DIE BAUTECHNIK

17. Jahrgang BERLIN, 14. Juli 1939 Heft 30

Alle Rechte vorbehalten.

# Flußbau in Theorie und Praxis.

## Eine zeitgemäße Betrachtung.

Von Ministerialrat W. Paxmann, Berlin.

Unter den zahlreichen Aufgaben, die sich unter dem Gemeinbegriff „Wasserbau" zusammendrängen, nimmt der Flußbau den wichtigsten Platz ein. Er muß aber zugleich auch als das schwierigste Gebiet bezeichnet werden, das heute noch die meisten ungelösten Fragen aufweist. Das klingt eigenartig in Anbetracht dessen, daß es vielleicht in Deutschland kaum noch einen Flußlauf gibt, der nicht ganz oder teilweise zu irgendwelchem Zweck ausgebaut oder geregelt worden ist. Zahllos sind die Erfahrungen, die der fachkundige Wasserbauingenieur bei den Flußbauten gesammelt hat, und ebenso zahllos sind die Erkenntnisse, die in den Flußbauversuchsanstalten gezeitigt worden sind. Sie alle beziehen sich aber auf ganz bestimmte örtliche Verhältnisse und lassen in ihrer Zusammenfassung nur den einen Schluß zu, daß keine Erfahrungen und keine Erkenntnisse sich verallgemeinern oder auch nur auf einen anderen Fall anwenden lassen als auf den, bei dem sie erzielt worden sind. Das heißt also: Der Wasserbauingenieur steht bei jeder Flußregulierung vor einer neuen Aufgabe, für die ihm die zahllosen Erfahrungen und Erkenntnisse auch bei sorgfältigstem Vergleich der Einzelfälle in ihren Beziehungen zur Wissenschaft und zueinander nur als Richtschnur, aber nicht als Vorbild dienen können; jeder Fall macht neue Überlegungen notwendig. Als erforscht könnte das Gebiet wohl nur dann bezeichnet werden, wenn die Erkenntnisse, die sich aus jedem Ausbau nachträglich zu ergeben pflegen, im voraus so bestimmt werden könnten, daß die unter ihrer Berücksichtigung als richtig erkannten Maßnahmen zu einem vorausbestimmten Ergebnis und nur zu diesem führen müssen. Von diesem Ziel sind wir aber noch weit entfernt.

Daß es so ist, muß jeden wundernehmen, der weiß, daß alle Bewegungen und Kraftentfaltungen in der Natur bestimmten Gesetzen unterworfen sind. Das Wasser macht hierin keine Ausnahme. Auch die Auswirkungen der dem fließenden Wasser innewohnenden dynamischen Kräfte sind von den Naturgesetzen unablösbar. Das weiß der Wasserbauingenieur, und er kennt auch alle Gesetzmäßigkeiten und Beziehungen, denen das Wasser zu gehorchen hat, bis zu den letzten Folgerungen. Aber diese Kenntnisse beruhen auf Erfahrungsgrundsätzen, die immer nur die Folge einer in der Natur oder im Modell tatsächlich festgestellten Erscheinungsform sind. Sie brauchen nicht unbedingt auch die Möglichkeit in sich zu schließen, die Folgewirkungen aus den gegebenen Verhältnissen heraus im voraus richtig zu erkennen. Daß es einzelne Wasserbauingenieure gegeben hat und heute noch gibt, die aus einer gewissen persönlichen Verbundenheit mit der Natur des Wassers heraus hierzu befähigt waren oder sind, beweist nicht das Gegenteil, denn es handelt sich hierbei immer um Einzelerscheinungen, die nur als solche zu bewerten sind und nicht zur Verallgemeinerung berechtigen.

Der praktische Flußbauingenieur ist sich über die Unsicherheiten, unter denen er sein Werk beginnt, durchaus im klaren. Er weiß auch, daß die Lösungen, zu denen er sich wohl oder übel entschließen muß, häufig den Eigenarten des Einzelfalles nicht durchaus Rechnung tragen. Aber viele dieser Lösungen sind geeignet, neue wertvolle Erfahrungen zu zeitigen und dem Ziele näher zu führen. Mit ihm Hand in Hand arbeitet der Versuchsingenieur, der bei schwierigen Verhältnissen die beste Lösung am Modell herausfindet. Die außerordentlich großen Erfolge, die der Wasserbau in praktischer Ausübung und wissenschaftlicher Forschung in den letzten Jahrzehnten errungen hat, lassen im Laufe der Zeit erhebliche Fortschritte auch in der Durchforschung des Flußbaugebiets erwarten. Wie weit diese Fortschritte gehen können und gehen werden, ob jemals eine Grundlage geschaffen wird, die die Möglichkeit bietet, die richtigen Maßnahmen im voraus zu erkennen, ist heute mehr als ungewiß.

Was will der Flußbau? Er will einen Flußlauf in den Stand versetzen, in dem er sich zur Erfüllung irgendwelcher Aufgaben wasser- oder verkehrswirtschaftlicher Art eignet. Hieraus ergibt sich, daß der durch den Ausbau angestrebte Zustand von Dauer oder wenigstens so beschaffen sein soll, daß er durch geeignete, wirtschaftlich vertretbare Maßnahmen für einen längeren Zeitraum erhalten werden kann. Wir nennen das angestrebte Ziel den Beharrungszustand und sehen darin einen Idealzustand, der sich unter der Einwirkung der dem Wasser innewohnenden Kräfte von selbst aufrechterhält. Es fragt sich, ob ein solcher Zustand denkbar ist, ohne daß sich die im und am Flußlauf wirksamen Kräfte im Gleichgewicht befinden. Die Natur selbst lehrt uns, daß ein solcher Zustand nicht möglich ist, es sei denn, daß die in den Wandungen des Flußbetts befindlichen ruhenden Kräfte so stark sind, daß sie die Entfaltung der entgegenwirkenden freien Kräfte des strömenden Wassers verhindern, daß also ein Zwangszustand besteht, in dem die ruhenden Kräfte die freien dauernd überragen. Wo dieser Ausnahmezustand nicht besteht, und das wird im Flußbau von Natur zumeist der Fall sein, wird ein Gleichgewichtszustand, das heißt der Zustand der Kräftegleichheit, dadurch allmählich hergestellt werden, daß ungleiche Kräfte sich gegenseitig aufzehren, bis der Ausgleich erreicht ist.

Jeder Ausbau bedingt gewisse Änderungen im Flußlauf. Die Kenntnis der in Betracht kommenden Maßnahmen gehört zum Rüstzeug des Wasserbauingenieurs. Er muß wissen, unter welchen Voraussetzungen Buhnen, Parallelwerke, Uferdeckwerke, Querschnittsvergrößerungen oder -einschränkungen, Grundschwellen usw. Aussicht auf Erfolg haben können. Die Schwierigkeit beginnt da, wo es sich um die Frage handelt, in welcher Form und Anordnung, in welchen Ausmaßen, in welcher Reihenfolge und in welcher Zeit diese Maßnahmen in einem bestimmten Falle durchgeführt werden müssen, damit der Erfolg auch wirklich eintritt. Durch jede Maßnahme wird das Gleichgewicht gestört, in dem sich der auszubauende Flußlauf vor dem Ausbau befindet. In den seltensten Fällen kann aber im voraus gesagt werden, daß die beabsichtigte Maßnahme einen neuen Gleichgewichtszustand schafft, ohne den, wie wir bereits gesehen haben, der angestrebte Beharrungszustand nicht denkbar ist. Dann können die freien Kräfte des Wassers so lange gegen die von Menschenhand geschaffenen Einbauten und Verhältnisse ankämpfen und diese so weit zerstören, bis ein Gleichgewichtszustand geschaffen ist, in dem das freie Kräftespiel des Wassers sich ungehindert, aber auch ohne weitere schädliche Angriffe auf die Wandungen des Flußlaufs austoben kann.

Um die folgenden Ausführungen recht verstehen zu können, wollen wir versuchen, uns die Wirkung des freien Kräftespiels im Wasser klarzumachen. Wir stellen uns einen Fluß vor, der ohne jegliche künstlichen Hemmungen und Einbauten lediglich sich selbst überlassen ist. Das fließende Wasser wird ihm entgegenstehende natürliche Hindernisse ständig zu beseitigen bestrebt sein, es wird etwa dabei gelöste Teile des Flußbetts, Steine, Kies, Sand usw. mit sich forttragen und an anderer Stelle, wo sie ihm nicht im Wege und die Voraussetzungen dafür gegeben sind, zur Ablagerung bringen. So entsteht allmählich der verwilderte Strom mit allen Unregelmäßigkeiten des Flußbetts, Verästelungen, Durchbrüchen, Untiefen, Sandbänken, Stromschnellen usw. Das Wasser handelt hierbei in jedem Augenblick, bei jeder Form des Flußbetts und bei allen unzähligen Veränderungen während der Entwicklung immer nur unter dem Zwang der ewig gleichbleibenden Naturgesetze. Bei jeder kleinsten Veränderung des Flußbetts ändert sich aber die Art der Auswirkung dieser Naturgesetze. Jede kleinste Änderung in der Richtung des Stromstrichs, in der Wassertiefe o. dgl. bringt eine Verlagerung der Kräfte mit sich, die sich notgedrungen in irgendeiner Weise auf die Form des Flußbetts in der näheren oder weiteren Umgebung, auf die Gefälleverhältnisse, die Wassergeschwindigkeit, die Verteilung des Wassers auf den Durchflußquerschnitt und damit wiederum auf die Kräfteverteilung auswirken muß. Aus diesen Änderungen ergeben sich dann neue Verlagerungen, die wiederum neue Kräftespiele und neue Auswirkungen zur Folge haben müssen und so fort. Überall entstehen Gleichgewichtsstörungen, die neue Kräftespiele auf den Plan bringen, die so lange gegeneinander wirken, bis das Gleichgewicht wiederhergestellt ist, das dann im nächsten Augenblick durch eine neue Veränderung in der Kräfteauswirkung wiederum gestört werden kann.

Was wir hier im verwilderten Flußlauf bei natürlichen Vorgängen haben, kann auch bei jedem künstlichen Eingriff in die Stromverhältnisse festgestellt werden. Betrachten wir z. B. die Wirkung einer Reihe benachbarter Buhnen etwas genauer. Wir werden dann erkennen, daß sich die Strömung des Wassers vor jedem Buhnenkopf anders verhält. Allein die Richtung, in der die Strömung den Buhnenkopf trifft, ist entscheidend für den Einfluß der strömenden Wasserkräfte auf die Stromrichtung, die Tiefenverhältnisse im Wirkungsbereich der Buhne, auf die Ablagerungen im Buhnenfeld und nicht zuletzt auf die Angriffsart der

Wasserkräfte auf die Buhne selbst oder ihre Umgebung. Zweifellos bedeutet der Einbau der Buhnen eine mehr oder weniger empfindliche Störung des Gleichgewichts, das in irgendeiner Weise wiederhergestellt werden muß. Sind die Buhnen so stark gebaut, daß die zerstörenden Kräfte des Wassers ihnen nichts anhaben können, so muß der Ausgleich auf eine andere Weise eintreten. Das geschieht, indem der Strom unter Veränderung der angreifbaren Wandungen, zumeist der Sohle, eine andere Form in Richtung, Tiefenwirkung, Verteilung auf den vorhandenen Querschnitt usw. so lange sucht, bis die Naturkräfte mit den Gegenwirkungen wieder in Einklang stehen. Dieser Vorgang beschränkt sich aber nicht auf die Umgebung der einzelnen Buhne oder auf die Ausbaustrecke, sondern er wirkt sich auf einer gewissen Strecke oberhalb und unterhalb der Einbauten aus in dem Sinne, daß sich in einem größeren Gesamtgebiet eine neue Gleichgewichtsform einstellt, die den durch die Einbauten verursachten Änderungen des Flußbetts Rechnung trägt. Das Entscheidende ist, daß dieser neue Zustand des Gleichgewichts in seinen Gesamtauswirkungen dem Gewollten entspricht. Tut er das nicht, wirkt sich z. B. die Verlagerung der Kräfte in der Weise aus, daß die gewollte Tiefenwirkung ausbleibt, daß Kolke und Ablagerungen entstehen, wo sie nicht beabsichtigt waren, dann widersprach der Einbau der Buhnen in irgendeiner Beziehung den Eigenarten des Stromes. Die Wirkung kann sich jahrelang hinziehen, bis sie bedenkliche Formen annimmt. Einmal aber wird sie in irgendeiner ungünstigen Weise in die Erscheinung treten müssen. Dem Strom wurde Zwang angetan, dem er sich widersetzt. Ist dagegen mit den Einbauten das gewollte Ziel tatsächlich erreicht, hat also der Strom in der Umlagerung der Gleichgewichtsverhältnisse den beabsichtigten Zustand geschaffen und wirken sich die neuen Kräftespiele so aus, daß das Geschaffene auch auf die Dauer erhalten wird, dann hat der Flußbauingenieur das Richtige getroffen. Er hat mit seinem Ausbau die Voraussetzungen hergestellt, die es dem fließenden Wasser ermöglichen, ohne schädliche Nebenwirkungen rein zum Nutzen des beabsichtigten Ergebnisses den ihm selbst innewohnenden Naturgesetzen zu folgen.

Wir wollen uns einmal einen Flußlauf in seiner Gesamtheit von der Quelle bis zur Mündung vorstellen und ihn vor allem in seinem Längenschnitt uns vor Augen führen. Was uns da besonders auffällt, ist, daß das Stromgefälle und das Geschiebe in Größe und Gewicht von der Quelle ab gerechnet dauernd abnehmen, und zwar so, daß beide in einem bestimmten Abhängigkeitsverhältnis voneinander stehen. Oben, im felsigen Gebirge, schiebt der schäumende Gießbach, von den Hängen herabstürzend, große Felsblöcke vor sich her, die er in seinem Sturzbett umspült, allmählich gelockert und schließlich abgesprengt hat. Die Kraft des strömenden Wassers schiebt diese Blöcke vor sich her zu Tal, im Rollen sie zerkleinernd und aneinander abschleifend. Allmählich verringert sich das Gefälle, die Wassermassen beruhigen sich, sie können nur noch die Steinstücke vor sich herrollen, in die die Felsblöcke sich gegenseitig auf ihrer Wanderung zu Tal zerstoßen und zerkleinert haben. Wieder weiter unterhalb finden wir in der Flußsohle nur noch groben Kies, aber auch das Gefälle hat abgenommen, und die Strömung reicht gerade noch aus, um die Kiese in langsames Rollen zu bringen. Und so geht es weiter; in demselben Maße, in dem das Stromgefälle abnimmt und mit ihm die Wassergeschwindigkeit und die Schleppkraft, nimmt auch die Größe des Geschiebes vom groben Kies bis zu den feinsten Sanden ab, und schließlich ist der langsam und träge zwischen seinen Ufern durch die Niederung hinfließende Strom in seinem Unterlauf kaum noch in der Lage, die leichtesten Geschiebeteilchen an seiner Sohle in Bewegung zu halten.

