchbiegungsmessungen festgestellt werden konnte.

Praktisch wurde daher der Pressendruck mehrfach bis zu rd. 3 t über das erste errechnete Maß mit voller Eigengewichtswirkung erhöht, bis sich annähernd die entsprechenden Durchbiegungen und damit Vorspannungen oder Spannungsentlastungen im Hilfs- und alten Hauptträger einstellten. Erst nachdem, oft nach mehrfachem Wirkenlassen und Wiederabstellen der Pressen, die Reibungen der sich berührenden Stabteile herabgemindert waren, konnte der rechnerisch festgelegte Vorspannungszustand als erreicht angenommen werden. Dann wurden sofort unter Ausschalten des schweren Verkehrs die Verbindungen zwischen altem und neuem Hauptträger an den Endknotenpunkten und den Knotenpunkten des Ober- und Untergurts hergestellt. Es war möglich, für diese über den ganzen Hauptträger verteilte Arbeit die gesamte Montagemannschaft heranzuziehen, so daß die maßgebenden Verbindungen nach gründlicher Vorbereitung in kürzester Frist durchgeführt wurden. Im einzelnen ergaben sich folgende Querschnittslösungen:

1. Obergurt (Abb. 3).

Der alte Hutquerschnitt des Obergurts, bei dem irrtümlich die Mittellinie der Stehbleche als Systemlinie eingeführt war, wurde durch einen geschweißten T-Querschnitt verstärkt. Bei den Überbauten 7 und 8, deren Obergurt-Außermittigkeiten bei einer nur 8 mm dicken Kopfplatte verhältnismäßig gering waren, wurde es notwendig, die Kopfplatte noch durch eine weitere Platte zu verstärken, die an der Vorspannung des neuen Hilfsträgers nicht teilnahm. Um auf der Baustelle keine Anschluß-Schweißverbindungen der Fachwerkstäbe des Hilfsträgers durchzuführen, wurde auf dem einen Ende des Obergurt-Knotenbleches, an dem keine Strebe anschließt, ein vollkommener Obergurtstoß ausgebildet, der durch Laschen mittels Nietung (s. Abb. 3) auf der Baustelle verbunden wurde. Auf der anderen Seite des Knotenbleches, wo wegen des Anschlusses der Streben wenig Platz vorhanden war, wurde die Verbindung des Knotenbleches mit dem Steg des T-Querschnittes durch eine unter 45° geneigte Schweiß-Stumpfnah in der Werkstatt hergestellt, während der Gurt bis zum Stoß auf der anderen Seite durchlief und mit dem Knotenblech durch Schweiß-Kehlnähte wie mit seinem Steg ver-

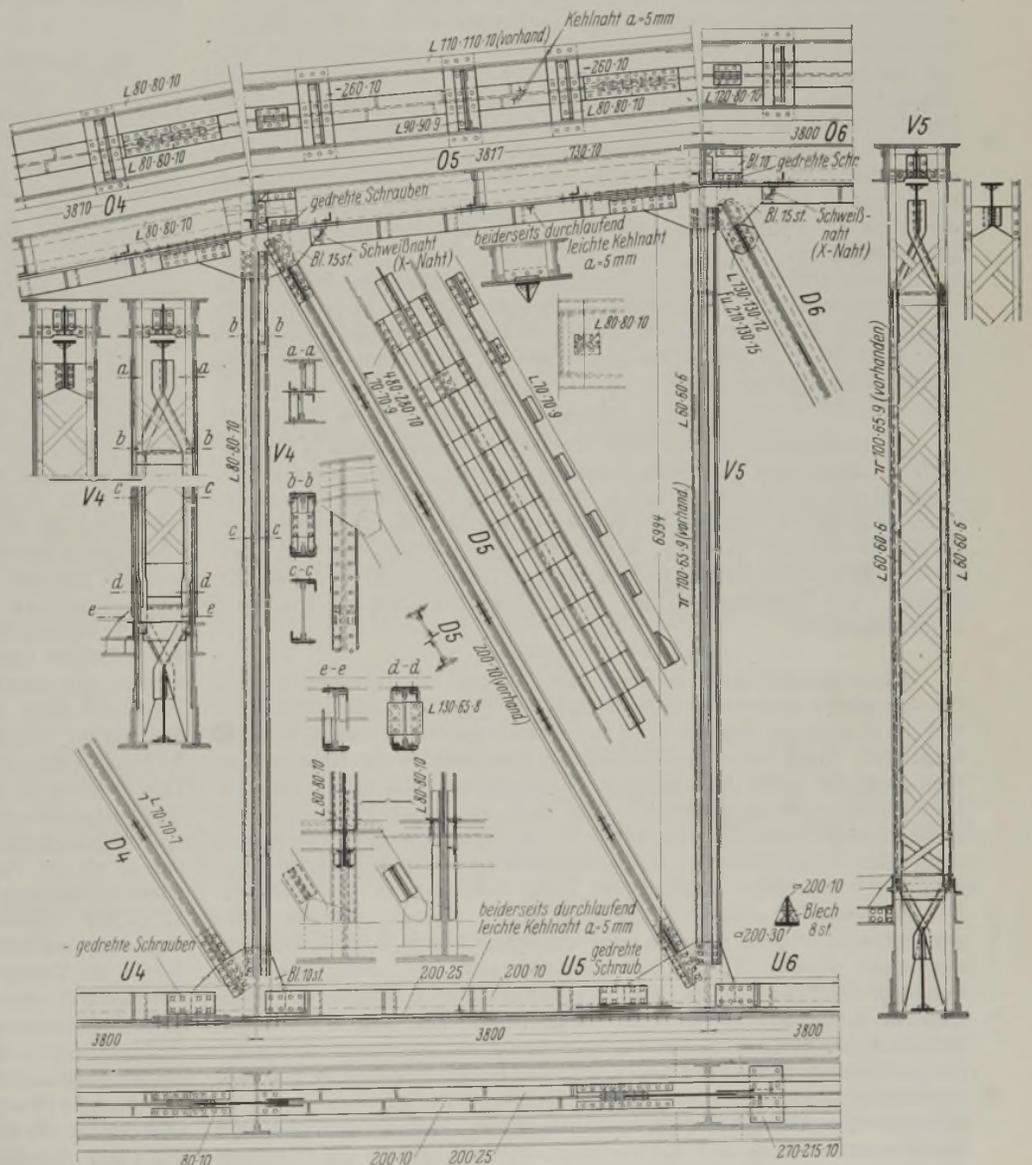


Abb. 3. Einbau des Hilfshauptträgers in das alte Brückenfachwerk.

bunden wurde. Die Knicksicherheit der Obergurte des Hilfsträgers war während der Verspannung durch die Druckwasserpressen für die ganze Feldlänge ausreichend, so daß nur eine knicksichere Führung an den Obergurt-Knotenpunkten notwendig war. Wie Abb. 3 zeigt, wurde diese Führung durch ein Blechkonsol erreicht, das am Pfostenende durch Winkel mit dem Obergurt und einem Querschott vernietet war. An diesem Blechkonsol glitten zwei Anschlußwinkel $L 120 \cdot 80 \cdot 10$, die wiederum mit dem Gurt des Hilfsträger-Obergurts vernietet waren, während die Verbindung zwischen Blechkonsol und Anschlußwinkeln erst nach der Verspannung durchgeführt wurde.

Nach der Verspannung, bei der der mit Überhöhung eingebaute Hilfsträger sich durchbog und sich entsprechend senkte, wurden auch erst die durch Winkel verstärkten Flacheisen-Bindungen in den Feldvierteln eingeschoben und endgültig vernietet. Der geschweißte \perp -Träger selbst wurde durch versetzt angeordnete aufgeschweißte Dreieckbleche versteift.

