

Bei sehr hohen Kaianlagen ist neben der Stahlspundwand verschiedentlich die Winkelstützmauer auf hohem Pfahlrost eine geeignete Lösung, die vor allem vorteilhaft bei schlechtem Untergrund angewendet werden kann. Auch sie ist in der Herstellung verhältnismäßig einfach und wenig abhängig von den Wasserstandsschwankungen. Die Pfahlgründung kann durch eine leichte Schutzwand zur Wasserseite hin verdeckt und geschützt werden, die darüber hinaus Hinterspülungen und Auskolkungen der Kaianlage verhindert.

Abschließend sei noch die leichteste Ausführungsart einer Kaianlage erwähnt, die aus einer Pflasterböschung mit Kranbühne besteht. Diese Art der Uferausbildung sieht man verhältnismäßig häufig in Binnenhäfen mit hohen Uferanlagen, um die erheblichen Kosten einer festen Kaianlage zu sparen. Für

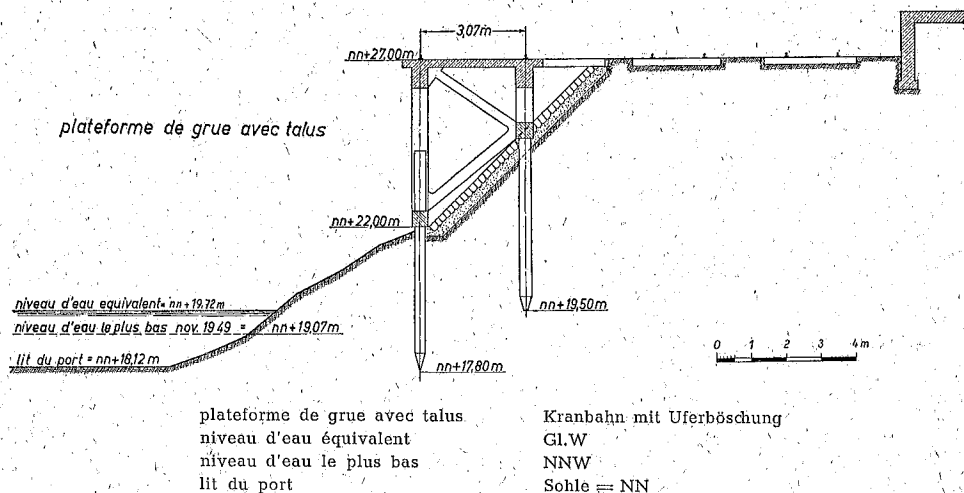


Abb. 4. Kranbahn mit Uferböschung.

den Umschlagbetrieb ist diese Ausführung jedoch nicht besonders vorteilhaft, weil bei niedrigen Wasserständen die Böschung hervortritt und dadurch Schiffe weiter ablegen müssen. Die Kranbühnen werden zumeist in Stahlbeton, nur selten in Stahl hergestellt. Sie sind in der Herstellung wesentlich billiger als andere Kaianlagen, dagegen verhältnismäßig empfindlich und in der Unterhaltung teuer.

Abt. I Frage 1 f

Bau von Schleusen und Wehren ohne zeitweilige Umleitung; Mittel zur Sicherstellung der ununterbrochenen Schifffahrt während der Bauarbeiten.

Von Dr.-Ing. Heinz Fuchs,
Vorstandsmitglied der Rhein-Main-Donau AG., München.

Zusammenfassung: Der Einbau von Schleusen und Wehren in Flüsse mit stark wechselnden Wasserständen und großen Hochwässern ist ein Problem, das bei der steigenden Ausweitung der Wasserstraßennetze und der Wasser-

kraftnutzung an schiffbaren Flüssen immer wiederkehrt. Es kann in verschiedener Weise gelöst werden, immer aber so, daß die Belange der Schifffahrt während des Baues in befriedigender Weise gewahrt werden, ohne daß hierdurch unvertretbar hohe Mehrkosten entstehen. Die Rücksicht auf eine ständige Aufrechterhaltung der Schifffahrt während des Baues bedingt nämlich im wesentlichen nur einen begrenzten Mehraufwand entweder beim Wehr oder bei der Schleuse und einen Mehrbedarf an Bauzeit, der aber je nach dem Gewicht, das ihm im Einzelfalle beizumessen ist, in engen Grenzen gehalten werden kann.

Gliederung: Die Untersuchung geht davon aus, daß für die Sicherstellung der ununterbrochenen Schifffahrt nicht der Schleusenbau, sondern der Wehrbau bestimmend ist. Sie behandelt sodann die beiden grundsätzlichen Möglichkeiten

1. das Wehr nach der Schleuse oder
2. gleichzeitig mit der Schleuse zu bauen.

Bei der zweiten Möglichkeit wird unterschieden zwischen dem Fall, daß

- a) das Wehr keine Durchfahrt gestattet und dem Fall, daß
- b) das Wehr für die Durchleitung der Schifffahrt eingerichtet wird.

Abschließend wird der Einfluß von Wasserkraftanlagen behandelt.

Wenn man in einem schiffbaren Fluß eine aus Wehr und Schleuse bestehende Staustufe zu errichten hat, legt man die Schleuse bekanntlich stets an eines der beiden Flußufer oder in einen Durchstich auf eines der beiden Vorländer.

Diese Lage der Schleuse ist aus zahlreichen, hier nicht näher zu erörternden Gründen notwendig. Für die Baudurchführung bringt sie den Vorteil mit sich, daß das Flußbett kaum oder gar nicht in Anspruch genommen wird und daß daher der Schleusenbau in der Regel ohne besonderes Zutun so vor sich gehen kann, daß die Schifffahrt nicht beeinträchtigt wird.

