

### 3. Schlußbetrachtung

Sparschleusen stellen wegen ihres komplizierten hydraulischen Systems und wegen der regelmäßig wiederkehrenden vollen Belastung bei den Füll- und Entleerungsvorgängen eine Besonderheit unter den Ingenieurbauwerken dar.

Die Konstruktion solcher Anlagen verlangt umfangreiche und sichere Kenntnisse auf der verschiedensten Gebieten der Ingenieurwissenschaften.

In vorstehendem Bericht wird auf die wesentlichsten Entwicklungen im Bereich der Sparschleusen der MDV eingegangen. Diese Entwicklung wird in diesem Jahrzehnt mit dem Bau der höchsten Sparschleusen im Anstieg zur Scheitelhaltung im fränkischen Jura ihrer Abschluß finden.

## Teil 3

### 1. Wehrverschlüsse als Zugsegmente mit oberwasserseitigen ölhdraulischen Antrieben

Zwischen Saarbrücken und der Mündung in die Mosel bei Konz, also auf rd. 90 km Länge wird z.Z. die Saar zur Schifffahrtsstraße der Klasse IV ausgebaut, das heißt, für den Verkehr mit Motorgüterschiffen von 1350 t Tragfähigkeit. Für die hierbei zur Stauregelung neu zu errichtenden Wehre waren im wesentlichen folgende Planungsgrundsätze maßgebend:

- Aus Gründen der Wirtschaftlichkeit von Bau und Betrieb sollten die Wehrverschlüsse einschließlich der Antriebe weitestgehend gleich sein und möglichst geringen Unterhaltungsaufwand erfordern.
- Angestrebt wurde eine möglichst unauffällige Eingliederung in die Landschaft. Hohe Aufbauten (z.B. Antriebshäuser) sollten vermieden werden.
- Die Wehre waren hydraulisch und konstruktiv so zu bemessen und durchzubilden, daß die sichere Ableitung des Bemessungshochwasserabflusses und die hinreichend genaue Stauregelung unter Berücksichtigung des Schleusen- und Kraftwerksbetriebes gewährleistet war.

Hydraulische Bemessungsdaten (Wehr Rehlingen):

$$HQ_{200} = 1410 \text{ m}^3/\text{s} \quad (n \text{ Wehrfelder})$$

$$HQ_{50} = 1190 \text{ m}^3/\text{s} \quad (n-1 \text{ Wehrfelder})$$

$$HQ^{1970} = 870 \text{ m}^3/\text{s}$$

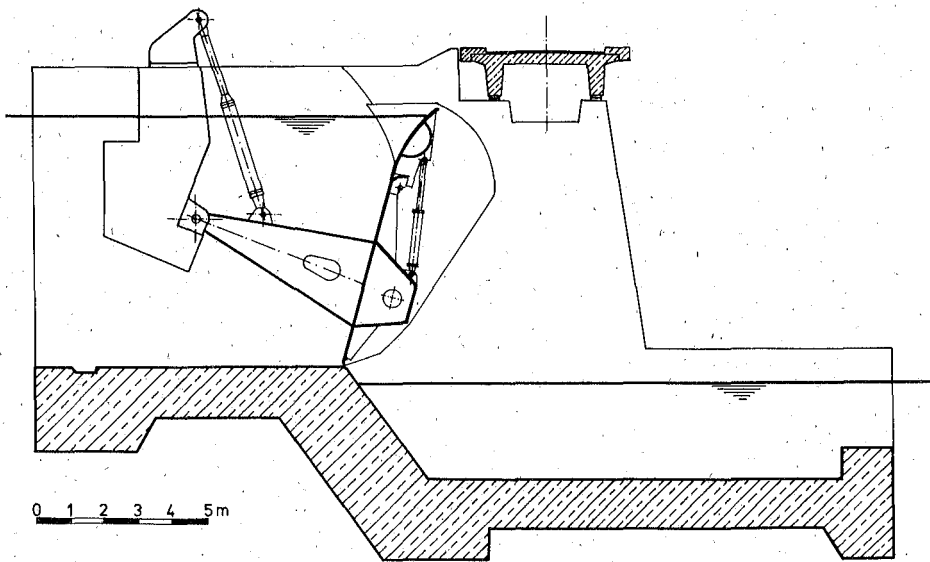
$$MQ = 45 \text{ m}^3/\text{s}$$

Die Großschifffahrtsschleuse kann zur Hochwasserableitung genutzt werden.