Neben diesem vom Hochland ausgehenden Stromgebilde findet sich auch der ausgesprochene Flachlandstrom. Hier fehlt das grobe Geschiebe oft ganz, aber auch das Gefälle, das die für ein solches Geschiebe erforderliche Schleppkraft erzeugen könnte. Die Ems z. B. entspringt in einem Gebiete, dessen obere geologische Schichten aus feinsten Sanden bestehen, einer Geschiebeform, die den Fluß auf seinem gesamten Lauf bis zur Mündung verfolgt und seinen Charakter bestimmend beeinflußt. Hier hat sich das Gefälle vom Quellgebiet bis zur Mündung dem leichten Geschiebe entsprechend flach eingestellt, so daß die Schleppkraft des Wassers und das Geschiebe sich gegenseitig das Gleichgewicht halten.

Die hier geschilderten Zustände finden sich bei allen Strömen wieder. Sie sind Naturgebilde, die das strömende Wasser mit den ihm innewohnenden Kräften unter dem Zwange der Naturgesetze im ewigen Kampf mit den ihm in Gestalt und Gefüge des Strombetts entgegenstehenden Kräften selbst geschaffen hat, ehe noch der Mensch daran dachte, sich zum Herrn des Wassers zu erheben. Der Strom braucht das starke Gefälle des Wildbachs, um starke Felsblöcke mit sich zu Tal reißen zu können, er braucht das schwere Geschiebe, das auf dem Talwege allmählich sich zerstoßend und zerreibend überall, wo es hinkommt, in seiner jeweiligen Größe und Schwere Ersatz für das Geschiebe bietet, das eben vom Fluß noch weiter talwärts getragen wurde, um so den einmal erreichten Gleichgewichtszustand zu erhalten. Da, wo das Geschiebe nicht den sonstigen Eigenschaften des Flußlaufs entspricht, frißt sich der Strom im Laufe der Zeit weiter in den Boden hinein, oder er erhöht die Flußsohle durch Ablagerungen, so lange, bis Gefälle und Geschiebe wieder im Einklang miteinander stehen. Und wo das Gefälle fehlt, um das Geschiebe weiter abwärts zu tragen, da wird sich das Geschiebe so lange ansammeln und anhäufen, bis sich die gestauten Wassermassen unter dem Einfluß des Stauwassergefälles eines Tages gewaltsam einen neuen Weg bahnen, der neue Aussichten auf den gesuchten Kräfteausgleich eröffnet.

Haben wir hier das Bild geschildert, das sich uns bei der Vorstellung eines Flußlaufs bietet, und die Gedankengänge, die sich uns dabei aufdrängen, so wird nun die Frage zu beantworten sein, in welcher Weise an diesen Vorgängen die Naturkräfte beteiligt sind. Es kann keinem Zweifel unterliegen, daß zwischen dem Gefälle und dem Geschiebe irgendwelche unmittelbaren oder mittelbaren Beziehungen herrschen. Es ist bekannt, daß die bewegende Kraft in einem Flußlauf von dessen Spiegelgefälle ausgeht. Infolge der Schwerkraft gerät das Wasser im Flußbett in fließende Bewegung. Dadurch erhält es die Fähigkeit, mechanische Arbeit zu verrichten, dem fließenden Wasser wohnt also ein von der Größe der Schwerkraft abhängiges Arbeitsvermögen inne. Nehmen wir einmal an, die Wassermenge bliebe unverändert und der Bewegung des Wassers stellten sich keine Widerstände entgegen, was in einem Gerinne mit völlig glatten Wänden vorstellbar wäre, dann würde das Arbeitsvermögen des Wassers in einem bestimmten Augenblick gleich der Energie sein, die bis zu diesem Augenblick für seine Bewegung aufgewendet wurde. Es würde sich also ständig vergrößern. Hier handelt es sich um den gleichen Vorgang wie bei einem fallenden Körper; auch hier nimmt das Arbeitsvermögen ($^1/_2\, m\, v^2$) im Laufe des Fallens zu, da auch die Fallgeschwindigkeit ($v = \sqrt{2\,g\,h}$) dauernd im bestimmten Verhältnis zur zurückgelegten Fallhöhe steigt. Beim Wasser würde sich dies in der Weise auswirken, daß die Flußgeschwindigkeit im entsprechenden Verhältnis zur zurückgelegten Gefällhöhe sich steigern würde, die gleichbleibende Wassermenge würde einen immer kleineren Durchflußquerschnitt brauchen, bei gleicher Breite des Gerinnes also eine geringere Höhe in Anspruch nehmen, bei 10-facher Geschwindigkeit nur $^1/_{10}$ der ursprünglichen Höhe. Ein solcher Vorgang kann zum Beispiel im Zulaufkanal zwischen einem Gewässer und einem Kraftwerk beobachtet werden, wenn die Wandungen des Kanals aus glattem Material, z. B. aus Beton bestehen. Das Zusammendrängen des Wassers in einem geringeren Querschnitt ist hier deutlich zu erkennen. Im Flußlauf werden nun aber die die Beschleunigung verursachenden Kräfte in gewissem Umfange durch Widerstände verzehrt, die sich dem fließenden Wasser entgegenstellen; es sind dies die Rauhigkeit der Wandungen des Flußbetts, die Reibung zwischen sich und dem an ihnen entlangfließenden Wasser erzeugen, und die Bewegung des Geschiebes, die nur durch die dem Wasser innewohnenden Kräfte erzeugt wird und die ihrerseits diese Kräfte aufzehrt. Die Hemmungen, die auf diese Weise auf das fließende Wasser in unmittelbarer Nähe der Wandungen des Flußbetts ausgeübt werden, teilen sich auch den übrigen Wassermassen mit, so daß ganz allgemein die Fließgeschwindigkeit eingeschränkt wird. Sind nun diese Hemmungen infolge Reibung und Geschiebebewegung so groß, daß die Fließgeschwindigkeit der ganzen Wassermenge gleichförmig bleibt, so befinden sich die von dem Spiegelgefälle ausgehenden treibenden Kräfte mit den an den Bettwandungen entstehenden Widerständen im Gleichgewicht. So erklärt sich der Unterschied in Gewicht und Größe des Geschiebes im Ober-, Mittel- und Unterlauf, denn die starke Gefällzunahme in der Zeiteinheit im Oberlauf erfordert stärkere Ausgleichkräfte und daher schwerere Geschiebe als im Mittel- und Unterlauf, wo oft nur eine verhältnismäßig geringe Rauhigkeit genügt, um der Wirkung der durch schwaches Gefälle bedingten geringen Höhenunterschiede den erforderlichen Widerstand entgegenzusetzen.

Wir sind hier bei Erwägungen angelangt, die das A und O des Flußbaues berühren, nämlich die wechselseitigen Beziehungen zwischen der Geschiebeführung eines Flußlaufs und der Schleppkraft des fließenden Wassers, die ihrerseits wiederum in enger Beziehung zur Strömungsgeschwindigkeit steht. Letztere ist aber abhängig vom Spiegelgefälle und wie dieses einem dauernden Wechsel unterworfen. Gerade diese Beziehungen zwischen Geschiebe und Schleppkraft des fließenden Wassers sind noch recht wenig bekannt, nicht in dem Sinne, daß das Bestehen dieser Beziehungen an sich unbekannt wäre; vielmehr ist die Beziehung im Einzelfalle noch so wenig feststellbar, und zwar sowohl in ihrer Entstehung als auch in ihrer Auswirkung, daß dem Aufbau der im Flußbau im Einzelfalle anzuwendenden Maßnahmen nie exaktes Wissen, sondern nur Annahmen zugrunde gelegt werden können, und auch diese nur in Verallgemeinerung auf weite Flußstrecken. Der Vorgang ist der, daß die Schleppkraft aus der Wassergeschwindigkeit, dem als gleichmäßig angenommenen Spiegelgefälle und der einer bestimmten Skala von Erfahrungswerten entnommenen Rauhigkeitsziffer des Flußbetts oder des Geschiebes einer Flußstrecke geschätzt und dann der Berechnung der zulässigen Wassergeschwindigkeit für die gleiche Flußstrecke zugrunde gelegt wird. Die zulässige Wassergeschwindigkeit ist begrenzt, und zwar bei Niedrigwasser, also bei geringer Strömung, nach unten, weil sich bei zu niedriger

Schleppkraft das Geschiebe absetzt und die Sohle in unzulässiger Weise anhöht, und bei höheren Wasserständen, also bei stärkerer Strömung, nach oben, weil bei zu starker Schleppkraft das Geschiebe stärker in Bewegung gerät, als zulässig ist, und so der Anlaß zu Kolkbildungen gegeben ist. Mit Hilfe der so gefundenen zulässigen Geschwindigkeitsgrenzen werden nun die neuen Formen der Flußstrecke, Querschnittsgröße und Ausbildung, Gefälle usw. errechnet. Den Rechnungsergebnissen werden die Baumaßnahmen angepaßt. Der Erfolg hängt davon ab, ob es wirklich gelingt, die Schleppkraft, d. h. die Strömungsgeschwindigkeiten, in den errechneten Grenzen zu halten, wobei selbstverständliche Voraussetzung ist, daß die der Berechnung zugrunde gelegten Annahmen den tatsächlichen Verhältnissen entsprechen und, was das Wichtigere ist, daß sich auf der ganzen behandelten Flußstrecke das Spiegelgefälle gleichmäßig einstellt und erhält, denn ohne die letztere Voraussetzung können die Wassergeschwindigkeiten und die Schleppkräfte nicht innerhalb der gewollten Grenzen gehalten werden.

Hierin liegt einer der Hauptgründe für die Schwierigkeiten, denen der Flußbau begegnet. Der außerordentlich große Weg, der von der Sensibilität der Geschiebeführung eines Flusses ausgeht und in der Ausführung der Flußbaumaßnahmen gipfelt, bietet eine Unzahl von Fehlerquellen, die bewußt zu umgehen oder zu vermeiden heute noch jede Möglichkeit fehlt. Bildet sich zum Beispiel in der fraglichen Strecke kein gleichmäßiges Gefälle und stellen sich Gefällbrüche ein, so können auf Teilstrecken mit schwächeren und stärkeren Spiegelgefällen gleich von vornherein Geschiebeablagerungen und Kolke entstehen, die zur Verstärkung der Gefällbrüche und zu weiteren Nachteilen führen können. Jede Buhne erzeugt oberhalb einen Stau, unterhalb eine Stromschnelle, sie ist schon aus diesen Gründen als Ausbaumaßnahme nicht so geeignet wie z. B. ein Parallelwerk. Wir sind aber dennoch in vielen Fällen auf sie angewiesen. Die schädliche Wirkung kann durch Schrägstellung der Buhne zur Stromrichtung und dadurch erzeugte Stromspaltungen gemildert werden. Dabei spielt die richtige Wahl des Winkels zwischen Buhnenachse und Stromrichtung eine entscheidende Rolle. Die Fehlerquellen, die durch Querströmungen und Wasserwalzen in Krümmungen und Übergängen entstehen, sind, um die Gedankengänge nicht zu verwirren, überhaupt noch nicht erwähnt worden. Wir können uns vielleicht einen Begriff von der Unzahl der Möglichkeiten, die hier eintreten können, machen, wenn wir uns eine sich selbst überlassene und völlig verwilderte Stromstrecke vorstellen und anderseits die gleiche Stromstrecke, in der das Wasser in dem durch den Flußbau erzeugten und von uns als ideal bezeichneten regelmäßigen Flußbettgebilde ruhig und gleichmäßig dahinfließt. Würde der letztere Zustand sich selbst überlassen werden, dann würde sich im Laufe der Zeit wiederum ein völlig verwilderter Zustand bilden, der dem früheren gleich oder ähnlich, aber auch völlig von ihm verschieden sein kann. Der Weg der Entwicklung von einem zum anderen Grenzzustande würde über eine Unzahl von Einzelentwicklungen von Zustand zu Zustand gehen, der jeder für sich in Entstehung und Auswirkung von den kleinsten Zufälligkeiten im Stromgebilde abhängen und ebenso in dieser wie in irgendeiner anderen Richtung weiter fortschreiten würde. Alle diese möglichen, unzähligen Zustände und Entwicklungen können in jedem Augenblick als Gleichgewichtszustände aufgefaßt werden, da sie folgerichtig unter dem Einfluß der Naturgesetze eines aus dem anderen entstanden sind oder sich ergeben haben. Machen wir uns mit diesen Vorgängen, die in der Natur immer wieder beobachtet werden können, vertraut, dann ist es fast unvorstellbar, daß der Flußbau mit allen seinen Unzulänglichkeiten und Fehlerquellen einen Zustand schafft, der als der gewünschte Beharrungszustand gelten kann, dem gegenüber also Zufälligkeiten und Naturgesetze als zerstörende Einflußquellen ausscheiden.

Nun haben wir aber in unseren Betrachtungen ein wichtiges Moment bisher außer acht gelassen. Der Flußbau hat heute nur noch ganz ausnahmsweise Gelegenheit, sich nach rein folgerichtigen, wissenschaftlichen Gesichtspunkten zu betätigen. Die Gesetze, die der Flußbau zu verfolgen hat, werden ihm zumeist durch seine Zweckbestimmung, d. h. durch Rücksichten diktiert, die oft ganz außerhalb seines natürlichen Betätigungsfeldes liegen, die sogar stellenweise seinen eigentlichen Aufgaben entgegengerichtet sind. Infolgedessen unterliegen auch die Wege, die der Flußbau zu gehen hat, nur noch bedingt dem freien Ermessen des Flußbauingenieurs. Er ist gewissermaßen in eine Verteidigungsstellung gedrängt, aus der heraus er die Wege zu suchen hat, die die Zweckbestimmung gewährleisten, ohne den Grundsätzen des Flußbaues an sich zuwiderzuhandeln. Oft schließen hierbei die Rücksichten auf die Forderungen der Zweckbestimmung diejenigen auf die Belange des Flußbaues unmittelbar aus. Ein oft wiederkehrendes Beispiel möge aufgeführt werden.

Ein Fluß wird mit der Bestimmung reguliert, daß Schiffe von vorgeschriebenen Abmessungen auch bei Niedrigwasserständen auf ihm noch verkehren können. Bei der hierfür erforderlichen Wassertiefe können aber an der Sohle bereits Wassergeschwindigkeiten auftreten, die den Eigenarten der Geschiebeführung nicht Rechnung tragen. Die für die Schiffahrt erforderliche Querschnittsgröße kann also nicht geschaffen werden, ohne daß die Geschiebebewegung in Unordnung gerät. Soll der Zweck erreicht werden, muß also der Versuch, eine Gleichgewichtslage zwischen Geschiebeführung und Wassergeschwindigkeit herzustellen, aufgegeben oder wenigstens auf das Erreichbare beschränkt und die Aussicht auf größere Unterhaltungsarbeiten in den Kauf genommen werden.

Mit ähnlichen Folgeerscheinungen muß auch bei anderen Zweckbestimmungen gerechnet werden. Eine Regelung im Interesse der Landwirtschaft verlangt die Erzielung bestimmter Wasserstände, die nur durch eine Änderung der Gefällverhältnisse erreicht werden kann. Eine Eindeichung ändert die Wasserabflußverhältnisse nicht nur in der Eindeichungsstrecke, sondern auch in weiterer Ausdehnung oberhalb und unterhalb. Die Folgeerscheinung aller dieser Eingriffe gipfelt in einer Änderung des Verhältnisses zwischen Schleppkraft und Geschiebe, also in einer Störung der Geschiebebewegung.

