Erfahrungen von den deutschen Wasserstraßen

von Thilo Wachholz[1]

1. Einleitung

Aufgrund ihres Alters müssen sehr viele Objekte der Bundeswasserstraße durch neue Wasserbauwerke ersetzt werden. Für zahlreiche Wehre gaben die einfache Konfiguration und die erwartete Effizienz die Grundlage für eine Gestaltung als Schlauchwehr. Diese Technologie war zunächst im Bundeswasserstraßennetz neu. Die heutigen Erfahrungen mit dem Betrieb und der Unterhaltung der Schlauwehrtechnik von jetzt über 10 Jahren erlaubt den Schluss, mehr weitere Wehre mit diesem Verschlusstyp auszustatten.

2. Grundlegende Aspekte

Die ersten Projekte dieser Art an Deutschen Wasserstraßen basierten auf einer langen Phase von internen Diskussionen, gefolgt von Tests und Prüfungen, um der Kritik zu begegnen, die mit der bis dahin in Deutschland unbekannten Technik einherging. Kostenanalysen, die zu Beginn des Planungsprozesses durchgeführt wurden, zeigten, dass die Wahl eines Schlauchwehres viel effizienter ist als der Bau eines Stahltors. Die Projekte sind hauptsächlich darauf ausgerichtet, den Wasserstand für die Navigation zu kontrollieren. Aufgrund der Tatsache, dass die Verschlussorgane in der Regel in Kooperation mit Wasserkraftwerken betrieben werden müssen, muss die Regelung der Wasserstände ausreichend schnell und genau mit dieser Anlage erledigt werden. Daher werden an Deutschen Wasserstraßen wassergefüllte Schlauchwehre gewählt.

Abbildung 1: Wehr Marklendorf an der Aller – erstes Schlauchwehre in Deutschen Wasserstraßen

3. Betrieb und Unterhaltung an deutschen Wasserstraßen

Die Schlauwehre, die ausschließlich an deutschen Wasserstraßen verwendet werden, erfordern einen unterirdischen Raum für Pumpen und Rohrleitung und demzufolge eine aufwendigeres Bauwerksteil. Es muss sichergestellt sein, dass dort genügend Platz vorhanden ist, um die Räume zu betreten und Wartungs- und Inspektionsarbeiten zu ermöglichen. Dennoch beträgt die Größe des Betriebsgebäudes ca. 5% der globalen Projektkosten. Die Empfehlung lautet, diesen Teil der Kosten des Projekts nicht zu sehr in den Fokus zu nehmen. Das Gleiche gilt für die Installationskosten der Ausrüstung (Pumpen, Rohleitung).

Abbildung 2: Einblick in den Installationsraum des Betriebsgebäudes

Wie bei jeder modernen, verstellbaren Verschlusskonstruktion müssen Schlauchwehre von einem System angetrieben und kontrolliert werden, das automatisch arbeiten kann. Die Anordnung der Regler, Ventile, Instrumente und Sensoren wird von der vor Ort installierten Software (SPS) gesteuert. Beispielsweise erfassen die Sensoren der piezoelektrischen Druckmesszellen eine Erhöhung des Referenzwasserpegels vor dem Damm. Die Software stellt fest, dass eine Entlastung des Mediums notwendig ist. Da regulier das Steuersystem den Abfluss aus dem Schlauch. Bei allen Projekten ist eine Fernsteuerung erforderlich, um das Wehr zu überwachen und ggf. zu justieren. Videoüberwachung benötigt viel höhere Standards. Daher ist eine solche Installation bei Wehre in Deutschen Wasserstraßen nicht vorgesehen.

Betreffend die regulären Betriebsverfahren, so sind die Anforderungen wie bei gewöhnlichen Wehren. Ein Schlauchwehr besitzt zwei oder drei Betriebsmodi: manuell, automatisch und manchmal fernbedient. Ob außergewöhnliche und unregelmäßige Situationen zu berücksichtigen sind, ist abhängig von

1 Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt, Deutschland, thilo.wachholz@wsv.bund.de

der Lage des Damms oder Bedingungen wie längere Hochwasser oder Eis. Für letzteren Fall muss sichergestellt werden, dass die Einlassverrohrung und der Messschacht nicht einfrieren, sodass ein Heizsystem notwendig werden kann.

