

Stipendienausschreibung der INF, Teil - Hydrodynamik

Das Department „Maritime Systems“ der Interdisziplinären Fakultät der Universität Rostock befasst sich in 3 Themenbereichen mit (<http://www.inf.uni-rostock.de>)

- Küstenzonen im globalen und regionalen Wandel
- Nutzung maritimer Systeme
- Nachhaltige Entwicklung und Management

Als eine Querschnittsaufgabe für diese Bereiche wurde die Hydrodynamik identifiziert, deren Grundlagen auf den unterschiedlichsten Raum- und Zeitskalen benötigt werden. Hydrodynamische Prozesse sind sowohl für die Vermischung von einströmendem Salzwasser in die Ostsee relevant, als auch für alle schwimmenden, verankerten technischen Systeme im Meer, für Küstenschutz und Sedimenttransport, aber auch für die Lebensweise der Tiere und Pflanzen. Es gibt beeindruckende Beispiele, wie Meeresorganismen hydrodynamisch ideale Formen entwickelt haben (Bionik). Da die physikalischen Grundlagen in den verschiedenen Bereichen sehr ähnlich sind (Strömung, Turbulenz und Wellen), ist hier die interdisziplinäre Arbeit einer Gruppe von Promovierenden besonders viel versprechend. In den verschiedenen Arbeitsgruppen des Departments besteht die Möglichkeit mit modernsten Messtechniken im Freiland und in Strömungskanälen zu arbeiten sowie numerische Modellierungen durchzuführen.

Im Folgenden werden Themenbereiche und Ideen zu möglichen Promotionsarbeiten dargestellt. Die Betreuung soll von mindestens zwei Professuren erfolgen, die aus den folgenden Fakultäten stammen: **AUF** Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, **IEF** Fakultät für Informatik und Elektrotechnik, **MNF** Mathematisch Naturwissenschaftliche Fakultät inklusive Institut für Ostseeforschung, **MSF** Fakultät für Maschinenbau und Schiffstechnik. Die möglichen Betreuer und die links zu deren home pages werden am Ende genannt.

1 Seegangsinduzierter Sedimenttransport

Im tidenfreien Ostseebereich werden der küstennahe Sedimenttransport und als Folge die morphologische Entwicklung der Küste über weite Bereiche praktisch ausschließlich von der Wellendynamik angetrieben. Die geplanten Untersuchungen sollen die Austauschprozesse in der Wasser-Sediment-Grenzschicht, den Transportbeginn und die Physik des Sedimenttransports (bed-load und suspended-load) unter Welleneinfluss für nicht-bindige Böden umfassen. Hierbei spielen insbesondere der Schichtenaufbau des Untergrunds, die Lagerungsdichte und der Grad der Verfestigung in biologisch stabilisierten (z.B. mikrobielle Matte) und nicht stabilisierten Sanden sowie der Einfluss der Besiedlung (Fauna) eine wesentliche Rolle. Neben theoretischen Untersuchungen sind hierzu auch Versuche in der Natur geplant.

Ansprechpartner: Dr. P. Fröhle

2 Mikrophytobenthos im Flachwasser und Windwatt

Mikrophytobenthos gilt als ökologisch wichtigste phototrophe Lebensgemeinschaft sedimentärer Strukturen der Küsten aufgrund ihrer hohen Primärproduktion sowie ihrer Bedeutung als Nahrungsquelle und biologischer Stabilisator. In situ Primärproduktion und Verlustprozesse, sowie Konsequenzen für den Stoffumsatz, sind für die Ostsee praktisch nicht untersucht und sollen erstmalig vergleichend für einen exponierten Standort (mikrobielle Matten im Windwatt) und im Flachwasser der Außenküste in Abhängigkeit von hydrodynamischen Parametern und Sedimenttransport bearbeitet werden. Zur Erfassung der Parameter an beiden Standorten sind im größeren Umfang physiko-chemische Messungen nötig.