Die größten Eingriffe in die Natur des Flußlaufs bedingt aber die wichtigste Zweckbestimmung des Flußbaues, nämlich die Ausnutzung des Wasserschatzes und der dem fließenden Wasser innewohnenden Kräfte im Rahmen der Wasser- und Kraftwirtschaft. Diese Zweckbestimmung ist für das gesamte Dasein und Leben des Volkes von so hervorragender Bedeutung, daß ihr alle anderen Forderungen und Interessen untergeordnet, unter Umständen sogar geopfert werden müssen. Jede Talsperre und jede sonstige Stauanlage, die der Aufspeicherung von Wasser und von Wasserkräften dient, bedeutet praktisch eine Unterbindung der Geschiebebewegung und damit die gänzliche Beseitigung der Gleichgewichtslage des Flußgebildes. Unterhalb einer solchen Staustufe muß sich die Schleppkraft so lange in einer Austiefung der Sohle und in einer Verflachung des Gefälles auswirken, bis die Schleppkraft sich dem Widerstande des Geschiebes angeglichen hat, ein Vorgang, der sich auf den gesamten Unterlauf und die Nebenflüsse in gewissem Grade fortpflanzen muß. Ebenso verhält es sich mit der heutigen Wildbachverbauung, die die Zufuhr des Geschiebes aus dem Quellgebiet des Flusses gänzlich abschneidet. Wir können uns diesen Vorgang so vorstellen, als wenn der Unterlauf eines Flußlaufs von seinem im Gebirge liegenden Quellgebiet abgeschnitten wird und nun unterhalb des Schnittes zum Flachlandfluß wird, bei dem die aus dem Stausee zufließende Wassermenge die Aufgabe der Quelle übernimmt. Jede Staustufe in einem kanalisierten Flußlauf hat ähnliche Folgen, hier allerdings nicht im gleichen Maßstabe, da der Stau bei höheren Wasserständen aufgehoben wird und die Geschiebebewegung dann wieder einsetzt, wenn sie die größte Ausdehnung annimmt.

Es entsteht nun die Frage, wie sich der Flußbauingenieur mit allen diesen Umständen abfindet. Es kann wohl nicht geleugnet werden, daß mehr oder weniger alle Flußausbauten — wenigstens scheint es so — zu Erfolgen geführt haben. Vielleicht könnte am Umfange der nach dem Ausbau sofort oder später einsetzenden Unterhaltungsarbeiten das wirkliche Maß des Erfolges festgestellt werden. Jedenfalls ist kaum ein Fall bekanntgeworden, der als ausgesprochener Mißerfolg bezeichnet worden wäre. Daß in allen diesen Fällen ein Zustand geschaffen wurde, der es dem fließenden Wasser ermöglichte, den ihm innewohnenden Kräften rein zum Nutzen des gewollten Ergebnisses und ohne schädliche Nebenwirkungen zu folgen, ein Ideal, das in den vorangehenden Ausführungen als das Ziel der Flußbaukunst bezeichnet wurde, ist wohl kaum anzunehmen. Es bleibt dann nur die zweite Möglichkeit, nämlich die, daß dem Wasserstrom Zwang angetan wurde. In der Tat hat es der Flußbauingenieur mit der Zeit gelernt, den zur Bändigung eines Wasserlaufs notwendigen Flußeinbauten eine so hohe Standsicherheit zu verleihen, daß diese Flußeinbauten — wenigstens für einen gewissen Zeitraum — den auf sie einwirkenden Kräften des gebändigten und in ein bestimmtes Bett eingezwängten Wasserlaufs zu widerstehen in der Lage sind. Die freie Auswirkung der Kräfte kann sich also nur auf den Teil des Flußbetts beschränken, in dem eine Sicherung der Wandungen durch standhafte und angriffsichere Einbauten nicht erfolgt ist. Ob und in welchem Umfange sich hier das Kräftespiel in der beschriebenen Weise in der ausgebauten sowie in den anschließenden Strecken auswirkt, dafür werden, wie gesagt, die in der Folge auszuführenden Unterhaltungsarbeiten Zeugnis ablegen.

Wichtig ist, daß der Wasserbauingenieur gerade über die wesentlichste Grundlage des Flußbaues, nämlich die soeben erörterten wechselseitigen Beziehungen zwischen Geschiebeführung und Wassergeschwindigkeit, noch so wenig unterrichtet ist, daß er nicht in der Lage ist, bewußt diese Beziehungen so in seine Berechnungen einzusetzen, daß ein voller Erfolg, nämlich die Herstellung des Gleichgewichts zwischen Geschiebeführung und Wassergeschwindigkeit, von dem das Verhalten des Stromes nach dem Ausbau in erster Linie, vielleicht sogar allein abhängt, von vornherein mit einiger Sicherheit erwartet werden kann. Ob bei den vielen beschriebenen Zufälligkeiten der Strombildung überhaupt jemals Aussicht besteht, bei weiterer Vervollkommnung unserer Erfahrungen diese Fähigkeit zu erwerben, ist zweifelhaft. Wir können uns ihr vielleicht nähern. Der Weg zu dieser Annäherung ist heute schon gekennzeichnet durch die in den letzten Jahren erzielte erhebliche Verbesserung unserer Apparate zur Messung der Fließgeschwindigkeiten. Es besteht dank dieser Ver-

besserungen heute bereits die Möglichkeit, in wenigen Stunden, also in einer Zeit, in der sich der Strömungsvorgang im allgemeinen nicht oder nur sehr wenig ändert, ein genaues Wassergeschwindigkeitsdiagramm für einen Stromquerschnitt zu gewinnen. Aus dem Vergleich einer Reihe solcher Diagramme bei verschiedenen Wasserständen läßt sich vielleicht die Größe der Reibung ermitteln, die zwischen der Stromsohle und dem fließenden Wasser wirksam ist, und ferner der Einfluß, der durch diese Reibung verzögerten Wassergeschwindigkeit auf die Bewegungsgeschwindigkeit der Wasserfäden in den verschiedenen Wassertiefen, die ihrerseits durch die Reibung der Wasserfäden unter sich, d. h. die Kohäsion des Wassers, bedingt ist. Sind wir erst so weit, daß wir aus diesen Beziehungen die Verhältnisse einer bestimmten Stromstrecke genau feststellen können, dann werden wir vielleicht auf umgekehrtem Wege die zutreffenden Geschwindigkeitsdiagramme für die Ausbauquerschnitte der gleichen Stromstrecke ermitteln und an ihnen feststellen können, bei welchem Ausbauzustande die Geschiebe mit der Schleppkraft im Gleichgewicht sind und die für den Bestand des Ausbauzustandes notwendige Begrenzung der Geschiebebewegung gewährleistet ist. Ob und inwieweit sich diese Hoffnungen erfüllen, muß die Zukunft lehren.

Aber auch ohne das ist der Flußbauer seinem Ziel schon erheblich näher gerückt. Es wurde bereits erwähnt, daß es zu allen Zeiten Wasserbauingenieure gegeben hat, die lediglich aus ihrer Naturverbundenheit heraus im Flußbau Hervorragendes geleistet haben, auch als die Wissenschaft noch nicht die hierzu nötigen Grundlagen bot. Die Erfahrungen, die Wissenschaft und Ausübung in den letzten Jahrzehnten gezeitigt haben, und die Fülle der Erkenntnisse, die in wachsendem Maße eine Einführung in die Natur des Flußlaufs und des Wassers ermöglichen, weisen dem zielbewußten und mit dem Wesen seiner Aufgabe vertrauten Ingenieur den Weg, den er zu gehen hat, um die ihm sich bietenden Unsicherheiten zu meistern. Die außerordentliche Empfindlichkeit des Flußgebildes zwingt ihn, so zu handeln, daß sich die unausbleibliche Verlagerung der Strom- und Kraftverhältnisse nicht plötzlich im vollen Umfange, sondern ganz allmählich, und zwar sozusagen unter seiner Aufsicht vollzieht, wenn das Werk gelingen soll.

Am besten wird er in der Weise vorgehen, daß ein möglichst harmloser Bestandteil des Ausbaues zunächst allein ausgeführt und die Wirkung auf den Strom beobachtet wird. Aus den Änderungen, die der Strom hierbei erfährt, wird am besten darauf geschlossen werden können, welcher weitere Bauteil die Änderung folgerichtig ergänzt oder zu starke Wirkungen abschwächt. Ganz allmählich wächst so die Anlage und ebenso allmählich auch die Umlagerung der Kräfteverhältnisse, und der leitende Ingenieur kann in jedem Augenblick feststellen, ob er mit seinen Anordnungen auf dem richtigen Wege ist oder ob eine Änderung im Vorgehen sich empfiehlt. Lediglich ein solches Vorgehen, bei dem der leitende Ingenieur in jedem Augenblick auf Grund seiner Feststellungen und aus dem Fingerspitzengefühl des naturverbundenen Beobachters heraus neue Entschlüsse faßt und gleichsam tastend in seinen Maßnahmen voranschreitet, kann nach menschlichem Ermessen Aussicht auf das Gelingen bieten. Daß hierbei eine geraume Zeit vergeht, damit wird der Bauherr im Interesse seines Werkes sich abfinden müssen.

Bei diesem Vorgehen darf aber das beabsichtigte Ziel nicht aus den Augen verlorengehen. Ebensowenig darf der Entwurf Änderungen erfahren, die dem Ausbauziel entgegenstehen. Der Entwurf muß in seinen großen Zügen festliegen, nur in der Anordnung der Einzelheiten und in der Reihenfolge ihrer Ausführung muß der leitende Ingenieur volle Freiheit haben, aber nur insoweit, als auch jede Abweichung vom Entwurf dessen Zielen angepaßt sein muß. Der Entwurf kann wiederum nur von einem Ingenieur aufgestellt werden, der die Stromverhältnisse in allen ihren maßgebenden Eigenschaften genau kennt und selbst studiert und gemessen hat. Ferner kann nur der Ingenieur, der den Entwurf selbst aufgestellt hat und weiß, aus welchen Gründen dieser Entwurf in seinen Eigenheiten so und nicht anders behandelt worden ist, in der Lage sein, bei der Ausführung in jedem Augenblick Zweck und Ziel jeder einzelnen Maßnahme zu erkennen und die Folgewirkungen richtig einzuschätzen. Aus diesen Gründen empfiehlt es sich, Entwurfsbearbeitung und Bauausführung in die Hände ein und desselben Ingenieurs zu legen.

Vielleicht ist inzwischen klargeworden, weshalb der Flußbau zu Anfang dieser Ausführungen als noch unerforschtes Gebiet bezeichnet wurde. Es wird aber unter den geschilderten Verhältnissen anerkannt werden müssen, daß dieser Umstand nicht durchaus einer unzulänglichen Durchbildung des Wasserbauingenieurs zur Last gelegt werden kann, sondern vielmehr dem Umstande, daß ein Flußlauf ein so außerordentliches empfindsames Gebilde darstellt, daß jeder Versuch einer schematischen Behandlung des Gesamtproblems von vornherein zur Erfolglosigkeit verurteilt sein müßte.

Wir befinden uns heute in einer Zeit, in der das Volkswohl die höchsten Anforderungen an alle Zweige des Wirtschaftslebens stellt: Wasserwirtschaft und Binnenschiffahrt nehmen hierbei einen hervorragenden Platz ein. Nie waren die Aufgaben auf diesen Gebieten größer als heute. Mit den Aufgaben wachsen die Erfahrungen und mit ihnen das Können und das Vertrauen auf die Leistungsfähigkeit. Die voraufgegangenen Ausführungen zeigen die Schwierigkeiten, mit denen der die Wasserwirtschaft und die Verkehrswirtschaft tragende Flußbau zu kämpfen hat, sie zeigen aber auch, daß er in seinem Bestreben, die Schwierigkeiten zu meistern, den rechten Weg geht und zielsicher auf ihm dahinschreitet. Der menschliche Geist hat schon auf vielen Forschungsgebieten die Schranken durchbrochen, die ihm von der Natur gesetzt schienen. Auch der Flußbau wird seine Grenzen weiten. Im gleichen Maße, in dem wir tiefer in die Natur des Flußlaufs eindringen, werden wir lernen, die Tücken des Wassers zu überwinden und seine Segnungen nutzbar zu machen.

Alle Rechte vorbehalten.

# Der Umbau der Rheinbrücke in Konstanz.

Von Oberbaurat Theo Lutz, Konstanz.

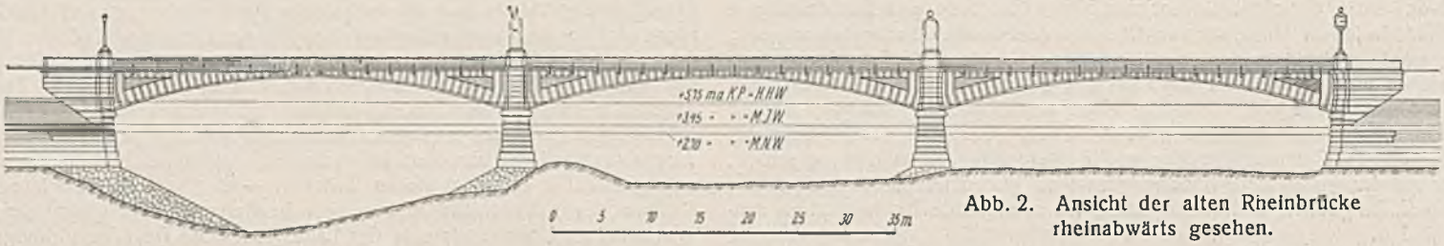


Abb. 2. Ansicht der alten Rheinbrücke rheinabwärts gesehen.

