



Hand-Out zum fünften Beiratstreffen mit einem kompakten Überblick über die Forschungsarbeiten

Dienstag, 23. Oktober 2012, 13:30 – 18:00 Uhr
Veranstaltungszentrum der RUB, Saal 1, Universitätsstr. 150, 44801 Bochum

Prof. Dr.-Ing. Romuald Skoda
Lehrstuhl für Hydraulische Strömungsmaschinen (HSM)
Ruhr-Universität Bochum
Universitätsstr. 150, 44780 Bochum
www.hsm.rub.de
hydro@rub.de

Tel.: +49 (0) 234 / 32 – 28801
Fax: +49 (0) 234 / 32 – 14799

Unser Auftrag

Zentrale Bereitstellung aller Kompetenzen für die vorwettbewerbliche Erforschung der Grundlagen, die zur Entwicklung und Nutzung von zukünftigen hydraulischen Strömungsmaschinen benötigt werden.

Kompetenzen

Strömungsmechanik

Instationäre Strömungen, Fluid-Struktur-Interaktion, Kavitation, Wechselwirkung Maschine – Anlage, Akustik, Tribologie

Verfahrenstechnik / Thermodynamik

Stoffeigenschaften, Bio-Fluide, Rheologie, Thermische Belastung

Werkstofftechnik und Produktion

Kavitationsresistente Werkstoffe, Alternative Werkstoffe, Beschichtungstechnik, Ventile aus Formgedächtnislegierungen

Antriebstechnik / Mechatronik

Elektrische Antriebe, Regelungstechnik, Kühlung der Motoren/Elektronik

Rahmenbedingungen

Wasserver- und Entsorgung, Energie- und Ressourceneffizienz, Technischer IPR-Schutz

Lehrstühle

Hydraulische Strömungsmaschinen (HSM)

Werkstofftechnik (LWT)

Werkstoffprüfung (WP)

Thermische Turbomaschinen (TTM)

Thermodynamik (THERMO)

Verfahrenstechnische Transportprozesse (VTP)

Regelungstechnik und Systemtheorie (RUS)

Energiesystemtechnik u. Leistungsmechatronik (EneSys)

Produktionssysteme (LPS)

Energiesysteme und Energiewirtschaft (LEE)

Siedlungswasserwirtschaft u. Umwelttechnik (SWW)

Maschinenbauinformatik (ITM)

Im Folgenden ist ein Überblick über die Forschungsarbeiten anhand von Steckbriefen der einzelnen Lehrstühle kompakt dargestellt. Eine detaillierte Präsentation erfolgt während des Beiratstreffens.

Beirat mit Industrievertretern

Geschäftsführung durch die Professur Hydraulische Strömungsmaschinen (Prof. Skoda)

11 etablierte Lehrstühle
1 neuer Lehrstuhl (HSM)

Juniorprof. Huth
Werkstoffe

Juniorprof. Hussong
Exp. Strömungsmechanik

WMA

Seit Anfang 2010 wurden an der RUB im Rahmen des KHS folgende neue Stellen eingerichtet:

- Eine Professur und der zugehörige Lehrstuhl 
- Zwei Juniorprofessuren
- 17 Wissenschaftliche Mitarbeiter (WMA)
- ca. 20 Studentische Hilfskräfte

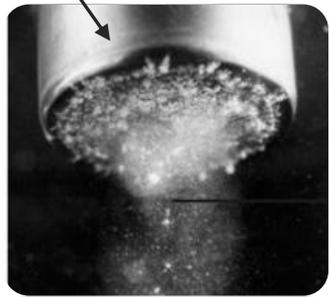
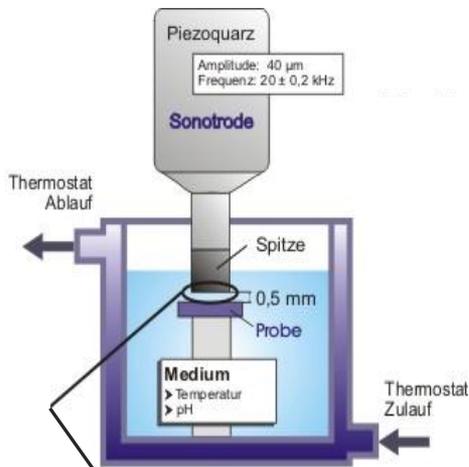
Die Aufgabe des Beirats ist ein regelmäßiges Review der Forschungsaktivitäten des Forschungsverbundes (Beiratssitzungen, Berichte)

