



LEHRTÄTIGKEIT AM FACHGEBIET HYDRO-MECHANIK

Das Fachgebiet Hydromechanik ist für die Ausbildung im Fach Strömungsmechanik zuständig, einem klassischen Grundlagenfach des Bau- und Umweltingenieurwesens. Die Lehre reicht dabei von Grundlagenvorlesungen in „Hydromechanik“ (Bachelorlevel) bis hin zu spezifischen Kursen in Turbulenzmodellierung und numerischen Methoden (Masterlevel). Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Ausbildung der Studenten im angewandten und wissenschaftlichen Messen von Strömungen im Hydromechaniklabor des Fachgebiets. Veranstaltungen werden für Bachelor- und Masterstudiengänge des Bau- und Umweltingenieurwesens angeboten; zusätzlich werden Kurse für die Masterstudiengänge Computational Mechanics und Computation in Sience and Engineering und den Bachelorstudiengang Ingenieurwissenschaften angeboten.

DAS HYDROMECHANIKLABOR – LEHRE UND FORSCHUNG

Auf einer Fläche von 1600m² bietet das Hydromechaniklabor die Möglichkeit, mit hydraulischen Modellen im großen Maßstab zu arbeiten. Das ist mit ein Grund, warum das Labor wichtiger Ansprechpartner für Unternehmen und Behörden ist – von Geschwindigkeitsmessungen in Abwasserkanälen bis hin zur Abschätzung von Verdunstungsraten auf Asphaltflächen. An einer Vielzahl von Lehrversuchen können Studenten eigene Erfahrungen im experimentellen Arbeiten und der Strömungsmessung sammeln. Seit dem Jahre 2004 werden mit hochmodernen Lasermessgeräten turbulente Strömungsgrößen gemessen; Ergebnisse dieser Grundlagenforschung finden durch veröffentlichte Fachaufsätze und als Referenzdaten in Datenbanken (ERCOFTAC) Eingang in die internationale Forschungsgemeinschaft.



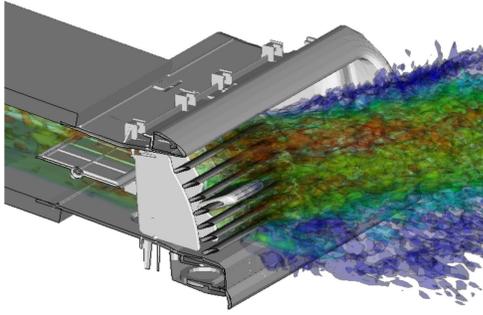
Quelle: Lehrpreise, 2011
 Die Lehre ist eine wichtige Aufgabe des Labors. Beim eigenverantwortlichen Durchführen von Versuchen erlangen die Studenten grundlegendes Verständnis für strömungsmechanische Phänomene (Ernst Otto Fischer-Lehrpreis, 2011).



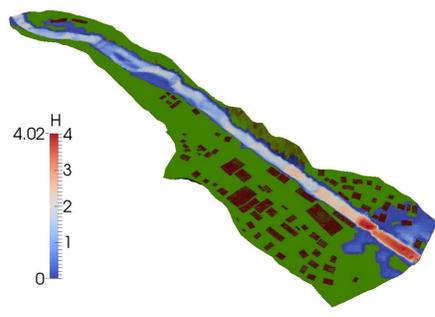
Untersuchung der Strömung und der Möglichkeit von Sedimentablagerungen in einem Abwasserkanal (2005).

NUMERISCHE SIMULATION – DETAIL-BETRACHTUNGEN UND GESAMTSYSTEME

Die Arbeit mit numerischen Simulationen am Fachgebiet reicht vom detailgenauen Betrachten mikroskopischer Phänomene bis hin zum Berechnen von Hochwasserwellen in ganzen Flusssystemen. Letzteres geschieht mit der Software OpenFOAM. 2D-Flachwassergleichungen werden dabei mit dreidimensionalen Berechnungen gekoppelt, um an kritischen Stellen wie Brücken oder Wehren die Genauigkeit der Vorhersage zu erhöhen. Der selbst-entwickelte Code MGLET ist dagegen auf das raum- und zeitaufgelösten Simulieren von turbulenten Strömungen zugeschnitten. Er wird für Grundlagenforschung mit Large-Eddy Simulation (LES) und Direkter Numerischer Simulation (DNS) von komplexen Strömungen auf modernsten Hochleistungsrechnern verwendet. Dabei können momentan mehr als 10⁹ Gitterpunkte dargestellt werden.



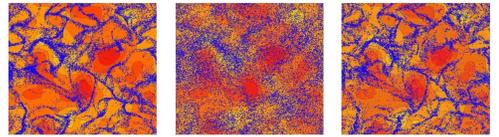
Untersuchung der Geräuschentwicklung eines HVAC Systems im Innenraum eines Autos mithilfe einer Large-Eddy Simulation mit der Software des Fachgebiets MGLET (LES mit MGLET; Kreuzinger, 2009).