2. Untergurt.

Als Querschnitt des Hilfsträger-Untergurts wurde ein ähnlicher geschweißter \perp -Träger wie für den Obergurt gewählt (s. Abb. 3). Die Wahl des geschweißten \perp -Trägers bot den Vorteil, das Querschnittmaterial so verteilen zu können, daß die Abweichungen der Schwerlinien von den Systemlinien sich in den Grenzen von wenigen Millimetern hielten. Wegen der im Untergurt wirkenden Zugkräfte wurde von einer Stoßverbindung durch Schweißung auch in der Werkstatt völlig abgesehen. Die Stöße der Untergurte, die in der Werkstatt ausgeführt werden konnten, wurden durch Laschen vernietet, die Baustellenstöße dagegen mußten durch gedrehte Schraubenbolzen verbunden werden, da es nicht möglich war, innerhalb der Teile des alten Untergurts zu nieten. Um den neuen Hilfsträger an den Knotenpunkten durchzuführen zu können, wurden die Querträgerschotte unten dreieckförmig ausgeschnitten. Auch eine Ersetzung des Endstücks der Vergitterung der Pfosten zur Durchführung der neuen Knotenbleche durch ein neues End-Bindeblech war hier wie beim Obergurt erforderlich.

3. Pfosten.

Da die alten Pfosten für die auftretenden Zugkräfte ausreichend bemessen sind, aber für die Druckkräfte verstärkt werden mußten, wurde die aus Abb. 3 ersichtliche Verstärkung durch zwei Winkel gegen Ausknicken des Gesamtquerschnitts gewählt. Da die Pfosten des Hilfsträgers während der Verspannung Druckkräfte zu übertragen haben und die Einzelwinkel in den Pfostenlängen nicht die ausreichende Knicksicherheit aufweisen, wurden sie durch Klemm-Konstruktionen (s. Abb. 2) in den erforderlichen Abständen, bei den längsten Pfosten bis zu viermal, an den alten Pfosten geführt. Die Verbindung der Enden der Hilfspfosten mit den Hilfs-Knotenblechen geschah durch schleifenartige Einblendung der beiden Winkel (s. Abb. 2).

Da die Hilfspfosten bereits während der Verspannung Druckkräfte zu übertragen haben, ließ sich ein Anpressen und Reiben besonders der abgelenkten Ecken der Winkel an den Winkeln der alten Pfosten nicht ganz vermeiden, wodurch die oben erwähnte Erhöhung des Pressendrucks mit erforderlich wurde.

4. Streben.

Als Hilfsstreben wurden zwei Winkel im Kreuzquerschnitt in der Mitte zwischen den Flacheisen-Lamellen vorgesehen, die leicht an die Knotenbleche anzuschließen waren. Gleichzeitig konnten die alten Flacheisenstreben durch zwischen den gekreuzten Winkeln durchgeführte Flacheisenbindungen, die ihrerseits durch zwei kurze Winkel mit den alten Streben verbunden waren, in knicksichere Druckstreben umgewandelt werden. Die Schwingungen der Brücken wurden dadurch bedeutend herabgemindert.

5. Endknotenpunkte.

Der Zusammenschluß von Ober- und Untergurt war, wie Abb. 4 zeigt, bei den alten Überbauten in unzulänglicher Weise nur durch Aufnieten von zwei äußeren Blechen b in der Brückenspitze über dem Auflager hergestellt. Auch dieser Endknotenpunkt erforderte bereits ohne Berücksichtigung der stark außermittigen Nietanschlüsse eine Einstufung der Überbauten in Brückenklasse IV. Um u. a. auch nach Einführung des mittleren Hilfsträgers in den unter der Kopfplatte des Obergurts verbleibenden engen Raum der alten Brückenspitze eine gute Unterhaltungsmöglichkeit des schwer zugänglichen Endknotenpunkts zu gewährleisten, war es notwendig, dadurch größere Räume zu schaffen, daß die Obergurtkopfplatte in Höhe der Oberkante Querträger in waagerechter Richtung abgelenkt wurde. Hierdurch entstanden auch gleichzeitig die notwendigen Flächen, um in ihnen die Anschlußverbindungen der alten Gurtteile sachgemäß einbauen zu können. Wie aus Abb. 4 (Grundriß) ersichtlich ist, bestand die Verstärkung im wesentlichen aus drei senkrechten Blechen von 10 mm Dicke, die den Endknotenpunkt in den drei Ebenen des neuen dreiteiligen Hauptträgers ausreichend umfassen. Das Abbiegen der Obergurtkopfplatte wurde durch eine neu aufgenietete Platte erreicht. Außerdem war es notwendig, eine Anzahl Verbindungswinkel mit einzubauen.

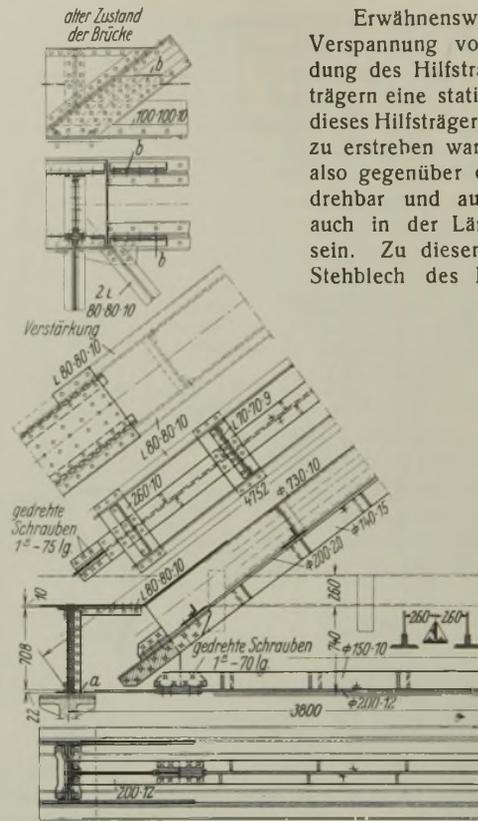


Abb. 4. Endknotenpunkt.

gegenüber dem alten Hauptträger gesorgt.

c) Querträger.

Die Querträger sämtlicher Überbauten mußten verstärkt werden. Da infolge der Verbreiterung der Fahrbahn von 5 m auf 6 m und des Einbaues einer Isolierung das vorhandene Pflaster aufgenommen werden mußte, so war eine Verstärkung der Querträger durch Aufbringen neuer Gurtplatten oben und unten die einfachste Lösung. Während der Umbauarbeiten der Fahrbahn mußte der Verkehr immer auf der einen Fahrbahnhälfte aufrechterhalten werden, und die Anbringung einer in einem Stück durchlaufenden neuen oberen Gurtplatte schien zunächst bei dem lebhaften Verkehr recht schwierig. Trotzdem wurde sie angeordnet. Es wurde vorgesehen, in Zeiten schwächeren Verkehrs kurze Verkehrspausen einzuschalten, und während dieser Pausen die einzelnen Arbeiten in der vom Verkehr benutzten Fahrbahnhälfte durchzuführen; diese Arbeiten bestanden im einzelnen im Entfernen und Wiedereinbringen des Fahrbahnbelags über den oberen Querträger-Gurtplatten in ausreichender Breite, dem Herausschlagen von Nieten und dem Einführen, Vernieten oder Verschweißen der oberen Verstärkungsplatten. Zwischen diesen Arbeiten wurde die Fahrbahnücke über dem Querträger in rd. 2,5 m Länge von einer eigens hierfür hergestellten Bohlentafel überdeckt, die den Verkehr sicher über die Lücke hinwegführte. Bei einer neuen Verkehrsperiode wurde die Bohlentafel wieder entfernt und die jeweilige Arbeit rasch durchgeführt. Dieses Verfahren hat sich gut bewährt und ist bei der Verstärkung der rd. 70 Querträger immer wieder angewandt worden. Von einer Entlastung der Querträger von der ständigen Last beim Einbau der Verstärkungen wurde abgesehen, da die für eine einwandfreie Entlastung aufzuwendende Arbeit mehr Kosten verursacht hätte, als der durch ihre Weglassung hier bedingte geringfügige Materialmehraufwand. Der Verkehr wurde so geregelt, daß während des Aufschweißens oder Annietens der Verstärkungsteile nur ganz leichter Fahrzeugverkehr zugelassen wurde; schwere Wagen wurden für die erforderliche Zeit angehalten. Der Umfang der Verstärkung der einzelnen Querträger der fünf Brücken war recht verschieden. Bei den Flutbrücken 4 und 5, wo die Verstärkung durch Nieten geschah, wurden teilweise die kürzeren äußeren, alten Gurtplatten entfernt, dann die neue Gurtplatte in ganzer Trägerlänge eingebracht und darauf wieder die alte kürzere Gurtplatte darüber befestigt. Bei den flußeisernen Flutbrücken 6 bis 8 wurde die Verstärkung der Querträger durch Aufschweißen von Lamellen durchgeführt. Die normalen Querträger wurden oben und unten durch je eine neue Gurtplatte verstärkt. Der in Abb. 5 dargestellte Querschnitt des Querträgers Nr. 2 der Überbauten 7 und 8 zeigt die umfangreichste Querträgerverstärkung. Diese Querträger stützen in Verbindung mit den zugehörigen Pfosten als Halbrahmen den Obergurt des Hauptträgers in dem oben offenen Brückenteil gegen Ausknicken ab. Die Stegblechverstärkung unterhalb der Buckelplatten war für den ersten Ausbaubereich vorgesehen, wo wegen des Fahrbahnverkehrs nur mit der Möglichkeit der

