

Hydraulische und statische Bemessung von Schlauchwehren

Nr. _____

4936

von
Michael Gebhardt

10 IWK 23E

Technische Universität Darmstadt
Bibliothek Wasser und Umwelt
Petersenstraße 13
D-64287 Darmstadt

Telefon 06151 / 163659
Fax 06151 / 163758



Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Problemstellung	1
1.2	Ziel und Inhalt der Arbeit	3
2	Schlauchwehre als Wehrverschlüsse	5
2.1	Entstehung und Entwicklung der Schlauchwehrtechnologie	5
2.2	Einsatz von Schlauchwehren weltweit	6
2.3	Einsatz von Schlauchwehren in Deutschland	9
2.4	Klassifizierung von Schlauchwehren	13
2.5	Anwendungsbereiche	16
2.5.1	<i>Schlauchwehre zur Wasserstands- und Abflussregelung bei Stauanlagen</i>	16
2.5.2	<i>Schlauchwehre zur temporären Abdämmung und Regelung</i>	16
2.6	Wehrgeometrie	17
2.7	Füllmedien	19
2.7.1	<i>Wassergefüllte Schlauchwehre</i>	21
2.7.2	<i>Luftgefüllte Schlauchwehre</i>	24
2.7.3	<i>Wasser- und luftgefüllte Schlauchwehre</i>	28
2.8	Befestigungsart	29
2.9	Sonderkonstruktionen	31
3	Betrieb und Unterhaltung von Schlauchwehren	33
3.1	Betriebserfahrungen	33
3.2	Analyse von Schäden an bestehenden Schlauchwehranlagen	36
3.2.1	<i>Schlauchwehrtechnik und Wahl der Werkstoffe</i>	37
3.2.2	<i>Unvollständige Entleerung bzw. Entlüftung des Schlauchkörpers</i>	37
3.2.3	<i>Ungünstige Anströmung der Stauanlage</i>	39
3.2.4	<i>Selbsterregte oder selbstgesteuerte Schwingungen</i>	40
3.3	Abgeleitete Anforderungen an Planung, Betrieb und Unterhaltung	40
4	Statische Bemessung	42
4.1	Notwendigkeit zur Beschreibung der Schlauchform	42
4.2	Vorüberlegungen zur Verwendung zweidimensionaler Berechnungsansätze	43
4.3	Beschreibung und Bewertung verschiedener analytischer Ansätze	51
4.3.1	<i>Inflatable Dams [Anwar 1967]</i>	51
4.3.2	<i>A Note on the Shapes of flexible Dams [Watson 1985]</i>	55
4.3.3	<i>Technologische Standards für auffüllbare Schlauchwehre (Ministry of Land, Infrastructure and Transport, River Bureau 2000)</i>	62
4.4	Gegenüberstellung von berechneten und gemessenen Schlauchgeometrien	75
4.4.1	<i>Wasser- und Luftfüllung ohne Überströmung und ohne Unterwassereinfluss</i>	75
4.4.2	<i>Wasserfüllung, überströmt ohne Unterwassereinfluss</i>	78
4.4.3	<i>Luft- und Wasserfüllung mit Unterwassereinfluss</i>	79

