



Mitteilungen

des Lehrstuhls und Instituts für Wasserbau und Wasserwirtschaft

**der Rheinisch-Westfälischen
Technischen Hochschule Aachen**

herausgegeben von

Univ.-Professor Dr.-Ing. Jürgen Königeter

Band 126

Tillmann Baur

**Zum Einfluss kohärenter Wirbelstrukturen
auf den Kavitationsbeginn
in einer turbulenten Scherschicht**

Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der Formelzeichen und Symbole	XII
Lateinische Zeichen	XII
Griechische Zeichen	XVI
Verzeichnis der Abbildungen	XVIII
Verzeichnis der Tabellen	XXII
1 Einleitung	1
2 Problemstellung und Zielsetzung	2
2.1 Einführung in die Problematik	2
2.2 Ziele und Vorgehensweise	7
3 Grundlagen zur qualitativen Beschreibung kohärenter Turbulenzphänomene	11
3.1 Modelle für kohärente Turbulenzphänomene	11
3.2 Übertragung der Modelle auf die Kavitationsforschung	16
4 Untersuchungsgegenstand und Voruntersuchungen	18
4.1 Versuchseinrichtung und Strömungskonfigurationen	18
4.2 Strömungsmechanische Voruntersuchungen	20
4.2.1 LDV-Messungen	20
4.2.2 Charakterisierung der Scherschicht	20
4.3 Untersuchung des Kavitationsbeginns	24
5 Beobachtungen zur physikalischen Erscheinung der Kavitation	28
5.1 Versuchsprogramm zur Betrachtung der Kavitationsstrukturen	28
5.2 Stereoskopische Aufnahmen	29
5.3 Hochgeschwindigkeits-Videoaufnahmen	31
5.3.1 Aufnahmesystem und Versuchsaufbau	31
5.3.2 Erscheinungsformen und Dynamik der ausgeprägten Kavitation	32
5.3.3 Orte und Mechanismen des Kavitationsbeginns	40
5.4 Rückschlüsse auf die Eigenschaften der kohärenten Wirbelstrukturen	43

6	Entwicklung eines Hochgeschwindigkeits-PIV-Systems	46
6.1	Allgemeines	46
6.2	Konzeption der Aufnahmetechnik	46
6.2.1	Vorbemerkungen	46
6.2.2	Zeitlich-hochauflösende Bilderfassung	48
6.2.3	Beleuchtungssystem	48
6.2.4	Versuchsaufbau und Parameterwahl	51
6.3	Optimierung der PIV-Auswertung	53
6.3.1	Allgemeine Vorgehensweise	53
6.3.2	Subpixelgenauigkeit	53
6.3.3	Größen des Auswertebereiches und des Auswerterasters	54
6.3.4	Zeitliche Schrittweite und räumlicher Versatz bei der Kreuzkorrelation	56
6.4	Filterung und Glättung der Daten	57
6.5	Verifikation durch Vergleich mit LDV-Messungen	58
6.6	Leistungsfähigkeit des Messsystems bei der Erfassung von Wirbelstrukturen	61
6.6.1	Vorbemerkungen	61
6.6.2	Maximale detektierbare Drehgeschwindigkeit	61
6.6.3	Minimaler Wirbelradius	63
6.6.4	Ermittlung von Wirbelstärke und Zirkulation	63
6.6.5	Beurteilung des Messsystems	68
7	Untersuchung der zeitabhängigen, kavitationsfreien Strömungsfelder	70
7.1	Vorgehensweise	70
7.2	Auswahl der Messebenen	70
7.3	Quantitative Visualisierung der kohärenten Wirbelstrukturen	72
7.3.1	Auswahl einer Erkennungsmethode	72
7.3.2	Ergebnisse aus der vertikalen Messebene	74
7.3.3	Ergebnisse aus den horizontalen Messebenen	77
7.4	Quantifizierung und statistische Analyse der kohärenten Wirbelstrukturen	82
7.4.1	Allgemeines	82

7.4.2	Wirbelstärke	83
7.4.3	Zirkulation	89
7.5	Beurteilung der Strömungsfelder	91
8	Untersuchung der zeitabhängigen Druckverteilung	93
8.1	Allgemeines	93
8.2	Vorgehensweise	94
8.2.1	Vorbemerkungen	94
8.2.2	Anpassung der Navier-Stokes-Gleichungen	94
8.2.3	Numerische Integration	98
8.2.4	Bewertung	99
8.3	Ergebnisse	99
8.3.1	Druckverteilung in vertikalen und horizontalen Messebenen	99
8.3.2	Vergleich der minimalen Druckbeiwerte mit der kritischen Kavitationskennzahl	109
8.4	Schlussfolgerungen	111
9	Weiterer Forschungs- und Entwicklungsbedarf	114
10	Zusammenfassung	118
	Literaturverzeichnis	120