Ansprechpartner: Prof. U. Karsten

3 Autonome verteilte Sensorsysteme

Die Entwicklung autonomer Messstationen, die in der Lage sind, punkt- und flächenbezogene Sensorgrößen für die Charakterisierung der Sedimentdynamik und der Flachwasserökologie zu erfassen. Schwerpunkte sind dabei insbesondere die Untersuchung und die Entwicklung von feldabtastenden Sensoren (optisch, akustisch und magnet-induktiv) für folgende ‚verteilte‘ Sensorgrößen:

- Die Erfassung der Sedimentsuspension in der Wassersäule; z.B. durch Trübungsmessung in verschiedenen Höhen nahe am Sediment.
- Die Bestimmung der morphologische Entwicklung des Seegrundes (Sandstandspegel) punktuell und flächig sowie die Ermittlung der zeitlichen Veränderungen von Sandrippel
- Die Messung der flächenhaften Strömungsgeschwindigkeit, der Strömungsgeschwindigkeiten nahe Grenzschichten, der Anlaufriechung von Wellen und der Druckverteilung der Wellen auf den Meeresboden.
- Untersuchungen zur Permeabilität (hydraulische Leitfähigkeit) von Sedimenten

Ansprechpartner: Prof. H. Ewald

4 Hydrodynamische Prozesse an bodennahen Aggregaten

In marinen Flachwassersystemen werden bodennah durch Strömung und Wellen besondere Aggregate gebildet, die den Lateraltransport von Sedimenten (mineralisch und organisch) entscheidend beeinflussen. Ziel einer in diesem Bereich möglichen Dissertation, ist die Bildung, die Verteilung und den lateralen und vertikalen Transport im Feld, im Labor und modellierend zu quantifizieren. Zu dem Thema könnte ebenfalls die Interaktion von benthischen Organismen mit diesen Aggregaten gehören, da Tiere durch ihr Verhalten die Größe der Aggregate und auch deren Sinkverhalten beeinflussen können. Die Ergebnisse werden wesentliche Beiträge zum Verständnis des Stoffkreislaufes liefern, insbesondere zur Problematik des Materialtransportes von der Küste zu den Depositionsgebieten.

Ansprechpartner: Prof. H. Burchard

5 Bodennahe Strömung und Strukturen am Boden lebender Organismen: Anpassung und Nutzen

Die Körperform und die Morphologie von Fang- bzw. Filtrationsapparaten mancher Tiere legen eine Anpassung an die Strömung nahe. Beispielsweise sind Pfeilschwanzkrebse der Wellenenergie im Brandungsbereich ausgesetzt. Unterschiedlichste Tentakelkronen oder Fangarme (*Sabellidae*, *Hydrozoa*) lassen auf verschiedene Methoden des Partikelfanges vermuten. In Studien mit Modellen und mit lebenden Organismen sollen an Beispielen die Wechselwirkungen zwischen Hydrodynamik, Tier und Sediment vermessen, Anpassungsmechanismen erklärt und mögliche Vorteile für Fortbewegung, Nahrungserwerb, oder die Sauerstoffversorgung beschrieben werden.

Ansprechpartner: Prof. A. Leder

6 Erforschung und Entwicklung mobiler photogrammetrischer Unterwassermesstechnik

Die Sichtweiten unter Wasser liegen in vielen europäischen Gewässern meist unterhalb von 10 Metern, oft sind sie noch weit kleiner. Dadurch ist der menschliche Orientierungssinn stark

behindert, ebenso sind auch optische Messeinrichtungen wie z.B. Kamerasysteme entsprechend eingeschränkt verwendbar. Dies berührt meeres- oder gewässerkundliche Untersuchungen in der Biologie, Aquakulturtechnik und Geologie ebenso wie die Dokumentation historisch relevanter Unterwasserfunde oder Arbeiten zur Gewährleistung von Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs, etwa bei der Beseitigung von Unterwasserhindernissen, der Inspektion von Wasserbauten oder der Kampfmittelräumung. Der Fortschritt der letzten Jahre von selbstorganisierend über Funk kommunizierender Datentechnik, die Weiterentwicklung bandbreitenbegrenzter Datenprotokolle, die omnipräsente Verfügbarkeit präziser satellitengestützter Positionsdaten sowie digitaler Kameras und semiautomatischer Auswertelgorithmen machen jedoch neuartige Messkonzepte unter Wasser mit vertretbarem Aufwand realisierbar.