- Unternehmen
 - Düchting Pumpen
 - Jung Pumpen
 - Klaus Union GmbH
 - Krohne Messtechnik GmbH
 - KSB AG
 - Ruhrpumpen GmbH
 - Sterling SIHI GmbH
 - Voith Hydro Holding GmbH & Co. KG
 - WILO SE
 - Robert Bosch GmbH
 - Universitäten
 - TU Braunschweig
 - TU Dortmund
 - FhG UMSICHT
 - VDMA
 - EGR Bochum
- | |
|------------------|
| Düchting |
| Möller |
| Herbers |
| Hansen |
| Fritz |
| Hirschberger |
| Kösters |
| Necker |
| Beukenberg, Töws |
| Iben |
| Kosyna |
| Brümmer |
| Deerberg, Weber |
| Frank |
| Peuling |

- Strömungsmechanik der Hydraulischen Strömungsmaschinen (Prof. Skoda, Jun. Prof. Hussong)
 - Kavitationsmodellierung
 - Einfluss der Fluidqualität auf die Kavitation
 - Numerische Simulation kavitierender Strömungen in Kreiselpumpen
 - CFD-FEM-Kopplung am Beispiel von mantelgekühlten Motoren
- Werkstoffe hydraulischer Strömungsmaschinen (Prof. Pohl, Prof. Theisen, Jun. Prof. Huth)
 - Simulation der Kavitationserosion
 - Beschichtungen mit Pseudoelastizität
- Optimierung von Axialschubentlastungen mit FSI (Prof. Mailach)
- Temperaturverteilung in Pumpengehäusen (Prof. Span)
- Thermophysikalische Stoffdaten für die Pumpenindustrie (Prof. Span)
- Rheologie / komplexe Strömungen (Prof. Weidner)
- Szenarienbasierte Regelung von Kreiselpumpen (Prof. Mönningmann)
- Energieeffizient regelbare Antriebe (Prof. Staudt)
- Formgedächtnisventile für Hydraulik-Anwendungen (Prof. Meier)
- Energie- und Ressourceneffizienz hydraulischer Systeme (Prof. Wagner)
- Dezentrales Abwasserreinigungskonzept (Prof. Wichern)
- Technischer Know-how Schutz (Prof. Abramovici)

Motivation:

- Für die Berechnung von kavitierenden Strömungen und der daraus resultierenden Kavitationserosion existieren derzeit noch keine zuverlässigen Berechnungsmethoden.
- Ziel ist die gekoppelte Vorausberechnung des Werkstoff- und Fluideinflusses auf den Ort, den Beginn und den Fortschritt der Kavitationserosion.



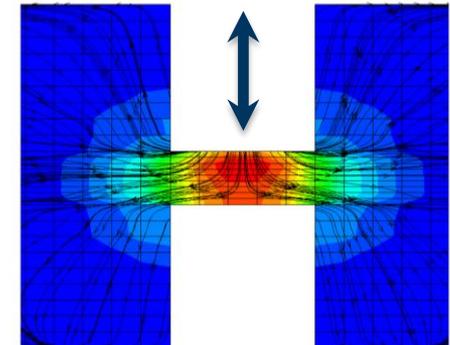
Vorgehensweise:

- Entwicklung einer gekoppelten Simulationemethode zur Berechnung der Strömung und des Werkstoffabtrages
 - Einsatz von kompressiblen CFD-Verfahren im In-house-Code HYDRUB
 - Kopplung zur Werkstoffsimulation am LWT
- Validierung an der Sonotrodenströmung
 - Materialprüfung (Werkstofferosion)
 - Strömung (optische Messmethoden am HSM)



Bisherige Ergebnisse:

- Ein geeignetes Zweiphasenviskositätsmodell für HYDRUB liegt vor
- Berechnung der Sonotrodenströmung: Die Implementierung der Netzbewegung und der Raumerhaltungsgleichung für den kompressiblen Strömungslöser ist abgeschlossen



Motivation und Ziel:

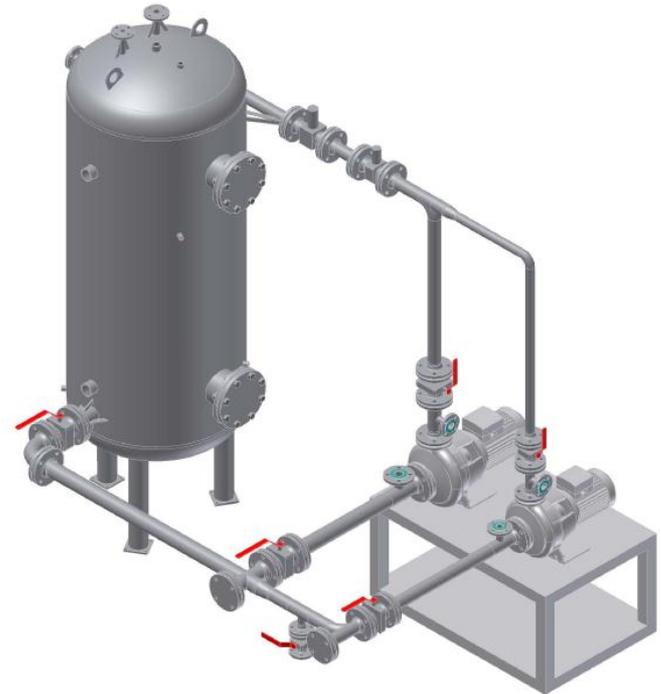
- Die Fluidqualität (Art des Fluides, Gehalt an gelöster und ungelöster Luft, Keimspektrum, Partikelbeladung, Zugfestigkeit) hat einen entscheidenden Einfluss auf kavitierende Strömungen in hydraulischen Strömungsmaschinen.
- Ein Verständnis der Zusammenhänge zwischen Fluidqualität und ihrer Auswirkungen auf den Betrieb der Maschine, z.B. die Reproduzierbarkeit von NPSH-Messungen, ist noch nicht ausreichend erforscht.

Vorgehensweise:

- Aufbau eines Pumpenprüfstandes zur NPSH-Messung
- Aufbau eines Messsystems zum Monitoring und zur gezielten Einstellung der Fluidqualität
- Aufbau eines Kavitationsprüfstandes für Prinzipuntersuchungen (optische Messmethoden) des Einflusses der Fluidqualität auf die Kavitation unter besonderer Berücksichtigung von Skalierungseffekten
- Übertragung der Ergebnisse der Prinzipuntersuchungen auf den Pumpenprüfstand

Bisherige Ergebnisse:

- Der Pumpenprüfstand ist aufgebaut und befindet sich in der Inbetriebnahme.
- Erste Ergebnisse einer umfassenden Literaturrecherche und einer Anforderungsanalyse der Industrie liegen vor.



Pumpenprüfstand für NPSH-Messungen

Motivation und Ziel:

- Eine Berücksichtigung der Kavitation im CAE-gestützten Entwurf von Kreiselpumpen würde einen enormen Zeit- und Kostenvorteil bringen
- Die kavitationssichere Auslegung von Kreiselpumpen ist mit verfügbaren CFD-Verfahren (inkompressibel) nicht mit ausreichender Genauigkeit möglich.
- Eine Verbesserung der Strömungssimulationsmethoden besonders für Langsamläufer ist das Ziel des Vorhabens.

Vorgehensweise:

- Ermittlung des Status-Quo von kommerziellen Standard-Verfahren (inkompressibel)
- Validierung der numerischen Simulationsergebnisse mit In-house Messdaten
- Verwendung kompressibler Verfahren zur Verbesserung der Vorhersage.
- Einsatz von OpenSource Tools, z.B. OpenFoam

Bisherige Ergebnisse:

- Ein kompressibles Verfahren ist im in-house-code HYDRUB verfügbar und für die Anwendung auf Kreiselpumpen erweiterbar.
- Erste Simulationsergebnisse (ohne Kavitation) zeigen eine gute Übereinstimmung mit gemessenen Kennlinien

Das Vorhaben wird durch den Transfer des Pumpenauslegungssystems IDS von der TU München an den HSM unterstützt.

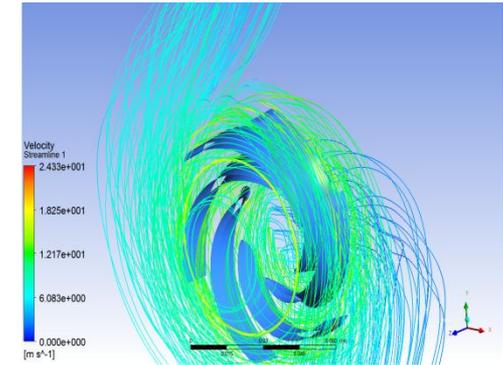


Bild 1: Stromlinien

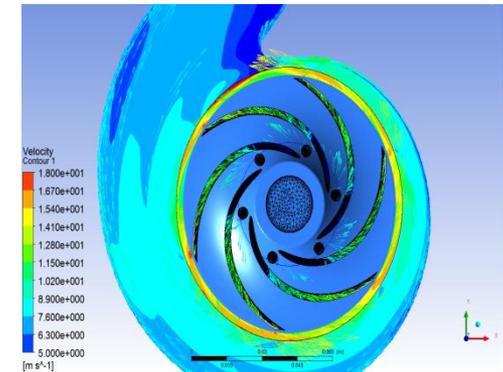


Bild 2: Geschwindigkeitsverteilung

Motivation und Ziel:

- Mit Hilfe der numerischen Simulation soll der Wirkungsgrad des Kühlkreislaufes sowie die Auslegung mantelgekühlter Motoren verbessert werden.
- Es soll eine validierte gekoppelte Methodik entwickelt werden, um die Strömung und den Wärmeübergang in mantelgekühlten Motoren zu simulieren.
- Bei der Entwicklung der Methodik soll verstärkt OpenSource Software eingesetzt werden (OpenFoam)



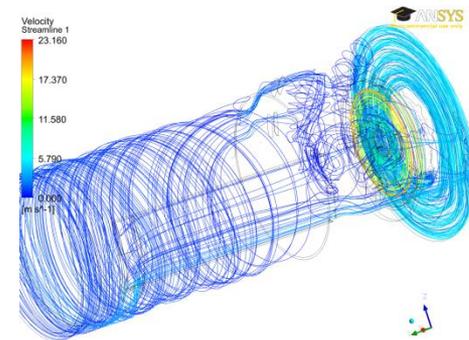
3D-Modell des untersuchten Motors

Vorgehensweise:

- Durchführung des Vorhabens in Kooperation mit 
- Modellierung des Kühlkreislaufes
- Berechnung der Verlustwärme des Motors
- Ganzheitliche, gekoppelte Berechnung des mantelgekühlten Motors
- Validierung mit Messdaten
- Optimierung eines ausgewählten Motors

Bisherige Ergebnisse:

- Für die Berechnung des geschlossenen Kühlkreislaufes ist eine zeitaufwendige transiente Simulation notwendig.
- Für eine erste Abschätzung des Geschwindigkeitsfeldes reicht es, eine entkoppelte stationäre Simulation des Kühlmantels durchzuführen.



Berechneter Strömungsverlauf im gesamten Kühlkreislauf

Motivation:

- Für die Berechnung von kavitierenden Strömungen und der daraus resultierenden Kavitationserosion existieren derzeit noch keine zuverlässigen Berechnungsmethoden.
- Ziel ist die gekoppelte Vorausberechnung des Werkstoff- und Fluideinflusses auf den Ort, den Beginn und den Fortschritt der Kavitationserosion.

Hier:

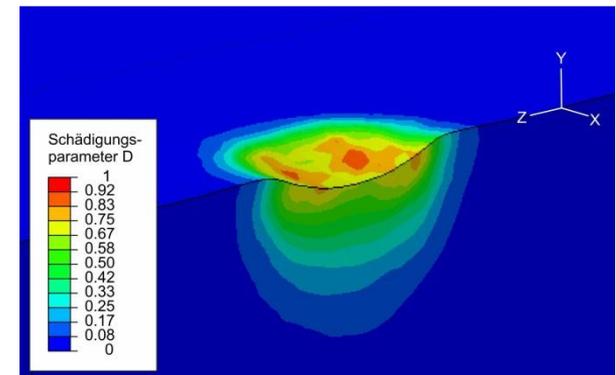
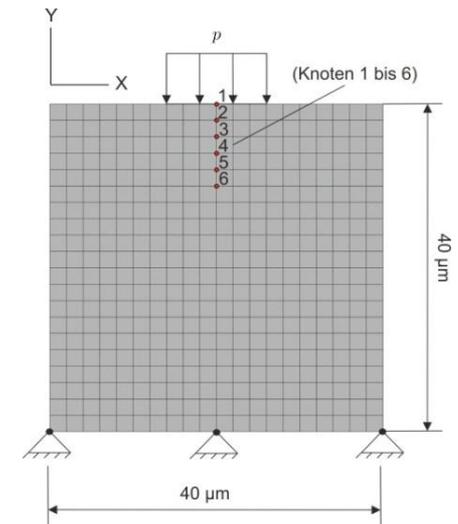
- Beschreibung und Vorhersage des Werkstoffverhaltens unter Kavitationsbeanspruchung
- Modellierung der Mechanismen und Einflüsse auf die Kavitationserosion von Werkstoffen

Vorgehensweise:

- Geometriemodellierung
- Beschreibung der Belastung durch Kopplung zur Strömungssimulation (Druckbeanspruchung)
- Materialverhalten: Entwicklung eines FE-Schädigungsmodells basierend auf zyklischen elastischen und plastischen Verformungsvorgängen (Ermüdung)
- Materialparameterbestimmung: Mechanische Versuche

Bisherige Ergebnisse:

- Eine Schädigungsfunktion basierend auf der elastischen zyklischen Beanspruchung wurde entwickelt und ist zur Kopplung mit dem Strömungslöser verfügbar.