Anders liegen die Verhältnisse beim Wehr. Hier sind, wenn der Bau unter Aufrechterhaltung der Schifffahrt durchgeführt werden soll, besondere Vorkehrungen notwendig, die je nach der Reihenfolge, in der die Bauwerke ausgeführt werden, verschieden sind. Grundsätzlich bestehen die zwei Möglichkeiten, das Wehr entweder nach der Schleuse oder gleichzeitig mit ihr zu bauen. Daran ändert sich nichts, wenn die Wehranlage mit einem Wasserkraftwerk verbunden wird, um den Stau zur Erzeugung elektrischer Energie auszunutzen.

Im einzelnen ist zu den zwei Möglichkeiten folgendes zu sagen:

1. Bau des Wehres nach Inbetriebnahme der Schleuse.

In diesem Fall wird die Schifffahrt vom Beginn des Wehrbaues an durch die Schleuse geleitet. Dies setzt voraus, daß die Schleuse benutzt werden kann, ohne daß ein künstlicher Stau vorhanden ist. Die Sohle des oberen Vorhafens und der Dremel des Oberhauptes müssen daher so tief gelegt werden, daß die Einfahrt in die Schleuse bei ungestautem niedersten schiffbaren Wasserstand möglich ist. Außerdem muß unter Umständen in Verlängerung des oberen Vorhafens eine Schifffahrtsrinne bis zum natürlichen Talweg des Flusses gebaggert und von Ablagerungen frei gehalten werden. Da hierbei oberhalb der Schleuse im Fluß eine für die Schifffahrt unangenehme Gefällsstrecke entstehen kann, die eine ständige Schlepphilfe erfordert, tut man gut daran, den Anschluß erst möglichst kurz vor Inbetriebnahme der Schleuse zu baggern. Man kann dann den Auswirkungen einer solchen Gefällsstrecke sofort nach Umleitung der Schifffahrt mit

einfachen Mitteln entgegenwirken, indem man durch Einbau einer primitiven Grundschwelle oder durch andere behelfsmäßige Maßnahmen im Bereich der Wehrbaustelle einen kleinen Stau erzeugt.

Bei einer Anlage mit Doppelschleuse genügt es im allgemeinen, eine Schleuse für ungestauten niedersten schiffbaren Wasserstand zu bauen, während bei der zweiten der Oberhauptdrempe mit dem dazugehörigen Teil des Vorhafens nicht tiefer gelegt zu werden braucht, als dem Wasserstand im gestauten Fluß entspricht.

Die Schiffahrt wird infolge der zeitlichen Aufeinanderfolge von Schleusen- und Wehrbau durch den Wehrbau überhaupt nicht berührt und kann während der gesamten Bauzeit genau so betrieben werden wie vorher. Umgekehrt beeinflussen auch die Belange der Schiffahrt die Gestaltung des Wehres nicht. Seine Abmessungen, wie etwa die Lichtweite der Öffnungen, die Höhenlage der Wehrschwelle und die Höhenlage der hochgezogenen Verschlüsse, können daher ohne Rücksicht auf die Schiffahrt, lediglich nach technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten festgelegt werden, und bei der Baudurchführung sind nur die für jeden Wehrbau maßgebenden Grundsätze zu beachten.

Nachteilig ist die durch das Hintereinanderschalten der beiden Bauvorgänge bedingte lange Bauzeit. Sie hat zur Folge, daß die Schiffahrt erst lange nach Baubeginn in den Genuß der Vorteile kommt, die mit dem Stau verbunden sind und daß außerdem, sofern das Wehr mit einem Wasserkraftwerk ausgerüstet wird, die Aufnahme der Energieerzeugung beträchtlich verzögert wird. Daneben kann die lange Bauzeit unter Umständen zu einer Erhöhung der Baukosten führen, kaum aber zu einer Verbilligung.

Angesichts dieser Nachteile, denen keine entscheidenden Vorteile gegenüberstehen, kann diese Art der Baudurchführung nicht empfohlen werden. Sie wird sich auf Ausnahmefälle beschränken, in denen es z. B. aus finanziellen Gründen nicht möglich ist, die Gesamtanlage in einem zu bauen.

2. Bau des Wehres gleichzeitig mit dem Bau der Schleuse.

Werden Schleuse und Wehr gleichzeitig oder ineinandergreifend gebaut, so verkürzt sich die Bauzeit beträchtlich und wird nahe an das durch Unterbrechung der Schiffahrt erreichbare Minimum herangeführt. Dabei sind zwei typische Wege zu unterscheiden, die beide von der Gestaltung des Wehres ausgehen. Bei dem ersten wird das Wehr nur nach bautechnischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten gestaltet, ohne Rücksicht auf die Schiffbarkeit einzelner Öffnungen. Beim zweiten dagegen wird das Wehr so ausgebildet, daß die Schiffahrt bei allen schiffbaren Wasserständen durch die Wehröffnungen hindurchfahren kann.

a) Wenn das Wehr nicht für die Durchleitung der Schiffahrt im ungestauten Fluß eingerichtet ist, kann der Schiffsverkehr während der Bauzeit nur so lange im Fluß belassen werden, als er durch die Lücken zwischen den Wehrbaugruben oder fertigen Teilen des Wehres sicher hindurchfahren kann. Dann muß er in die Schleuse umgelegt werden, die bis dahin fertiggestellt und wie im Falle 1 so eingerichtet sein muß, daß sie auch bei ungestautem niedersten schiffbaren Wasserstand noch benutzt werden kann. Dies setzt voraus, daß von Anfang an die Bauarbeiten am Wehr und an der Schleuse so aufeinander abgestimmt werden, daß die Schleuse rechtzeitig fertig ist. Man wird dabei gut daran tun, den Zeitpunkt für den

Beginn des Wehrbaues möglichst vorsichtig festzulegen; denn es soll tunlichst vermieden werden, daß der mit einem größeren Risiko verbundene Wehrbau zeitweise unterbrochen werden muß, nur weil die Schleuse den umzuleitenden Schiffsverkehr noch nicht aufnehmen kann.

