

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Conference Paper, Published Version

Gebhardt, Michael; Maisner, Matthias; Gabrys, Ulrike Bemessung und Konstruktion von Schlauchwehren

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/102084>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Gebhardt, Michael; Maisner, Matthias; Gabrys, Ulrike (2010): Bemessung und Konstruktion von Schlauchwehren. In: Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.): Forschung und Entwicklung Binnenverkehrswasserbau. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau. S. 24-28.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



Dr. M. Gebhardt, M. Maisner, U. Gabrys, BAW Karlsruhe
Bemessung und Konstruktion von Schlauchwehren

1 Problemstellung und Ziel

1.1 Ingenieurwissenschaftliche Fragestellung und Stand des Wissens

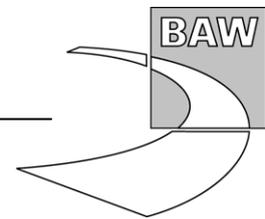
Mit dem Erscheinen des Mitteilungsblattes Nr. 91 „Untersuchungen zum Einsatz von Schlauchwehren an Bundeswasserstraßen“ im Dezember 2007 und dem BAW-Kolloquium „Elastische Wehrverschlüsse an Wasserstraßen“ im Juni 2008 wurden die Ergebnisse des FuE-Vorhabens Nr. 8160 publiziert und das bisherige Forschungsvorhaben abgeschlossen. Insgesamt drei Schlauchwehrranlagen in der WSV existieren oder befinden sich im Bau und an mehreren Staustufen werden Schlauchwehre als eine Planungsvariante in Betracht gezogen, so z.B. an der Allerstaustufe Hademstorf oder der Mainstaustufe Obernau. Aus dem abgeschlossenen FuE-Vorhaben und den sich im Betrieb, im Bau bzw. in der Planung befindlichen Schlauchwehrranlagen haben sich eine Reihe von neuen wasserbaulichen und bautechnischen Fragestellungen ergeben. Zusammen mit den bisherigen Ergebnissen soll ein Merkblatt für die Bemessung und Konstruktion erstellt werden, das hydraulische und statische Bemessungsgrundlagen, Werkstoffanforderungen und Bemessungsbeispiele enthalten wird und dem planenden Ingenieur als Leitfaden bei der Entwurfsaufstellung dienen soll.



Bild 1: Schlauchwehr Bannetze an der Aller unmittelbar nach der Fertigstellung im Oktober 2009

1.2 Bedeutung für die WSV

Die ersten Schlauchwehrranlagen haben Pilotcharakter für die WSV, wenn man sich vergegenwärtigt, dass unter den mehr als 280 Wehrranlagen die Hälfte älter als 50 Jahre ist und in den nächsten Jahren ein hoher Sanierungsbedarf zu erwarten ist. Aufgrund der vielfältigen Fachfragen und Wissenslücken im Zusammenhang mit der Schlauchwehrtechnologie ergibt sich die Notwendigkeit einer intensiven fachwissenschaftlichen Begleitung der Projekte und einer gezielten wissenschaftlichen Vertiefung einzelner Fragestellungen durch die BAW.



1.3 Untersuchungsziel

Folgende Forschungsschwerpunkte sind in dem FuE-Vorhaben enthalten:

- die Analyse und Optimierung vorhandener Füll- und Entleersysteme (F1) vor dem Hintergrund betrieblicher Anforderungen, wie z.B. Stellgeschwindigkeiten, Pumpenleistungen,
- Untersuchungen zur Erfassung oder zum Ersatz der fehlenden geometrischen Stellgröße im Zusammenhang mit der Automatischen Abfluss- und Stauzielregelung (F2), wie z.B. die Bestimmung der Schlauchhöhe über Drucksonden, über den Innendruck oder das Schlauchvolumen,
- die Weiterentwicklung von Maßnahmen gegen Schwingungen (F3) durch die Auswertung bisheriger Betriebserfahrungen und die Entwicklung neuer wirkungsvoller Maßnahmen mit Hilfe von In-situ Untersuchungen,
- die Analyse zweiaxialer Spannungszustände in der Membran im Anschluss an die Wehrpfeiler bzw. Wehrwangen zur Ermittlung eines Stress Concentration Factors (SCF) mit Hilfe von Finite-Elemente-(FE) Berechnungen (F4),
- Untersuchungen zur Relaxation und Retardation der Schlauchmembran in der Klemmkonstruktion (F5) im Langzeitversuch "Großer Versuchsstand",
- Werkstoffuntersuchungen (F6), wie z.B. die Ermittlung der Trennkraft zwischen Gewebe und Elastomer oder Beschusstests zur Ermittlung möglicher Schäden durch Vandalismus sowie
- Untersuchungen zur Materialwahl für die Verankerungsschienen (F7) mit dem Ziel der Lebensdauerverlängerung und die Formulierung von Bemessungsregeln für die Materialien.