Die zu erforschende und entwickelnde mobile Unterwassermesstechnik besteht aus mehreren

WLAN-kommunikationsfähigen Bojen ausgestattet mit GPS-Empfängern an der Wasseroberfläche. Der Taucher/das Unterwassergerät ist mit einem Ultraschall-Transponder und anderen Sensoren in Abhängigkeit der fachlichen Fragestellung (Druckmesser, Kompaß, Messgeräte) ausgestattet. Durch Laufzeitmessungen wird die Distanz zu allen Bojen bestimmt und daraus durch Trilateration die Taucherposition relativ zu diesen berechnet. Die absoluten Koordinaten ergeben sich durch Ultraschall-basierte Übermittlung der Bojenpositionen zum Transponder. An der Oberfläche steht somit der Ort des Transponders unter Wasser ebenfalls zur Verfügung. Unter Wasser wird ein digitales Kamerasystem mit Zusatzsensoren zur Orientierung in Echtzeit mit der Positionierungseinheit gekoppelt. In Prototypen haben die beteiligten Einrichtungen Teilkomponenten bereits untersucht. Dies soll durch den Stipendiaten weiter erforscht und entwickelt werden.

Ansprechpartner: Prof. R. Bill

7 Modellbasierte nichtlineare Regelungskonzepte für Binnenschiffe

Die Schiffstonnage und -größe, die mittlere Fahrgeschwindigkeit sowie der benötigte Manövrierraum von Binnenschiffen nehmen gleichzeitig und stetig zu. Dies erhöht die Anforderungen an die Genauigkeit von zukünftigen Bahnregelungssystemen. Derzeitige Lösungen gewährleisten die erforderliche Genauigkeit bei der Schiffsführung nur im Normalbetrieb mit kleinen Störeinflüssen sowie bei hinreichender Information über externe Störungen. Da im realen Betrieb aber zeitweise stark veränderliche Störeinflüsse auftreten, z.B. bei starken Querströmungen, besteht die Notwendigkeit, in diesen Situationen die Regelqualität durch leistungsfähigere Regelungsstrukturen mit einer modellbasierten Störgrößenkompensation zu erhöhen. Die Arbeit dient somit unmittelbar der Erhöhung der Sicherheit im Schiffsbetrieb und der Vermeidung von Schiffskollisionen und Havarien mit hohem Schädigungspotential für die Umwelt.

Die Promotionsarbeit soll am Lehrstuhl für Mechatronik durchgeführt werden. Hierbei wird eine enge Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Meerestechnik angestrebt, an dem bereits in abgeschlossenen bzw. laufenden Promotionsarbeiten wichtige Beiträge zur Modellbildung der Schiffsdynamik und zur Regelung mit Methoden der künstlichen Intelligenz (Neuronale Netze) geschaffen wurden.

Ansprechpartner: Prof. H. Aschemann

8 Ultraschallgestützte Behandlung von Ballastwasser - Evaluierung der Wirksamkeit auf die Larven festsitzender Tiere und Rippenquallen

Ziel des Vorhabens ist die Erprobung eines bereits konzipierten Ballastwasserreinigungssystems in Bezug auf unlängst in die Ostsee eingewanderte Organismengruppen. Die Behandlung des Ballastwassers von Schiffen soll mit einer neuartigen Ultraschalltechnik erfolgen. Mit der Ultraschall-Ballastwasseranlage sollen alle schädlichen Organismen entfernt oder unschädlich gemacht werden, entsprechend den Regelungen des *Internationalen Übereinkommens zur Überwachung und Behandlung von Ballastwasser und Sedimenten von Schiffen* (IMO Richtlinie MEPC.125(53)). Das System soll als Schiffsanlage auf mehreren Expeditionen mit Forschungsschiffen im Südatlantik, Nordatlantik und der Ostsee unter in-situ Bedingungen getestet werden. Die Ultraschallmethode ist sehr effektiv, kommt ohne den problematischen Einsatz von Chemikalien aus und stellt eine sehr kostengünstige Möglichkeit zur Ballastwasserbehandlung dar.

Die wissenschaftlich / technischen Arbeitsziele des Vorhabens umfassen die folgenden Punkte:

- Untersuchungen zur Empfindlichkeit von speziellen marinen Organismen auf die Ultraschallbehandlung
- Entwicklung einer online Methode zur Bestimmung der Effektivität der Anlage
- Erprobung der Schiffsanlage im Fahrtbetrieb

Ansprechpartner: Prof. B. v. Bodungen

9 Widerstandsverminderung von quer angeströmten stumpfen Körpern durch bionisches Design der Oberflächenkontur

Biologische Organismen können durch selektive Prozesse im Laufe der Evolution mitunter spezielle Strömungsphänomene so nutzen, dass erstaunliche sensorische oder motorische Leistungen vollbracht werden. Am Lehrstuhl für Strömungsmechanik wurden mit Hilfe von Stereo- μ PIV die Vibrissen von Kegelrobben untersucht, die eine einzigartige dreidimensionale Formgebung aufweisen. Kegelrobben ist es möglich, alleine mit der Sensorik ihrer Vibrissen den Nachlauf von Beutefischen zu erfassen und ihnen zu folgen.