Motivation:

Verlängerung der Lebensdauer von Pumpenbauteilen durch Entwicklung von **Beschichtungen aus Formgedächtnislegierungen (FGL)**, die den pseudoelastischen Effekt zeigen und so die Kavitationsresistenz verbessern

Vorgehensweise:

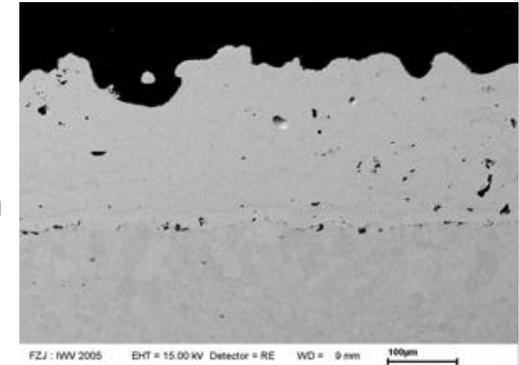
- Entwicklung /Testen von NiTi-FGL-Beschichtungen
- Entwicklung/Testen von Cu-basierten FGL-Beschichtungen
- Optimierung der Beschichtungsparameter und der Oberflächengüte der Schichten
- Übertrag auf reale Bauteile

Bisherige Ergebnisse:

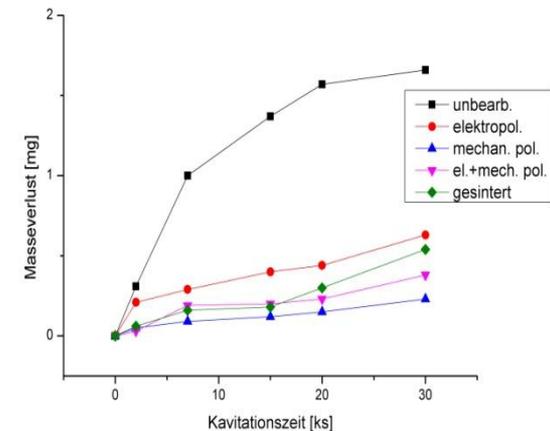
Pseudoelastische NiTi-Beschichtungen vergrößern die Kavitationsresistenz
 Oberflächenbehandlung (mechan./elektrolyt.) bewirkt weitere Kavitationsresistenzsteigerung der Beschichtungen
 Zusätzliches Sintern der Schichten erbrachte Porenverminderung und bessere Schichthaftung

Kooperationspartner:

Forschungszentrum Jülich GmbH
 Klaus Kuhn Edelstahlgießerei GmbH Radevormwald
 KSB AG Pegnitz
 Voith Hydro Holding GmbH & Co. KG Heidenheim



Querschnitt einer plasmagespritzten NiTi-Schicht 180µm



Vergleich verschiedener Oberflächenbearbeitungen

Motivation / Aufgabe:

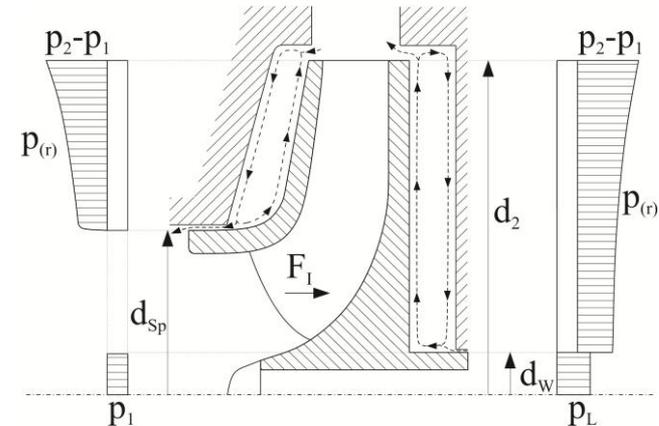
- Axialschub in Magnetkreiselpumpen ist aufgrund des geringen Bauraums im Bereich der Lagerung kritisch.
- Optimierung durch Verminderung des Axialschubes bei maximalem Wirkungsgrad

Vorgehensweise:

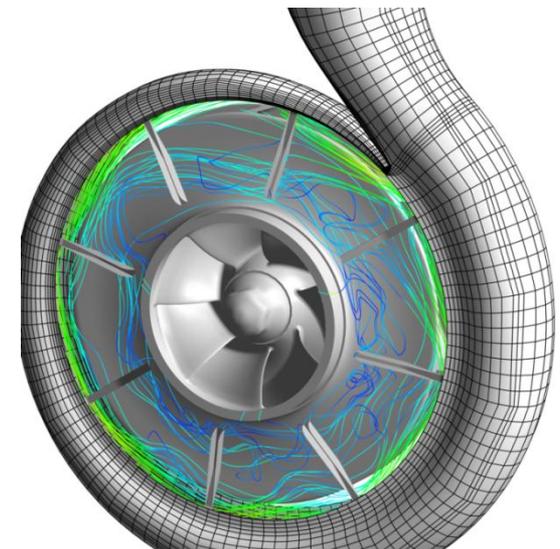
- Erzeugung von transienten Strömungssimulationen
- Qualitätssicherung der Modelle (Netzstudie, Validierung durch Messungen)
- Bewertung der aktuellen Entlastungsmaßnahmen und der Radseitenraumströmung
- Optimierung der Entlastungsmaßnahmen durch Variation von Gehäuserippen, Rückenschaufeln und Entlastungsbohrungen

Aktueller Stand:

- Validierung stationärer Ergebnisse
- Vorbereitung transienter Rechnungen
- Vorbereitung von Geometrievariationen



Entstehung von Axialschub in Kreiselpumpen



Radseitenraumströmung mit Gehäuserippen

Motivation

- Hohe Temperaturen forcieren in Radialkreiselpumpen Kontaktprobleme an Bauteiloberflächen
- In Hochtemperaturanwendungen besteht die Gefahr der Überhitzung von Teilkomponenten
- Ziel ist die Untersuchung der Temperaturverteilung und thermischen Verformung → Vorhersage des thermischen Bauteilverhaltens

Vorgehensweise

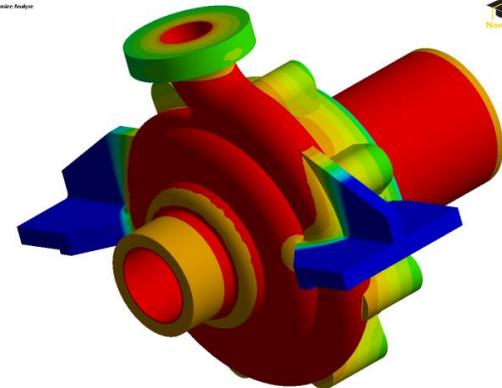
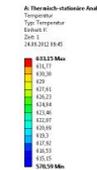
- Methodenentwicklung der numerischen Fluid-Struktur-Interaktion und experimentelle Validierung der Simulationsergebnisse mittels eines Hochtemperaturprüfstands → Kooperation: Thermische Turbomaschinen

Aktueller Stand

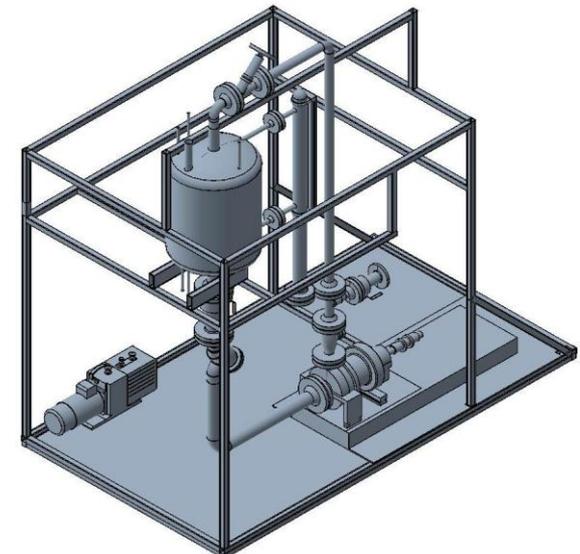
- Neue Simulationsumgebung (ANSYS), thermomechanische Untersuchung der Magnetkupplungspumpe

Industriekooperationen

- Klaus Union GmbH & Co. KG,
Sasol Germany GmbH



Temperaturplot des Hydraulikteils der Versuchspumpe



Modell des Hochtemperaturprüfstands

Motivation

- Die Kenntnis von Zustandsgrößen ist zur Auslegung von hydraulischen Strömungsmaschinen notwendig. Ihre Berechnung aus Zustandsgleichungen ist mit Unsicherheiten behaftet, besonders für
 - Die Flüssigphase
 - Hohe Drücke
 - Komplexe Stoffgemische