Im übrigen ist über die Bauarbeiten am Wehr folgendes zu sagen:

Die Art der Gründung, sei es offene Baugrube oder Druckluftgründung, ist im allgemeinen für die Aufrechterhaltung der Schifffahrt ohne Belang. Sie gewinnt lediglich dann an Interesse, wenn der Untergrund des Flusses besonders große Abstände der Baugrubenumschließung von den Bauteilen erforderlich macht, weil dadurch die Schaffung genügend großer und nicht zu rasch durchströmter Schifffahrtsöffnungen erschwert wird. In einem solchen Falle ist es möglich, daß eine Druckluftgründung der Wehrpfeiler nicht nur für die Gründung an sich, sondern auch für die Durchleitung der Schifffahrt durch die Wehrbaustelle von Nutzen ist. Im allgemeinen aber wird man die billigere und raschere Gründung in offener Baugrube vorziehen und dabei jenes Fangedammsystem anwenden, das unter den gegebenen Umständen (Untergrund, Wassertiefen, Wirtschaftlichkeit) den geringsten Platz beansprucht und daher die größten Durchlaßbreiten erbringt.

Bei der Gründung in offener Baugrube kommt der Baugrubeneinteilung eine besondere Bedeutung zu. Damit die Baudurchführung möglichst wirtschaftlich wird, soll die Zahl der Baugruben möglichst gering und ihr Bereich möglichst groß sein. Während nun bei nicht schiffbaren Flüssen nur die Rücksicht auf Hochwasser und Eisabfuhr der Anwendung dieses Grundsatzes gewisse Grenzen setzt, hängt im vorliegenden Fall die Baugrubeneinteilung auch von einer sicheren Durchleitung der Schifffahrt durch die freien Lücken ab. Man kann dabei davon ausgehen, daß im Interesse einer raschen und wirtschaftlichen Baudurchführung die nutzbare Breite der Baugrubenlücken (= Schifffahrtsrinnen) im allgemeinen auf das für einschiffigen Betrieb notwendige Maß beschränkt werden kann. Dieses Maß wird von Fall zu Fall verschieden sein; es hängt von der Größe der Schiffe, von der Länge und Breite der Schleppzüge und von den örtlichen Strömungsverhältnissen ab und wird am besten gemeinsam mit der Schifffahrt und den Schifffahrtsbehörden festgelegt. Um einen sicheren und reibungslosen Betrieb zu gewährleisten, muß, wie an allen unübersichtlichen einschiffigen Strecken, ein gut funktionierender Wachtschau- und Signaldienst eingerichtet werden. Bei zeitweise dichterem Verkehr kann außerdem oberhalb der Baustelle ein Wendeplatz notwendig werden.

Die Abflußquerschnitte, die in den einzelnen Stadien des Wehrbaues verfügbar sind, müssen nicht nur eine unschädliche Hochwasserabfuhr ermöglichen, sondern sollen nach Möglichkeit auch so groß sein, daß bis zum höchsten schiffbaren Wasserstand in keiner Schifffahrtsöffnung eine höhere Wassergeschwindigkeit auftritt, als an der ungünstigsten Stelle des übrigen von der Schifffahrt benutzten Flußlaufes von Natur aus vorhanden ist. Läßt es sich nicht vermeiden, daß zeitweise größere Geschwindigkeiten auftreten, so ist für die Bergfahrt eine ausreichende Schlepphilfe zu stellen, die auch dann notwendig ist, wenn frei treibende Talfahrer und Flöße sicher durch die Baustelle geleitet werden müssen. Ist die Schifffahrtsrinne verhältnismäßig eng, so sind solide Leitwerke erforderlich, die eine sichere Einführung der Schiffe in die Engstelle gewährleisten. Wenn dagegen die Schifffahrtsrinne genügend breit ist und wenn es gelingt, den Baugruben einen hydraulisch so günstigen

Grundriß zu geben, daß eine von Wirbeln und Querströmungen weitgehend freie Zu- und Abströmung des Wassers gewährleistet ist, wird man sie in der Regel weglassen können.

Ist für die Durchführung der Bauarbeiten eine feste Baubrücke notwendig, so muß die Lage der Brückenstützen auf die Schiffahrtsrinnen abgestimmt und der Überbau der Brücke so hoch gelegt werden, daß auch bei höchstem schiffbaren Wasserstand noch eine ungehinderte Durchfahrt möglich ist. Liegen die Stützen im Bereich der Schiffahrtsrinne, so sind zur Vermeidung von Havarien Leitwerke vorzusehen.

Sobald der Schiffsverkehr in die Schleuse umgeleitet ist, kann der Wehrbau ohne Rücksicht auf die Schifffahrt zu Ende geführt werden; die Grenze der Einschnürung des Flusses ist dann nur noch von der größten Wasserführung abhängig, die in der letzten Phase des Wehrbaues erfahrungsgemäß zu erwarten ist. Sofern inzwischen die Verschlüsse der schon fertigen Wehröffnungen betriebsbereit gemacht werden konnten, ist es in diesem Stadium des Wehrbaues bereits möglich, einen Teilstau zu errichten, der schon vor Fertigstellung der gesamten Anlage für die Schifffahrt spürbare Erleichterungen bringt und, falls ein mit dem Wehr verbundenes Kraftwerk inzwischen ganz oder teilweise fertiggestellt wurde, auch die vorzeitige Aufnahme der Stromerzeugung gestattet.