Bei der Untersuchung der Strömung hinter diesen Vibrissen wurde festgestellt, dass die Formgebung eine Veränderung des Strömungsfeldes bewirkt. Zum einen erhöht sich die turbulente kinetische Energie im Nachlauf, zum anderen findet sich im Nachlauf eine dreidimensionale Wirbelstruktur, die weitaus schneller zerfällt, als bei einem vergleichbaren unstrukturierten Zylinder. Im Ergebnis bedeuten diese Veränderungen, dass die Vibrisse als Sensor weniger dynamische Kräfte aus der selbsterzeugten Kármánschen Wirbelstraße erfährt als ein unstrukturierter Zylinder. Sie weist demzufolge ein höheres Signal/Rauschverhältnis bei der Detektion von außen herangetragenem Wirbeln auf, als eine glatte Vibrisse eines anderen Meeressäugers.

Diese einmalige Struktur der Vibrisse soll nun eingesetzt werden, um an technischen Objekten im maritimen Anwendungsbereich eine Verringerung dynamischer Lasten zu erreichen. Kann diese Innovation in der Konstruktion beispielsweise von Maritimen Bauwerken umgesetzt werden, werden ein wesentlicher Sicherheitsgewinn und beträchtliche Kosteneinsparungen möglich. Die wissenschaftlichen Arbeiten erfolgen in enger Kooperation zwischen den Lehrstühlen für Strömungsmechanik und Sensorische und Kognitive Ökologie der Universität Rostock.

Ansprechpartner: Dr. M. Brede

10 In situ-Vermessung des mystazialen Vibrissenfeldes des Seehundes während der Perzeption hydrodynamischer Informationen

Alle rezenten Robbenarten verfügen über auffallend kräftige faziale Vibrissen. Während bei terrestrischen Säugern die Vibrissen im Querschnitt rund sind, zeichnen sich die Vibrissen der meisten Hundsrobben durch einen extrem abgeflachten Haarschaft mit regelmäßigen Einschnürungen aus, die ihm ein wellenförmiges Aussehen verleihen. Verhaltensexperimente haben ergeben, dass Seehunde unter natürlichen Bedingungen sog. hydrodynamische Spuren, die jeder sich im Wasser fortbewegende Organismus zwangsläufig erzeugt, zur Objektortung nutzen können. Hat ein Seehund den Startpunkt einer hydrodynamischen Spur detektiert, kann er mit Hilfe seiner Vibrissen die Schwimmrichtung und Richtungsänderungen des Objektes aus dieser Spur herauslesen und diese Informationen für die Verfolgung und Ortung des Objektes über große Distanzen nutzen. Damit ist für den aquatischen Lebensraum ein bisher nicht beschriebenes Orientierungssystem nachgewiesen, das nicht nur für die Orientierung der Robben, sondern für die meisten mit hydrodynamischen Rezeptorsystemen ausgestatteten Tiere von grundsätzlicher Bedeutung sein dürfte.

In Kooperation mit dem Lehrstuhl für Strömungsmechanik der Universität Rostock konnten wir unsere Ausgangshypothese bestätigen, dass es sich bei den oberflächenstrukturierten Vibrissen der Seehunde (*Phoca vitulina*) um ein passiv widerstandsbeeinflussendes System mit neuen, bisher nicht beschriebenen hydrodynamischen Eigenschaften handelt. Damit ist es auch unter anwendungstechnischen Gesichtspunkten ein hochinteressantes System. Neben einem detaillierten Verständnis des in der dreidimensionalen Nachlaufstruktur entdeckten Vertikaltransportes, der offenbar die Ausbildung eines stationären Wirbelpaares hinter der zylinderähnlichen Vibrisse in ihrer Intensität schwächt, gilt es auch, zu einem tieferen Verständnis des biologischen Systems zu kommen. Zu der speziellen Geometrie des Einzelhaares muss auch die des Gesamtsystems betrachtet werden, um die sensorischen Leistungen der Tiere interpretieren und das Potential technischer Umsetzungen ausloten zu können. Videogestützte Messungen am Tier, parallel zur Wahrnehmung hydrodynamischer Informationen, sollen deshalb die Grundlagen für entsprechende technische Sensorarrays liefern.

