

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

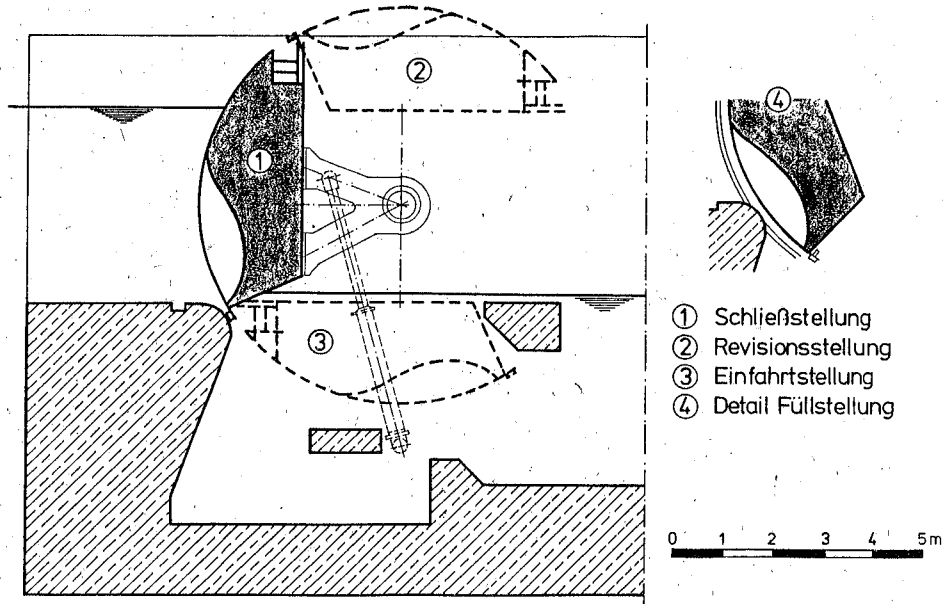


Abb. 1: Oberhaupt mit Drucksegmenttor

0,90 m Weite entsteht. In einem Modell im Maßstab 1:25 wurden für die verschiedenen Schleusen und Betriebsfälle die Tordrehgeschwindigkeiten derart ermittelt, daß die Schiffskräfte im zulässigen Rahmen blieben und der Schleusenzufluß einen jeweils in Abhängigkeit von den lokalen Bedingungen vorgegebenen Höchstwert nicht überschritt. Außerdem wurden Energieumwandlungseinrichtungen hinter dem Tor entworfen und erprobt, um eine gleichmäßige Verteilung des Zuflußwassers über den Kammerquerschnitt zu gewährleisten. Je nach Fallhöhe kamen ein Tosbecken mit Endschwelle und massiven Quereinbauten oder eine Toskammer, durch eine Lochwand von der Schleusenkammer abgetrennt, zur Anwendung. Die Füllzeiten bei reiner Vorkopffüllung durch das Obertor liegen zwischen 8 min bei 3,80 m und 25 min bei 14,50 m Fallhöhe. Das erforderliche Antriebsmoment für den Verschlusskörper wurde gemessen, und in einem Rinnenmodell im Maßstab 1:10 wurde die Druckbelastung ermittelt.

Die im Modell entwickelte Konstruktion des Obertores ermöglicht an allen Saarstauufen die Ableitung eines Teils des Hochwassers durch die Großschiffahrtsschleuse. Während der Modelluntersuchungen wurde das Hauptaugenmerk auf das Schwingungsverhalten des Torkörpers gerichtet, da durch ein Aufschwingen des Tores um seine Drehachse in dem energie-reichen Hochwasserstrom größere Schäden zu befürchten waren. Zur Hochwasserentlastung wird nach dem Öffnen des unteren Stemmtores das Obertor aus der Staustellung um 90° abwärts gedreht, so daß der Torrücken in Höhe der OW-Sohle liegt und der Schleusendurchfluß über das Tor hinweg freigegeben wird. Im Schleusenmodell wurde die Torantriebswelle mit einem Federelement und einem Drehmomentenmeßgerät versehen, so daß der Verschlusskörper mit seiner aus Ausschreibungsunterlagen berechneten Eigenfrequenz von etwa 2 Hz schwingen konnte. Am Ausgangsentwurf des Druckségmenttores wurden bereits bei geringer Fallhöhe sehr starke Schwingbewegungen und entsprechende Schwankungen im Antriebsmo-