Die geschilderte Bauweise hat den unbestreitbaren Vorteil, daß sie trotz ununterbrochener Aufrechterhaltung der Schifffahrt zu einer wesentlichen Verkürzung der Bauzeit führt. Außerdem aber weist sie noch folgende Vorzüge auf:

1. Die Durchleitung der Schifffahrt durch die Wehrbaustelle mit allen damit verbundenen Unannehmlichkeiten (Schlepphilfe, Navigation, Wartezeiten) ist auf eine verhältnismäßig kurze Zeit beschränkt.
2. Der letzte Teil des Wehres kann ohne Rücksicht auf die Schifffahrt forciert gebaut werden, womit der Abkürzung der Bauzeit wesentlich gedient ist.
3. In den baulich fertiggestellten und für den Durchfluß freigegebenen Wehröffnungen kann die Montage der Wehrverschlüsse auf einfachen durchströmten Gerüsten bequem und ohne Behinderung vor sich gehen, was ebenfalls zu einer Verkürzung der Bauzeit beiträgt.
4. Die Anlage kann ohne besondere Vorkehrungen jederzeit in dem vor dem Bau üblichen Umfang auch dann befahren werden, wenn der Stau, sei es aus betrieblichen Gründen, sei es wegen einer Zerstörung des Wehres, nicht aufrechterhalten werden kann.

Ein Nachteil der Bauweise sind die Mehrkosten der Schleuse, die durch die Rücksichtnahme auf den ungestauten niedersten schiffbaren Wasserstand entstehen. Diese Mehrkosten sind allerdings, wenn die Stauhöhe nicht übermäßig groß ist, gering und fallen dann nur wenig ins Gewicht.

Ein beachtlicherer Nachteil ist dagegen die völlige Lahmlegung des Schiffsverkehrs im Falle von Schäden an der Schleuse, sofern die Anlage nicht mit einer Doppelschleuse ausgerüstet ist.

Die Methode des ineinandergreifenden Baues von Schleuse und Wehr ist mit bestem Erfolg von der Rhein-Main-Donau AG. beim Bau der Donau-
staustufe Kachlet*) und bei der Mainkanalisierung oberhalb

*) Siehe »Die Bautechnik«, Jahrgang 1926, Heft 23/27.

Aschaffenburg angewendet worden. Sie soll auch dem Bau der großen Donau-
staustufe Jochenstein zugrunde gelegt werden.

Bei dieser Staustufe, mit der ein Großwasserkraftwerk verbunden ist, soll die Bauzeit trotz des großen Umfanges des Objektes mit Hilfe der ineinandergreifenden Bauweise auf nur knapp 4 Jahre beschränkt werden. Die gewählte Baugrubeneinteilung (Abb. 1) und der vorgesehene Baubetriebsplan sehen die

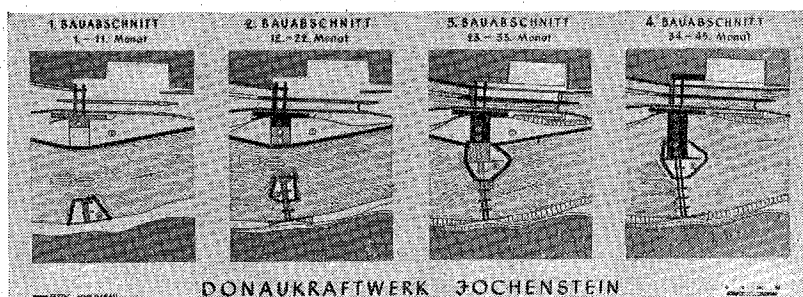


Abb. 1. Geplanter Bauvorgang für die Donaustaustufe Jochenstein.

Überleitung der Schifffahrt aus dem Fluß in die auf ungestauten niedersten schiffbaren Wasserstand ausgebaute Südschleuse nach 23 Monaten sowie die Errichtung eines Teilstaues und den Anlauf der Energieerzeugung im 34. Monat vor. Bemerkenswert ist der Höhenunterschied der Oberdrempe von Süd- und Nordschleuse, der 8 m beträgt und sich in Form einer abgebochten Stufe durch den gesamten oberen Vorhafen hinzieht.

Im ersten Bauabschnitt ist zwischen den Baugruben eine Durchflußbreite von 140 m vorhanden, die für die Schifffahrt gegenüber den Verhältnissen im ungestörten Fluß keinerlei Einschränkung mit sich bringt. Geschwindigkeitsmessungen und Wasserspiegelaufnahmen am Modell haben gezeigt, daß die Verhältnisse in der Baugrubendurchfahrt nicht schlechter sind als in dem unterhalb der Baustelle liegenden sogenannten Jochensteiner Kachlet (Abb. 2). Einschneidender ist die Beschränkung des Schiffsweges im zweiten Bauabschnitt, wo

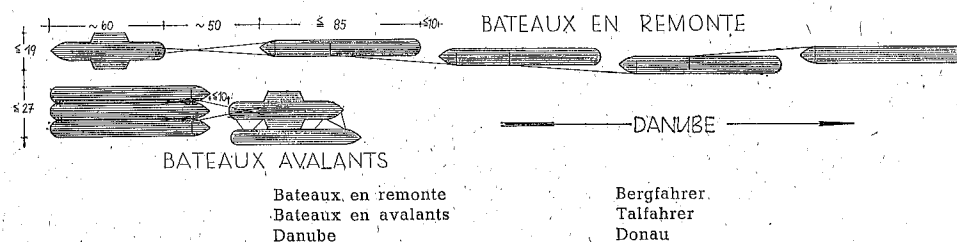


Abb. 2. Schiffsanordnung beim Donauschleppzug.