## I. Allgemeines.

### 1. Die alte Rheinbrücke.

Bis zum 1. Juni 1856 bestand die Verbindung zwischen den beiden Rheinufern bei Konstanz aus einer gedeckten Holzbrücke, die eine Reihe von Mühlenwerken trug, für deren Betrieb die Holzbrücke zugleich als Stauwehr diente. Nachdem die Holzbrücke an dem genannten Tage samt den Mühlen durch Brand zerstört worden war, erhielt der Erbauer der Schwarzwaldbahn, Oberbaurat Gerwig, den Auftrag, möglichst rasch eine neue Verbindung über den Rhein für den Eisenbahn- und Straßenverkehr bei Konstanz zu schaffen. So entstand im Zusammenhang mit der Durchführung der badischen Bahn bis Konstanz die frühere Rheinbrücke. Sie wurde im Oktober 1858 mit den Pfahlgründungen begonnen und im März 1862, also nach $3^1/_2$ jähriger Bauzeit, beendet. Dem Straßenverkehr stand die Brücke aber bereits seit Dezember 1861 zur Verfügung, während die Eröffnung der Eisenbahnlinie Waldshut — Konstanz erst im Juni 1863 stattfand. Den Straßenverkehr ver-

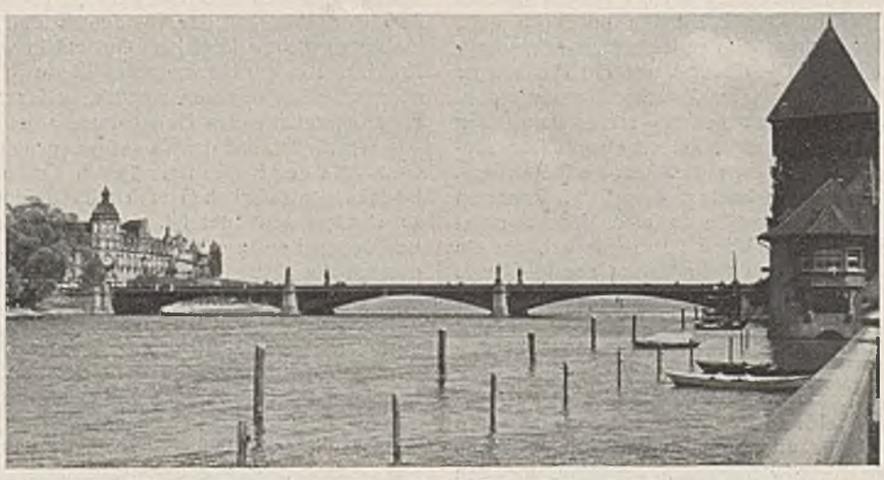

Abb. 3. Ansicht der alten Rheinbrücke rheinaufwärts gesehen.

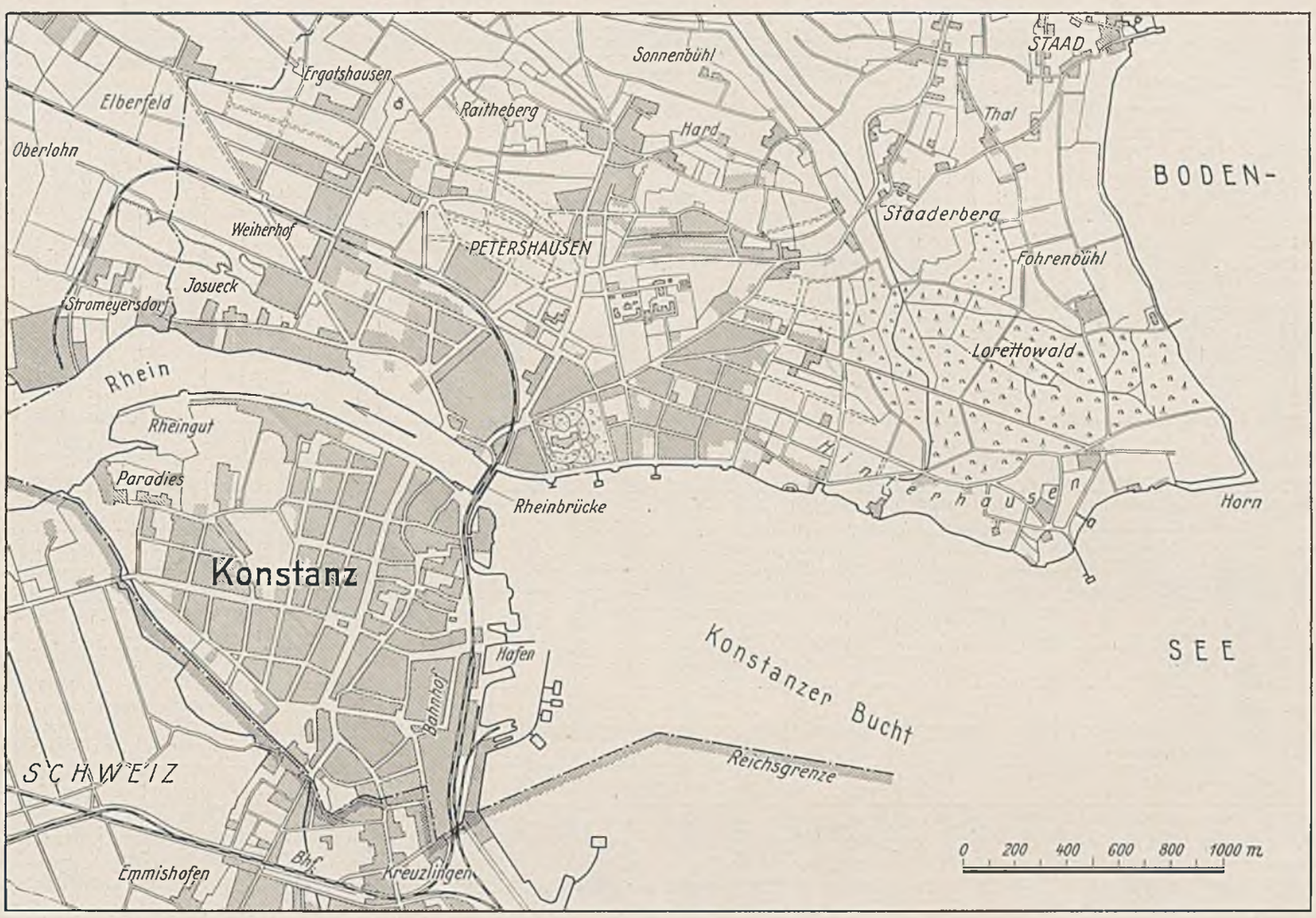


Abb. 1. Lageplan der Stadt Konstanz mit Rheinbrücke.

mitteilte in der Zeit von 1856 bis 1861 eine Notbrücke, die etwa an der Stelle der abgebrannten Holzbrücke errichtet und nach Inbetriebnahme der neuen Rheinbrücke wieder beseitigt wurde.

Die mit ihren Standbildern sich formenschön in das Landschaftsbild einfügende Rheinbrücke (Abb. 3) war für den damaligen Stand der Brückenbaukunst eine bemerkenswerte Tat. Sie wurde inzwischen durch einen in den Jahren 1936 bis 1938 ausgeführten Neubau ersetzt und bildete die einzige Verbindung zwischen den beiden durch den Rhein getrennten Stadtteilen in Konstanz. Sie überspannte den Rhein unmittelbar am Bodensee-Ausfluß (vgl. den Stadtplan, Abb. 1) in drei Öffnungen von je 40 m Lichtweite zwischen den Landwiderlagern und Strompfeilern. Das Tragsystem bestand aus vier bogenförmig ausgeschnittenen, vollwandigen Trägern aus Schweißeisen (Abb. 2). Zwischen diesen Hauptträgern, die durch Querträger starr miteinander verbunden waren, lag die Straßenfahrbahn, ein Hauptbahngleis und ein früher für ein zweites Gleis bestimmtes, aber in den 75 Jahren des Bestehens der Brücke von der Bahn nicht benutztes Feld, das aber der Überführung von Wasser-, Gas- und Kabelleitungen diente. Die Stützweite der drei Brückenöffnungen betrug je 42,60 m, die Gesamtlänge der Brücke also 127,80 m, und die Gesamtbreite, zwischen den Geländern der Fußsteige gemessen, 17,80 m. Die Fahrbahn für den Straßenverkehr hatte zwischen den 45 cm breiten Trägergurten nur eine Breite von 5,40 m. Die Breite der übrigen beiden Brücken-

Abb. 4. Bau der alten Rheinbrücke mit Notbrücke (1859/60).

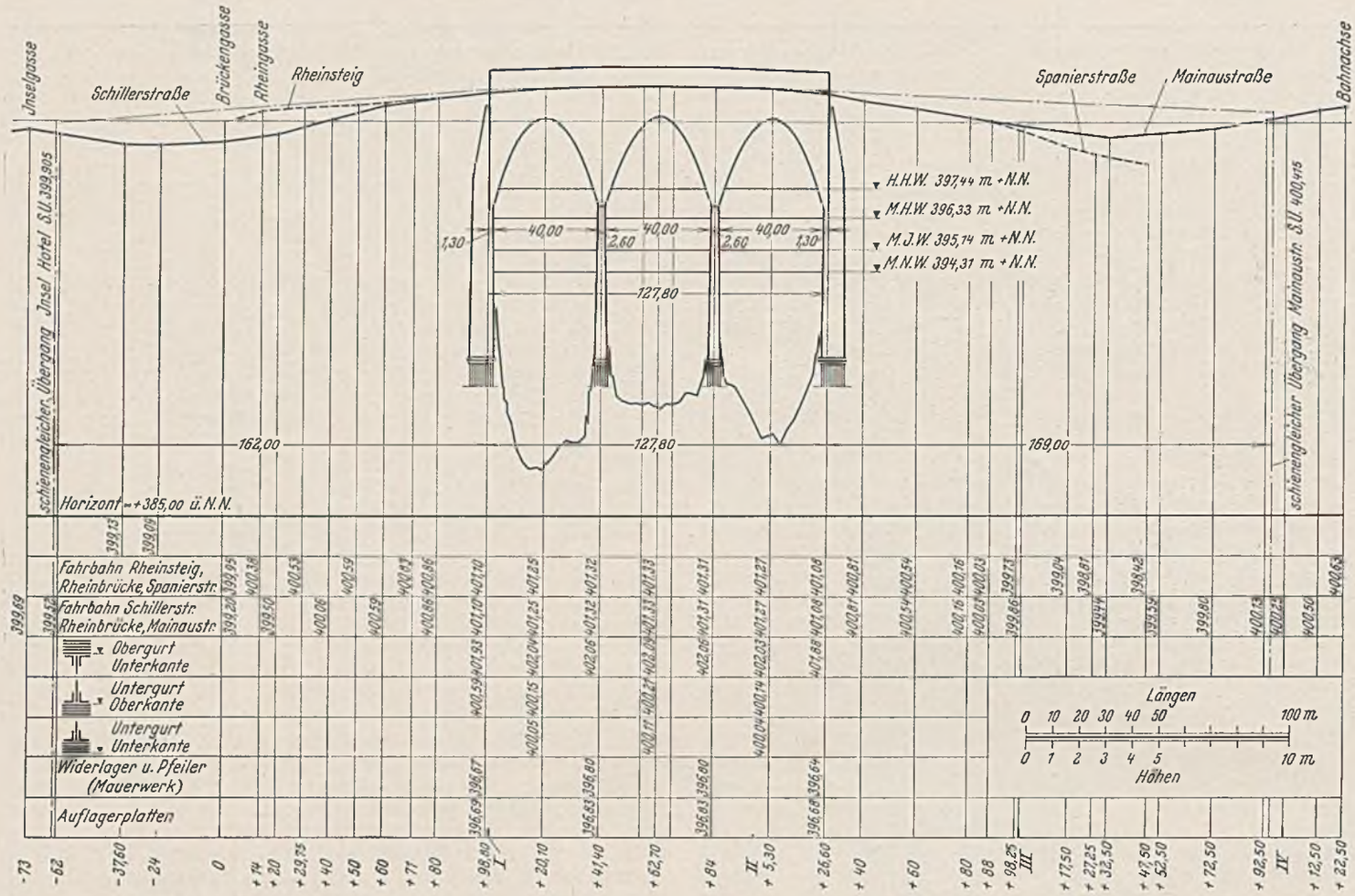


Abb. 5. Längenprofil der alten Rheinbrücke.

felder betrug je 3,45 m und die nutzbare Breite der Gehwege, die an den äußeren Trägern konsolartig angehängt waren, je 1,85 m. An den Auflagern besaßen die Hauptträger eine Höhe von 5,30 m und in den Bogenscheiteln eine solche von 2,00 m. Hieraus ergab sich ein Bogenpfeil von 3,30 m. Die obere Gurtung der Hauptträger lag über der Mittelöffnung waagerecht und in den beiden Seitenöffnungen in einem mäßigen Gefälle von 0,35%.

In statischer Hinsicht waren die über den Pfeilern zusammengenieteten Hauptträger als durchlaufende Balken anzusprechen. Eine Eigentümlichkeit der Konstruktion der Brücke bestand darin, daß die Träger nur in schwach belastetem Zustande die Eigenschaft eines freiaufliegenden Tragsystems besaßen. Einer unerwünschten Durchbiegung der Hauptträger bei stärkerer Belastung und ihrer Längenänderung infolge von Temperaturschwankungen war durch starre Widerlager ein Widerstand entgegengesetzt. Die Träger übten bei Temperaturdehnungen oder hoher Verkehrsbelastung auf ihre Widerlager einen Horizontalschub aus und wirkten dann mehr oder weniger als Bogenträger. Die Brücke war also gleichsam im Winter eine Balkenbrücke und im Sommer eine Bogenbrücke.

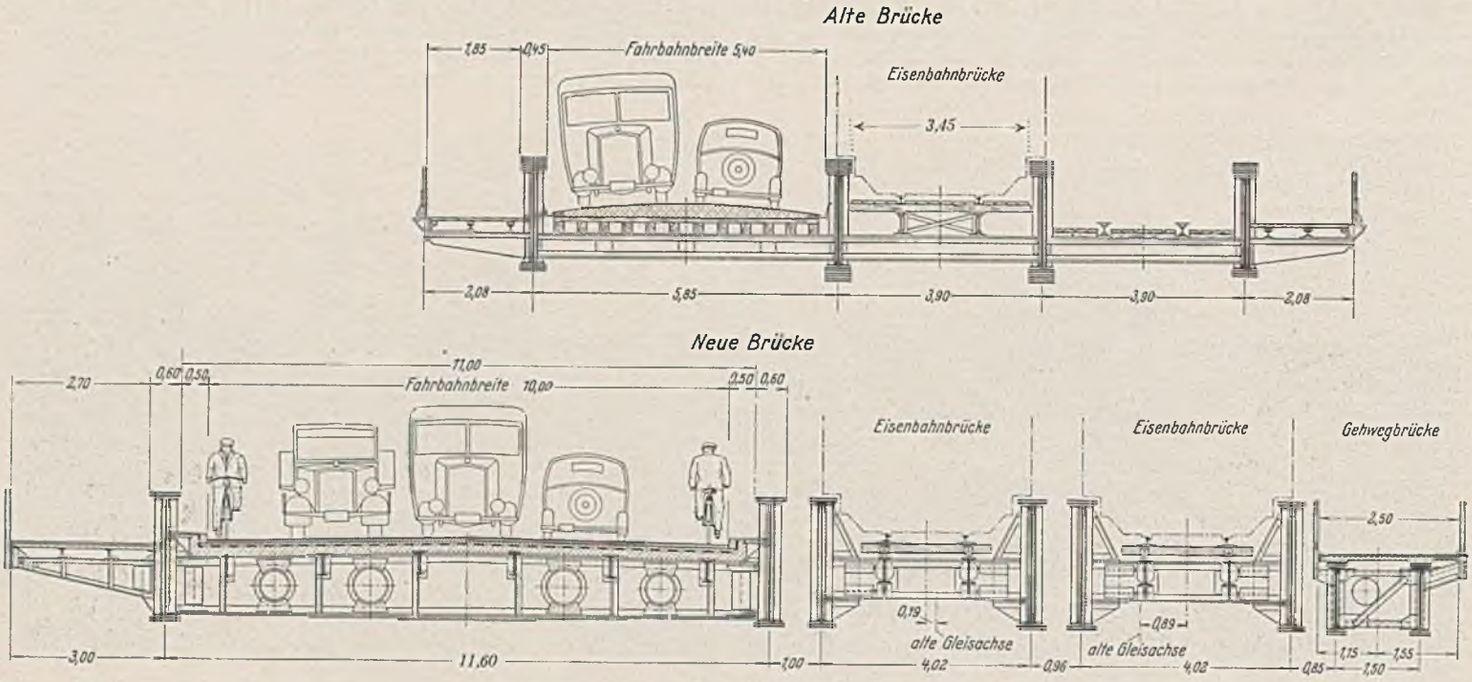


Abb. 7. Querschnitte der alten und neuen Rheinbrücke.