In der Regel wird vom Hersteller des Systems ein Betriebs- und Wartungshandbuch zur Verfügung gestellt. Neben der Darstellung der Vorgänge erläutert das Handbuch die Inspektions- und Wartungsfragen. Beide dienen der strukturellen Untersuchung und Bewertung der Membran, des Befestigungssystems und der gesamten Funktionalität des Wehrs. Genau wie die anderen Wehrarten weisen Schlauchwehre Komponenten auf, die eine standardisierte Inspektion erfordern. Die Komponenten der mechanischen und elektrischen Ausrüstung sowie deren Funktionskontrolle sollten ebenfalls Bestandteil von Routineuntersuchungen sein. Regelmäßige Inspektionen und Wartungen führen zu einer Schlussfolgerung bezüglich des eventuellen Austauschs des Gummitors gegen Ende seiner Lebensdauer.

Die Schlauchmembran hat andere Merkmale als ein Stahltor. Dies erfordert ein anderes Prüfprotokoll. Die Hauptziele der Inspektion der Verschlusseinheit sind die folgenden:

- Abrieb.
- Altersbedingte Verschlechterung.
- Schäden durch Trümmer oder Steine.

Sobald Schäden während der Inspektion festgestellt werden, sollte die Membran repariert werden. Dazu gibt eine große Sammlung von einfachen Reparaturhilfsmitteln, die von den Herstellern angeboten werden. Inspektion und Wartung für Schlauchwehre sind sehr wichtig. Inspektionsberichte sollten katalogisiert und möglichst an der Wehranlage gelagert werden. Die permanente Wartung und das Trockenlegen alle 6 Jahre sind von der Wartungsmannschaft leicht zu realisieren.

Abbildung 3: Inspektion eines Schlauchwehres

Vorbeugende und korrektive Instandhaltungsmaßnahmen sollten so lange wie möglich durchgeführt werden, damit das Schlauchwehr langfristig wirksam bleibt. Die Wartungsanforderungen für ein Schlauchwehrsind signifikant verschieden wie für ein Stahlverschluss. Die Membran wird im Allgemeinen als nahezu wartungsfrei angesehen, mit Ausnahme von gelegentlichen Reparaturarbeiten, wie unten diskutiert. Es gibt keine Anstrichanforderungen oder Korrosionsprobleme, auch keine beweglichen Teile, die zu untersuchen oder reparieren wären. Die mechanische und elektrische Ausrüstung erfordert regelmäßige Wartung. Es handelt sich aber bei diesen Komponenten um Standards wie Kompressoren, Rohrleitungen und Pumpen. Das primäre Interesse liegt auf der Untersuchung des Alterungsprozesses der Membran während der Lebensdauer. Während des Alterungsprozesses verliert die Membran an Festigkeit.

Als Schlussfolgerung, die Inspektionen und die Wartung eines Schlauchwehres beschränken sich normalerweise auf visuelle Inspektion, Funktionstests und - falls angezeigt - auf das Beheben von