zwischen den Baugruben I und II nur mehr 80 m zur Verfügung stehen. Die Durchfahrtsbreite ist zwar damit immer noch um 15 m größer als eine unterhalb der Baustelle, liegende einschiffige Strecke bei dem bereits erwähnten Jochensteiner Kachlet; aber eine weitere Verengung erscheint nicht möglich, da sie vernünftigerweise um die Breite eines Wehrfeldes (24 m) samt Wehrpfeiler (6 m) erfolgen müßte und damit die Durchlaßbreite auf 50 m verringern würde. Unter gewöhnlichen Umständen wäre gegen eine solche Durchfahrtsbreite trotz der beträchtlichen Abmessungen des Donauschleppzuges (Abb. 2) nichts einzuwenden.

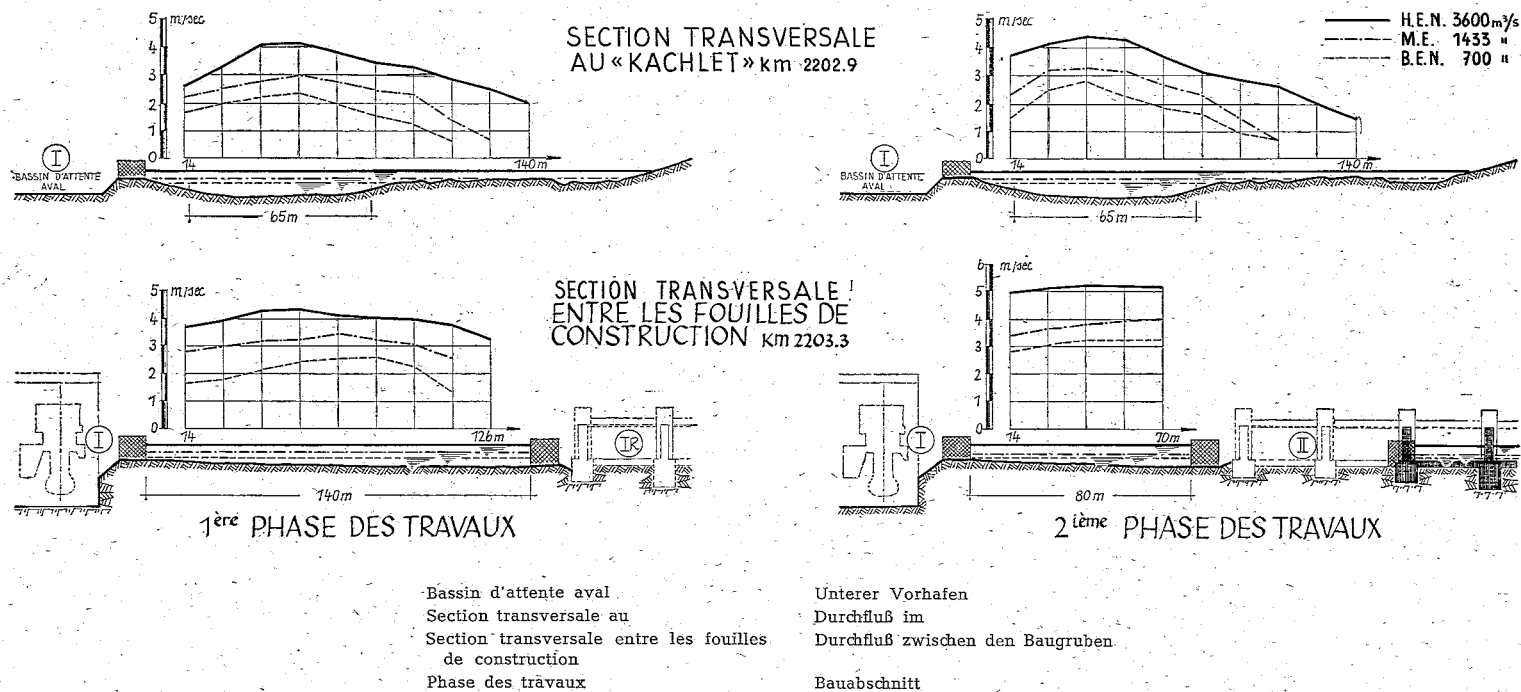


Abb. 3. Oberflächengeschwindigkeiten in den Bauabschnitten 1 und 2 der Donaustufe Jochenstein.

Wegen der damit verbundenen stärkeren Einschnürung des Abflußquerschnittes und der daraus folgenden erheblichen Geschwindigkeitserhöhung jedoch erscheint sie nicht tragbar. Modellversuche (Abb. 4) haben erwiesen, daß die Breite von



Abb. 4. Modellversuch zur Ermittlung der günstigsten Baugrubenform.