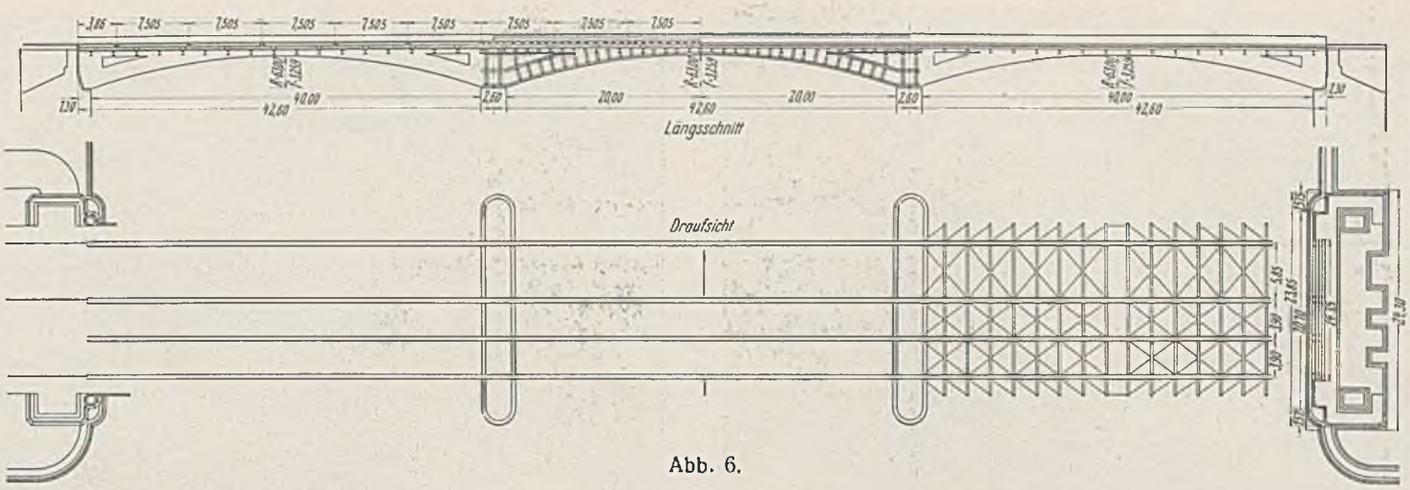


Abb. 6.

Das Gesamtgewicht des schweißeisernen Überbaues betrug nach Aufzeichnungen des Erbauers rd. 835 t, was einem Einheitsgewicht von 0,365 t je m² der überbauten Fläche entsprach. Von den Gesamtbaukosten der Brücke mit rd. 600 000 fl (Gulden) — etwa 1 030 000 RM — entfielen rd. 320 000 fl — 547 000 RM — auf die Eisenkonstruktion, ein verhältnismäßig hoher Betrag, während der Rest mit 280 000 fl — 483 000 RM — für die Pfeiler, Widerlager, für Gerüste, Maschinen und sonstige Einrichtungen beansprucht wurde. Einen interessanten Überblick über die Baustelle der alten Rheinbrücke aus dem Jahre 1859/60 mit der damals erstellten Notbrücke gibt Abb. 4.

Die Konstanzer Rheinbrücke stand bis zum Jahre 1920 im Eigentum des Landes Baden (Staatseisenbahnverwaltung); sie ging dann auf das Reich über und mußte, soweit sie dem Straßenverkehr diente, am 1. April 1934 auf Grund des Gesetzes über die einstweilige Neuregelung des Straßenwesens und der Straßenverwaltung vom 26. März 1934 als Teil der Reichsstraße Nr. 33 (Ortsdurchfahrt) von der Stadt Konstanz übernommen werden. Damit fiel auch der Stadt Konstanz die Baupflicht für den dringend gewordenen Brückenumbau zu.

Die wesentlichen konstruktiven Einzelheiten der früheren Rheinbrücke sind aus Abb. 5 bis 7 ersichtlich. (Schluß folgt.)

---

Alle Rechte vorbehalten.

# Die Arbeiten der Reichswasserstraßenverwaltung im Jahre 1938.

Von Ministerialdirektor Dr.-Ing. ehr. Gährs.

(Schluß aus Heft 28.)

### d) Saar.

Nachdem im Zuge der im Jahre 1936 begonnenen Hochwasserregulierung der Saar deren Verlegung durch die Durchstiche II, III und IV vor den Orten Saarfels, Beckingen und Rehlingen im Rechnungsjahr 1937 beendet war, wurde im Frühjahr 1938 mit der Ausführung eines weiteren Durchstichabschnitts bei Merzig begonnen. Durch die Saarverlegungen werden zwei starke Krümmungen des Flußlaufes begradigt. Der Zweck der Streckung des stark schlängelnden Stromschlauches ist, den Mittel- und Hochwasserstromstrich zu vereinigen, um die schädlichen Auflandungen der fruchtbaren Saarwiesen und Äcker mit unbrauchbaren Schwebe- und Sinkstoffablagerungen zu vermindern, die die Saar aus dem oberhalb gelegenen Industriegebiet mitführt.

Der neu begonnene obere Durchstich IX schaltet eine Saarschleife von rd. 2 km aus, die sich zwischen den Ortschaften Merzig und Hilbringen hinzieht. Die Länge des Durchstichs beträgt 1,3 km. Das Altbett der Saar wird bis auf eine kurze Strecke, die offen bleiben soll, verfüllt. Dadurch wird ein Ausgleich für verlorengegangenes Kulturland geschaffen, indem die verfüllten Flächen mit Mutterboden abgedeckt, für die Landwirtschaft wieder nutzbar gemacht werden. Durch die Saarverlegung werden mehrere Gemarkungen zerschnitten. Um die Bewirtschaftung der Ländereien nicht zu erschweren und einen Austausch von Land zu ermöglichen, wurde für das gesamte Gebiet, wie es auch bei den früheren Hochwasserregulierungsarbeiten geschehen war, ein Umlegungsverfahren eingeleitet. Mit einem Teil der beim Aushub des neuen Saarbettes gewonnenen Erdmassen wurde auf dem rechten Ufer ein Deich geschüttet, der die Stadt Merzig vor Hochwasser schützen und gleichzeitig als Umgehungstraße zur Entlastung der engen Straßen der Stadt ausgebaut werden soll.

Die 470 000 m³ Aushubmassen wurden durch Bagger in offener Baugrube mit Wasserhaltung gefördert. Die Ufer wurden mit Steinpackung und Rasenplaggen befestigt (Abb. 83). Nachdem das neue Saarbett bis auf die Trenndämme, die nach oben und unten zwischen Alt- und Neubett stehenblieben, fertiggestellt war, wurden diese geöffnet (Abb. 84) und die Saar durch das neue Bett geleitet. Die Arbeiten des eigentlichen Durchstiches waren Ende September beendet. Durchschnittlich waren 450 Mann auf der Baustelle beschäftigt.

Durch die Herstellung des Durchstiches IX wird auch der Neubau der Straßenbrücke, die die durch die Saar getrennten Ortschaften Merzig

Abb. 83. Durchstich an der Saar.
Ausgebaggertes Flußbett mit angelegter Böschung.

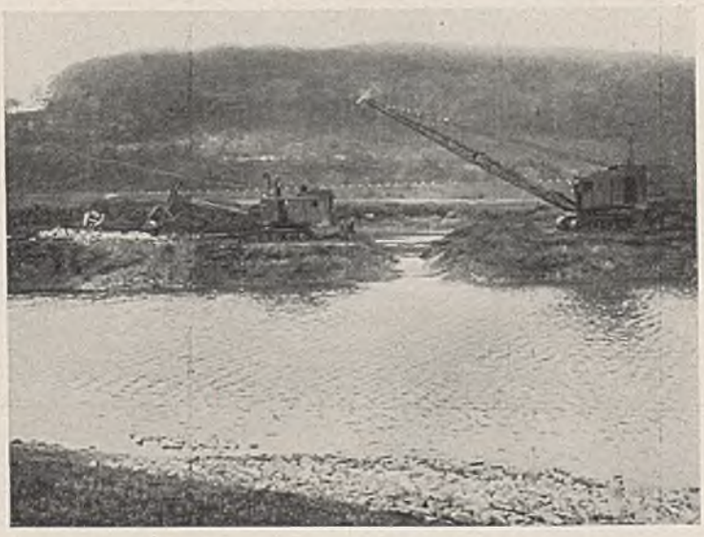

Abb. 84. Saardurchstich.
Öffnen des Sperrdammes zwischen Alt- und Neubett.

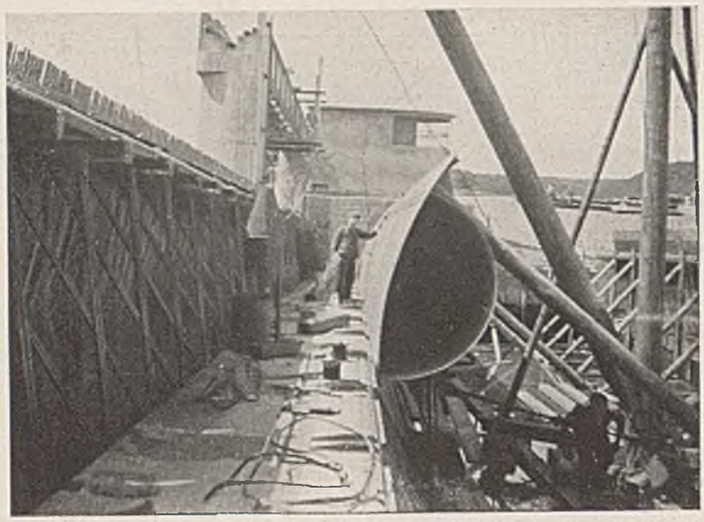

Abb. 85. Wehranlage Güdingen. Klappe im Bau.

Abb. 88. Montage eines Wehrverschlusses an einer Mainstaustufe.

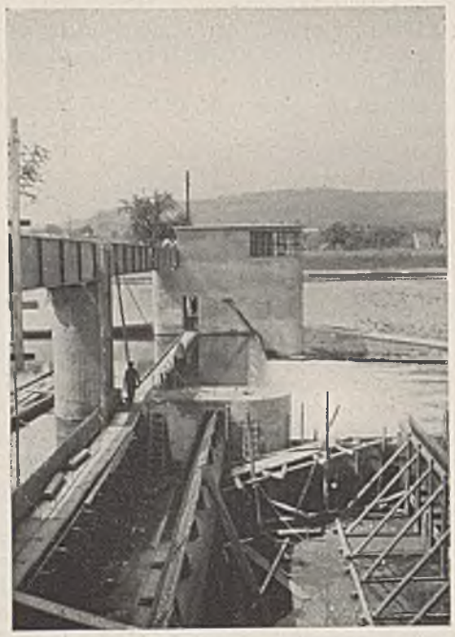

Abb. 86. Wehranlage Güdingen. Blick in die rechte Baugrube.

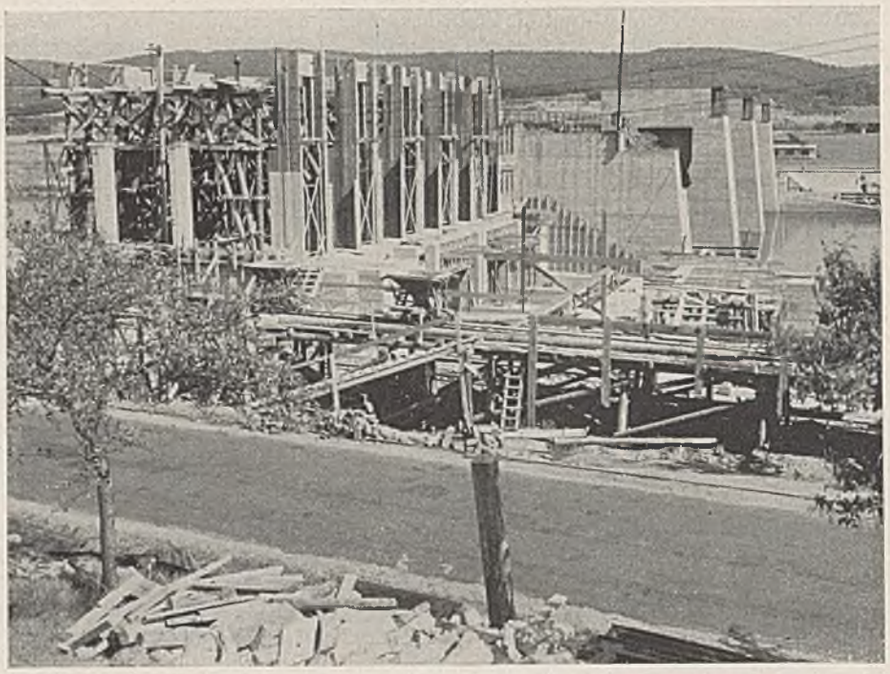

Abb. 89. Wehr und Kraftwerkhochbau (in Eisenbeton) an einer Mainstaustufe.

und Hilbringen verbindet und über das nunmehr ausgeschaltete Altbett führt, erforderlich. Der Überbau wird in Stahl ausgeführt und erhält eine Schiffahrtöffnung von 50 m, zwei Stromöffnungen von je 33 m und drei Hochwasseröffnungen von je 24 m Spannweite. Pfeiler und Widerlager konnten im Trockenen während der Ausbaggerung des Neubettes ausgeführt werden.

Zur Aufrechterhaltung des sehr lebhaften Straßenverkehrs wurde über dem Neubett im Zuge der alten Straße eine einspurige hölzerne Notbrücke errichtet.

Die gesamten Kosten belaufen sich mit der im kommenden Jahre noch fertigzustellenden Blechträgerbrücke auf rd. 2 400 000 RM.