ment registriert. Diese rührten von Pendelbewegungen des Überfallstrahles und Instabilitäten im Abfluß unter dem Torkörper her. Durch Anbringen von Öffnungen in der Torrückwand und Änderungen sowohl im oberen Teil des Tores als auch im Tosbecken bzw. in der Toskammer gelang es, die schwingungsanfachende Belastung auf das Tor ganz erheblich zu reduzieren. Darüber hinaus wurden an Voll- und Rinnenmodell die günstigsten Drehgeschwindigkeiten, die erforderlichen Antriebsmomente, die Druckbelastung sowie die Abflusssmengen und die Wasserspiegellagen ermittelt.

Die Schleuse Lisdorf wurde bereits fertiggestellt. Mit einem umfangreichen Untersuchungs- und Meßprogramm wurden die Funktionen und Belastungen hauptsächlich bei simulierter Hochwasserentlastung durch die Schleuse überprüft und mit den Modellergebnissen verglichen.

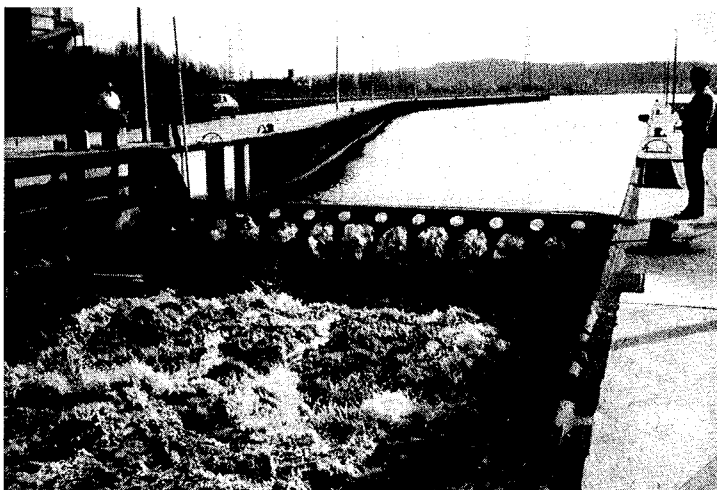


Abb. 2: Freigabe des Abflusses durch die Schleuse

Als wichtigstes Ergebnis der Naturversuche sei herausgestellt, daß am Obertor während der Steuerung des Hochwasserdurchganges keine nennenswerten Schwingbewegungen zu beobachten waren. Die an der Naturlausführung gemessene dynamische Druckbelastung entsprach ebenso in hohem Maße den am Modell festgestellten Werten. Somit ist aufgrund der Modellversuche eine gefahrlose Hochwasserentlastung durch die Schleuse Lisdorf gewährleistet. Nach Betriebsbereitschaft der übrigen Saar-Schleusen sind dort ähnliche Naturversuche vorgesehen.

Das 12 m breite, torsionssteif ausgebildete Tor hat ein Gewicht von rd. 36 t und wird einseitig über ein Torsionsrohr angetrieben. Der Antriebszylinder und das Hydraulikaggregat sind im Oberhaupt unterhalb der Schleusenplattform angeordnet, so daß keine gesonderten Antriebshäuser erforderlich sind. Aufgrund der einfachen Bewegungsgeometrie und der wenigen Verschleißteile kombiniert mit hydraulischem Antrieb ist das Segment als Schleusenobertor mit zusätzlichen Funktionen besonders geeignet. Da es möglich ist, nach Umkoppeln

