

Schriftenreihe des Lehrstuhls für Prozessmaschinen und
Anlagentechnik

Band 11

Andreas Ismaier

**Untersuchung der fluiddynamischen Wechsel-
wirkung zwischen Druckstößen und Anlagen-
komponenten in Kreiselpumpensystemen**

D 29 (Diss. Universität Erlangen-Nürnberg)

Shaker Verlag
Aachen 2011

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.: Erlangen-Nürnberg, Univ., Diss., 2010

Copyright Shaker Verlag 2011

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

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8322-9779-4

ISSN 1614-3906

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

Bereits seit der Antike sind die grundsätzlichen Ursachen für Druckstöße in flüssigkeitsgefüllten Rohrleitungen und die damit verbundene Gefahr der Anlagenbeschädigung/-zerstörung bekannt. Der Bruch einer Rohrleitung führt meist zum Totalausfall der Anlage, zudem besteht je nach Durchflussstoff und thermodynamischen Zustand auch Gefahr für Mensch und Umwelt. Dessen ungeachtet ist auch heute die fluiddynamische Wechselwirkung zwischen Druckstößen und den verwendeten Anlagenkomponenten (Pumpen, Einbauten, Rohrbögen...) noch nicht vollständig verstanden. Die vorliegende Dissertation zeigt an Hand von praxisnahen Versuchsaufbauten, welche unerwarteten fluiddynamischen Effekte in realen Anlagen auftreten können und wie derartige Phänomene mit Hilfe kommerzieller Berechnungstools bereits in der Planungsphase identifiziert werden können.

Ein Schwerpunkt wird auf die Wechselwirkung zwischen Druckstößen und Kreiselpumpen gesetzt. Es wird einerseits gezeigt, dass die Druckpulsation einer Kreiselpumpe die Ausbreitung von Druckwellen dämpfen kann. Andererseits sind auch komplexe Schwingungszustände in Anlagen mit Pumpen möglich, die zu einer Verstärkung des Druckstoßes führen können. Als konkretes Beispiel wird die Wirkung eines elastisch schwingenden Klappenventils auf die Druckstoßausbreitung dargestellt.

Ein weiterer Schwerpunkt ist die Begrenzung von unvermeidlichen Druckstößen. Dazu können prinzipiell Windkessel oder federbelastete Sicherheitsventile eingesetzt werden. In beiden Fällen ist die druckstoßreduzierende Wirkung am größten, wenn das Bauteil direkt am Entstehungsort des Druckstoßes installiert wird. Beide Dämpfungsmethoden erfordern jedoch eine sorgfältige Auslegung und Positionierung im Rohrleitungssystem, da eine falsche Anwendung (z.B. zu geringer Durchmesser der Zuleitung zum Windkessel) auch zu einer Erhöhung der Druckstoßamplituden führen kann.

Darüber hinaus wird die Wirkung von Rohrbögen und die Kombination verschiedener Rohrdurchmesser vorgestellt: Rohrbögen wurden bisher in der Literatur überwiegend als hydraulisch offen angesehen. Mit Hilfe der eingesetzten hochdynamischen Messtechnik mit Abtastraten bis zu 50 kHz konnte jedoch nachgewiesen werden, dass Bögen wie partielle Reflektionsstellen wirken.

Werden Rohrleitungen aus verschiedenen Werkstoffen verbunden, so entsteht insbesondere bei der Kombination von stark unterschiedlichen Elastizitätsmodulen (z.B. Stahl- und Kunststoffrohre) eine Sprungstelle in der Wellenausbreitungsgeschwindigkeit. Dies führt zu einer Teilreflektion von Druckwellen (vergleichbar mit teilgeöffneten Armaturen), die sich ebenfalls im System ausbreiten. Insbesondere in verzweigten Rohrleitungssystemen sind dadurch Druckwellen-Überlagerungen möglich, die zu komplexen Schwingungssituationen führen können.

Allen beschriebenen Phänomenen ist gemeinsam, dass sie durch eine geeignete Anpassung von eindimensionalen Berechnungsprogrammen simuliert werden können. Damit ist es möglich, bereits in der Planungsphase von Anlagen kritische Betriebszustände zu identifizieren und durch geeignete Maßnahmen Schäden vorzubeugen.