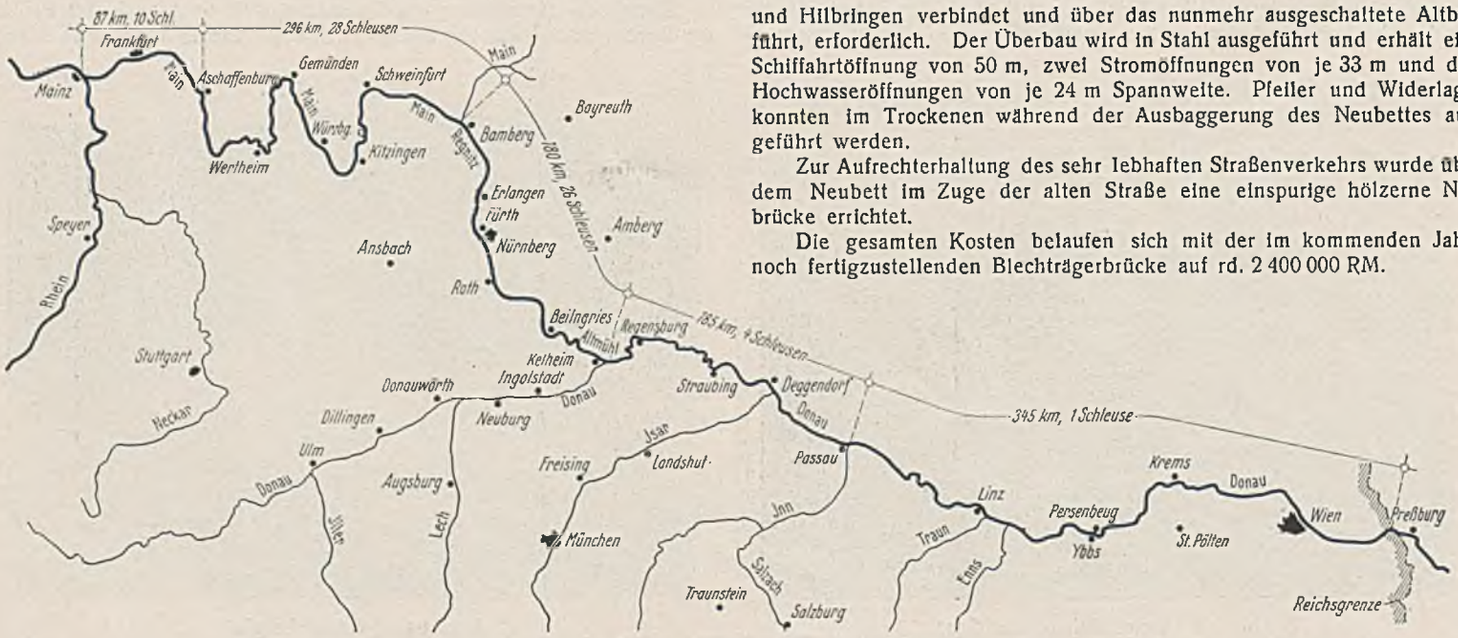


Abb. 87. Großschiffahrtstraße Rhein—Main—Donau.

Für das Jahr 1939 ist der zweite Durchstich X vorgesehen, mit dessen Fertigstellung dann die Hochwasserregelung auch vor Merzig durchgeführt ist.

Die im Jahre 1937 begonnenen und Mitte November 1937 unterbrochenen Umbauarbeiten an der Wehranlage Güdingen konnten infolge der starken Wasserführung der Saar erst Anfang Mai 1938 wieder aufgenommen werden.

Es folgte zuerst nach der Errichtung eines unterwasserseitigen Notverschlusses in der linken Wehrhälfte der Einbau der linken Klappe, die in drei Teilen angeliefert wurde. Anschließend wurden das linke Windwerk und der linke Wehrsteg eingebaut. Nach Umsetzen der unteren und oberen Notverschlüsse wurden die Eisenbauarbeiten auf der rechten Wehrhälfte in der gleichen Reihenfolge vorgenommen (Abb. 85 u. 86).

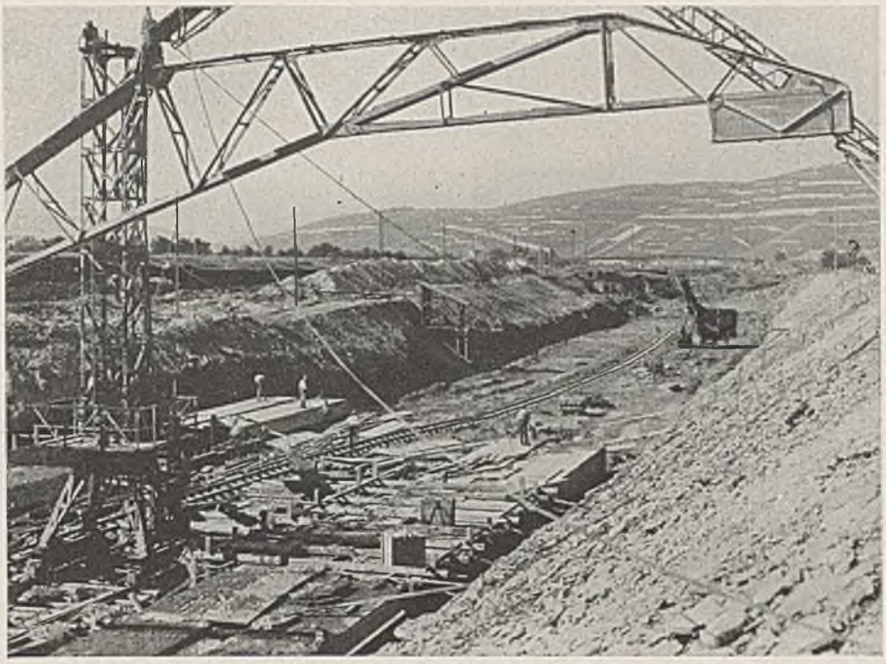

Abb. 90. Schleusenbaugrube einer Mainstaustufe.

Nach Fertigstellung der elektrischen Einrichtung und aller sonstigen Nebenarbeiten wurde die Anlage am 27. Juli 1938 in Betrieb genommen.

### 8. Die Rhein-Main-Donau-Verbindung.

Schon im Jahre 1937 war durch Verhandlungen zwischen Reich und Bayern sichergestellt worden, daß die Großschiffahrtstraße Rhein—Main—Donau über Würzburg hinaus, das Ende des Etatsjahres 1938 erreicht werden sollte, fortgesetzt wird. Zu diesem Zwecke sind im April 1938 entlang der Strecke neue Wasserstraßenämter in Schweinfurt, Bamberg und Nürnberg errichtet worden.

Die denkwürdige Wiedervereinigung Österreichs mit dem Deutschen Reich hat dann dem Gedanken der Rhein-Main-Donau-Verbindung einen außerordentlichen Auftrieb gegeben. Um Österreich möglichst rasch auch durch die Großschiffahrt an das übrige Reichsgebiet anzuschließen, ist von der Reichsregierung schon am 26. März 1938 in dem zu Wien verkündigten Hermann-Göring-Programm festgelegt worden, daß die Rhein-Main-Donau-Wasserstraße in der kürzesten technisch denkbaren Frist auszuführen ist und daß auch die österreichische Donau unter Beseitigung der dort noch bestehenden Schiffahrthindernisse und unter Ausführung des in Österreich schon lange geplanten Donauwerks Ybbs-Persenbeug zur Großschiffahrtstraße auszubauen ist (Abb. 87). Zur Durchführung dieses Programms ist dann das Rhein-Main-Donau-Gesetz vom 11. Mai 1938 erlassen worden. Für den Ausbau der Stau- und Kraftstufe Ybbs-Persenbeug, durch die das schwere Schiffahrthindernis des Greiner Schwalls und des Greiner Strudens beseitigt und eine sehr große und wertvolle Wasserkraft erschlossen werden soll, ist die Rhein-Main-Donau-AG in München treuhänderisch bestimmt worden. Die übrigen Arbeiten an der österreichischen Donau werden durch die zuständigen österreichischen Landesbehörden ausgeführt.

#### Maingebiet.

Die Mainkanalisierung zwischen Aschaffenburg und Würzburg[11]) ist im Laufe des Jahres in den Bauwerken fertiggestellt worden. An den letzten zwei noch unvollendeten Staustufen Himmelstadt und Harrbach sind die noch fehlenden Tiefbauten der Wehrkörper beendet und die Wehrverschlüsse montiert worden (Abb. 88).

Die sehr umfangreichen Baggerarbeiten, durch die die notwendige Fahrwassertiefe von 2,5 m erreicht werden soll, sind zu Anfang des Jahres an verschiedenen Staustufen weit gefördert worden. Sie sollten zu einem großen Teil noch im Jahre 1938 vollendet werden; durch die Arbeiten im Westen kamen sie jedoch sämtlich zum Stillstand und erleiden so eine empfindliche Verzögerung und Verschleppung in das nächste Baujahr.

Der Schwerpunkt der Arbeiten lag in dem Bau der Kraftwerke an den sieben Staustufen, die bisher ohne Kraftwerke gebaut waren. Trotz der bekannten allgemeinen Hemmungen und trotz Mangels an Personal ist Mitte November 1938 das erste Turbinenaggregat im Kraftwerk Faulbach angelaufen. Gegen Ende des Berichtsjahres zeigen die sieben Kraftwerke alle Baustadien vom Beginn bis zur Vollendung. Soweit es die außerordentlich knapp bemessenen Baufristen zulassen, wurde zur Eisenersparnis der Hochbau des Krafthauses in Eisenbeton ausgeführt (Abb. 89).

In der Strecke zwischen Würzburg und Bamberg ist die Staustufe Randersacker im Frühjahr mit dem Schleusenlos begonnen worden. Im Frühjahr wurde noch ein großer Teil des Baugrubenaushubs der Schleuse vollendet. Aus den bekannten Gründen verzögerten sich im Sommer die Betonarbeiten weiterhin, und erst im Spätherbst konnten die Fundamente der Schleusenmauern und zum Teil das aufgehende Mauerwerk noch so weit betoniert werden, daß bis zum Eintritt der winterlichen Hochwasserperiode eine gewisse Sicherheit erreicht war (Abb. 90). An die weiter vorbereiteten und teils ausgeschriebenen, teils für die Ausschreibung fertigen Staustufen in Goßmannsdorf, Marktbreit, Wipfeld bei Schweinfurt und Limbach konnte wegen des Arbeiter- und Gerätemangels erst gegen Ende des Berichtsjahres herangegangen werden.

#### Kanalstrecke Bamberg—Nürnberg—Kelheim.

Die Wasserstraßenämter Bamberg, Nürnberg und Regensburg erhielten durch das Rhein-Main-Donau-Gesetz neue Aufgaben größten Umfangs und befaßten sich in intensiver Arbeit mit der Entwurfsbearbeitung sowie sonstigen vorbereitenden Arbeiten, wie die Kies- und Baustoffbeschaffung in der Strecke Bamberg—Nürnberg—Kelheim. Mit den ersten Bauwerken soll im Frühjahr 1939 begonnen werden.

#### Donaugebiet.

Im Bereich des Regensburger Amtes nimmt wegen der Schwierigkeit der Planung die Durchführung der Großschiffahrtstraße in Regensburg eine besondere Stellung ein. Die Schiffahrtstraße wird hier nördlich von Regensburg durch Stadtamhof unter Benutzung eines früheren Seitenarmes der Donau, des sogenannten Protzenweihers, durchgeleitet. Diese Linienführung bezweckt, die berühmte alte steinerne Donaubrücke vollständig unberührt zu lassen, für deren Schonung nicht allein historische und Schönheitsgründe, sondern auch wasserbauliche Gründe schwerwiegender Art sprechen. Der Beginn der Bauarbeiten in dieser Strecke ist für das Frühjahr 1939 in Aussicht genommen. Eine vorbereitende Arbeit hierfür, die Wehrlochverlegung bei Pfaffenstein oberhalb Regensburg, ist noch im Spätherbst begonnen worden.

#### Die Niedrigwasserregulierung der Donau zwischen Regensburg und Passau.

Das Wasserstraßenamt Regensburg hat in zeitraubenden Untersuchungen eine Überprüfung des Entwurfes vom Jahre 1917 hauptsächlich hinsichtlich der Festsetzung des Regulierungswasserspiegels und hinsichtlich der seitdem eingetretenen Änderungen der Sohlenlage der Donau vorgenommen. Es hat sich ergeben, daß an den Grundlagen des früheren Entwurfes im wesentlichen nichts zu ändern ist.

Die Rhein-Main-Donau-AG hat den von dem Schweizer Ingenieur Oskar Höhn ausgearbeiteten und diesem konzessionierten Plan einer Stau- und Kraftstufe Ybbs-Persenbeug und die Konzession für das Reich erworben und im Mai 1938 in St. Pölten eine Baudirektion errichtet. Der konzessionierte Entwurf mußte nachgeprüft und in einigen Punkten geändert werden. Es ist vorgesehen, die Donau durch ein Wehr von sechs Öffnungen bis zu 10 m aufzustauen. Auf dem linken Ufer ist eine Doppelschleuse von 24 m lichter Weite und 230 m Nutzlänge angeordnet, die Wasserkraft wird auf der rechten Donauseite in einem Kraftwerk genutzt. Die Baustelle ist auf beiden Donauufern räumlich sehr beschränkt. Im Laufe des Sommers wurden der zunächst notwendige Grunderwerb und mehrere Straßenverlegungen sowie Bodenuntersuchungen durchgeführt. Weiter in Gang gebracht ist der Bau von Zulaufbahnen auf beiden Donauufern. Während diese auf dem linken Donauufer nur einige hundert Meter lang sind, erreicht die rechtseitige Zulaufbahn eine Länge von 5 km und erfordert außerdem ein größeres Brückenbauwerk über den Ybbs-Fluß.

[11]) Karte Bautechn. 1938, Heft 22, S. 274.

Im Gange sind ferner Arbeiten für die Sicherstellung des entstehenden Kiesbedarfs und Proberammungen, um die Bauweise des zunächst in Angriff zu nehmenden Schleusenbauwerks zu bestimmen. Wider Erwarten machte sich schon von Beginn an ein empfindlicher Mangel an technischem Personal und Arbeitern bemerkbar. Auch die politischen Vorgänge im Herbst, die sich besonders auf den Bahnverkehr auswirkten, brachten naturgemäß gewisse Störungen.

Trotz aller Schwierigkeiten ist jedoch die Arbeit so weit gefördert worden, daß im Frühjahr mit dem Schleusenbau begonnen werden kann.

Abb. 91. Lauffen am Neckar. Blick stromauf gegen die Rathausbrücke und alte Strombrücke.
Links abzubrechende alte Häuser, rechts auf der Höhe das Rathaus.

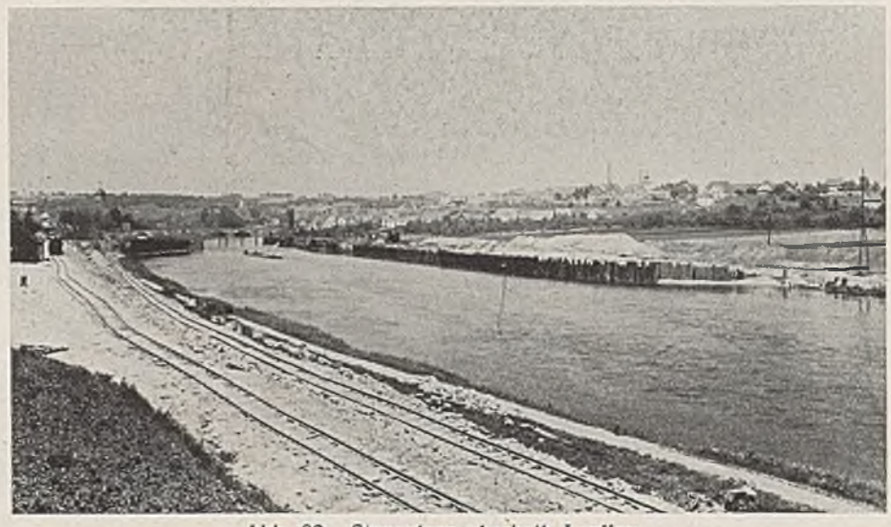

Abb. 92. Stauanlage oberhalb Lauffen.
Rechts die eingespundete Schleusenbaustelle, am linken Ufer die Umspundung für das Kraftwerk und die linke Wehröffnung.