Erwähnenswert ist noch, daß bei der Verspannung vor der endgültigen Verbindung des Hilfsträgers mit den alten Hauptträgern eine statisch bestimmte Auflagerung dieses Hilfsträgers in den Endknotenpunkten zu erstreben war. Die Auflagerung mußte also gegenüber dem alten Hauptträger frei drehbar und auf der einen Auflagerseite auch in der Längsrichtung frei beweglich sein. Zu diesem Zwecke wurde das Endstehblech des Hilfsträgers vorsorglich so

kurz ausgebildet, daß ein Festspannen in den umgebenden Konstruktionsteilen nicht möglich war. Am festen Auflager durften die dort vorgesehenen Auflager-Stiftschrauben nur leicht verschraubt sein, damit das End-Stehblech mit seinem unteren Gurt sich um die Auflagerkante a des Verstärkungswinkels, auf dem es aufruhrt, drehen konnte (s. Abb. 4). Am beweglichen Auflager wurde durch Weglassen der Auflager-Stiftschrauben und Einschmieren des auflagernden Gurtblechs für eine Beweglichkeit

Verstärkung des Obergurts durch eine starke Platte gerechnet wurde. Diese Platte, die wegen der Überführung über die Keilstücke auch nicht zu dick sein durfte, sollte nahe der Brückenmitte wegen des lebhaften Verkehrs zunächst gestoßen werden. Als sich später die Möglichkeit ergab, den Verkehr in der oben geschilderten Weise durchzuführen, wurde sowohl von der erst vorgesehenen Entlastung der Querträger von der ständigen Last, wie von der Verstärkung durch nur eine in der Mitte zu stoßende obere, ausreichend dicke Obergurtplatte für den Querträger 2 abgesehen. Es empfahl sich, die Gurtplatten, die über die 10 mm hohen Lamellenabsätze der alten, kürzeren Gurtplatten mittels aufgeschweißter Keilfütter von rd. 25 cm Länge überzuführen waren, die Dicke von 25 mm nicht überschreiten zu lassen, um ein sicheres Anschmiegen zu gewährleisten. In diesem Falle zog man es vor, noch eine weitere kurze zweite Gurtplatte oben aufzuschweißen. Es wäre möglich gewesen, auf die vorgenannte Stegblechverstärkung ganz zu verzichten, wenn die zweite obere Gurtlamelle vom Querschnitt 160/16 nur einige Millimeter dicker gewählt worden wäre. Inzwischen waren aber die Verstärkungsarbeiten des ersten Ausbauabschnitts ohne Umbau der Fahrbahn bereits durchgeführt worden. Die Stegblechverstärkung war zur Entlastung des Obergurts nur in demjenigen Querschnitt vorgesehen, in dem ausschließlich Druckspannungen zu erwarten waren. Um einen gleichmäßigen Kräfteverlauf zu erzielen, wurden die Verstärkungsbleche überall dort, wo sie an die waagerechten und senkrechten alten Winkel angrenzten, durch Stumpfnähte, wie Abb. 5 zeigt, verbunden. Es wurde Wert darauf gelegt, daß diese Stumpfnähte an ihrem Grunde auch in ausreichendem Breitenmaße in das Stegblech einbrannt waren. Bei der unteren waagerechten Kehlnaht, wo mit dem plötzlichen Übergang aus dem 30 mm dicken Querschnitt in das nur 10 mm dicke alte Stegblech die bekannten ungünstigen Kerbwirkungen zu erwarten waren, wurde diese Erscheinung durch die versetzte Anordnung der Kehlnähte mittels Verlängerung des einen Verstärkungsblechs herabgemindert. In der Längsrichtung der Querträger kann der gleichmäßig durchlaufende Kräftefluß in dem oberen nur Druckbiegungsspannungen erleidenden Querträgerteil auch über die Längsträger-Anschlußwinkel und das Längsträger-Stegblech erwartet werden. Entsprechend dem Kräfteverlauf erhält die Stegblechverstärkung im letzten Felde nahe dem Hauptträgeranschluß Trapezform. Wie Abb. 5 zeigt, war es auch erforderlich, den Anschluß der Halbrahmen-Querträger zur Übertragung der bedeutenden Einspannmomente zu verstärken. Dies geschieht

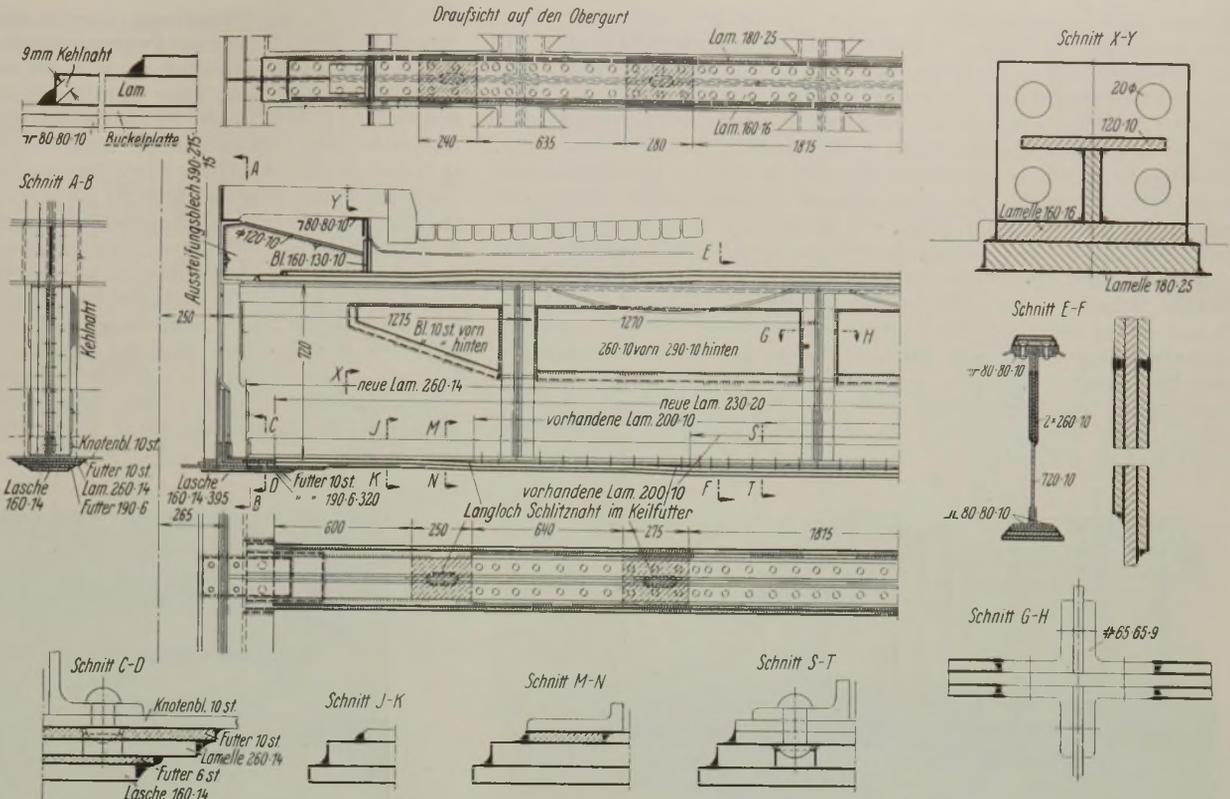


Abb. 5. Verstärkung des Querträgers 2.