80 m bei entsprechender Formung der Baugrube und Verbesserung der Schiffahrtsrinne durch Baggerungen eine absolut sichere Durchfahrt gestattet. Die Wassergeschwindigkeiten sind zwar wegen des geringeren Abflußquerschnittes etwas größer als im Jochensteiner Kachlet (Abb. 3), aber mit max. 5,2 m/s bei höchstem schiffbaren Wasserstand immer noch tragbar. Eine Schlepphilfe für die Bergfahrt wird sich allerdings bei Wasserführungen im Bereich des höchsten schiffbaren Wasserstandes nicht vermeiden lassen.

b) Wenn das Wehr die Durchleitung der Schifffahrt bei gelegtem Stau ermöglichen soll, muß es folgende Bedingungen erfüllen:

1. Die Lichtweite der Öffnungen muß so groß sein, daß die üblichen Schiffeinheiten sicher hindurchfahren können. Auf Zweischiffigkeit wird man dabei von vornherein verzichten; umso mehr wird auf ausreichenden Spielraum zwischen den Fahrzeugen und den Pfeilern zu achten sein. Zur beliebigen Umleitung der Schifffahrt während des Baues und auch später sollten nicht passierbare kleinere Öffnungen nur als Ausnahme bei sehr langen Wehren mit sehr vielen Feldern zugelassen werden.
2. Der obere Wehrboden muß so tief liegen, daß bei niederstem schiffbaren Wasserstand eine ausreichende Fahrwassertiefe vorhanden ist, während der untere Wehrboden so hoch liegen muß, daß nicht nur kein Absturz, sondern nicht einmal ein Gefällsbruch mit übermäßig großer örtlicher Wassergeschwindigkeit entsteht. An der Wehrschwelle darf daher kein Höcker vorhanden sein.

3. Die obere Endstellung der Wehrverschlüsse und die Höhenlage der Wehrbrücke müssen so gewählt werden, daß darunter genügend Durchfahrtshöhe über dem höchsten schiffbaren Wasserstand frei bleibt. Der Pfeilerstau des Wehres ist dabei zu berücksichtigen.

Die Bauweise ist kaum geeignet für alle jene Fälle, in denen breite Schleppzüge von der Art des talfahrenden Donauschleppzuges zu Wehrverschlußbreiten führen, die konstruktiv und wirtschaftlich nicht mehr zu vertreten sind.

Im allgemeinen wird man die Bauweise dann in Erwägung ziehen, wenn die ohnehin zweckmäßige Lichtweite der Wehröffnungen für die Durchleitung der Schifffahrt ausreichend ist oder nur geringfügig vergrößert werden muß. Anhaltspunkte dafür, was der Schifffahrt dabei zugemutet werden kann, geben manchmal die Lichtweiten von Brücken, die in der fraglichen Flußstrecke vorhanden sind.

Im Gegensatz zum Wehr braucht man bei der Konstruktion der Schleuse auf die Verhältnisse während der Bauzeit keinerlei Rücksicht zu nehmen, da ja von vorneherein beabsichtigt ist, die Schleuse erst nach Errichtung des Staues zu benutzen. Der Oberdremmel und der obere Vorhafen brauchen daher nicht tiefer gelegt zu werden, als es dem Wasserstand im gestauten Fluß und den Tauchtiefen der Fahrzeuge entspricht, für die die Flußstrecke ausgebaut werden soll.

Ist das Wehr in der beschriebenen Weise für die Durchleitung der Schifffahrt eingerichtet, so können der Schleusen- und der Wehrbau völlig unabhängig voneinander vor sich gehen.

Die Art der Gründung bedarf, was ihren Einfluß auf die Aufrechterhaltung der Schifffahrt anbelangt, hier einer etwas ausführlicheren Bemerkung als im vorangegangenen Fall. Die Tatsache nämlich, daß eine Druckluftgründung bei geschickter Baustelleneinrichtung für die Herstellung eines Wehrpfeilers kaum mehr Platz beansprucht als der fertige Pfeiler, kann hier weit mehr ins Gewicht fallen. Dies besonders dann, wenn nur wenige Pfeiler herzustellen sind und der Fluß eng und tief ist. Trotzdem wird man sich für eine Druckluftgründung im bloßen Interesse der Schifffahrt nur dann entscheiden, wenn offene Baugruben minimalster Größe unmöglich sind oder wenn auf Grund besonderer Umstände die Kosten und die Bauzeiten einer Druckluftgründung nicht allzusehr über denen einer offenen Gründung liegen.

In der Regel aber werden Ursache und Wirkung gerade umgekehrt liegen und der Untergrund des Flusses der primäre Anlaß für eine Druckluftgründung sein. Diese Gründungsart wiederum wird, wenn die wirtschaftlichen Lichtweiten des Wehres ausreichend groß sind, auf eine Lösung hinweisen, bei der die Schifffahrt durch das Wehr hindurchgeführt werden kann und sich die Mehrkosten des tiefer liegenden Schleusendremmels und Schleusenoberhafens ersparen lassen.

Hinsichtlich der Wahl des Fangedammsystems, der Baugrubeneinteilung, der Größe des Schiffsdurchlasses zwischen den Baugruben und der Größe des Abflußquerschnittes gelten die gleichen Grundsätze wie im Fall a). Ein Unterschied besteht jedoch insofern, als die Baugrubeneinteilung nach Fertigstellung der ersten Wehrpfeiler und Wehrfelder für den ganzen Rest der Bauzeit an die Forderung gebunden ist, daß der Fluß nicht mehr eingeschnürt werden darf, als im Sinne einer tragbaren Wassergeschwindigkeit in den der Schifffahrt dienenden Wehröffnungen bei höchstem schiffbaren Wasserstand zuzulassen ist.

Erhält die Baustelle eine Baubrücke, so ist darauf zu achten, daß alle Brückenpfeiler in die Flucht der Wehrpfeiler zu liegen kommen und daß der Überbau eine ausreichende Durchfahrtshöhe über dem höchsten schiffbaren Wasserstand frei läßt. Zur Sicherung vor Schiffsstößen empfiehlt es sich, die Pfeiler der Bau-

brücke mit einem Schutzgerüst zu umgeben. Ist z. B. zur Aufhängung von Caissons eine obere und untere Baubrücke vorhanden, so können schwimmende Leitwerke zwischen den Pfeilern zweckmäßig sein.