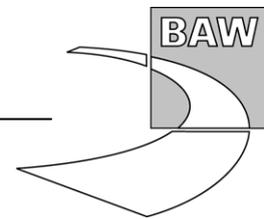
Eine ausführlichere Beschreibung ist dem Forschungskompodium Verkehrswasserbau 2008 zu entnehmen.

2 Untersuchungsmethoden

Die Methoden orientieren sich an der Fragestellung und am Untersuchungsziel und beinhalten hydraulisch-numerische Berechnungen der Rohrhydraulik (F1), den modellbasierten Entwurf einer Regelung in MATLAB & Simulink (F2), In-situ Untersuchungen (F2, F3), Finite-Elemente-Berechnungen unter Berücksichtigung der Nichtlinearität, Stabilität und Eigenkontakt bei Schalenelementen (F4), Laborversuche am Langzeitversuchsstand, Untersuchungen an Normprobekörpern (F5, F6) sowie dynamische Prüfungen und Beschusstests an Fachinstituten (F6).

3 Ergebnisse

Seit September 2009 werden am Institut für Mechanik, KIT, im Rahmen des Forschungsschwerpunktes F4 verschiedene Fragestellungen mit Hilfe von Finite-Elemente-Analysen untersucht. Dabei werden zunächst Analysen zum Einfluss der Geometrie (Neigung der Wehrwangen/-pfeiler und der Befestigungsschienen) auf die Faltenbildung und die dabei auftretenden



den Spannungen durchgeführt (s. Bild 2). Neben den Materialeigenschaften bestimmt der seitliche Anschluss der Membran die Faltenbildung bei luft- und/oder wassergefüllten Schlauchwehren. Die Membran soll dabei einerseits im abgelegten Zustand nahezu spannungsfrei und eben auf dem festen Wehrkörper liegen. Andererseits soll im aufgestellten Zustand die Ausbildung der Falten im Hinblick auf Dichtigkeit und Materialbeanspruchung möglichst günstig sein. Die Optimierung der Geometrie erfolgt in erster Näherung zunächst mit Hilfe von Membranelementen. Dabei soll durch den Einbau sogenannter „Segment-Segment-Kontaktelemente“ auch der Kontakt zwischen Schlauchmembranteilen berücksichtigt werden. Zur Spannungsauswertung sollen mit Hilfe von Solid-Shell Elementen auch die Biegespannungen erfasst werden, die besonders im Bereich starker Krümmungen, wie z.B. im Faltenbereich oder im Bereich der Klemmschienen, auftreten. Die Anwendung geeigneter Materialgesetze für große Deformationen (z.B. ein Neo-Hooke und anisotropes Material) soll die Berechnung komplettieren.

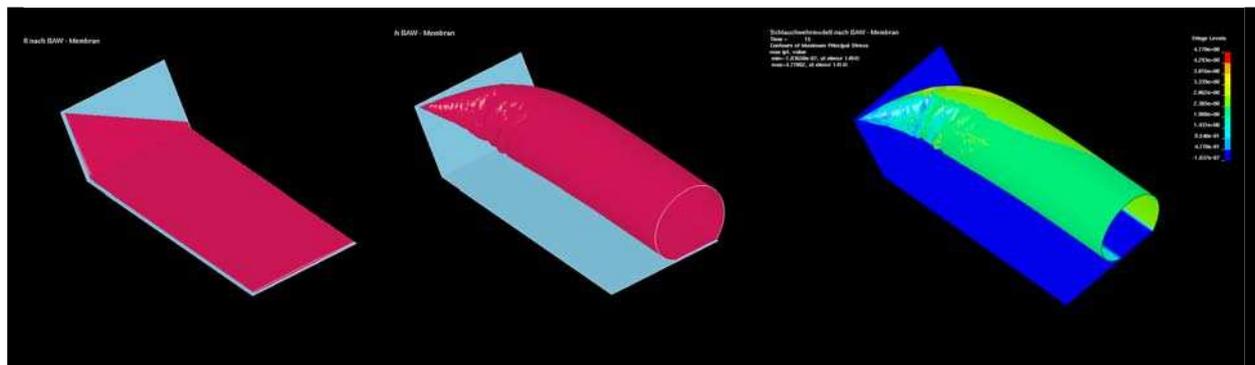


Bild 2: Finite-Elemente-Berechnung des Instituts für Mechanik, KIT für einen luftgefüllten Schlauch: Anfangszustand (entleert), Endzustand (gefüllt) und Spannungsverteilung in Umfangsrichtung