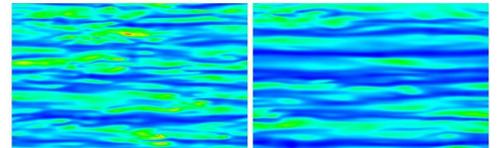
Simulation des Einflusses eines Hochwassers an der Dornbirnerach auf die örtliche Bebauung mit der Software OpenFOAM. Gelöst wurden die 2D-Flachwassergleichungen (OpenFOAM, Mintgen 2013).

MEHRPHASENSTRÖMUNGEN – PARTIKEL UND FasERN

Partikelbeladene Strömungen werden am Fachgebiet sowohl mit Large-Eddy Simulation (LES) als auch mit Direkter Numerischer Simulation (DNS) untersucht. Wir quantifizieren dabei den Einfluss kleinskaliger Effekte auf die Partikel mit einer DNS und entwickeln daraus Feinstrukturmodelle, um diese Einflüsse auf die Partikel in einer LES darzustellen. Zudem haben wir ein Verfahren zur Simulation verdünnter Suspensionen steifer Fasern in turbulenten Strömungen entwickelt. Dieses nutzt ein Monte-Carlo-Verfahren auf molekularer Ebene, um die Verteilungsfunktion der Orientierung der Fasern im Raum zu beschreiben. Dieses Verfahren wurde dazu benutzt, die Reduktion des Reibungswiderstandes in verdünnten Fasersuspensionen zu untersuchen und ein großskaliges Modell für turbulente Faserströmungen zu entwickeln.



Instantane Partikelverteilung mit unterschiedlichen Feinstrukturmodellen. DNS (links); herkömmliches, stochastisches Modell (Mitte); am Fachgebiet entwickeltes Modell mit spezialoptimierten Interpolationsalgorithmen (rechts) (DNS und LES mit MGLET, Goebert & Manhart, J. of Computational Physics, 2011).



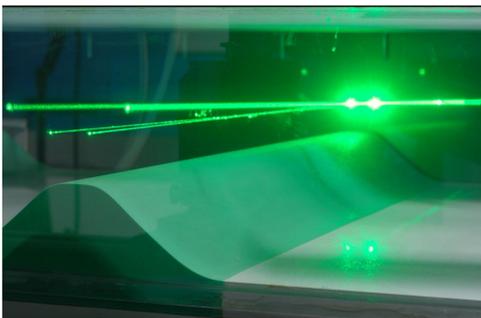
Fluktuationen der Geschwindigkeit in einer turbulenten Kanalströmung. Newton'sche Strömung (links) und Fasersuspension (rechts). Die Fasern dämpfen die Fluktuationen und tragen so zu einer Verringerung des Reibungswiderstandes bei (DNS mit MGLET; Moosaei & Manhart, Acta Mechanica, 2012).

ANGEWANDTE FORSCHUNG UND GRUNDLAGENFORSCHUNG AM FACHGEBIET HYDROMECHANIK

Die Forschung am Fachgebiet Hydromechanik reicht von der Grundlagenforschung bis zur angewandten Hydraulik. Die Untersuchung turbulenter Strömungen profitiert dabei von der langjährigen Entwicklung der Simulationssoftware MGLET, einem Strömungslöser speziell für das detailgenaue und zeitaufgelöste Berechnen von turbulenten Strömungen mit Large-Eddy Simulation (LES) und Direkter Numerischer Simulation (DNS). Ein anderer Forschungsbereich ist die Flusshydraulik, insbesondere die Kopplung zwei- und dreidimensionaler Algorithmen und die interaktive Hochwasservorhersage. Ein relativ neues Themengebiet ist die Strömung durch poröse Medien. Die Stärke des Fachgebiets Hydromechanik ist die enge Verzahnung numerisch/theoretischer Forschung mit experimentellen Messungen im Hydromechaniklabor des Fachgebiets. Die Arbeit im Bereich der angewandten Hydraulik bildet eine feste Brücke zwischen Universität und Praxis, was vor allem wichtig ist, um Studenten eine breite Ausbildung und praxisnahe Arbeiten zu ermöglichen.

KOMPLEXE TURBULENTE STRÖMUNGEN – NUMERISCHE UND EXPERIMENTELLE FORSCHUNG

Die Strömung über periodisch angeordnete Hügel gilt als Prototyp für Strömungen mit Ablösung und Wiederanlegen, weil sie eine Vielzahl nichtlinearer Phänomene zeigt, die nicht durch herkömmliche Reynolds-gemittelte Methoden (wie z.B. dem k-ε Modell) dargestellt werden können. Ein Versuchsaufbau mit einer solchen Strömung steht im Labor des Fachgebiets. Ursprünglich wurden in ihm Referenzdaten für die französisch-deutsche Forschungsgruppe „LES of Complex Flows“ gemessen. Das Strömungsfeld wurde dafür mit Laser-Doppler-Anemometrie (LDA) und Particle Image Velocimetry (PIV) in verschiedenen Ebenen gemessen. Der Aufbau wird auch weiterhin von uns selbst und unseren Forschungspartnern genutzt, um wandnahe Effekte zu untersuchen, numerische Modelle zu validieren und Messverfahren zu evaluieren.