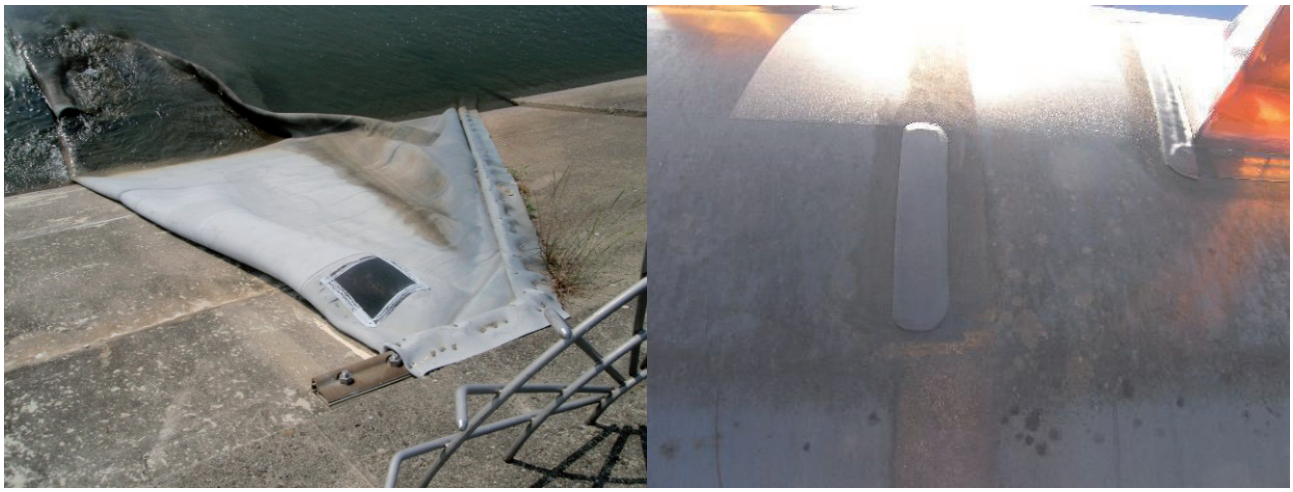

Abbildung 4: Reparaturstellen eines Schlauchverschlusses

Undichtigkeiten und Reparaturen. Die erforderlichen Wartungsarbeiten des Außendienstpersonals sind in der Regel niedriger als bei einem Stahlverschluss. Daher können die Wartungskosten von Schlauchwehren im Vergleich zu herkömmlichen Stahlverschlüssen beträchtlich niedriger sein.

Es gibt Fälle, in denen die Membran beschädigt wird. Dies beinhaltet eine Delamination der Oberfläche aufgrund von Alterung oder Verschleiß. Normalerweise erfordern Risse und insbesondere ein begrenztes Loch in der Membran keinen vollständigen Austausch des Schlauchverschlusses. Das Fasergewebe in der Membran ist verantwortlich für die Aufteilung der Kraft in zweidimensionale Richtung. Aus diesem Grund wird ein beschädigt beschädigter Bereich ausreichend unterstützt, um der Sicherheit kleiner Schadenseffekte standzuhalten. Schäden in den Ecken der Schlauchverschlüsse müssen mit großer Aufmerksamkeit überwacht werden. Einige Reparaturarbeiten sind im trockenen Zustand durchzuführen. Daher sollte die Wartung während der Niedrigwasserperiode oder in Perioden während des Platzierens der Revisionsverschlüsse durchgeführt werden. Der Austausch des Schlauchverschlusses muss unter Bezugnahme auf die Prüfprotokolle und die Überprüfung auf Fehlfunktionen der Ausrüstung, Beschädigung von Teilen, Alterung von Teilen usw. entschieden werden.

4. Kriterien für die bevorstehenden Projekte

Die Haltbarkeit eines Schlauchverschlusses variiert in Abhängigkeit von den Betriebsbedingungen (Ermüdung aufgrund der Häufigkeit des Aufblasens und Entleerens) und der Umgebung auf der Einsatzstelle (Verschlechterung durch ultraviolette Strahlen und Wärmealterung). Je nach Einsatzort und Anwendung ist die Membran unterschiedlichen Wasserbedingungen, Temperaturextremen und Belastungsbedingungen ausgesetzt. Langjährige Erfahrungen, insbesondere aus Japan, zeigen, dass Schlauchmembranen dennoch mehr als 30 Jahre zufriedenstellend funktionieren. Der Sicherheitsfaktor für die Berechnung der Stabilität, der für die Konstruktion des Schlauchverschlusses verwendet wird, berücksichtigt diesen Zeitraum der Lebensdauer. Es kann festgestellt werden, dass nach zwei Jahrzehnten der Anwendung die Membran genauer betrachtet werden muss und die Inspektionsintervalle zu verkürzen sind.

Abgesehen von den Maximalwerten weltweit installierter Schlauchwehre zeigt sich, dass bei 88% der Installationen die Höhe weniger als 3,0 m beträgt. Bei 70% beträgt die Spannweite weniger als 30,0 m. Diese Durchschnittswerte können allgemein als typische Abmessungen von Schlauchwehren angesehen werden, während die Maximalwerte angeben, was im Einzelfall machbar ist. Im Allgemeinen sind Schlauchwehre am besten für große Spannweiten mit einer kleinen Anzahl von Pfeilern geeignet, was sie in der Landschaft relativ unauffällig macht.

In Bezug auf die Anzahl der Anwendungen kann schlussgefolgert werden, dass Schlauchwehre bis zu einer gewissen Grenze grundsätzlich als bewährte Technologie gilt. Die Festlegung eines oberen Grenzwertes für die Höhe von Schlauchwehren ist allerdings schwierig. Im Allgemeinen gilt diese Technologie mit einer sehr großen Anzahl von Installationen bis zu 3,0 m als Stand der Technik. Auch darüber hinaus gibt es eine ganze Reihe von Schlauchwehren mit guten Erfahrungen. Zum Vergleich ist der Anwendungsbereich der japanischen Norm für Schlauchwehre durch eine Höhe von 6,0 m begrenzt. Seit 1978 gibt diese Norm eine