Bis Dezember 2011 befassen sich weitere Analysen mit der Bestimmung eines Stress Concentration Factor (SCF), der Stabilität gefüllter Schlauchwehre, dem Einfluss von Fertigung und Orthotropieeigenschaften auf die zulässigen Spannungen, den Schwingungseigenschaften eines fluidgefüllten Schlauchwehres, dem Einfluss von Mehrkammersystemen und der Anfahrung eines Schiffes. Erste Ergebnisse werden Anfang 2010 vorliegen.

Beim Beschussamt in Ulm wurden zur Abschätzung des Gefährdungspotentials „Vandalismus“ Schlauchmembranproben mit Patronen verschiedener repräsentativer Waffenarten und Kaliber beschossen. Die Beschussstellen wurden zunächst stereomikroskopisch untersucht und bildanalytisch mit der Extended-Focal Imaging Methode ausgewertet. Die größten Durchmesser der Rückseiten der Beschussstellen waren in der Regel mehr als doppelt so groß wie die nahezu kreisförmigen Einschussstellen. Bild 3 zeigt exemplarisch eine stereomikroskopische Aufnahme für das Kaliber 308 Winchester, 7,62 x 51, Vollmantel-Spitz-Weichkern-Geschoss, mit der Geschossgeschwindigkeit 842 m/s.

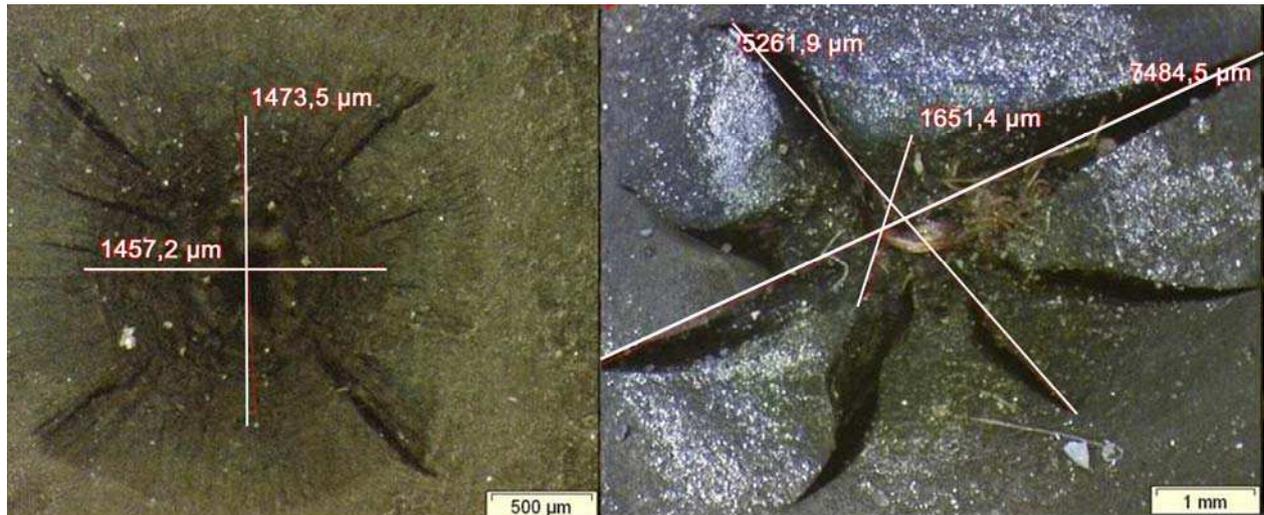


Bild 3: 14 mm dicke zweilagige Schlauchmembran. Links Einschussstelle in der Deckschicht. Rechts durchschossene Rückseite.

Aus den Betriebserfahrungen älterer, wassergefüllter Anlagen ist bekannt, dass bei kleineren Verletzungen mit einer täglichen Leckage von bis zu 2 m³ die Betriebsfähigkeit der Anlage nicht beeinträchtigt wird. Zur Bewertung und Abschätzung mit den bisherigen Betriebserfahrungen wurde eine Messeinrichtung für die Prüfung der Wasserdurchlässigkeit der Einschussstellen konzipiert. An den Einschussstellen des Kalibers . 22 lr (Sportschützen, Biathlon) wurden mit ca. 0,8 l/h die größten Wasserdurchlässigkeiten gemessen. Aus den beschossenen Materialproben wurden Schulterstäbe mit jeweils mittigen Einschussstellen für Zugversuche ausgestanzt. Die ersten Ergebnisse dieser Zugversuche liegen bereits vor.