Vorgehensweise

- Implementierung der Zustandsgleichungen in ein für die Industrie anwendbares Softwarepaket (Excel, Fortran). Für jede Zustandsgröße wird die Unsicherheit abgeschätzt und ausgegeben.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2		fluids:	water					
3		molfractions:	1					
4		path	D:\EOS\trunk\					
5								
6		input:	TD			input:	TP	
7		prop1:	300 K			prop1:	300 K	
8		prop2:	80000 mol/m³			prop2:	5 MPa	
9								
10		T	300 K			T	300 K	
11		D	80000 mol/m³			D	55438,80167 mol/m³	
12		P	=P(input,input_property_1,input_property_2,fluid,composition,path)				MPa	
14		U	2134,917601 J/mol			U	2019,687681 J/mol	
16		H	40853,17035 J/mol			H	2109,87722 J/mol	
18		S	J/(mol K)			S	J/(mol K)	
22		CP	79,81375933 J/(mol K)			CP	75,07139619 J/(mol K)	
23		CV	71,64078985 J/(mol K)			CV	74,12023291 J/(mol K)	
24		WS	4045,091548 m/s			WS	1509,777487 m/s	

Bisherige Ergebnisse

- Bisher sind die Eingabegrößenkombinationen $T - p$, $T - \rho$, $p - h$ und $p - s$ möglich. Alle relevanten thermischen und kalorischen Zustandsgrößen können berechnet werden.
- Es können zur Zeit Stoffgrößen für ca. 50 Reinstoffe berechnet werden.
- Es wurden bereits Algorithmen zur Berechnung von Gemischen implementiert, hier ist jedoch noch weitere Arbeit nötig.
- Eine Routine zur Abschätzung der Unsicherheit von Zustandsgleichungen wurde entwickelt und für CO_2 getestet.
- Die Unsicherheitsroutine wurde auf die Stoffe Wasser, Stickstoff und Argon ausgeweitet, ein umfangreicher Test steht noch aus.

Kooperation

- Ein Rahmen eines zusätzlich eingeworbenen Drittmittelprojektes werden die Algorithmen für Krohne Messtechnik implementiert.



Untersuchung von Strömungsregimen bei der Erdölförderung

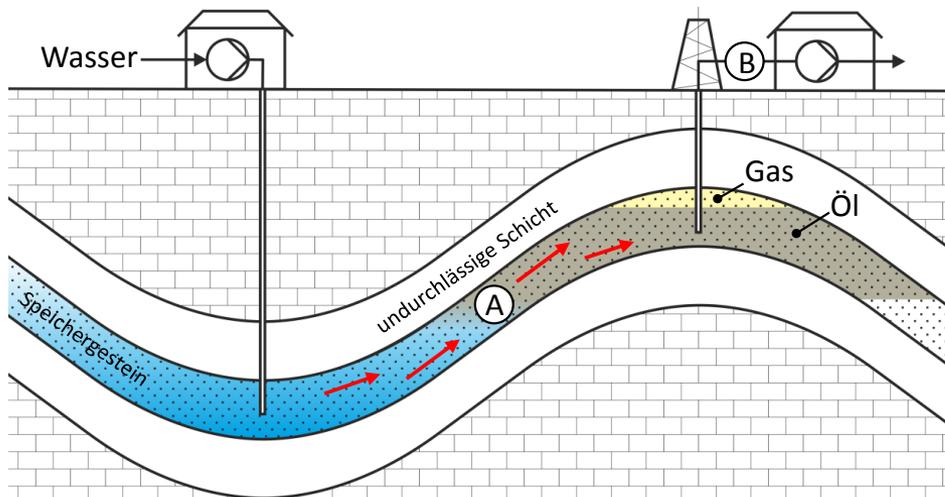
Motivation

Bei der Förderung von Erdöl treten Strömungsregime auf, die im Hinblick auf einen effizienten Betrieb wenig erforscht sind: **Strömungen in porösen Medien** müssen betrachtet werden, wenn Erdöl aus Speichergesteinen oder Ölsanden gefördert werden soll.

Zur Unterstützung der Migration des Öls wird an geeigneter Stelle ein Hilfsstoff (z.B. Wasser) eingepresst (A).

Mehrphasenströmungen sind eine Herausforderung beim Transport des Öls in Rohrleitungen. Sie können Wasser als weitere Flüssigkeit oder Gase enthalten (B).

Nicht-Newtonisches Fließverhalten ist auf das Öl zurückzuführen und muss bei allen Berechnungen berücksichtigt werden.