Die vorgenannten Daten und die betrieblichen Bedingungen führten hinsichtlich der Wahl der Wehrverschlüsse zu Zugsegmenten mit aufgesetzten Fischbauklappen. Vorgesehen waren jeweils drei Wehrfelder (Schoden vier) mit Breiten von je 16,50 m. Zur Vermeidung von Aufbauten auf den Wehrpfeilern sollten die Segmente mittels in den Pfeilern angeordneter Antriebszylindern über Kniehebel und Torsionsrohre beidseitig hydraulisch angetrieben wer-

den. Wegen des Raumbedarfes in den Wehrpfeilern wären hierbei 4,30 m breite Pfeiler erforderlich geworden.

Aufgrund eines im Rahmen der Ausschreibung des Stahlwasserbaus des Wehres Schoden eingereichten Sondervorschlages mußte die Antriebskonzeption der Segmente neu durchdacht werden. Dieser Sondervorschlag sah im wesentlichen vor, die Antriebszylinder der Segmente außen an den Zugarmen direkt angreifen zu lassen. Die oberen Gegenlager der Antriebszylinder bildeten stählerne, im Beton verankerte Lagerböcke mit einer Bauhöhe von rd. 1,50 m über der Pfeilerplattform. Voraussetzung für diese Antriebsart sind beidseitige 80 cm breite Wandvorlagen, wodurch jedoch die Wehrfeldbreite nur im oberen Bereich vermindert wird, so daß die Abflußleistung des Wehres nicht wesentlich beeinträchtigt wird. Sie nehmen im unteren Bereich die Drehlager der Segmente auf, im oberen Bereich dienen sie der Verankerung der Lagerböcke der Antriebszylinder und oberwasserseitig als Auflager des einschwimmbaren Nadellehenträgers des Revisionsverschlusses. Diese Wandvorlagen schützen darüber hinaus die im Strömungsschatten liegenden Antriebszylinder vor größeren Stoßbelastungen durch Treibzeug. Die Bewegungsgeometrie der Verschlüsse bleibt gegenüber dem Antrieb mittels Torsionsrohr unverändert. Insbesondere bleibt das Freifahren der Konstruktionsunterkante der Verschlüsse über das Stauziel möglich. Die Antriebszylinder liegen überwiegend unter Wasser, jedoch so, daß die Oberkante mindestens 30 cm oberhalb des Wasserspiegels liegt. Die Kolbenstange liegt also immer über Wasser; in ihr verlaufen auch die Hydraulikleitungen, die so gegen mechanische Beanspruchung geschützt sind (Abb. 1).



**Abb. 1: Wehr Rehlingen (Saar)**

Bei der technischen Bewertung des Sondervorschlages wurden über die Frage der Betriebssicherheit der Segmente bei außenliegenden Antriebszylindern selbstverständlich besondere Betrachtungen angestellt. Hierbei nahm die Überlegung, ob infolge Walzenbildung hinter der Wandvorlage sich hier Treibzeug in einem Maße sammeln, sich zwischen Pfeilerwand und

Zylinder verkeilen und hierdurch die Funktionsfähigkeit der Antriebszylinder beeinträchtigen könnte, breiten Raum ein. Ein solcher Störfall konnte jedoch mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden.

Nach Prüfung in technischer und wirtschaftlicher Hinsicht sowie unter Berücksichtigung der Belange von Wartung und Betrieb wurden für das Wehr Schoden die Segmente mit außen an den Zugarmen angreifenden Antriebszylindern zur Ausführung bestimmt. Dieses System wurde auch den folgenden Ausschreibungen für die Wehre Rehlingen, Mettlach und Serri zugrundegelegt; die genannten Anlagen sind inzwischen fertiggestellt oder im Bau.

Technische Daten (Wehr Rehlingen):

Eigengewicht der Aufsatzklappe 8,8 t

Eigengewicht des Segmentes 40,9 t

Maximale Kraft am Drehlager des Segmentes (Zug) 2750 kN

Maximale Kraft an einem Antriebszylinder des Segmentes (Zug) 1220 kN (BB, DIN 19704).

Von den konstruktiven Besonderheiten der Saarwehre ist sicherlich der hydraulische Antrieb der Segmente mit außenliegenden, an den Zugarmen angreifenden Zylindern an bemerkenswertesten. Die hydraulischen und konstruktiven Vorzüge des Zugsegmentes als Wehrverschluß sind inzwischen weitgehend anerkannt. Auch setzen sich in zunehmendem Maße ölhydraulische Systeme als Antriebe von Verschlüssen des Stahlwasserbaus durch. Dies gilt für Schütze, Schleusentore und für Wehrverschlüsse, hier vor allem für Klappen und auch für Drucksegmente. Die Kombination des Zugsegmentes unter Nutzung der Vorzüge des hydraulischen Antriebes wurde bisher konsequent nur mittels Torsionsrohr angewendet. Der unterwasserseitige hydraulische Antrieb von Zugsegmenten kann wegen der ungünstigen Bewegungsgeometrie nur als Kompromiß angesehen werden.