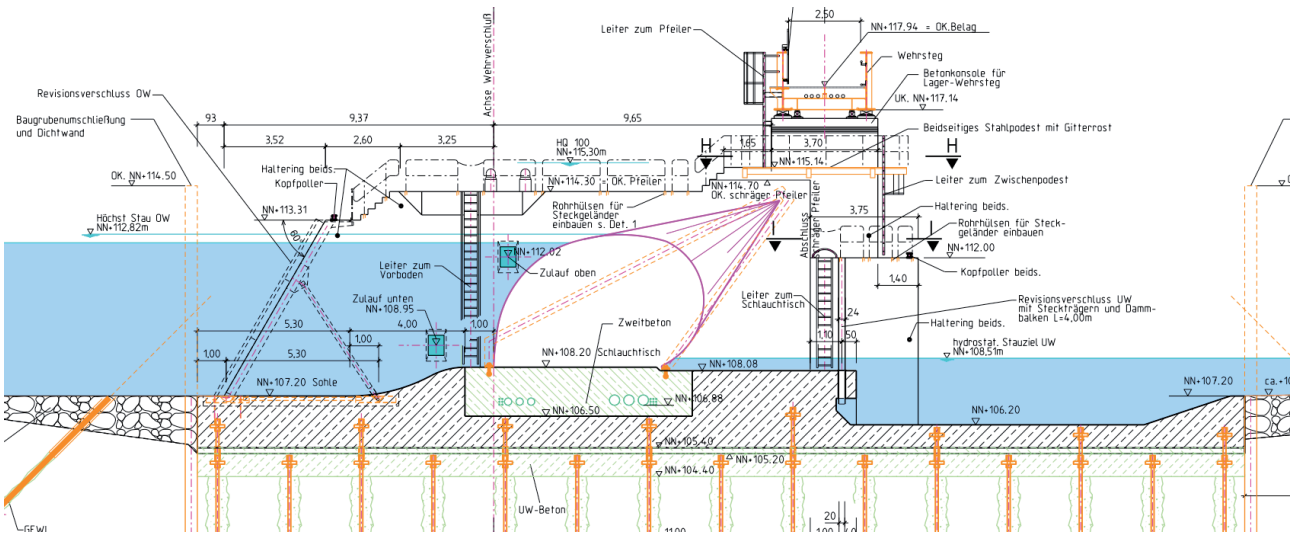

Abbildung 5: Neues Schlauchwehrprojekt am Main

solide Grundlage für die Konstruktions- und Materialanforderungen. Die meisten der mittlerweile realisierten Wehre haben eine Breite von mehr als 20 m und Höhen von bis zu 3,4 m.

Die Wehrinfrastruktur ist als Standardbetonkonstruktion konzipiert und verursacht zehn Mal höhere Kosten als die Membran selbst. Die Ausrüstung (Klemmen, Rohre, Ventile, Pumpen usw.) kostete ungefähr die Hälfte der Kosten im Vergleich zu der Membran, ähnlich ist die elektromechanische Ausrüstung.

5. Schlussfolgerungen

In den letzten Jahren wurde die Technologie Schlauchwehre verbessert und die Standards angepasst. Heute sind sie eine interessante Alternative zu herkömmlichen Stahlverschlüssen, wodurch Einsparungen bei den Investitions- und Wartungskosten möglich sind. Das gilt insbesondere für Standorte, an denen diese Verschlussarten an bestehende Wehrstrukturen angepasst werden. Ein zunehmender Nutzen dieser Technologie ist zu beobachten und wird zu einer „Standardisierung“ führen.

Die Erfahrungen aus dem Betrieb seit den ersten deutschen Projekten sind absolut zufriedenstellend. Die Membranen sind unversehrt und voll funktionsfähig, die erwarteten Lebensdauern betragen jetzt 30 Jahre. Derzeit muss die Strategie nicht geändert werden, im Gegenteil. Nach den oben genannten Kriterien erstellt die deutsche Wasser- und Schifffahrtsverwaltung einen Standard für 10 anstehende Projekte für kleinere Flüsse wie Havel und Lahn. Er wird aber auch in größeren Wehranlagen der Flüsse Main und Neckar eingesetzt. Wie zu erkennen ist, sind die Projekte in ganz Deutschland verbreitet.

Quellen

PIANC. (2018). Report of Working Group 166: Inflatable Structures in Hydraulic Engineering. PIANC, Brüssel.

Verfasser

Dipl.-Ing. Thilo Wachholz
Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt
Außenstelle Mitte,
Am Waterlooplatz 5
30169 Hannover
Tel.: 0511/9115-3171
E-Mail: Thilo.Wachholz@wsv.bund.de