Auch diese Bauweise beansprucht trotz ununterbrochener Schifffahrt eine wesentlich kürzere Bauzeit, als sich bei Hintereinanderschaltung des Schleusen- und Wehrbaues ergibt. Daneben hat sie den Vorteil, daß die Schleuse nicht aufwendiger gebaut zu werden braucht, als dem endgültigen Betriebszustand der Anlage entspricht. Dies kann bei großen Stauhöhen und Lage der Schleuse auf dem Vorland oder in einer Flußverbreiterung von besonderer Bedeutung sein.

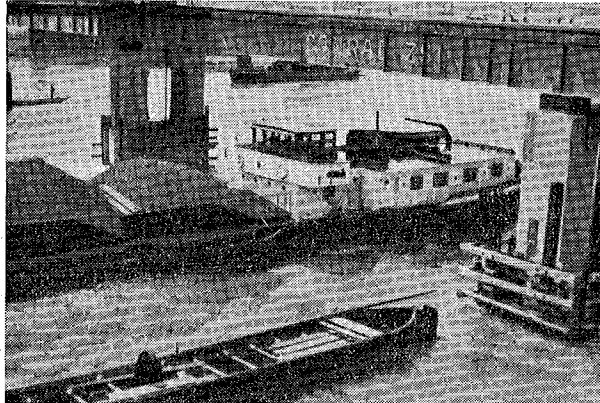


Abb. 5. Fahrt eines Selbstfahrers durch die Baustelle Birsfelden.

Ein Vorteil ist ferner, daß das Wehr bei gelegtem Stau jederzeit durchfahren werden kann, so daß im Gegensatz zu einer Einfach-Schleusenanlage nach Fall a) die Aufrechterhaltung der Schifffahrt auch dann möglich ist, wenn die Schleuse wegen Überholungsarbeiten nicht benutzt werden kann. Man wird in diesem Falle die mit dem Durchfahren des Wehres verbundenen Unannehmlichkeiten (Wahrschau, Schlepphilfe, Navigation, Wartezeiten) gerne in Kauf nehmen.

Für ein mit dem Wehr verbundenes Kraftwerk hat die Bauweise den Nachteil, daß der Stau in der Regel erst dann errichtet werden kann, wenn die Anspannung des Wasserspiegels auf die endgültige Stauhöhe möglich ist. Es kann daher keine Maschine des Kraftwerks nennenswerte Zeit vor Fertigstellung der gesamten Wehr- und Schleusenanlage durch Errichtung eines Teilstaues betrieben werden. Außerdem muß während der Stauerrichtung, die ja wegen der Dämme im Stauraum und wegen der Unterlieger eine gewisse Zeit beansprucht, eine kurze Unterbrechung der Schifffahrt in Kauf genommen werden. Das Gleiche ist später bei der Wiederherstellung des Staues nach vorübergehender Stauabsenkung der Fall.

Als Beispiel für die Anwendung der Bauweise b) sei auf den Fall der Rheinstaustufe Birsfelden hingewiesen, mit der eine große Wasserkraftanlage verbunden ist. *)

Die Lichtweite des fünffeldrigen Wehres dieser Staustufe beträgt bei einer Stauhöhe von 8,15 (MW) in allen Öffnungen 27 m, sie entspricht damit genau den Öffnungen der unterhalb der Baustelle liegenden mittleren Brücke in Basel und ist, wie Abb. 5 zeigt, ausreichend.

*) Siehe »Wasser- und Energiewirtschaft«, Jahrgang 1942, Heft 3/4 und Jahrgang 1950, Heft 10, sowie »Schweizerische Bauzeitung«, Jahrgang 1949, Heft 37.

Die festen Schwellen des Wehres liegen etwa 3 m unter dem heutigen Niedrigwasserspiegel. Außerdem liegt der untere Wehriboden, der keine Gegenschwelle erhält, nur 1,5 m tiefer als der obere, so daß die Durchflußgeschwindigkeit auch im engsten Bereich des Wehres in durchaus annehmbaren Grenzen bleibt. Damit jedoch die Strömungsgeschwindigkeiten nicht überhaupt zu groß ausfallen, mußte das Bauprogramm, dessen Einzelheiten aus Abb. 6 zu ersehen sind, so eingerichtet werden, daß gleichzeitig immer nur höchstens eine Wehrröf-fnung zur Herstellung der Wehriböden abgesperrt ist. Aus dieser Forderung ergibt sich für das Wehr eine Bauzeit von 4 bis 5 Jahren, während die großen Erd- und Betonarbeiten für das Kraftwerk und die Schiffsan-lagen eine etwas kürzere Bauzeit benötigen.

Die Schleuse wird so gebaut, daß sie nur bei Vollstau benutzt werden kann. Sie weist dementsprechend im oberen Vorhafen eine Wassertiefe von 3,5 m unter dem künftigen gestauten Wasserspiegel auf.

