

Heft 65

# Dimensionierungskonzept für Sohlbelüfter in Schuß- rinnen zur Vermeidung von Kavitationsschäden

von Dr.-Ing.  
Hans-Peter Koschitzky

**Bibliothek des Fachgebietes  
Hydraulik und Hydrologie**

**Technische Hochschule Darmstadt  
D-6100 Darmstadt/Petersenstraße**

Eigenverlag des Instituts für Wasserbau der Universität Stuttgart

## INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
VORWORT	I
DANKSAGUNG	III
INHALTSVERZEICHNIS	V
BILDERVERZEICHNIS	VII
SYMBOLVERZEICHNIS	XIV
1.      ÜBERBLICK UND PROBLEMSTELLUNG	1
1.1    Entstehung und Auswirkung von Kavitation in Schußbrinnen	1
1.2    Problemstellung und Ziel der Arbeit	6
2.      VERMEIDUNG VON KAVITATIONSSCHÄDEN	11
2.1    Abschätzung der Kavitationsgefahr	11
2.2    Möglichkeiten zur Vermeidung von Kavitationsschäden	18
2.3    Sohlbelüftung und deren Wirkungsweise	22
2.4    Ausbildungsmöglichkeiten und Anordnung von Sohlbelüftern	24
2.4.1   Funktionsweise	24
2.4.2   Sohleinsbauten für Sohlbelüfter	26
2.4.3   Luftzufuhrsystem	29
2.4.4   Anordnung der Belüfter in der Schußrinne	30
2.5    Beispiele ausgeführter Anlagen und Betriebserfahrungen	36
2.6    Auswirkungen der Sohlbelüftung auf die Schußbrinnenströmung	44
2.6.1   Veränderung der Strömung durch den Einbau eines Sohlbelüfters	44
2.6.2   Auswirkungen der eingetragenen Luft auf die Schußbrinnenströmung	46
3.      KENNTNISSTAND UND DIMENSIONIERUNGSANSÄTZE FÜR SOHLBELÜFTER IN SCHUSSRINNEN	51
3.1    Lufteintrag am einzelnen Sohlbelüfter	51
3.1.1   Berechnungsansätze	51
3.1.2   Hydraulische Modellversuche	58
3.2    Dimensionierung von Sohlbelüftern in einer Schußrinne	72
3.3    Fazit aus der Diskussion bisheriger Arbeiten	74
4.      SPEZIFISCHER LUFTEINTRAG $q_L$ AN EINEM SOHLBELÜFTER	76
4.1    Strömungsmechanische Randbedingungen an Sohlbelüftern in Schußbrinnen	76
4.1.1   Limitierende Faktoren für den Lufteintrag	76
4.1.2   Anströmbedingungen am ersten Sohlbelüfter	79
4.2    Denkbare Lufteintragsmechanismen	82
4.2.1   Lufteintrag entlang der Grenzfläche des Wasserstrahls	83
4.2.2   Lufteintrag im Auftreffpunkt des Wasserstrahls	87
4.2.3   Lufteintrag durch Einschluß von Lufttaschen	92
4.2.4   Lufteintrag durch die Turbulenz in Verbindung mit herausgeschleuderten Wassertropfen	94
4.3    Dimensionsanalyse für den spezifischen Lufteintrag $q_L$	100
4.4    Ansatz für die zweidimensionale Lufteintragsfunktion	104

5.	BERECHNUNGSANSÄTZE FÜR DIE LUFTSTRÖMUNG UND DEN GESAMTLUFT-EINTRAG $Q_L$ IM SOHLBELÜFTER	107
5.1	Erweiterte Dimensionsanalyse für den Gesamtlufteintrag $Q_L$	107
5.2	Berechnungsansatz für die Luftströmung im Sohlbelüfter	109
5.2.1	Klassifizierung der Luftströmung im Sohlbelüfter	109
5.2.2	Strömungsberechnung im Luftzufuhrsystem	112
5.2.3	Berechnung der Luftströmung im Belüfter	114
5.2.4	Überprüfung des Ansatzes mit Hilfe von Meßergebnissen einer ausgeführten Anlage	114
6.	HYDRAULISCHE MODELLUNTERSUCHUNGEN	118
6.1	Ziel der Modellversuche	118
6.2	Versuchsaufbauten	121
6.2.1	Ausschnittmodell (zweidimensional)	121
6.2.2	Vollmodell (dreidimensional)	124
6.3	Meßgrößen und Meßverfahren	127
6.3.1	Wassertiefe	127
6.3.2	Wasser und Luftdurchfluß	127
6.3.3	Unterdruck und Unterdruckverlauf im Sohlbelüfter	128
6.3.4	Sonstige Messungen	129
6.4	Untersuchungen und Ergebnisse im Ausschnittmodell	129
6.4.1	Versuchsdurchführung	129
6.4.2	Versuchsergebnisse des Ausschnittmodells	132
6.5	Untersuchungen und Ergebnisse im Vollmodell	144
6.5.1	Durchgeführte Untersuchungen	144
6.5.2	Bestimmung der Lufteintragsfunktion analog zum Ausschnittmodell	146
6.5.3	Unterdruckverteilung und Energieverluste im Sohlbelüfter quer zur Rinnenachse bei unterschiedlicher Schußrinnenbreite	147
6.5.4	Beeinflussung der Luftströmung durch die Art der Luftzufuhr in den Sohlbelüfter	154
6.5.5	Auswirkungen unterschiedlicher Anströmbedingungen auf die Luftaufnahme	155
6.5.6	Zusammenfassung der Ergebnisse des Vollmodells	158
6.6	Vergleich der Versuchsergebnisse Vollmodell-Ausschnittmodell	158
7.	DIMENSIONIERUNGSKONZEPT FÜR SCHUSSRINNEN MIT SOHLBELÜFTERN	162
7.1	Wasserströmung in der Schußrinne	162
7.1.1	Strömung ohne Sohlbelüfter	162
7.1.2	Strömung unterhalb des ersten Sohlbelüfters	162
7.2	Luft eintrag und Luftströmung im Sohlbelüfter	168
7.3	Randbedingungen und Grenzwerte	168
7.4	Ablaufschema und Beschreibung der Vorgehensweise bei der Dimensionierung	172
7.4.1	Ablaufschema bei der hydraulischen Dimensionierung	172
7.4.2	Beschreibung der einzelnen Dimensionierungsschritte	172
7.5	Entwurfsbeispiel	177
8.	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK	181
	LITERATURVERZEICHNIS	185
	ANHANG	A1