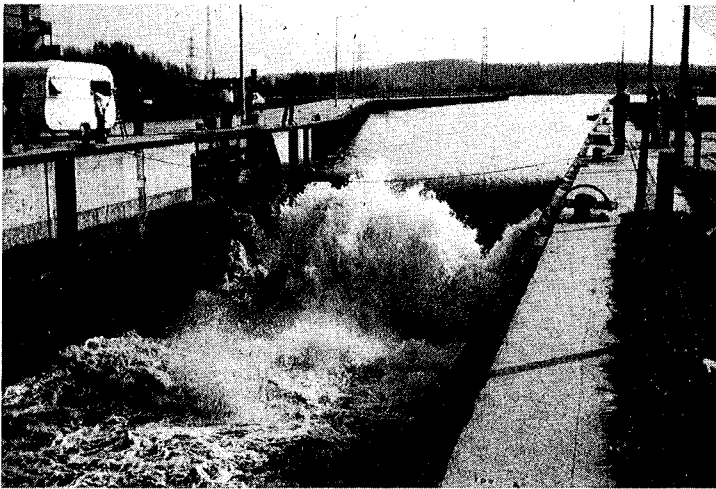


Abb. 3: Beendigung des Abflusses durch die Schleuse

des Zylinders am Antriebshebel des Torsionsrohres das Tor „aus dem Wasser heraus in die Revisionsstellung“ zu fahren, wird die Überprüfung und Wartung des Tores wesentlich vereinfacht. Besondere Beachtung war der baulichen Durchbildung der Längsdichtung des Tores zu widmen. Ausgeführt wurde ein Flachprofil, das zur Seite des Dichtungsanschlages hin in der Mitte wulstförmig verstärkt ist. Es ist mit dem Verschlusskörper beidseitig mittels Klemmleisten und Schrauben verbunden. Der erforderliche Anpreßdruck wird durch Federtöpfe hergestellt, die über eine Leiste die Federkraft auf das Dichtungsprofil übertragen.

2. Hubsenktor

Bei den gewöhnlichen Schleusen in der Bundesrepublik Deutschland wurden für nutzbare Kammerlängen bis zu 165 m Füllungen durch das Obertor oder über kurze Umläufe eingerichtet. Für Fallhöhen von 3,0 bis 9,0 m beträgt die mittlere Steiggeschwindigkeit des Wasserspiegels 0,5 bzw. 0,9 m/min. Es treten Quer- und Längskräfte am zu schleusenden Schiff auf, die im Grenzfall 0,5 bzw. 1,5‰ des Gesamtgewichtes erreichen. Besonders ungünstig sind die Querbewegungen.

Nachdem die nutzbare Kammerlänge aus Richtlinien auf 190 m vergrößert worden war, war diese Füllmöglichkeit für den Schleusenbetrieb nicht mehr praktikabel, jedoch wäre die Anwendung von Längskanälen mit Stichkanälen unter den gegebenen Umständen wiederum zu aufwendig gewesen.

Die guten Erfahrungen im Betrieb mit einem Hubsenktor als Haltungsabschluß zur Steuerung der Füllung und zur Eisabfuhr (PIANC XXII, Paris 1969, Section I, Subject 3) führten zu der Absicht, diese Torart hier auch künftig anzuwenden. An einer geplanten Schleuse mit zunächst nur 3,60 m Fallhöhe, bei der also der Füllspalt unter dem Tor eingetaucht ist, wurden die bisherige Prallwand und das Tosbecken so umgestaltet, daß ein Einlauf zu einem kurzen Grundkanal mit Öffnungen in der Kammersohle entstand. Die Anschlußwand dient als Stoßschutz.