### 9. Die Neckarkanalisierung.

An der Kanalisierung der Neckarstraße Heilbronn — Stuttgart — Plochingen wurde 1938 planmäßig weitergearbeitet.

Die Arbeiten an der Staustufe Aldingen[12]) wurden im Jahre 1938 so gefördert, daß der Neckar in den neuen Durchstich gegenüber dem Orte Aldingen umgeleitet und der Durchstich unterhalb des Ortes Mühlhausen zum größten Teil fertiggestellt werden konnte. Es war nicht möglich, die gesamten Arbeiten in der vorgesehenen Zeit bis zum 1. Dezember 1938 durchzuführen und das Kraftwerk in Betrieb zu nehmen; durch den Abzug von Arbeitskräften und Geräten für vordringlichere Arbeiten des Reichs wird sich die Herstellung des Staues bis ins Frühjahr 1939 verzögern.

Die Bauarbeiten für die Staustufe Lauffen sind im Frühjahr des Jahres vergeben worden. Sie umfassen 750 000 m³ Aushub, davon 25 000 m³ Naßbaggerung, 60 000 m³ Beton und 180 000 m² Uferschutz. Für die Arbeiten sind drei Jahre vorgesehen.

Für die Staustufe Lauffen sind im Laufe der Jahre verschiedene Pläne ausgearbeitet worden. Ein Entwurf sah vor, den Schiffsweg im heutigen, außerordentlich stark gekrümmten Flußlauf unterhalb Lauffen zu belassen. In einem anderen Plan wurde der Schiffsweg in einen bis zu 40 m tiefen Felseinschnitt östlich der Stadt gelegt. Beide Vorschläge mußten aber teils wegen der hohen Kosten, teils wegen gewisser örtlicher Schwierigkeiten, schiffahrtstechnischer Nachteile und wegen Einsprüche der Stadt Lauffen aufgegeben werden.

Die Voruntersuchungen ergaben, daß die Durchführung des Großschiffahrtweges durch Lauffen ohne größere Eingriffe in die dortige alte, aus dem Jahre 1532 stammende Brücke und das anerkannt malerische Stadtbild (Abb. 91) unmöglich war. Nach öfteren Verhandlungen mit dem Bürgermeister von Lauffen, den Vertretern der Partei und den Vorständen des Amts für Natur- und Denkmalschutz in Württemberg wurde schließlich allgemein dem vom Reichsverkehrsminister zur Ausführung bestimmten Entwurf zugestimmt, der die Stauanlage etwa 370 m oberhalb der alten Lauffener Straßenbrücke vorsieht. Der Schiffsweg wird bei diesem Entwurf in den alten Burggraben verlegt, der seither dem Kraftwerk des Portlandzementwerks als Oberkanal gedient hat. Das Kraftwerk, das durch die im Jahre 1890 erfolgreich durchgeführten Versuche Oskar von Millers, elektrische Energie auf weite Entfernung von Lauffen nach Frankfurt zu übertragen, Berühmtheit erlangt hat, wird stillgelegt. Durch die Benutzung des alten Kraftwerkkanals für die Schiffahrt müssen auf der Stadtseite drei malerische alte Häuser fallen. In der alten gewölbten Neckarbrücke müssen drei Öffnungen durch eine ersetzt und an Stelle der gewölbten Rathausbrücke und der Brücke zur Mühle zwei neue Brücken erbaut werden. Gleichzeitig mit dem Umbau der alten Straßenbrücke wird diese auch auf Kosten der Württembergischen Straßenbauverwaltung von 4,50 m auf 5,80 m Fahrbahnbreite verbreitert. Für das Portlandzementwerk zu Lauffen, das bis jetzt das Steinmaterial zur Zementherstellung von seinem 4 km weiter oberhalb gelegenen Steinbruch auf dem Wasserwege bezieht, ist eine elektrische Bahn für die Steinanfuhr vorgesehen, die oberhalb der Schleuse auf dem HW-Damm und durch die Stadt hindurch auf einem Absatz der rechten Kanalmauer verlegt wird. Die mit diesem Bahnbau verbundenen Kosten trägt das Zementwerk, deren Materialanfuhr mithin künftig nicht mehr durch Hochwasser und Eis gestört wird.

Der neue Schiffahrtkanal mit einer Wassertiefe von 2,50 m zweigt trompetenförmig vom Fluß bei km 128,000 ab und benutzt in einem Bogen von 300 m Halbmesser zwischen Erddämmen zunächst einen alten Neckararm bis zum heutigen Werkkanal des Portlandzementwerks. An der Engstelle im Bereich der Rathausbrücke liegt er in dem früher das Tal abriegelnden Felsrücken, der im Laufe langer Zeiten vom Wasser durchnagt wurde, und muß hier zwischen Mauern geführt werden. Die Mauer an der Stadtseite liegt in einem Bogen von rd. 250 m Halbmesser, hat eine Länge von etwa 160 m und ist 7 bis 11 m hoch. Dieser Stillwasserkanal hat von der Schleuse bis zur Mündung in den freien Neckar eine Länge von rd. 800 m. Die Sohle des eigentlichen Schleusenvorhafens mit 370 m Länge zwischen Brücke und Schleuse wurde 3,50 m unter Stauspiegel gelegt, damit er bei der Aufhebung des Staues des unterhalb gelegenen Wehrs Horkheim auch als Schutzhafen benutzt werden kann. Die neue Brückenöffnung im Zuge der alten Neckarbrücke erhält ein Betongewölbe mit Steinverkleidung. Das alte Wehr in Lauffen wird abgebrochen. Die neue Stauanlage (Wehr, Kraftwerk und Schleuse) kommt etwa 370 m oberhalb der alten Brücke zu liegen. Hier wird der Fluß auf NN + 169,70 m aufgestaut, während das Unterwasser durch die Beseitigung des alten Wehrs von NN + 163,50 auf NN — 161,30 m gesenkt wird.

An der Baustelle und weiter flußauf liegt am linken Ufer ein Steilhang; am rechten Ufer wird der Flußlauf auf etwa 1,6 km bis 5 m über Gelände eingedämmt, um das wertvolle Gelände hochwasserfrei abzuschließen. In der flußauf anschließenden Strecke kann das Hochwasser nach wie vor ausufern. Die neuen Uferdämme erhalten eine Kronenbreite von 4 m und liegen mindestens 50 cm über HHW. Das dahinterliegende Gelände wird je nach der Nutzung 50 bis 80 cm über den künftigen Stau aufgefüllt. Die bestehenden Schiffahrtzeilen in den starken Flußkrümmungen werden abgebrochen, damit für die Großschiffahrt das Fahrwasser in ganzer Breite zur Verfügung steht und auch der Wasserabfluß verbessert wird. Etwa 8,5 km oberhalb des Wehrs beginnt die sich bis zur nächsten Staustufe Besigheim erstreckende Sohlenvertiefung

[12]) Vgl. Bautechn. 1938, Heft 22, S. 276.

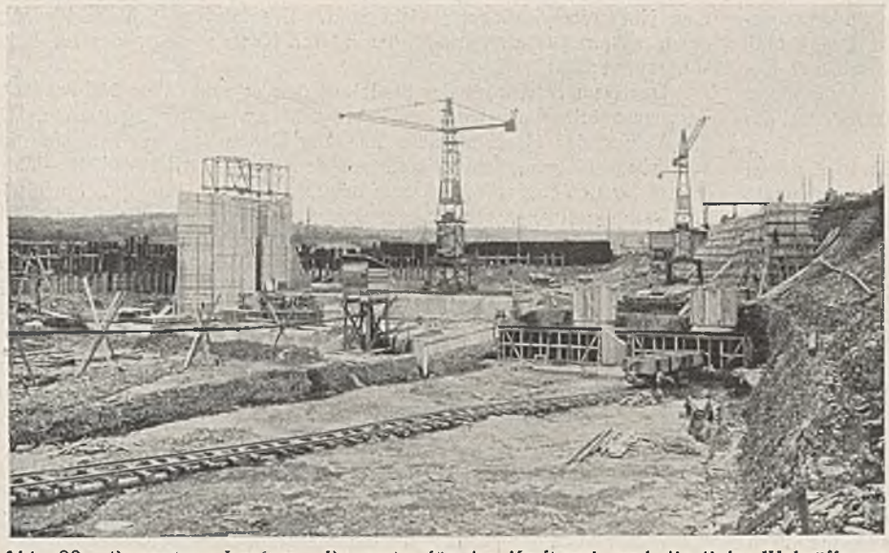

Abb. 93. Stauanlage Lauffen. Baugrube für das Kraftwerk und die linke Wehröffnung.

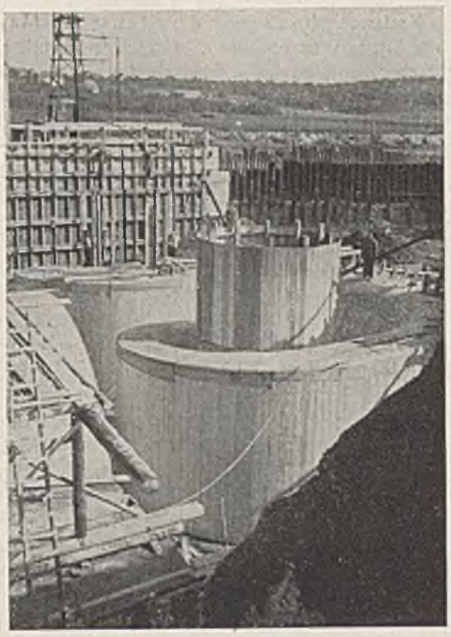

Abb. 94. Einschalung der Einlaufspirale für die beiden Turbinen am Kraftwerk Lauffen.

im Flußbett. Die Sohle soll dort auf eine Breite von 40 m so vertieft werden, daß mindestens eine Wassertiefe von 2,60 m vorhanden ist.

Die Ufersicherungen der Böschungen werden weitgehend mit dem im Baugebiet anstehenden Muschelkalkstein hergestellt, soweit die Steinbrüche einen verschleiß- und wetterfesten Flußbaustein, wie er in den noch gut erhaltenen Uferbefestigungen vorhanden ist, liefern. Über diesem Uferschutz folgt Rasensatz und darüber Humusandeckung. Die Dammkrone wird bekiest.

Im Baugebiet ist die Beschaffenheit des Untergrundes durch Bohrungen, die an den Kunstbauten bis 5 m in den Felsgrund hinabgeführt wurden, festgestellt worden. Der Aufschluß ergab eine alluviale Überlagerung des felsigen Untergrundes bis zu 9 m, bestehend aus Lehm, Kies und Geröll. Der feste Fels, der durch Rotationskerne aufgeschlossen wurde, besteht aus den obersten plattigen Schichten des Hauptmuschelkalks und steht etwa auf Höhe NN + 159,00 m an. Da die Schleuse, das Wehr und das Kraftwerk etwa auf Höhe NN + 156,00 m gegründet werden, kommen die Gründungssohlen dieser Bauwerke ganz in den Fels zu liegen.

Das bewegliche Wehr besitzt drei Öffnungen von je 29 m Lichtweite und 7,90 m Verschlußhöhe. Die Pfeiler haben eine Dicke von 4,6 m. Als Verschlüsse sind Hakenschütze gewählt, deren oberes Schütz bis zu 2,40 m abgesenkt werden kann, wodurch kleinere und mittlere Hochwasser sowie Eismassen auf einfache Weise abgeführt werden können. Die Antriebe sind zweiseitig angeordnet, besitzen eine elektrische Gleichlaufvorrichtung und sind in besonderen Windwerkhäuschen untergebracht.

Die Schleusenanlage ist eine einfache Kammerschleuse mit den Abmessungen für das 1200-t-Schiff und hat dementsprechend 110 m nutzbare Länge, 12 m nutzbare Breite und 3,20 m Drempeltiefe. Die Schleuse wird im Hinblick auf die seither am Neckar gemachten guten Erfahrungen umlauflos ausgebildet: Als Schleusenverschlüsse sind für Oberhaupt und Unterhaupt Stemmtore mit eingebauten Füll- und Entleerungsschützen vorgesehen; zur Vernichtung der lebendigen Kraft des durch die Tore in die Schleusenkammer bzw. in den Schleusenunterhafen einströmenden Wassers werden unmittelbar unterhalb der Tore die schon mehrfach erprobten einfachen Energievernichtungsvorrichtungen eingebaut. In der landseitigen Schleusenmauer am Oberhaupt ist ein Schütz vorgesehen, durch das später nach dem Bau der zweiten Schleuse jede Kammer als Sparbecken der anderen benutzt werden kann. Im Oberwasser wird zur Sicherung der Ein- und Ausfahrt eine 150 m lange Leitmauer aus Beton mit 3 m Kronenbreite erstellt, während im Unterwasser zur Abgrenzung des Schiffahrtkanals vom freien Fluß die Leitmauer eine Länge von 450 m erhält.

Das Schleusendienstgebäude wird am rechten Ufer in der Flucht des Unterhauptes angeordnet.

Das Kraftwerk mit einem Nutzgefälle von 8,50 m erhält zwei Kaplanturbinen mit je 40 m³/sek Schluckfähigkeit, stehender Welle und unmittelbar gekuppeltem Drehstrom-Synchron-Generator von je 3900 kVA Leistung. Die Betriebsspannung beträgt 10 500 V.

Die gesamte Wehr-, Kraftwerk- und Schleusenanlage wird durch einen 2,50 m breiten Bedienungssteg verbunden und damit an die beiderseitigen Ufer angeschlossen.

Die Ausführung der Staustufe Lauffen wird durch verschiedene Umstände erschwert: Zunächst muß der Betrieb des alten Kraftwerks mit dem Stau des alten Wehrs aufrechterhalten werden. Hochwasser und Eisgang können dadurch während der zweijährigen Bauzeit für Wehr, Kraftwerk und Schleuse recht nachteilig werden; dies gilt auch für die Arbeiten im freien Fluß, die sich auf beiden Ufern auf etwa je 10 km erstrecken und in der Hauptsache Vorlandverbreiterungen und den Einbau des Uferschutzes umfassen. Ferner muß der Wasserweg zwischen Steinbruch und Zementwerk stets ungestört offengehalten werden bis zur Überleitung des Transports auf die noch zu erstellende Werkbahn.

Entsprechend dem Bauprogramm wurden die Bauarbeiten in Lauffen im März aufgenommen und zunächst die Umspundung für das Kraftwerk und die linke Wehröffnung sowie — am anderen Ufer — für die Schleuse erstellt (Abb. 92).