wurden oben wie unten an der Stelle der vorhandenen Nietköpfe mit Bohrungen von 32 mm Durchm. versehen. Diese Öffnungen wurden durch Eisenkitt oder vermehrten Auftrag von Mennige bzw. im Obergurt bei einplattigen Verstärkungen durch den Fahrbahnbeton wieder geschlossen. Wegen des starken Verkehrs wurden die Gurtplatten der Flutbrücken 6 bis 8 zunächst mit einzelnen kurzen Kehlnähten von im Mittel 6 mm Dicke angeschweißt und die Zwischenräume nachträglich durch Kehlnähte von 3 mm Dicke geschlossen. Später gelang es, den Verkehr derart zu regeln, daß der Einbau der Gurtplatten mit durchlaufenden Kehlnähten möglich wurde. Die Verschweißung der Keilfütter geschah einerseits durch mittlere Langlöcher (s. Abb. 5 und Schnitt m-n dortselbst) und zur Verhinderung des Wassereintritts durch eine Kehlnaht und soweit in den stärkeren Teilen erforderlich, durch eine dreieckförmige Stumpfnäht. Eine geringe Materialersparnis ließ sich bei der Verstärkung der Querträger noch dadurch erzielen, daß bei der zuletzt ausgeführten Verstärkung des Obergurts der Belastungszustand mit Entlastung der einen Fahrbahn- und Fußweghälfte von ihren Belagteilen als für die durch ständige Last gegebene Vorspannung der bereits eingebauten Teile maßgebend in den Rechnungsgang eingesetzt werden konnte.

d) Umbau der Fahrbahn, Fahrwege und Auflager.

Bei der Verbreiterung der Fahrbahn von 5 auf 6 m erwies sich der Umstand als besonders nachteilig, daß bei sämtlichen Brücken die äußere den Hauptträgern benachbarte Buckelplattenreihe, die bisher den Fußweg trug, nach oben gebogen eingebaut war (s. Abb. 6). Bei der Verbreiterung gelangen an der Bordschwelle stehende Radlasten etwa bis zur Mitte

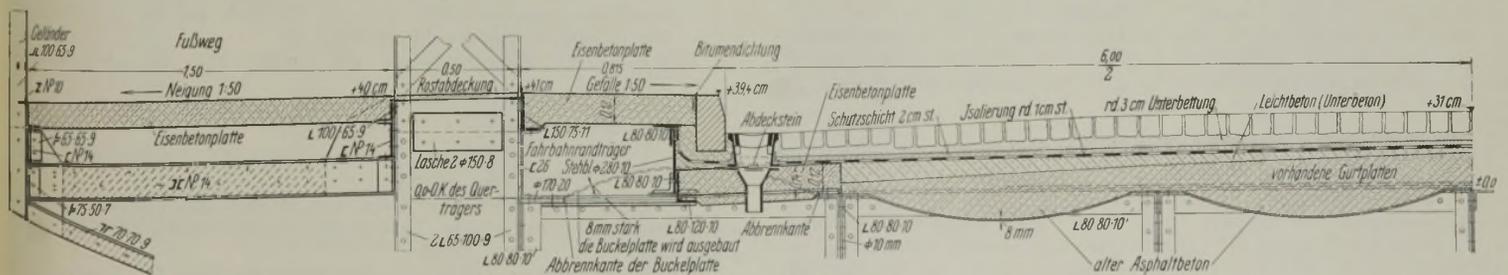


Abb. 6. Querschnitt der neuen Fahrbahn.

durch ein auf dem Obergurt aufgeschweißtes Eckblech von L-förmigem Querschnitt und durch zusätzliche Kehlnähte an den Anschlußwinkeln, die diese mit dem Querträger-Stegblech wie dem Hauptträger verbinden, ferner durch Verbindung der neuen Untergurt-Lamellen mit dem Hauptträger-Untergurt, was mittels angeschweißter Futter und Laschen unter Mitverwendung des Knotenblechs des unteren Windverbandes durchgeführt wird (s. Abb. 5). Eine ähnliche Anschlußverstärkung war auch für die unteren Portalrahmen-Ecken notwendig. Die neuen Gurtplatten

dieser nach oben gebogenen Buckelplatte. Diese Lasten können von dieser Platte nicht übertragen werden. Ein Herausnehmen und Umlegen der alten Platten war nicht möglich, weil die Nietteilung ungleichmäßig war und daher fast sämtliche Nietlöcher neben den alten hätten neu erbohrt werden müssen; außerdem hätte das Einschleiben in die alte Lage ein Lösen der Enden der oberen Querträger-Gurtplatten erfordert. Es wurden daher verschiedene Lösungen untersucht, auch an eine aus Eisenbeton über den alten Buckelplatten herzustellende Fahrbahn von noch

größerer Nutzbreite war gedacht worden. Schließlich ergab sich der in Abb. 6 dargestellte Umbau der Fahrbahn als der zweckmäßigste. Die Fahrbahnbreite von 6 m mußte, nachdem die neue Strombrücke auch eine normenmäßige Breite von 6 m erhielt, für die ganze Brücke beibehalten werden, da andernfalls bei einem Wechseln der Fahrbahnbreiten auf demselben Brückenzuge leicht Verkehrsunfälle zu befürchten waren. Die alten nach oben gebogenen Buckelbleche wurden an der Abbiegungsstelle herausgebrannt. Ein neuer eiserner Randlängsträger wurde eingebaut, der die Eisenbetonplatten des Schrammbords und der Fahrbahn trug. Auf diese Weise wurde es mit geringen Kosten möglich, eine normale Fahrbahn mit Bordschwellen herzustellen, die auch die beste Gewähr für eine einfache und billige Unterhaltung bot. Um nach dem Herausbrennen der alten Buckelbleche ein seitliches Ausbiegen des benachbarten Längsträgers und damit Veränderungen in den verbliebenen alten Buckelplatten möglichst zu vermeiden, wurde jeweils in Mitte der Buckelplatten ein Zugband angeordnet, das den eisernen alten Längsträger sowohl mit dem neuen wie mit dem alten Randlängsträger verbindet (s. Abb. 6).



Abb. 7.

Ansicht des Fußweges und Entfernung des alten Strompfeilers.