Mit der jetzt an der Saar zur Ausführung gelangenden Variante des hydraulischen Antriebes von Zugsegmenten auch größerer Wehre wurde mit dem Ziel einer technisch und wirtschaftlich gleichermaßen zufriedenstellenden Lösung bewußt „Neuland“ beschritten, allerdings mit der Überzeugung, daß sich das System grundsätzlich bewähren wird. Details der baulichen Durchbildung können sicherlich noch weiterentwickelt werden.

## **2. Konstruktive und hydraulische Maßnahmen zur Vermeidung von Ablagerungen unter Fischbauchklappen von Wehren**

Bei Oberwassertiefen bis 6,00 m und Wehrfeldbreiten bis etwa 30,00 m sind normalerweise Klappen, betrieblich und wirtschaftlich gesehen, allen anderen Verschlüssen überlegen. Nach neuester Bauart erfolgt der Antrieb einseitig ölhydraulisch aus dem Innern eines Pfeilers heraus über ein Torsionsrohr.

Der Raum unter der Klappe muß seitlich belüftet werden. Bis 0,30 m Überfallhöhe sind Strahlaufreißer und abschnittsweise aufgesetzte Keile am Klappenrand wirksam, die den geschlossenen Wasservorhang in einzelne selbständige Überfallstrahlen gliedern und auch zur Sauerstoffanreicherung zusätzlich beitragen.

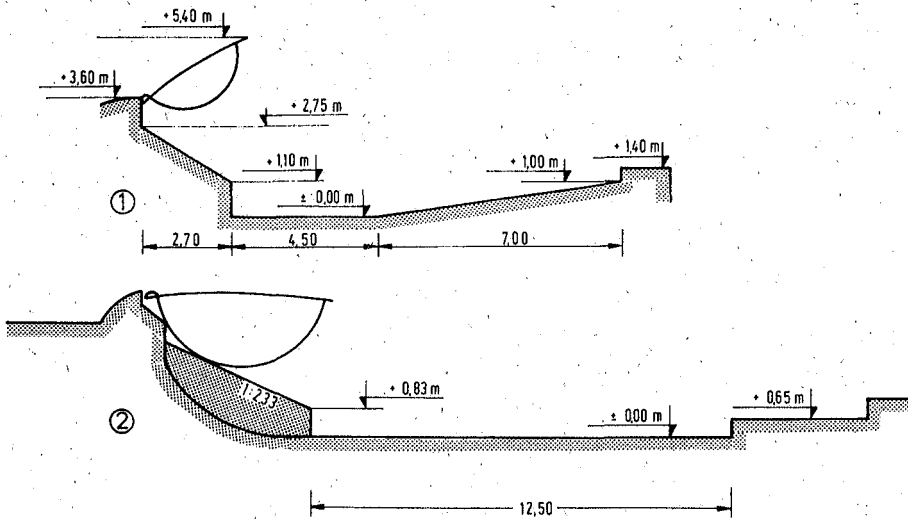
Je nach Oberwassertiefe bei Hochwasserabfluß können bis 1,20 m hohe Wehrhöcker angeordnet werden, die nicht stauend wirken, wenn sie mit der Klappe zusammen eine strömungs-

günstige Form bilden. Die ständig unter Wasser liegende und den Angriffen des Geschiebe-  
triebs ausgesetzte Drehlagerdichtung läßt sich im Schutz dieses Höckers anbringen.

Neben den zahlreichen Vorzügen sind in der Praxis zwei wesentliche betriebliche Probleme  
aufgetreten, wenn bei Hochwasser Geschiebe unter die gelegte Klappe gelangt.

(1) Bei geringen Fallhöhen läßt sich die Klappe bei einem nachfolgenden Hochwasser nicht  
mehr ganz legen.

(2) Bei großen Fallhöhen verbleiben Steine in dem Raum zwischen Überfallstrahl und Wehr-  
rücken und erodieren den Beton solange, bis sie sich selbst durch Abrieb verkleinert haben.  
Eine am Bauwerk aufgebrachte Spezialbeschichtung wurde innerhalb von 2 Jahren wieder  
soweit zerstört, daß die Bewehrung zum Vorschein kam (Abb. 2: Fall (2) mit ausgerundetem  
Wehrrücken).



**Abb. 2: Fall (1) Formgebung bei der Planung von Tosbecken mit Fischbauchklappen  
Fall (2) Beispiel für Sanierung einer bestehenden Anlage**

Für geplante Wehranlagen am Main mit Fallhöhen von 2,80 m und 3,80 m, in die Fisch-  
bauchklappen anstelle von Walzenverschlüssen eingebaut werden sollten, stand dieses Pro-  
blem zur Lösung an.