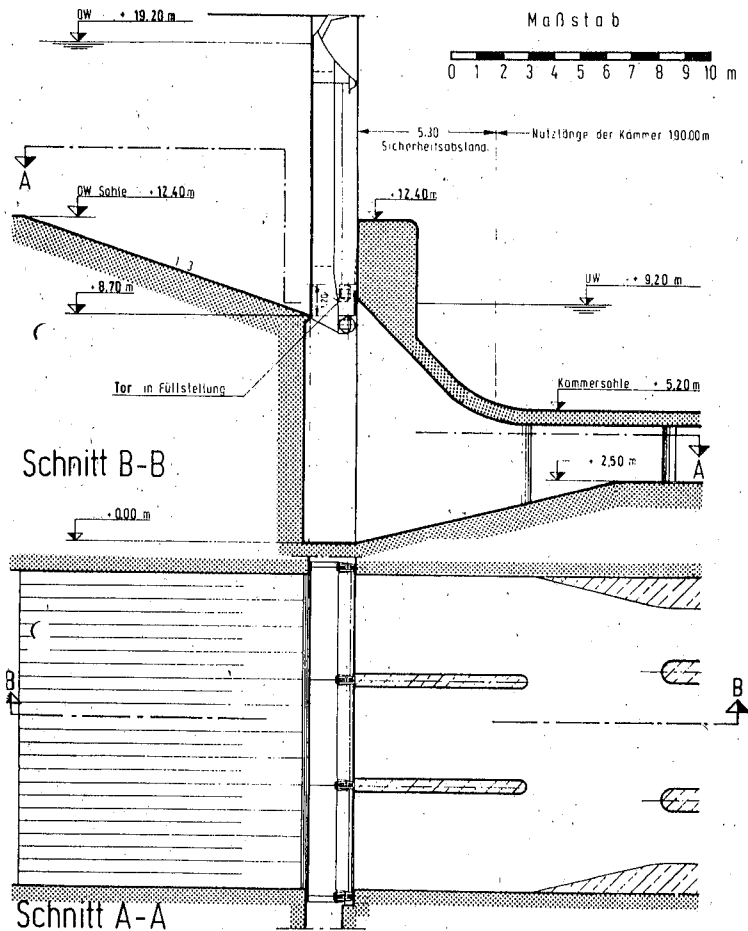


Abb. 4: Hubsenktor mit Teilgrundlauf im oberen Kammerbereich

Die zufriedenstellenden Versuchsergebnisse am Modell und an der ausgeführten Schleuse Oberhausen (Rhein-Herne-Kanal) versprachen dann auch Erfolg bei der Weiterentwicklung dieser Einrichtung für Schleusen mit Fallhöhen bis zu 10,0 m (Abb. 4). Dafür muß die Tor-konstruktion jedoch so weit nach unten verlängert werden, daß sie etwa 0,5 m in das Unterwasser eintaucht. Bei der normalen Torfüllung ist ohnehin eine Tieferlegung der Dichtungskante um 2,0 m erforderlich, so daß der Mehraufwand letzten Endes nur 1,70 m ausmacht und im Vergleich mit der Einrichtung von zwei Schützen inklusive Antriebe und Revisionsverschlüsse sowie besonderer Einlaufbauwerke zu sehen ist.

Der Grundkanal erstreckt sich auch bei den größeren Fallhöhen nur auf 3/8 der vorderen Kammerlänge. Da die Unter- und Rückseite des Torkörpers offen sind, würde hier zu Beginn der Füllung Wasser austreten und Unruhe in das Kammerwasser hineintragen. Im äußersten Fall ist die Rückwand auf eine Höhe von 1,40 m über der Torunterkante dicht zu verkleiden. Innerhalb des Tores können Schwankungen des freien Wasserspiegels auftreten. Die Bergschleusung kann hierdurch schneller und ruhiger ablaufen als bei herkömmlichen Torfüllun-

gen, Querkräfte sind praktisch gleich Null. In der Tabelle sind zum Vergleich kennzeichnende Ergebnisse aufgeführt.

Fallhöhe h_F (m)	Füllzeit t (min)	Steigen i. Mittel s (m/min)	Kräfte (kN)	
			quer F_Q	längs F_L
3,6	4,8	0,75	—	14
6,1	5,9	1,03	—	16
10,0	8,2	1,22	—	15
einfache Torfüllung:				
3,6	6,1	0,55	9	23
6,1	7,5	0,81	8	14
10,0	10,5	0,95	12	23

Schrifttum

1. Illiger, J.: Structures for dealing with large differences in head for the Lateral Canal of the Elbe. Bulletin of PIANC — Nr. 10 Vol. IV/1971.
2. Rütjerodt, M. und Dr.-Ing. Arens, M.: Schiffshebwerke in Deutschland. XIX. Internationaler Schifffahrtkongreß London 1957, Abteilung I, Mitteilung 1.
3. Büttner, H.: Die Abstiegsbauwerke des Elbe-Seitenkanals. Hansa Nr. 23, 108. Jahrgang 1971.
4. Wagner, R.: Die Stahlkonstruktion des Schiffshebwerkes Lüneburg. Der Stahlbau Heft 7, 45. Jahrgang 1976.
5. Elbe-Seitenkanal — Natur und Technik. Hans Christians Verlag Hamburg 1976, ISBN 3-7672 — 0403 — 7.