In dem alten Fahrbauteil wurde der Asphaltbeton über den Buckelplatten, der diese Konstruktionsteile in ihrem Bestande gut geschützt hatte, belassen. Dies zeigte sich besonders bei dem Abbruch der alten Strombrücken, wo die Oberfläche der alten Buckelplatten nicht die geringsten Rostansätze erkennen ließ. Über dem Asphaltbeton und der seitlichen Eisenbetonplatte wurde als Ausgleich eine Bimsbetonschicht und darüber die Isolierung aufgebracht. In Fahrbahnmitte mußte wegen der Aufrechterhaltung des Verkehrs auf den Fahrbahnhälften ein Stoß der Isolierung angeordnet werden, der gut überdeckt wurde. Um die Gewichtszunahme bei den Umbauarbeiten möglichst niedrig zu halten, wurde die 2 cm dicke Isolierungsschutzschicht auch aus Bimsbeton her-

gestellt. Das alte Kleinpflaster konnte dann größtenteils wieder verwendet werden. Die neuen Fußwege wurden aus Eisenbetonplatten gebildet, die auf Fußwegrandträgern und aus den Querträgern auskragenden Konsolen aufruhon. An diese Konsolen sind neue Geländerhauptstützen aus zwei L 100 · 65 · 9 mit einem Geländerholm aus C-Eisen angeletet. In dieses neue Geländergerippe konnte das alte architektonisch schöne Geländer in einfacher Weise durch Anschweißen eingebaut werden. Dieses Geländer wurde jetzt auch über die Pfeiler, deren alte Brüstungsaufbauten abgebrochen wurden, hinweggeführt und bildet, da es nun von Widerlager zu Widerlager durchläuft, das gleichmäßige architektonische Band, das wesentlich zu einer einheitlichen günstigen Wirkung des gesamten umgebauten Brückenzuges beiträgt (s. Abb. 7). Um seine Wirkung zu erhöhen, wurde durch entsprechendes Anheben einzelner alter Auflager die Holmlinie der Geländer der fünf Flutbrücken in eine durchlaufende Gerade gebracht. Bisher verliefen die fünf Überbauten in verschiedenen Neigungen, was aber infolge der Unterbrechungen durch die Pfeileraufbauten dem beobachtenden Auge verborgen geblieben war.

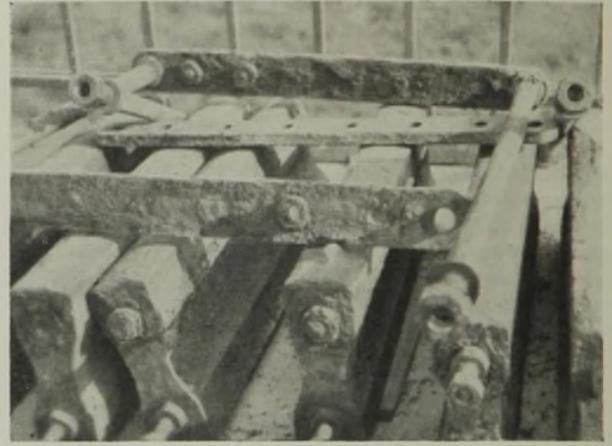


Abb. 8.

Stelzen eines Lagers nach dem Ausbau.

Die 0,5 m breite Öffnung der Hauptträger zwischen dem Eisenbeton der Schrammborde und Fußwege wurde durch eine verzinkte, eiserne Rostabdichtung überdeckt, die zwischen den einzelnen Füllstäben leicht herausnehmbar ist und eine gute Unterhaltung des Untergurtes erleichtert.

Die alten Auflager bestehen aus Gußeisen. Nach der Berechnung mußten einzelne Auflagerteile für den neuen Ausbau, da die zulässigen Spannungen weit überschritten wurden, durch solche aus Stahlguß ersetzt werden. Ferner wurde festgestellt, daß die Mehrzahl der alten Stelzen in den beweglichen Auflagern, wie Abb. 8 zeigt, überholt werden mußte. Sie wurden abgedreht und wieder eingebaut. Hiermit wurde die bereits oben erwähnte Hebung einzelner Brücken verbunden. (Schluß folgt.)

Vermischtes.

Geheimrat Prof. Dr. A. von der Leyen 90 Jahre alt. Der frühere Vortragende Rat im Reichseisenbahnamt, Exzellenz Dr. Alfred von der Leyen, vollendete am 28. Juni d. J. sein neunzigstes Lebensjahr. Der Jubilar, der noch heute in erfreulicher Frische die Schriftleitung des „Archives für Eisenbahnwesen“ in Händen hat, gilt als besonderer Kenner des Eisenbahnrechts und hat eine reiche Fülle wertvoller fachliterarischer Arbeiten veröffentlicht. Seinen Werdegang haben wir anlässlich seines achtzigsten Geburtstages in der „Bautechnik“¹⁾ kurz geschildert.

Geheimrat J. Brix 75 Jahre. Am 27. Juni 1934 vollendete in voller geistiger und körperlicher Frische sein 75. Lebensjahr der Professor für Städtebau und städtischen Tiefbau an der Technischen Hochschule Berlin Geh. Regierungsrat Dr.-Ing. chr. Josef Brix. Eine ungewöhnlich fruchtbare, erfolgreiche praktische Tätigkeit zeichnet seinen Lebensweg aus. Aber auch das Schrifttum der Ingenieurwissenschaften hat er durch die Auswertung seiner umfangreichen Erfahrungen in zahlreichen Veröffentlichungen bereichert. Die Krönung seines Lebenswerkes bildet wohl die Herausgabe des 1934 erschienenen grundlegenden Werkes über „Die Städteentwässerung in Deutschland“, das als eine Großtat deutscher Wissenschaft gelten darf. Die Technische Hochschule München hat ihn zum Ehrendoktor, die Technische Hochschule Berlin zum Ehrenbürger und Ehrensensator ernannt, und viele andere Ehrungen sind ihm zuteil geworden. Möge der Jubilar sich noch viele Jahre seiner erstaunlichen Lebensfrische erfreuen!

¹⁾ Bautechn. 1924, Heft 29, S. 332.

Erfahrungen mit Betonmischmaschinen. Der Deutsche Betonverein (E.V.) hatte mit Rundschreiben vom 3. April 1934 seinen Mitgliedern folgende Fragen gestellt:

1. Welche Mischmaschinensysteme haben sich im Beton- und Eisenbetonbau, hauptsächlich auch im Hinblick auf die erzielte Güte des Betons, besonders gut bewährt?
2. Wie werden vergleichsweise die Freifall- und die Zwangsmischer beurteilt?
3. Welche Erfahrungen sind mit stetig arbeitenden Mischmaschinen gemacht worden?

Das Ergebnis der Rundfrage ist nach Mitteilungen von Herrn Dr. Petry im wesentlichen folgendes:

Im allgemeinen wird die Güte des Betons aus Freifall- und aus Zwangsmischern, sonst gleiche Verhältnisse vorausgesetzt, ungefähr gleich angegeben.

Freifallmischer erscheinen besonders geeignet für flüssigen und weichen Beton. Die Maschinen sind einfach und kräftig gebaut. Energiebedarf, Verschleiß und Ausbesserungskosten sind geringer als bei Zwangsmischern, die Betriebsicherheit ist hoch. Die Maschinen sind leistungsfähig und mischen rasch und meist auch vollkommen. Gewarnt werden muß vor Überfüllungen, also z. B. eine 500-l-Maschine mit 600 l zu beschicken. Dies gilt sowohl für Freifall- wie für Zwangsmischer. Bei Überfüllung verschlechtert sich die Betongüte. Bei erdfeuchtem bis weichem Beton bleibt an den Trommelwänden und Schaufeln nach jeder Trommelentleerung zuviel Beton kleben, der von Zeit zu Zeit durch Schlagen an die Trommel gelöst werden muß. Dabei handelt es sich um Betonreste, die schon abgebunden oder im Abbinden begriffen sind. Das Ankleben

von Betonresten läßt sich durch eine eingebaute Rüttelvorrichtung verhindern, eine solche ist aber überflüssig, wenn man das Wasser zu der jeweiligen Mischung vor dem Einbringen des losen Mischgutes in den Mischbehälter einfüllt. Diese in Amerika schon lange übliche Art der Wasserzugabe wurde bei den Mischmaschinenuntersuchungen von Prof. Dr. Ing. Garbotz¹⁾ und Prof. Graf¹⁾ angewendet, mit ihr wurden gute Betonfestigkeiten erzielt.