Mit Hilfe hydraulischer Modellversuche im Maßstab 1:30 gelang es in einer langen Ver-  
suchsreihe, den Überfallstrahl und die durch Teilimpulse bewegten Feststoffe so zu führen,  
daß der Raum unter der Klappe nach kurzer Zeit wieder frei wurde. Die größte Räumwirkung  
stellt sich bei etwa 200 m<sup>3</sup>/s ein. Die Klappe hat dabei die Stellung entsprechend dem Fall (1)  
auf der Abbildung. Der Wehrrücken muß mindestens 1:2,4 geneigt sein, damit Feststoffe  
unter Wasser abrutschen und sich an der Stufe (mindestens 1,0 m) sammeln können. Von hier  
werden sie durch die Großturbulenzen in Schüben dem Hauptabfluß zugeführt. Wie man auf  
der Abbildung erkennt, muß das Tosbecken vertieft werden, um diese Formgebung zu ermög-  
lichen. Im Fall (2) soll die dargestellte Form an einer bestehenden Anlage nachträglich herge-

stellt werden. Inzwischen hat sich auch nach etwa 2-jährigem Betrieb an einer der neuen Wehranlagen (mit 2,80 m Fallhöhe) der gewünschte Feststofftransport bestätigt.

## Teil 4

### Funktionserweiternde Einrichtungen für Schleusenobertore

#### 1. Drucksegmenttor

Das Konstruktionsprinzip des Segmentverschlusses wurde bereits häufiger für Tore von Abstiegsbauwerken (Schleusen, Hebewerke) angewandt, zum Beispiel:

- Trogtore und unteres Haltungstor des Schiffshebewerkes Henrichenburg (3. Abstieg)
- Obertor der Schartor- und der Brandshofer Schleuse in Hamburg. Die Tore dienen auch der Hochwasserableitung
- Obertor der Schleusen Würzburg und Birsfelden. Die Tore sind gleichzeitig Füllorgan der Kammer.

Die im Rahmen des Ausbaus der Saar zur Großschiffahrtsstraße errichteten Schleusen haben 12 m breite Kammern bei einer nutzbaren Länge von 190 m. Die Fallhöhen betragen zwischen 3,80 m und 14,50 m. Die Tore werden am Oberhaupt als Drucksegmente, am Unterhaupt als Stemmtore ausgeführt. Wie nachfolgend näher erläutert wird, hat sich die Ausbildung des Obertores als Drucksegment als besonders geeignet erwiesen, wenn die betrieblichen Vorgaben und wirtschaftliche Überlegungen diesem Bauteil mehrere Funktionen zuweisen.

Bei der Festlegung der Bedingungen für den Bemessungshochwasserabfluß an den Saarwehren (vgl. Teil 3) wurde vorausgesetzt, daß auch die Großschiffahrtsschleuse einer Staustufe zur Hochwasserableitung genutzt werden kann. Weiterhin sollte das Obertor für alle Großschiffahrtsschleusen gleich konzipiert werden, und zwar so, daß es bei Schleusen mit kleinen Fallhöhen im Normalfall und bei Schleusen mit größeren Fallhöhen bei Funktionsstörungen der oberwasserseitigen Längskanalverschlüsse des TVA\*-Multiportsystems als Füllorgan der Kammer dienen kann. Dieser Betriebsfall kommt auch zur Erhöhung des Sauerstoffeintrags in das Schleusungswasser bei kritischer Beschaffenheit des Saarwassers in Betracht, weil durch die intensive Verwirbelung in der Toskammer bei Füllung durch das Obertor der Sauerstoffeintrag erheblich höher ist als bei Füllung der Schleuse durch die Längskanäle. Dieser Vorteil zugunsten der Wassergüte hat naturgemäß den Nachteil, daß sich die Füllzeit der Schleuse verlängert. Schließlich galt auch für das Schleusenobertor der allgemeingültige Planungsgrundsatz betreffend die Wirtschaftlichkeit der Konstruktion bei Bau sowie Betrieb und Unterhaltung der Anlage. Diese Überlegungen, theoretische Untersuchungen und vor allem die im folgenden beschriebenen Modellversuche der Bundesanstalt für Wasserbau führten zum Ausführungsvorschlag eines Drucksegmenttores, dessen Stauwand im Querschnitt die Form einer Wendelinie hat, was sich aus der Zweckbestimmung als Füllorgan ergab (Abb. 1).

Zur Füllung wird das Tor um 20° abwärts gedreht, so daß wegen der Form der Stauwand zwischen dem Drempeel und dem Segment, über die gesamte Kammerbreite, ein Füllspalt von

\* TVA = Tennessee-Valley-Authority