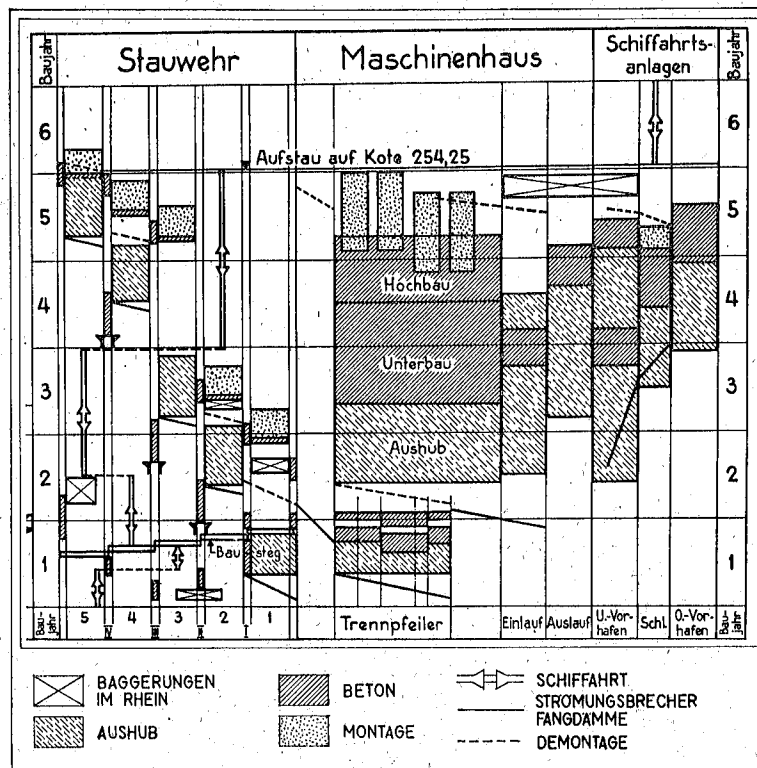


Abb. 6. Bauprogramm für das Rheinkraftwerk Birsfelden.

Bei fast allen größeren Flußkanalisierungen, die in den letzten Jahrzehnten im Interesse der Schifffahrt durchgeführt oder begonnen wurden, wird das Gefälle der Wehranlagen zur Erzeugung von elektrischer Energie ausgenutzt. In vielen Fällen ist sogar die Energieerzeugung der Anlaß dazu, den Einbau einer Stau-stufe mit Wehr und Schleuse in einem schiffbaren Fluß vorzunehmen oder zu

planen. Trotzdem konnte, wie eingangs schon angedeutet, darauf verzichtet werden, in der vorstehenden Untersuchung das Problem des Kraftwerksbaues — abgesehen von einigen Hinweisen auf die Bedeutung der Bauzeit — besonders zu behandeln. Der Grund hierfür liegt darin, daß derartige Flußkraftwerke, Pfeilerkraftwerke ausgenommen, wegen des Hochwasserabflusses im allgemeinen ganz oder größtenteils außerhalb des eigentlichen Flußbettes in einer seitlichen Bucht oder in einer Flußverbreiterung errichtet werden, gleichgültig ob es sich um ein einteiliges oder zweiteiliges Kraftwerk handelt oder ob das Kraftwerk an dem der Schleuse gegenüberliegenden Ufer oder zwischen Wehr und Schleuse angeordnet wird. Ihr Bau schafft daher für die Aufrechterhaltung der Schifffahrt, ähnlich wie das beim Schleusenbau der Fall ist, keine Probleme. Handelt es sich aber um ein Pfeilerkraftwerk, das ja nichts anderes als ein Wehr mit sehr breiten und besonders eingerichteten Pfeilern ist, so sind unter dem Gesichtspunkt der Sicherung einer ununterbrochenen Schifffahrt keine anderen Grundsätze maßgebend, als bei einem gewöhnlichen Wehrbau zu beachten sind.

Abt. I, Frage 1 g

Nachprüfung von Modellversuchen durch Beobachtungen in der Natur hinsichtlich festgestellter Schwingungen des Kanalwassers.

Von Dr.-Ing. M ö h l m a n n,

Oberregierungsbaurat bei der Wasser- und Schifffahrsdirektion Würzburg.

Zusammenfassung: Bei Modellversuchen über die zweckmäßigste Ausbildung der Abzweigung eines Schleusenkanals aus einem Fluß waren Schwingungen des Kanalwassers in lotrechter und waagerechter Richtung festgestellt worden. Bei der Nachprüfung der Versuchsergebnisse durch Beobachtungen in der Natur am oberen Schleusenkanal der Staustufe Petershagen an der Weser in der Nähe von Minden wurde das Auftreten der Schwingungen bestätigt. Es ergab sich Übereinstimmung hinsichtlich der Schwingungszeiten, während die Schwingungshöhe und die Schwingungsweite in der Natur nur etwa halb so groß waren, wie sie nach dem Modellversuch zu erwarten gewesen wären.

1. Feststellung lotrechter und waagerechter Wasserschwingungen am oberen Schleusenkanal bei Modellversuchen.

Bei den in der Versuchsanstalt für Wasser-, Erd- und Grundbau in Karlsruhe im Jahre 1949 ausgeführten Modellversuchen über die zweckmäßigste Gestaltung der Einfahrt zum oberen Schleusenkanal der Staustufe Petershagen, insbesondere der Landzunge zwischen Kanal und Weser, hatte sich ergeben, daß im Kanal Schwingungen des Wassers in lotrechter und waagerechter Richtung auftreten. Sie werden wahrscheinlich hervorgerufen durch Ablösungswirbel des an dem Totwasser des Kanals vorbeiströmenden Weserwassers, das dort bislang eine gute Führung an dem Deckwerk des konkaven Ufers hatte, diese aber nach Öffnung des Kanals durch Wegbaggern des Deckwerks verlor. Es bildet sich jetzt eine Walzenstraße aus, die im Zuge des früheren Ufers nach der Landspitze zwischen Kanal und Weser verläuft. Die um eine lotrechte Achse drehenden Wasserwalzen laufen, hervorgerufen durch Unregelmäßigkeiten in der Strömung, manchmal in den Kanal und manchmal in die Weser hinein. Dabei bildet sich dann ein von den örtlichen Verhältnissen (Breite des Flusses und des Kanals, Krümmungshalbmesser des Flusses, Abzweigungswinkel des Kanals) abhängiger