

Dissertation M. Tritthart:

Three-Dimensional Numerical Modelling of Turbulent River Flow using Polyhedral Finite Volumes

Begutachter: D. Gutknecht, P. Rutschmann

Kurzfassung:

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der numerischen Ermittlung von Strömungskenngrößen und der Lage des Wasserspiegels in turbulenten Fließgewässern. Zum Einsatz gelangt dabei die technisch bewährte und durch Integralformulierung massenerhaltende Finite-Volumen Methode im dreidimensionalen Berechnungsraum. Im Gegensatz zu herkömmlichen Verfahren werden hierbei jedoch Berechnungszellen verwendet, die durch eine beliebige Anzahl an Begrenzungsflächen charakterisiert sind, wodurch das problematische Auftreten von nicht lotrecht auf die Seitenflächen der Zellen gerichteten Massenflüssen reduziert werden kann.

Nach einer Zusammenstellung der Fähigkeiten und Charakteristika heute in Verwendung stehender 3D-Rechenmodelle für den Fließgewässerbereich werden zunächst Algorithmen vorgestellt, mit denen Rechengitter aus vielflächen Zellen erzeugt werden können. Hierauf folgt die mathematische Herleitung der auf diesen Rechenzellen diskretisierten Bestimmungsgleichungen strömender Fluide sowie der grundlegenden Erhaltungsgleichungen turbulenter Vorgänge samt der für eine Anwendung notwendigen Randbedingungen. Diese Gleichungen werden ebenso wie die Algorithmen zur Netzgenerierung und Postprocessingfunktionalität in ein Computermodell mit dem Namen RSim-3D implementiert. Das resultierende numerische Modell wird im Anschluss daran anhand der Messergebnisse von vier verschiedenen Laborexperimenten validiert und letztlich beispielhaft auf einen Abschnitt der österreichischen Donau angewendet. Die Diskussion denkbarer Zukunftsperspektiven bildet den Abschluss der Arbeit.

Abstract:

This thesis deals with the numerical computation of flow properties and the position of the free water surface in turbulent water bodies. For this purpose the well-known and mass-conserving Finite Volume method is applied in three spatial dimensions. In contrast to usual techniques, computation cells are being used which are characterised by an arbitrary number of faces. Due to this, the presence of flows not perpendicular to element faces, which are usually the reason for a reduction in accuracy, can be reduced by a reasonable amount.

In a first step, the capabilities and characteristics of 3D models in use in hydraulic research today are evaluated and subject to comparison. Afterwards, algorithms for generating computation grids based on polyhedral cells are presented. Subsequently the governing equations for fluid flow and turbulent properties are discretised on these computation cells, and the required boundary conditions are discussed. The resulting equations and grid generation algorithms, as well as some post processing functionality, are implemented into a computer model called RSim-3D. This model is then validated against measurements of four different laboratory experiments before it is applied to a reach of the river Danube in Austria. The discussion of potential future prospects finally concludes the work.