Ansprechpartner: Prof. G. Dehnhardt

11 Lösungskinetik von Methan- und Kohlendioxidgasblasen in der Wassersäule unter expliziter Betrachtung der Hydrodynamik

Dem Transport von Methanblasen und CO₂-Tropfen unter erhöhten Drücken und deren Lösung in den Wasserkörper kommt derzeit in der angewandten Meeresforschung eine hohe Bedeutung zu. Beide Gase bilden mit Wasser in größeren Wassertiefen Gashydrate, was die thermodynamischen und hydrodynamischen Bedingungen an der Grenzfläche stark beeinflusst. Natürliche Gasemission aus dem Meeresboden mit Methan als Hauptkomponente ist ein weltweit beobachteter natürlicher Prozess, der einen wesentlichen Beitrag zur marinen Quellstärke dieses Treibhausgases in die Atmosphäre darstellt. Auch das natürliche Austreten von kondensiertem Kohlendioxid ist an einigen wenigen Lokationen am Meeresboden dokumentiert. Beide Prozesse sind aber vor allem von Bedeutung für die Risikoabschätzung menschlicher Aktivitäten im Bereich des Meeres, wie die in immer größere Wassertiefen vordringende Öl- und Gasförderung, der Abbau von marinen Gashydraten, sowie die Lagerung von industriellem CO₂ in marinen Sedimenten. Die Größenabhängigkeit der Lösungskinetik von Gasblasen im Radienbereich von 750 bis 5000 mm, dem Bereich mit ellipsoidaler Formentwicklung, ist zudem selbst bei niedrigen Drücken stark unterbestimmt.

Mit Hilfe eines geeigneten Gegenstrommoduls in einem vorhandenen hochmodernen Drucklabor soll die Kinetik der Lösung von CO₂-Tropfen und Blasen aus Methan- und natürlichen Gasen unter kontrollierten Druck- und Temperaturbedingungen untersucht werden. Vorarbeiten haben gezeigt, dass sich an der Grenzfläche zwischen kondensierter Gasphase und Wasser Gashydrate bilden können, was zu einem hydrodynamischen Verhalten führt, das sich sowohl von dem von reinen Oberflächen wie auch von detergenzbehafteten Oberflächen deutlich unterscheidet. Dieses Verhalten soll mit Hilfe einer Visualisierung des unmittelbaren Strömungsfeldes geklärt und anschließend modelliert werden.

Ansprechpartner: Prof. G. Rehder

Beteiligte Lehrstühle

AUF:

Lehrstuhl Geodäsie und Geoinformatik, Prof. Dr. R. Bill

<http://www.auf.uni-rostock.de/gg/>

Lehrstuhl Küstenwasserbau (vertreten durch Dr. P. Fröhle)

<http://www.auf.uni-rostock.de/uiw/b7/>

IEF:

Lehrstuhl Technische Elektronik und Sensorik, Prof. H. Ewald

<http://www.ief.uni-rostock.de/index.php?id=iae>

MNF:

Lehrstuhl Biologische Ozeanographie, Prof. Dr. B. von Bodungen

<http://www.io-warnemuende.de/>

Lehrstuhl Physikalische Ozeanographie, Prof. Dr. H. Burchard

<http://www.io-warnemuende.de/>

Lehrstuhl Sensorische und Kognitive Ökologie, Prof. Dr. G. Dehnhardt

<http://www.msc-mv.de/>

Lehrstuhl Meeresbiologie, Prof. Dr. G. Graf

<http://www.biologie.uni-rostock.de/meeresbiologie/StartFrame.htm>

Lehrstuhl Angewandte Ökologie, Prof. Dr. U. Karsten

<http://www.biologie.uni-rostock.de/angoekol/home.html>

Lehrstuhl Meereschemie, Prof. Dr. G. Rehder

<http://www.io-warnemuende.de/>

MSF:

Lehrstuhl Mechatronik, Prof. Dr. H. Aschemann

<http://iamserver.fms.uni-rostock.de/lehrstuehle/mechatronik.htm>

Lehrstuhl Strömungsmechanik, Prof. Dr. A. Leder

<http://www.uni-rostock.de/lsm/>

Lehrstuhl Meerestechnik, Prof. Dr. M. Paschen

<http://www.fms.uni-rostock.de/lmt/>