LDA der Strömung über periodisch angeordnete Hügel im Hydromechaniklabor (Rapp & Manhart, Exp. Fluids, 2011).

KOLKPROZESSE UM EINEN BRÜCKENPFIELER – GRUNDLAGENFORSCHUNG UND IHRE INGENIEURMÄßIGE ANWENDUNG

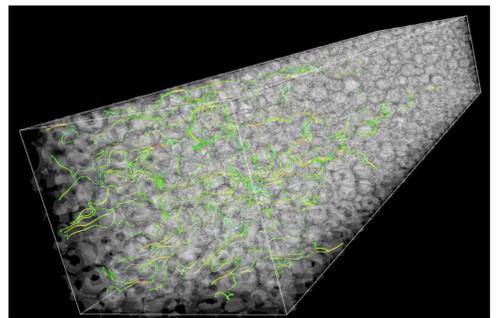
Auf diesem Forschungsgebiet werden die Vorteile der Kombination von experimenteller und numerischer Forschung deutlich. Um die Auskolkungen um einen Brückenpfeiler besser zu verstehen werden im Hydromechaniklabor seit Jahren umfangreiche Versuche durchgeführt. Die Ergebnisse gewähren Einblick in die Erosionsprozesse und deren zeitlichen Verlauf während der Entwicklung des Kolks. Die nächsten Schritte zielen darauf ab, ein numerisches Modell zu entwickeln, das die Auskolkung um einen solchen Brückenpfeiler vorhersagt. Dafür soll eine Large-Eddy Simulation (LES) mit einem Sedimenttransport- und einem Bodenmodell gekoppelt werden. Im Anschluss werden die numerischen Ergebnisse mit den Daten aus dem Modellversuch validiert.



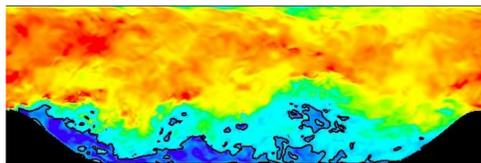
Auskolkung um einen zylindrischen Brückenpfeiler in sandigem Bett. Das Foto entstand während eines Modellversuchs im Hydromechaniklabor (Pfeifer et al., Int. Conf. Scour & Erosion, 2011).

STRÖMUNG IN PORÖSEN MEDIEN – BETRACHTUNGEN AUF MIKRO- UND MAKROEBENE

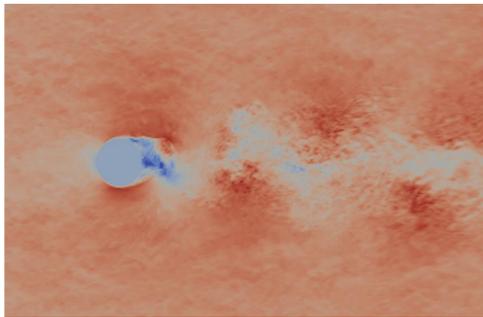
Seit einiger Zeit beschäftigt man sich am Fachgebiet Hydromechanik auch mit Strömungen in porösen Medien. Der Schwerpunkt liegt dabei auf Effekten, die im Bereich einzelner Poren auftreten, und deren Modellierung in großen Systemen. Diese Effekte beinhalten (i) Dispersion, (ii) zeitliche Größenordnungen in zeitabhängigen Strömungen (iii) und die Interaktion von turbulenten Strömungen mit porösen Medien. Die Simulation der Strömung auf Mikroebene (DNS) ermöglicht es uns, Einflussgrößen auf Makroebene zu bestimmen, ohne sie modellieren zu müssen. Die Simulationen werden dabei durch sorgfältige Gitterstudien und empirische Korrelationen von Kugelpackungen validiert.



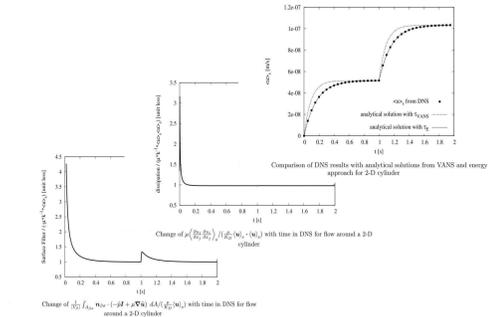
Strömlinien in einem porösen Medium, welches durch eine zufällig angeordnete Kugelpackung dargestellt wird (DNS mit MGLET, Kooshapur & Manhart, SImtech, 2011).



Direkte Numerische Simulation der Strömung über periodisch angeordnete Hügel mit dem Code MGLET, der am Fachgebiet entwickelt wurde (Manhart et al., Theor. Comput. Fluid. Dyn., 2008).



Geschwindigkeitskomponente in Hauptfließrichtung der turbulenten Strömung um einen Zylinder, der auf einer ebenen Platte steht (LES mit MGLET, Schandert 2012).



Zeitabhängige Strömung in einem porösen Medium nach plötzlicher Änderung des Druckgradienten. Validation eines neuen Ansatzes für die Zeitskala in der Darcy-Gleichung mit Zeitabhängigkeit mit DNS (Zhu et al., 2012).