

Das Projekt wurde aus Mitteln des Europäischen Sozialfonds (ESF) und des Freistaates Sachsen gefördert.





**TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN**

Fakultät Bauingenieurwesen Institut für Wasserbau und Technische Hydromechanik

Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen
Heft 49

Vinzent Sturm

**Simulation der Fluid-Struktur-Interaktion mit
freier Oberfläche am Beispiel des Schlauchwehres
unter Anwendung von ANSYS/CFX**

Der Titel und der Inhalt des Heftes entsprechen der zur Erlangung des akademischen Grades Doktor-Ingenieur (Dr.-Ing.) an der Fakultät Bauingenieurwesen der Technischen Universität Dresden im Oktober 2012 eingereichten und genehmigten Dissertation von Dipl.-Ing. Vinzent Sturm.

Verteidigung: 12.12.2012

Vorsitzender der Promotionskommission:
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Michael Kaliske, TU Dresden

Gutachter:
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Kai-Uwe Graw, TU Dresden
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Andreas Schlenkhoff, Uni Wuppertal

Dresden, Juni 2013

Kurzfassung

Strömungsvorgänge im Nahfeld von Wasserbauwerken werden seit jeher experimentell im Rahmen des Wasserbaulichen Versuchswesens untersucht. Aufgrund der guten Anschaulichkeit sind diese physikalischen Modellversuche zur Dimensionierung, Bemessung oder Optimierung von Wasserbauwerken sehr beliebt. Sie haben jedoch einige Nachteile. Die physikalischen Modelluntersuchungen erfolgen notwendigerweise im Labormaßstab. Dies führt einerseits zu unerwünschten Maßstabeffekten, andererseits gehen Messungen im Regelfall mit unvermeidbaren Ungenauigkeiten einher. Dabei vergrößern sich die Fehler mit kleiner werdendem Modellmaßstab.

Hydrodynamisch-numerische Modelle haben sich in den letzten Jahren in vielen Bereichen des Wasserbaus zu einem anerkannten Planungshilfsmittel entwickelt. Im Bereich der Fließgewässermodellierung liefern beispielsweise bereits zweidimensional-tiefengemittelte Verfahren ausreichend genaue Ergebnisse für viele praktische Fragestellungen. Nahfelduntersuchungen bei hochkomplexen oder stark instationären Strömungsprozessen erfordern im Hinblick auf eine numerische Simulation jedoch oft eine dreidimensionale Betrachtung. Ein wesentlicher Vorteil der numerischen Simulation kann der vergleichsweise geringe Aufwand bei Variantenuntersuchungen sein. Auch wesentliche Modellmodifikationen können hier verhältnismäßig schnell eingearbeitet werden. Änderungen der physikalischen Modellversuche sind oft ungleich aufwändiger. Diese sind teilweise mit erheblichen Umbauarbeiten an den Modellen verbunden.

Die bei einem Schlauchwehr vorliegende gegenseitige Beeinflussung von Kräften und Verschiebungen entspricht einer bidirektionalen mechanischen Fluid-Struktur-Interaktion. Daher geht die Simulation notwendigerweise über die bloße Betrachtung der Strömungsvorgänge hinaus. Die Teilfelder der Struktur (Schlauch) und des Fluids (Überfallströmung) wurden mit den Lösern der ANSYS Inc. in der Programmversion 12.0 partitioniert gekoppelt. Die Lösungen der nichtlinearen Teilprobleme basieren auf iterativen Verfahren. Für stabile Lösungsverläufe mussten verschiedene Dämpfungsmethoden angesetzt werden. Die Untersuchungen bezogen sich auf die Themen Vermaschung der Berechnungsgebiete, numerische Modellansätze und Lösungsparameter.

Mit der vorliegenden Arbeit konnte erstmals ein numerisches Interaktionsmodell eines real existierenden Schlauchwehrmodells erfolgreich aufgebaut werden. In den Modelluntersuchungen wurden überwiegend sehr gute Übereinstimmungen mit den Messungen aus dem Experiment erreicht. Damit konnte auch für derartige Problemstellungen die grundsätzliche Eignung von Simulationsmethoden in Ergänzung des Wasserbaulichen Versuchswesens bestätigt werden.

Abstract

The process of water currents in the vicinity of hydraulic structures has always been a subject of research by means of hydraulic engineering experiments. These physical experiments on models for the dimensions, calculations and optimisation of hydraulic structures are very popular on account of their clarity. But they also have some disadvantages. Physical tests on models need to take place on a laboratory scale. This leads on the one hand to undesirable effects to the scale and on the other hand to unavoidably inexact measurements. Besides, the smaller the dimensions of the model the more inaccurate are the findings.

In recent years hydrodynamic-numerical models have evolved into a recognised planning aid in many fields of hydraulic engineering. For instance, in the field of running water modelling, two-dimensional depth-averaged models provide solutions which are sufficiently precise for many practical questions. However, in terms of numerical simulation, an analysis of the close vicinity in the case of highly complex or inconstant flow processes requires a three-dimensional approach. A major advantage of numerical simulation can be the comparatively less effort required for an analysis of options. Also significant amendments to the model can be made relatively quickly. Alterations to physical models are often more costly. The latter are partially combined with significant restructuring work on the model.

The mutual influence of forces and displacements by an inflatable weir corresponds to a bidirectional mechanical fluid-structure interaction. Therefore such simulations necessarily go far beyond simple research into flow processes. The sections of the structure (tube) and the fluid (weir flow) were coupled together using solvers from ANSYS Inc. in the 12.0 version. The solutions to these nonlinear subproblems are based on iterative procedures. Various damping methods were applied to obtain stable solution courses. The research related to meshing, numerical models and solution parameters.

With this project it has been possible for the first time to create a working numerical interactive model of a real existing inflatable weir. Tests on the numerical model correspond excellently with the readings taken. As a result the fundamental suitability of numerical simulations, in addition to physical experiments, was confirmed for such complex tasks in hydraulic engineering.