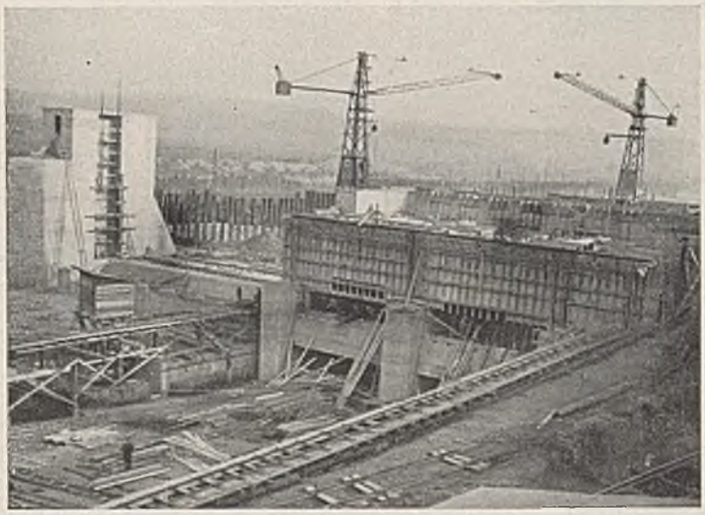

Abb. 95. Stauanlage Lauffen.
Blick stromauf gegen Kraftwerk und linke Wehröffnung. November 1938.

Bei der Umschließung der Baugrube für das Kraftwerk konnte die Spundwand wegen des hoch anstehenden Muschelkalks streckenweise nicht genügend tief geschlagen werden; es wurde daher mit Hilfe einer zweiten Wand eine Art Fangedamm hergestellt. Die Aushubarbeiten im linken Baufelde schritten rasch vorwärts, so daß mit den Betonarbeiten am Wehr noch im Juli 1938 begonnen werden konnte (Abb. 93).

Die Arbeiten im Schleusenbaufeld mußten infolge des Abzugs von Arbeitskräften und Geräten für staatspolitisch vordringliche Arbeiten bald eingestellt werden; auch wurden die Flußbauarbeiten im wesentlichen auf die Gewinnung des kiesigen Materials, das an Ort und Stelle für Betonierungszwecke aufbereitet wurde, eingeschränkt. Dank einem verständnisvollen Zusammenarbeiten mit dem Landesarbeitsamt und durch Zusammenfassung aller Kräfte für die Arbeiten im linken Baufelde ist es aber doch gelungen, wenigstens die Arbeiten für das Kraftwerk und das Wehr so zu fördern, daß noch im Dezember die Baufeldumschließung gezogen und das Durchflußprofil freigegeben werden konnte (Abb. 94 u. 95).

Die Stadt Stuttgart war gezwungen, um den rasch zunehmenden Bedarf an elektrischer Energie zu decken, noch in diesem Jahre mit dem Bau eines weiteren Dampfkraftwerks zu beginnen. Auf Grund eingehender Untersuchungen über den Standort entschied man sich, das

neue Kraftwerk im Bereich der Staustufe Marbach (etwa 25 km unterhalb Stuttgart) zu erstellen. Gleichzeitig mit dem Dampfkraftwerk muß zur Sicherstellung des erforderlichen Kühlwassers bis zu 10 m³/sek aus dem Neckar die Wehranlage der Staustufe Marbach und in Verbindung damit zur Deckung des Eigenstrombedarfs des Dampfkraftwerks das Wasserkraftwerk dieser Staustufe bereits jetzt erstellt werden.

Die Stadt Stuttgart besitzt schon seit dem Jahre 1898 in Marbach ein Wasserkraftwerk mit einem Gefälle von 2,95 m, bestehend aus einem alten festen Wehr sowie einem 700 m langen Oberwasserkanal und einem 200 m langen Unterkanal und vier Turbinen mit einer Schluckfähigkeit von insgesamt 30 m³/sek. Die Leistung beträgt rd. 900 PS und die Jahreserzeugung rd. 4 500 000 kWh.

Bei dem Bau der Staustufe Marbach wird diese Wasserkraftnutzung abgelöst. Das neue Kraftwerk soll für eine Höchstwassermenge von 60 m³/sek und ein Höchstgefälle von 6 m ausgebaut werden und erhält zwei Kaplanturbinen.

Der Entwurf für den Ausbau der Staustufe Marbach umfaßt neben dem Flußausbau auf einer Flußlänge von rd. 5,4 km die Herstellung eines neuen Wehres und eines Kraftwerks, die Entfernung des alten festen Wehres sowie die Instandsetzung etwaiger erst nach Ablassen des Staues festzustellender Uferanbrüche. Das Neckarbett wird oberhalb des neuen Wehres am rechtseitigen Ufer und unterhalb des Wehres an beiden Ufern verbreitert. Die Flußquerschnitte und die Durchflußweiten des Wehres sind so bemessen, daß das Hochwasser geschlossen durch das Wehr abgeführt werden wird, nachdem es rd. 900 m oberhalb in einem ungeteilten Flußprofil zusammengefaßt wurde. In der übrigen Strecke findet eine Hochwasserfreilegung nicht statt. Die künftige Schiffahrt wird in einen später auszuführenden besonderen Kanal verlegt, der im linken Vorland verläuft.

Das Dampfkraftwerk der Stadt mit den erforderlichen Nebenanlagen liegt unmittelbar oberhalb des Kraftwerks am rechten Neckarufer. Um die Anfuhr der Maschinenteile und der Kohlen bis zur Eröffnung der Schiffahrt zu ermöglichen, wird auf dem rechten Ufer ein besonderer Damm für den Gleisanschluß zum Bahnhof Marbach errichtet. Im Bereich des Dampfkraftwerks wird dieser Damm als Ladeplatz ausgestaltet.

Die Arbeiten für die Staustufe Marbach wurden im Juli vergeben; unmittelbar anschließend wurde mit der Ausführung begonnen. Zu leisten sind rd. 400 000 m³ Aushub, davon 90 000 m³ im Fluß, und rd. 19 000 m³ Betonarbeiten. Als Bauzeit sind mit Rücksicht auf die Dringlichkeit der Arbeiten nur $1^1/_2$ Jahre vorgesehen. Von den Arbeiten ist bis jetzt ein Teil des Bodenaushubs getätigt; ferner wurde die Baugrube für die rechte Wehröffnung und das Kraftwerk fertiggestellt. Trotz weitestgehenden Einsatzes von Geräten werden auch hier die Arbeiten wegen Mangels an Arbeitskräften verzögert.

Als nächste Arbeit ist der weitere Ausbau der unterhalb Lauffen liegenden Staustufe Horkheim vorgesehen, deren erster Teilausbau bereits im Jahre 1922 durchgeführt wurde und die infolge vertraglicher Bindungen etwa gleichzeitig mit der Staustufe Lauffen fertigzustellen ist. Von der Frage, in welchem Umfange außerdem Arbeitskräfte im Jahre 1939 für die Neckarkanalisierung bereitgestellt werden können, wird die Inangriffnahme der Arbeiten an den Staustufen Heilbronnn und Besigheim abhängen.

## Vermischtes.

**Baugrundforschung mit dem „Geoskop".** Zur Untersuchung des Baugrundes auf seine Tragfähigkeit für Gründungen aller Art und zu ähnlichen Arbeiten werden meistens Bohrungen angesetzt, die aber oft erhebliche Kosten verursachen und nicht in allen Fällen ein einwandfreies Bild der Baugrundbeschaffenheit ergeben. Es kann sich z. B. zwischen zwei einander zunächst liegenden Bohrstellen eine Störung im Boden befinden, die nicht angebohrt wird und zu Fehlschlüssen Anlaß gibt. Man hat daher zu Baugrundforschungen mit Erfolg das vor etwa einem Jahre entstandene „Geoskop" nach Dr. Machts und Mitarbeitern herangezogen, mit dem sich alle Störungen und Schichtungen verhältnismäßig leicht erkennen lassen.

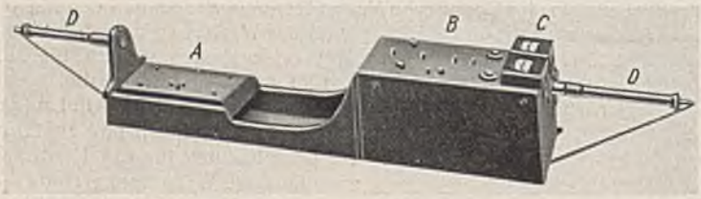


Abb. 1. Ansicht eines Geoskopes.
*A* Vorderteil, *B* Hinterteil, *C* Meßeinrichtungen, *D* Handgriffe zum Tragen.

Durch das Geoskop, das nur 12,5 kg wiegt und leichter als andere geophysikalische Meßeinrichtungen ist, wird im Boden ein gerichtetes elektrisches Kraftfeld erzeugt, das durch den wechselnden Aufbau und die verschiedenen Stoffe des Untergrundes verändert wird. Im Gegensatze zu anderen Einrichtungen, mit denen ebenfalls auf elektrischem Wege Baugrunduntersuchungen vorgenommen werden, besteht bei dem Geoskop keine Verbindung durch Drähte oder Elektroden mit dem Erdboden. Alle elektrischen Teile und Hilfsmittel sind in dem tragbaren Gerät zusammengebaut. Das Geoskop zeigt die Veränderungen des Kraftfeldes an; sie werden durch den Beobachter aufgeschrieben und ohne lange Berechnungen fortlaufend zu Kurven zusammengestellt. An einem Geoskop (Abb. 1) sind ein Vorderteil *A* und ein Hinterteil *B* durch eine Brücke miteinander verbunden. Die Ablesungen werden an den beiden elektrischen Meßeinrichtungen *C* vorgenommen, die die Ausschläge bis zu 320 Teilstrichen auf der Skala anzeigen. Ferner sind Vorrichtungen vorgesehen, mit denen die Meßempfindlichkeit geprüft und verändert werden kann. Die mitgeführten Stromquellen erzeugen überaus gleichbleibende Ströme. Bei den Messungen wird das Geoskop ununterbrochen durch das Gelände (meist auf Wegen) von zwei Mann an den Handgriffen *D* getragen. Der hintere Träger liest die Galvanometerausschläge ab, und der dahintergehende, die Marschrichtung angebende Geologe stellt sie sofort zu Kurven zusammen. Das Geoskop wird also nicht wie andere geophysikalische Meßgeräte an bestimmten Stellen nacheinander im Gelände aufgestellt.

Als Beispiel einer Geoskopmessung möge die Feststellung eines Salzdomes (Abb. 2) dienen. Für Baugrundforschungen ist der Vorgang grundsätzlich derselbe. Ausgegangen wird bei den Geoskopmessungen von einem Anfangspunkte, dessen Lage man durch den eigenen Durchschnittswert des Bodens bestimmt, wenn die Änderungen des elektrischen Kraftfeldes durch größere Ausschläge im Geoskop angezeigt werden sollen, d. h. es muß eine Stelle mit ungestörtem, elektrischem Werte als Anfangspunkt für die Beobachtungen gesucht werden. Die vom Geoskop angezeigten Ausschläge haben positive und negative Werte. Oft sind die Werte so groß, daß die Skala nicht mehr ausreicht. Es kann daher der Nullpunkt als Ausgang für die Messungen beliebig hoch oder niedrig eingestellt werden. Den Verlauf der Kurven zeichnet man maßstäblich auf die begangenen Wege in der Landkarte ein und deutet sie im weiteren Verlaufe der Arbeiten zu einem Schnittbilde des Bodens. Nach dem Beispiel (Abb. 2) wurde die Geoskopkurve (Längenmaßstab vergrößert) beim Begehen des Meßweges (rechts unten) aufgenommen. Unter der Geoskopkurve befindet sich als Auswertung das Schnittbild des begangenen Meßweges.

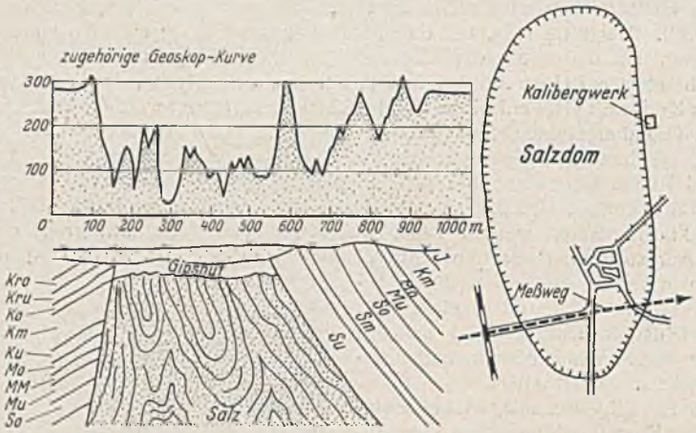


Abb. 2. Lageplan, Geoskopkurve und geologisches Schnittbild eines Salzstockes.
Aufnahme und Vorlage: Hessische Feinmechanik G. m. b. H., Gießen.

Diese Art der Bodenforschung wurde bei der Linienführung einer Reichsautobahn angewendet, in deren Bereich der Bau einer größeren Talbrücke mit 700 m Spannweite geplant ist. Da bei den Gründungen für die Pfeiler die zu erwartenden Bewegungen der Störung zu berücksichtigen waren, mußte der Verlauf der Störung genau ermittelt werden. Durch Bohrungen den Verlauf der Störung, auch unter Berücksichtigung des Grundwassers, festzustellen, hätte erhebliche Kosten verursacht. Man wählte daher ein Geoskop, mit dem die für die Gründungen der Pfeiler notwendige Einfallrichtung der Störung genau bestimmt wurde. Die Richtigkeit der Messungen wurde durch vorhandene Aufzeichnungen des Bergbaues bestätigt.

Grundsätzlich ist das Arbeiten mit einem Geoskop einfach. Praktisch wird jedoch die Lösung einer Aufgabe insofern sehr schwierig, als ein Geoskop sehr empfindlich ist und große Erfahrungen nötig sind, um die erhaltenen Kurven richtig zu deuten. Wegen der Neuheit der Geoskopmessungen bringt zunächst jede Untersuchung neue Aufgaben, die nur mit guter Kenntnis der bisherigen Erfahrungen richtig gelöst werden können. Vor allem ist es schwierig, die Fehlerquellen infolge der hohen Empfindlichkeit des Geoskopes auszuschalten. Jede Pflanze z. B., die das Geoskop berührt, ruft einen Kurzschluß und einen Ausschlag der Meßeinrichtungen hervor. Ferner sind Kabel, Wasserrohre und andere Metallteile im Boden Fehlerquellen, die bei der Auswertung von Kurven durch den Geologen richtig gedeutet werden müssen. Durch die Luft verlegte Hochspannungsleitungen üben dagegen trotz der hohen Spannungen keine Wirkung auf das Geoskop aus. R. —

**INHALT:** Flußbau in Theorie und Praxis. — Der Umbau der Rheinbrücke in Konstanz. — Die Arbeiten der Reichswasserstraßenverwaltung im Jahre 1938. (Schluß.) — Vermischtes: Baugrundforschung mit dem „Geoskop".

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