Einzelne Freifallmischer sortieren, besonders bei rascher Drehung der Trommel und bei zu langer Mischdauer, das Mischgut mehr oder weniger, d. h. es sammeln sich bei längerer Mischdauer die größeren Bestandteile in der Mitte der Mischung an. Bei den Versuchen von Garbotz und Graf wurde die zulässige Umfangsgeschwindigkeit der Freifallmischer festgelegt. Wird diese Geschwindigkeit überschritten, so mischt die Maschine schlecht. Es sind auch Grenzwerte für die Mischdauer angegeben worden, deren Überschreitung sich ungünstig auswirkt.

Ein weiterer Nachteil einiger Bauarten besteht darin, daß die Beschickung infolge der kleinen Trommelöffnungen zu langsam und beschwerlich vor sich geht. Freifallmischer werden auch bevorzugt, wenn die Maschinen öfter ihren Standort wechseln müssen, Zwangsmischer bei ortsfestem Betrieb und bei ununterbrochener Betonherzeugung.

Im Zwangsmischer (Rührwerkemischer) durchwandert das Mischgut, gezwungen durch die besondere Form und Stellung der Mischarme und Mischschaufeln, den Mischtrog in kreis- und schleifenförmigen Wegen, wodurch unter Ausschaltung aller zufälligen Bewegungen eine gleichmäßige und innige Mischung erzielt wird, zumal das Rührwerk eine knetende Wirkung ausübt. Ein Ansetzen von Bindemitteln oder feinem Mischgut ist ausgeschlossen, weil das Gut stets von den Wänden abgehoben wird. Dieser Vorteil macht sich besonders bei zähem Mischgut bemerkbar. Zwangsmischer werden deshalb gern zum Mischen von wasserarmem Beton (Straßenbeton) wie auch von Beton ohne grobkörnige Zuschlagstoffe und von Mörtel benutzt. Am Zwangsmischer wird auch gerühmt, daß er eine offene Trommel besitzt, in der der Mischvorgang beobachtet werden kann, und daß der Aufzugkasten sich nicht verengt. Allerdings gestatten auch manche Freifallmischer, den Mischvorgang zu beobachten. Einen Nachteil erblickt man darin, daß bei längerem Gebrauch die beiden Trommelhälften nicht mehr dicht schließen und dann bei weichem Beton Zementbrühe verlorengehen kann.

Stetig arbeitende Mischmaschinen. Über solche Maschinen älterer Bauart wurde vielfach geklagt. Beanstandet wurden zu große Streuungen, unvollkommen gemischter Beton, Schwierigkeiten der Materialzusammensetzung, besonders der genauen Zementzugabe, je nach dem Feuchtigkeitsgrade der Zuschlagstoffe. Die stetig arbeitenden Mischmaschinen sind aber in den letzten Jahren wesentlich vervoll-

kommen worden und verdienen Aufmerksamkeit. Sie ermöglichen eine selbsttätige, genaue und gleichmäßige Zugabe von Zement und Zuschlagstoffen²⁾, was für die gewissenhafte Bauüberwachung bedeutungsvoll ist. Sie kommen hauptsächlich bei der Verarbeitung großer Betonmassen in Betracht, vor allem im Fließbetriebe, wo also die Zuschlagstoffe mit Bändern zugeführt werden und der fertige Beton mit Bändern, mit der Pumpe u. dgl. weitergefördert wird³⁾. Auf gewöhnlichen Baustellen sind stetig arbeitende Mischer bisher wenig verwendet worden, weil die Herstellung des Betons meist nicht in bezug auf Mengen gleichmäßig geschieht, sondern je nach Art der zu betonierenden Bauteile schwankt. Im Auslande sind sie neuerdings auch beim Bau von Betonstraßen benutzt worden, wo bezüglich der Festigkeit und der genauen und gleichmäßigen Kornzusammensetzung des Betons besonders hohe Anforderungen gestellt werden.

Walzenwehr am Mississippi bei Rock Island, Ill. Eng. News-Rec. 1934, Bd. 112, Nr. 13, S. 410, vom 29. März, berichtet über die Ausbildung und den Bau des Walzenwehres im Mississippi bei Rock Island, Ill., das neben den in Eng. News-Rec. 1934 vom 15. März, S. 342, beschriebenen Schleusen angeordnet ist. Dieses ist das längste Stauwerk in Amerika. Es ist, wie aus Abb. 1 ersichtlich, aus elf im Grundriß gestaffelten Abschnitten gebildet.

Die gleiche Abbildung zeigt die Ansicht des Bauwerks, von dem 90% des Kanalquerschnitts durch bewegliche Walzenwehre abschließbar sind. Mit Ausnahme der beiden äußeren Abschnitte sind die neun inneren von gleicher Lichtweite (33,5 m). Die Breite der Zwischenpfeiler, die als

²⁾ Vgl. B. u. E. 1931, Heft 19, S. 346.

³⁾ Vgl. Bautechn. 1932, Heft 50, S. 654.

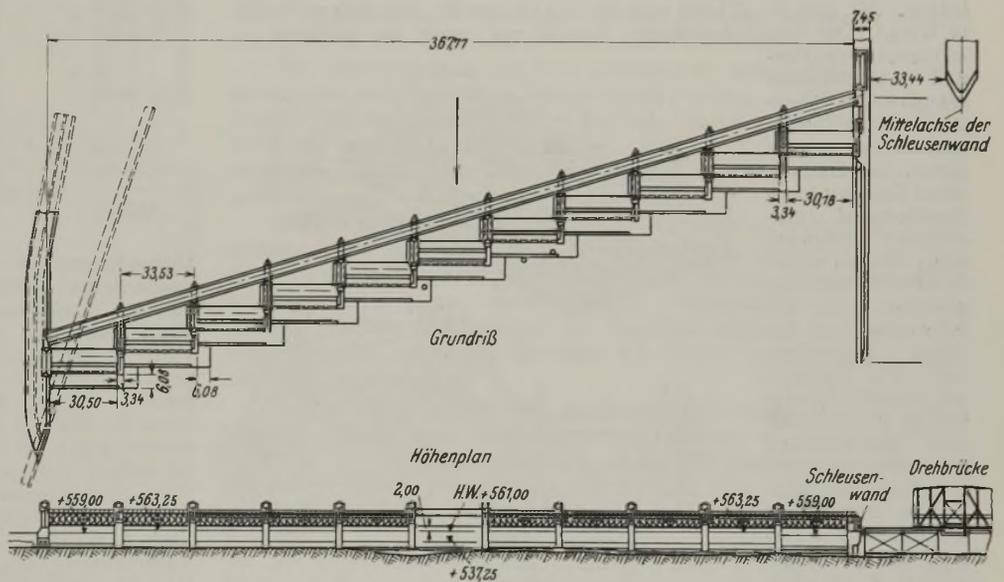
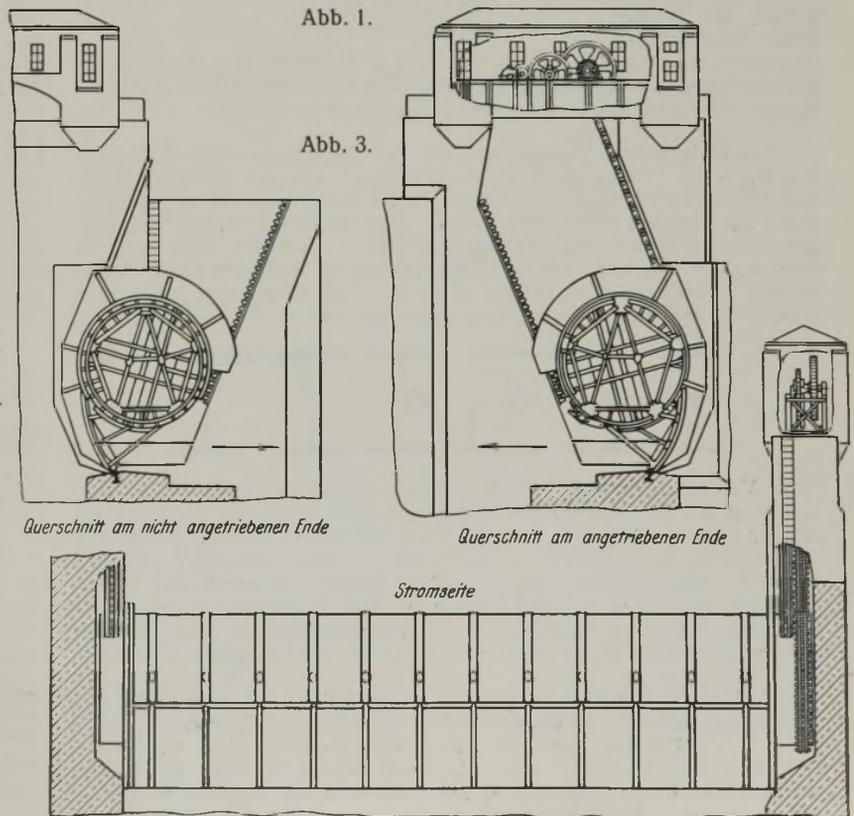


Abb. 1.

