

Forschungsberichte zur Fluidsystemtechnik

Band 4

Thomas Keil

**Theoretische und experimentelle Untersuchungen
der Schicht- und Wolkenkavitation**

D 17 (Diss. TU Darmstadt)

Shaker Verlag
Aachen 2014

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Zugl.: Darmstadt, Techn. Univ., Diss., 2014

Copyright Shaker Verlag 2014

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-3014-3

ISSN 2194-9565

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Theoretische und experimentelle Untersuchungen der Schicht- und Wolkenkavitation

Autor: Thomas Keil

Eine der aggressivsten Formen der Kavitation ist die Schichtkavitation, aus der sich periodisch Wolken herauslösen. Der Ablösevorgang startet mit dem Schichtwachstum. Erreicht die Schicht schließlich ihre maximale Länge, beginnt der Re-Entrant Jet, ein dünner Flüssigkeitsfilm, die Schicht von hinten zu unterwandern. Sobald der Film die Schichtoberfläche an der vorderen Schichtkante durchstößt, formiert sich aus dem unterströmten Schichtgebiet die Kavitationswolke. Deren Kollaps in Gebieten höheren Druckes führt zur Beanspruchung der Bauteiloberfläche, so dass schlussendlich ein fortgeschrittener Materialabtrag auch ein Bauteilversagen hervorruft.

Gegenstand der vorliegenden Arbeit ist die Schicht- und Wolkenkavitation in einer konvergent-divergenten Düsenströmung. Dabei werden neben experimentellen Untersuchungen auch theoretische Überlegungen aufgestellt, aus denen sich drei mathematische Modelle ableiten. Das Schicht- und das Filmmmodell beschreiben die strömungsdynamischen Vorgänge der Kavitationsschicht sowie des Re-Entrant Jets, während das Wolkenmodell den Kollapsort und die –intensität der Kavitationswolke wiedergibt.

Im Mittelpunkt der experimentellen Untersuchungen stehen neben optischen Hochgeschwindigkeitsanalysen auch Schädigungsmessungen. Es zeigen sich im Bereich der Wolkenkollapse markante Abnutzungsspuren, die durch den Kollaps eines U-förmigen Kavitationswirbels entstehen, bei denen beide Schenkel die Materialoberfläche berühren. Das Wolkenmodell bildet die typische U-Form durch eine toroidale Geometrie ab. Dabei wird die Wolke in Schalen diskretisiert und diesen eine homogene Blasenverteilung zugeordnet. Neben der Kavitationswolke und deren Aggressivität wird auch das Stabilitätsverhalten der Kavitation untersucht. Es wird gezeigt, dass trotz ausgebildeter turbulenter Strömung erst ab einer kritischen Reynoldszahl ein Umschlag von einer reinen Schichtkavitation zur wolkenablösenden Kavitation stattfindet, wodurch die Dynamik des Kavitationsgebietes sprunghaft zunimmt. Es wird gezeigt, dass sich der Kavitationsumschlag durch die systemtypischen Geschwindigkeiten, also die des Schichtwachstums und des Flüssigkeitsfilms, bestimmt. Dabei führt die Nähe zur Bauteiloberfläche im Film zu einer Verzögerung des Films, wodurch gleichermaßen viskose Vorgänge die Re-Entrant Jet-Bewegung dominieren.

Die physikalischen Modelle stellen die komplexen Vorgänge der Schicht- und Wolkenkavitation in einer abstrakten sowie vereinfachten Weise dar und können dennoch das grundlegende Verhalten korrekt abbilden. Dabei werden Simulationsergebnisse und theoretische Zusammenhänge durch Messergebnisse aus den experimentellen Untersuchungen der Arbeit bestätigt.