4.5	Schlussfolgerung und Empfehlung für die Anwendung des Näherungsverfahrens	79
4.6	Ermittlung empirischer Wasserstands-Abflussbeziehungen (Wehrbezugskurven) für wassergefüllte Schlauchwehre	82
5	Finite-Elemente (FE)-Berechnungen	85
5.1	Zielsetzung der FE-Berechnungen im Rahmen dieser Arbeit	85
5.2	Beschreibung des verwendeten Programmpakets ABAQUS	86
5.3	Statische Analyse des Vollmodells	86
5.3.1	<i>Beschreibung des FE-Modells</i>	86
5.3.2	<i>Ergebnis der FE-Berechnung im Vergleich zu den gemessenen und berechneten Geometrien bei Wasserfüllung</i>	93
5.3.3	<i>Spannungsverteilung im Vergleich zu zweidimensionalen Berechnungsansätzen bei Wasserfüllung</i>	96
5.3.4	<i>Berechnung der Schnittgrößen aus der Spannungsverteilung</i>	98
5.3.5	<i>Einfluss der zweiten Befestigungsschiene bei Luftfüllung</i>	101
5.4	Berücksichtigung der Ergebnisse aus der FE-Berechnung für die statische Bemessung	104
6	Hydraulische Bemessung	107
6.1	Allgemeines zur Hydraulik von Kontrollbauwerken	107
6.2	Überströmung wassergefüllter Schlauchwehre	109
6.2.1	<i>Vollkommener Überfall</i>	109
6.2.2	<i>Unvollkommener Überfall</i>	110
6.3	Überströmung luftgefüllter Schlauchwehre	112
6.3.1	<i>Beginn des Einknickens</i>	112
6.3.2	<i>Vollkommener Überfall</i>	114
6.3	Einfluss von Deflektoren und Störkörpern auf den Überfallstrahl	116
6.4	Einfluss der seitlichen Befestigung auf die Überfallbreite	119
6.5	Bemessung des Tosbeckens	
7	Schwingungsverhalten	122
7.1	Allgemeines zum Schwingungsverhalten von Schlauchwehren	122
7.1.1	<i>Schwingungsarten</i>	122
7.1.2	<i>Art der Schwingungserregung und Untersuchungsmethode</i>	126
7.1.3	<i>Naturähnlichkeit der Strömungsvorgänge</i>	128
7.1.4	<i>Naturähnlichkeit des Schwingungsverhaltens</i>	129
7.2	Konzeption und Methodik der physikalischen Modelluntersuchungen	130
7.2.1	<i>Dimensionsanalyse</i>	130
7.2.2	<i>Modellmaßstab und Wahl der Modellmembran</i>	132
7.2.3	<i>Beschreibung der verwendeten Messtechnik</i>	137
7.2.4	<i>Methodik für die Analyse und Auswertung der Messungen</i>	140
7.2.5	<i>Beschreibung der Versuchsreihen und der dabei untersuchten Einflussgrößen</i>	141
7.3	Ergebnisse der Schwingungsuntersuchungen für Wasserfüllung	143
7.3.1	<i>Eigenfrequenz des Schlauchkörpers</i>	143
7.3.2	<i>Einfluss der hydraulischen Randbedingungen</i>	145
7.3.3	<i>Einfluss eines Deflektors</i>	147
7.3.4	<i>Einfluss von Störkörpern</i>	149
7.3.5	<i>Einfluss des Bemessungsinndrucks</i>	154
7.3.6	<i>Einfluss der Wehrgeometrie</i>	157

7.4	Ergebnisse der Schwingungsuntersuchungen für Luftfüllung	159
7.5	Untersuchungen zu Schwingungen im abgelegten Zustand	161
7.6	Untersuchungen zu Schwingungen wasser- und luftgefüllter Schlauchwehre in der Literatur	162
7.7	Zusammenfassung und Diskussion der Untersuchungsergebnisse	165
7.7.1	<i>Wassergefüllte Schlauchwehre</i>	165
7.7.2	<i>Luftgefüllte Schlauchwehre</i>	167
8	Praktische Anwendung	169
8.1	Ersatz der Wehranlage der Staustufe Marklendorf/Aller durch ein zweifeldriges Schlauchwehr	169
8.2	Ersatzneubau eines zweifeldrigen Schlauchwehrs an der Staustufe Bahnitz/Untere Havel	179
9	Zusammenfassung und Ausblick	187
9.1	Entscheidungshilfen, Bemessungsgrundlagen und Hinweise für die praktische Anwendung	187
9.2	Ausblick und weiterer Untersuchungsbedarf	189
10	Literaturverzeichnis	195
	Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	199
Anhang		
A1	Analyse von fünf Schadensfällen	
A2	Bemessungsdiagramme für wassergefüllte Schlauchwehre	