Abb. 3.



Querschnitt am nicht angetriebenen Ende

Querschnitt am angetriebenen Ende

Stromseite

¹⁾ Vgl. Bericht über die 32. Hauptversammlung des Deutschen Beton Vereins, Berlin 1929, S. 329 bis 393.

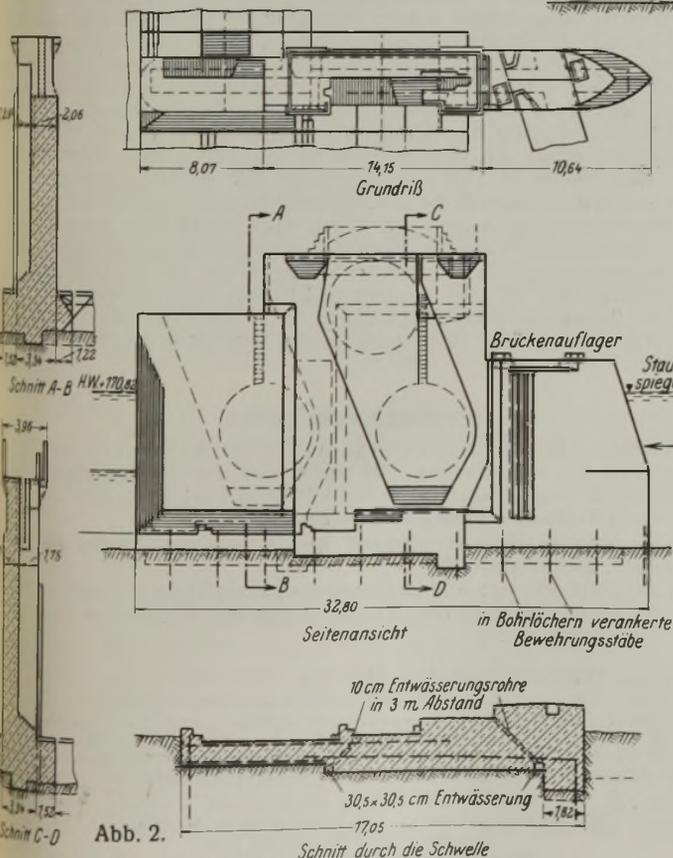


Abb. 2.

Schnitt durch die Schwelle

stark bewehrte Eisenbetonstützen ausgebildet sind, beträgt 3,4 m. Jeder von ihnen hat beiderseits in seinen Flanken schräg abwärts verlaufende Nischen zur Führung der Walzenwehre (vgl. Abb. 2).

Außer den aus dem Staudruck entspringenden Lasten in waagerechter Richtung haben die Pfeiler eine über ihre Stromaufwärts gerichteten Vorderkanten schräg zum Kanal verlaufende Bedienungsbrücke zu tragen. Die Walzenwehre bestehen aus einem genieteten Stahlzylinder mit angesetztem stählernem Sektor. Die Bewegung geschieht auf in der Nischenkante angebrachten Zahnstangen mit Hilfe von Stahlketten, die um die Vorderseite der Trommeln greifen. Um Vereisungen zu verhindern, sind die Wehre mit elektrischen Heizkörpern ausgerüstet. Auf der Bedienungsbrücke laufen auf Ober- und Untergurt Krane.

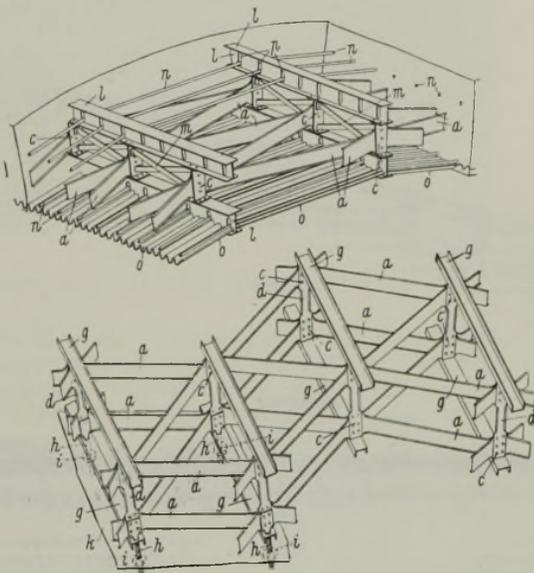
Der Bau begann von der Seite von Davenport aus, und zwar innerhalb eines vorgeschobenen Fangedammes, bestehend aus einzelnen Zellen, die aus Stahlspundwänden mit Sandfüllung gebildet waren. Abb. 3 zeigt die Versteifung der Wehrkörper sowie deren Antrieb, der in kleinen Maschinenhäusern auf den Pfeilern untergebracht ist.

Der Wehrzylinder setzt sich mit dem feststehenden sektorförmigen Fortsatz auf die Sohle in der Abschlußstellung. Die Endwehre haben einen Durchmesser von 4,93 m, die neun mittleren Walzen einen solchen von 5,85 m. Die Stauhöhe für die Endwehre beträgt 6,5 m, für die mittleren 7,9 m. In der gehobenen Stellung liegen die Unterkanten der Wehre rd. 2 m über HHW. Die Hebevorrichtung gestattet einen Hub von 15,2 cm/min, derart, daß zur vollen Hebung rd. 55 min benötigt werden.

Zs.

Patentschau.

In dem Brückenbogen oder Gewölbe verbleibender Verschalungsträger. (Kl. 19d, Nr. 574 949 vom 22. 11. 1931 von Dr.-Ing. Bruno Bauer in Wien.) Der Verschalungsträger besteht aus einem aus hochkant gestellten, an den Ober- und Unterkanten waagrecht abge-



gebogenen Stahlblechbändern gebildeten Gitter. Die Gitter *a*, deren Knoten *c* durch Stegbleche *d* miteinander verbunden sind, können mehrfach übereinander angeordnet sein, wobei sie durch an den schräg gegenüberliegenden Knoten *c* angreifenden Schrägstäben *e* versteift sind. Die Knoten *c* sind einerseits durch I-Träger *l* und andererseits durch Streben *m* verbunden. Die Träger *l* weisen Längsschlitz *p* zur Aufnahme der in der Höhe verstellbaren Bewehrungsseisen *n* auf. Um die Schalung *k* der Höhe nach einstellen zu können, tragen die Knoten Schraubenspindeln *h*, die verstellbare Muttern *i* tragen, auf denen das Schalungsblech *k* gelagert ist.