4 Zukünftiges Arbeitsprogramm

Bisher konnte gezeigt werden, dass das Aufbringen von Deflektoren oder Störkörpern auf die Schlauchmembran wirkungsvolle Maßnahmen darstellen, um Resonanzschwingungen zu verhindern. Eine Störkörperreihe wurde an den Schlauchwehranlagen in der WSV realisiert (s. Bild 1). Da Störkörper auf der abgelegten Membran dem Angriff von Strömung, Sedimenten und Treibgut ausgesetzt sind, sollen mit Hilfe von In-situ Untersuchungen an einem bestehenden Schlauchwehr an der Saalach geprüft werden, ob durch profilierte Elastomerbänder, wie sie z.B. im Bergbau eingesetzt werden, eine ähnliche Wirkung erzielt werden kann. Ziel ist es, eine starke Erhöhung der Turbulenz in der Strömung zu erreichen und gleichzeitig die Angriffsfläche der Störelemente zu reduzieren (s. Bild 4).

Die unter Abschnitt 1.2 und 2. beschriebenen Untersuchungen sollen in den Jahren 2010 bis 2011 durchgeführt und im Jahr 2011 in Form eines Merkblattes dokumentiert werden.

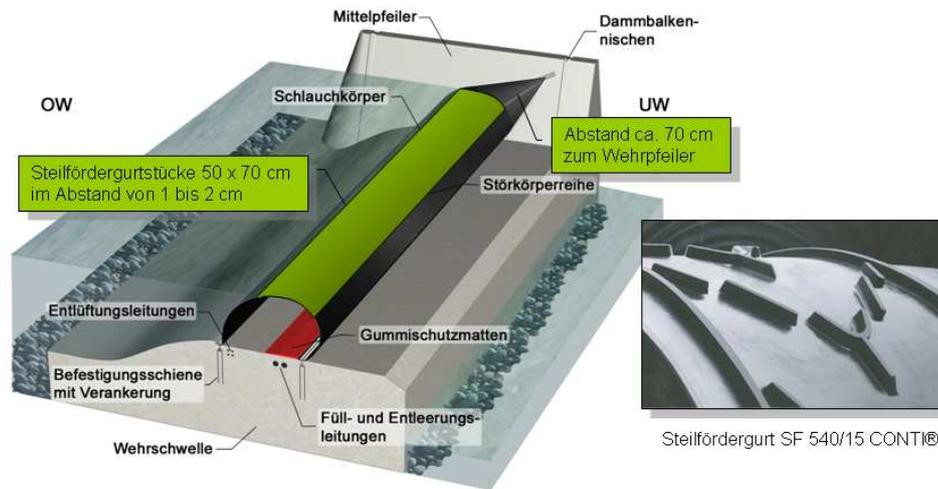
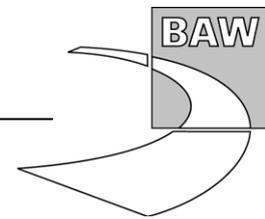


Bild 4: Alternative zur Störkörperreihe? - Turbulenz durch Profilierung. Geplanter In-Situ Versuch am Saalachwehr

Literatur

- Gebhardt, M. (2009): Wehranlagen mit elastischen Verschlüssen. In: Karlsruher Wirtschaftsspiegel, Nr. 52, pp.76.
- Maisner, M.; Gebhardt, M ; Gabrys, U. (2009): Anforderungen an Werkstoffe für Schlauchmembrane. In: KGK - Kautschuk, Gummi, Kunststoffe, Heft 10, Hüthig Verlag, pp.537-539.
- Maisner, M.; Gebhardt, M ; Gabrys, U. (2009): Anforderungen an Werkstoffe für Schlauchmembrane. IRC 2009, Internationale Kautschuk-Tagung, Poster-Session, 30. Juni – 2. Juli 2009, Nürnberg.
- Maurer, A.; Hassler, M ; Schweizerhof, K. (2009): Modeling of inflatable dams partially filled with fluid and gas considering large deformations and stability. International Conference on Textile Composites and Inflatable Structures, Structural Membranes 2009, Barcelona.