I-förmiges Spundwandeseisen. (Kl. 84c, Nr. 571 720 vom 29. 8. 1928 von Dipl.-Ing. Friedrich W. Bruschi in Kiel.) Um mit einfachen Walzmitteln eine kraftschlüssige Verbindung der I-Eisen untereinander zu einer Wand herzustellen, wird in ein I-Eisen eine Längsfalte in den Steg eingewalzt und deren Austrittsöffnungen durch seitlichen Walzdruck in Richtung des Steges, also durch Höhenverkürzung des Steges des I-Eisens verengt. Hierdurch wird auf der einen Seite des Steges eine schwalbenschwanzförmige Einbauchung, eine Klaue geschaffen, die die Einführung



eines Verbindungseisens in kraftschlüssiger Form gestattet. Der Einbauchung auf der einen Seite des Steges entspricht eine Ausbauchung auf der anderen Stegseite zu einer Wulst, die die Umfassung durch eine entsprechende Klaue des Verbindungseisens zur kraftschlüssigen Verbindung zweier Spundwandeseisen ermöglicht. Zum Aufbau der Spundwand werden die mit Wulstklauen versehenen I-Eisen mit dem Steg senkrecht zur Wandachse durch beliebig geformte Eisen, die an dem einem Ende eine Klaue, am anderen Ende eine Wulst besitzen, kraftschlüssig miteinander verbunden.

Verfahren zur Herstellung von Ortpfählen mit Klumpfuß aus Preßbeton oder einer ähnlichen erhärtenden Masse. (Kl. 84c, Nr. 570 846 vom 22. 3. 1928 von Karl Derr in Haarlo, Holland.) Um mit Sicherheit einen verhältnismäßig großen Hohlraum für den Klumpfuß des Pfahles herzustellen und zu verhindern, daß einerseits der losgespülte Boden, andererseits der unter Druck eingebrachte Baustoff für die Klumpfüße in

das Vortreibrohr eindringt, wird der ringförmige Raum zwischen dem Förderrohr und dem Vortreibrohr nahe dem unteren erweiterten Ende des Vortreibrohres durch einen Absperkkörper mit einem sich nach unten öffnenden Ventil abgeschlossen und der Beton nach dem Ausspülen der gelösten Bodenbestandteile durch das Förderrohr eingepreßt. Durch ein Förderwerk *1* werden die Bestandteile des Betons in eine Mischtrommel *2* gebracht und durch ein Schüttelsieb *3* einem der beiden Zementkompressoren *4* zugeführt. Das Rührwerk wird um eine am Gestell *6* befestigte Welle *5* gedreht, außerdem ist noch ein Wasserbehälter *7* und ein Windkessel *8* vorgesehen, die Anschlüsse *9* und *10* sowie Manometer *11* und *12* tragen. Die Anschlüsse *9*, *10* sind durch ein Rohrstück *13* mit einem Dreiweghahn *14* verbunden, so daß das Innere des Vortreibrohres *15* wahlweise mit Luft oder Wasser unter Druck gespeist oder aber mit der Außenluft verbunden werden kann. Das Vortreibrohr *15* ist durch einen Deckel *16* verschließbar, in dem die Öffnung für das Rohrstück *13* und eine Öffnung für das durch den Deckel *16* verschließbare Rohr *18* vorgesehen sind. In den Pfahlschuh *19* kann ein Absperkkörper *20* mit durch Klappen *22* verschließbaren Öffnungen *21* eingeführt werden. Auf dem Absperkkörper *20* sind Hebel *23* befestigt, deren freie Enden unter Zwischenschaltung von

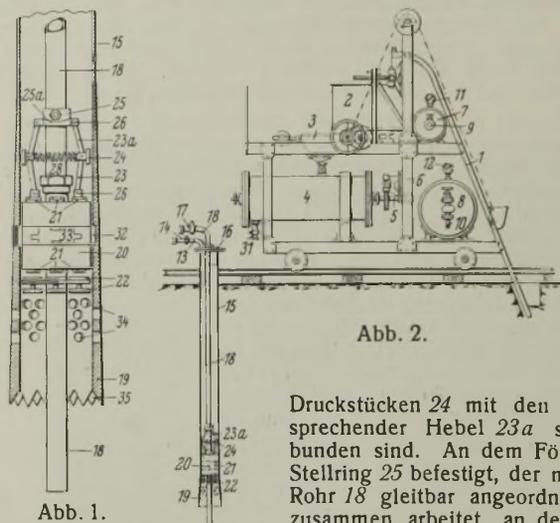


Abb. 1.

Abb. 2.

Druckstücken *24* mit den freien Enden entsprechender Hebel *23a* scharnierartig verbunden sind. An dem Förderrohr *18* ist ein Stelling *25* befestigt, der mit einem auf dem Rohr *18* gleitbar angeordneten Laufring *25a* zusammen arbeitet, an dem die Enden der Hebel *23a* bei *26* angelenkt sind. An der Verbindungsstelle der Hebel *23*, *23a* greifen Zugfedern *28* an, am Absperkkörper sind ferner verstellbare Segmente *33* vorgesehen, um die ein Dichtungsring aus Gummi liegt, der in Aussparungen *32* des Pfahlschuhes hineingedrückt werden kann. Zum Abschließen des Vortreibrohres wird der Absperkkörper *20* in den Pfahlschuh *19* hineingesenkt und mit einem Anschlag des Pfahlschuhes in Berührung gebracht. Alsdann wird das Förderrohr *18* gedreht, wodurch auf die Hebel *23*, *23a* und auch auf die Druckstücke *24* Druck ausgeübt wird, so daß letztere gegen die Innenwandung des Vortreibrohres *15* gedrückt werden. Bei weiterer Drehung des Förderrohres *18* kommen an diesem vorgesehene Stifte oder Daumen mit den Nuten der Segmente *33* in Eingriff, so daß sie die Gummidichtung in die Aussparung des Pfahlschuhes hineindrücken. Nach Ausführung der Tiefbohrungen wird der Absperkkörper *20* in das Vortreibrohr *15* eingelassen und im Pfahlschuh *19* befestigt, während das Vortreibrohr *15* durch den Deckel von der Außenluft abgeschlossen wird. Dann wird das Rohrstück *13* durch Drehen des Vierweghahnes *14* mit dem Wasserbehälter *7* oder dem Luftkessel *8* verbunden. Die Luft oder das Wasser fließt nun durch das Rohr *15* den Absperkkörper *20* entlang durch die Öffnungen *21* sowie den Klappen *22* entlang und strömt bei der Bohrkronen *35* und durch die Öffnungen *34* in den Boden aus. Die weiche Masse wird losgespült und weggepreßt, so daß ein Hohlraum entsteht. Infolge der festen Unterschicht entsteht schließlich ein Gegendruck, so daß die weiche Masse mit Grundwasser durch das Rohr *18* nach oben gepreßt wird. Nachdem der Boden in dieser Zeit genügend durchgespült ist, wird noch während einiger Zeit nur Preßluft eingeführt. Darauf schließt man den Dreiweghahn *14* und stellt gleichzeitig den Dreiweghahn *17*, so daß die flüssige Betonmasse aus einem der Zementkompressoren *4* durch den Stutzen *31* und eine Rohrleitung in das Rohr *18* fließen kann.

Personalmeldungen.

Preußen. In den Sachverständigenausschuß für neue Baustoffe und neue Bauarten, der auf Grund der Bestimmungen über die Zulassung neuer Baustoffe vom 10. Februar 1934¹⁾ gebildet ist, sind durch den Preußischen Finanzminister berufen worden:

- a) als Mitglied: Regierungsbaurat Wedler von der Preußischen Bau- und Finanzdirektion,
- b) als Stellvertreter: die Regierungsbauräte Niemann vom Reichsluftfahrtministerium und Sarrazin von der Preußischen Bau- und Finanzdirektion.

¹⁾ Vgl. Bautechn. 1934, Heft 11.

INHALT: Fugendichtung an Wasserbauwerken aus Beton. — Der Umbau der Elbstraßenbrücke in Torgau. — Vermischtes: Geheimrat Prof. Dr. A. von der Leyen 90 Jahre alt. — Geheimrat J. Brix 75. Jahre. — Erfahrungen mit Betonmischmaschinen. — Walzenwehr am Mississippi bei Rock Island, Ill. — Patentschau. — Personalmeldungen.