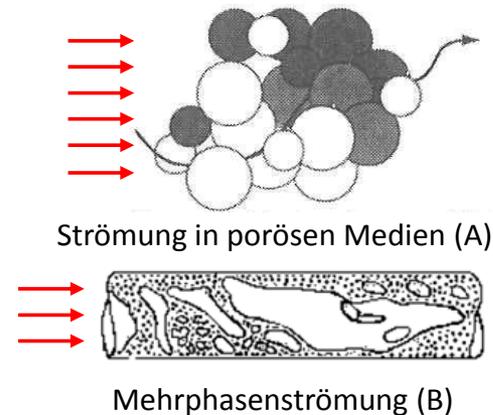


Vorgehensweise

- Einrichtung und Betrieb einer Versuchsstrecke im Umlaufprüfstand der Ruhr-Uni Bochum.
- Aufbau einer optischen Hochdruckzelle für Strömungsuntersuchungen.
- Mathematische Beschreibung der Ergebnisse.

Übertragbarkeit

Die Ergebnisse lassen sich auf andere verfahrens-technisch relevante Probleme übertragen: Strömungen in Festbettkatalysatoren, Filtern, Kolonnenpackungen, Förderungsaufgaben in der Chemie und Lebensmittelindustrie.



Motivation

Häufig werden Pumpen ungeregelt und ineffizient betrieben, Gründe sind u. a. teure Sensorik und die Erfordernis regelungstechnischer Kenntnisse. Die Entwicklung einer automatisch konfigurierbaren Drehzahlregelung für Kreiselpumpen unter Nutzung kostengünstiger, integrierter Sensorik begegnet dieser Problematik.

Vorgehensweise

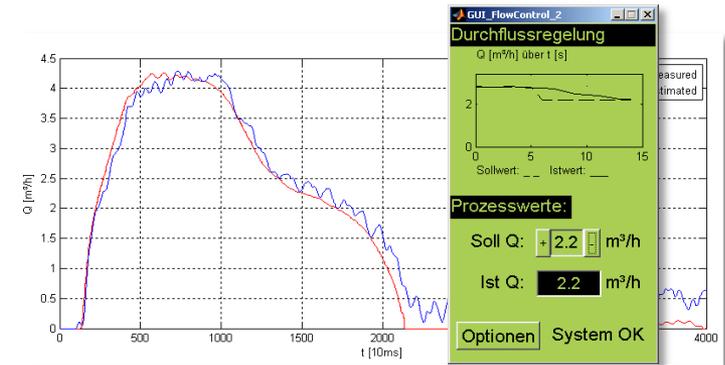
- Bündelung von Anwendungsfällen zu Szenarien. Daraus basierend Entwurf von Reglerstrukturen und Auslegungsalgorithmen.
- Einsatz von „Soft-Sensorik“ zur Schätzung des Förderstromes.
- Nutzung und Erweiterung selbst entwickelter Simulationsumgebung für hydraulische Komponenten, basierend auf MATLAB/Simulink.

Erste Ergebnisse

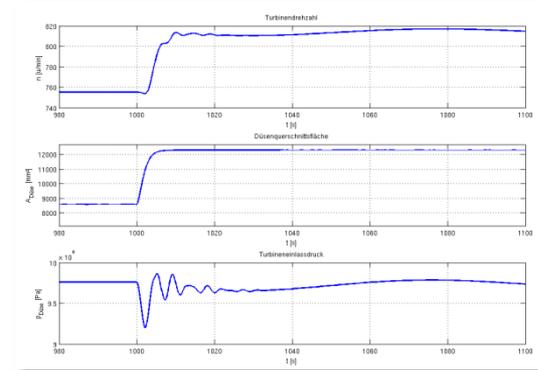
- Entwurf und Test einer dynamischen Förderstromschätzung, basierend auf Motorstrommesswerten
- Schrittweise Validierung der Identifikationsalgorithmen am Prüfstand
- Erweiterung des Simulationswerkzeuges um kompressible Rechnung, Test am Beispiel eines Speicherkraftwerkes

Kooperationen

Projekt in Kooperation mit Sterling SIHI Industry Consult, gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt. Erfahrungsaustausch mit Lehrstuhl EneSys.



Schätzung und automatisch konfigurierte Regelung des Förderstroms



Simulation Pelton turbine



Wirkungsgradoptimierung – Monitoring / Fehlerfrüherkennung – Versuchsstand-Verifikation

Motivation

- Entwicklung **energiesparender** Regelungskonzepte mit erweitertem Betriebsbereich bis in den Bereich instabile Pumpenkennlinien und Zustände instationärer Strömungen
- Ein zeitlich **hochaufgelöstes Monitoring** des Drehmoment-Zeit-Verlaufs ermöglicht eine **Fehlerfrüherkennung** und energiesparende Regelung

Vorgehensweise

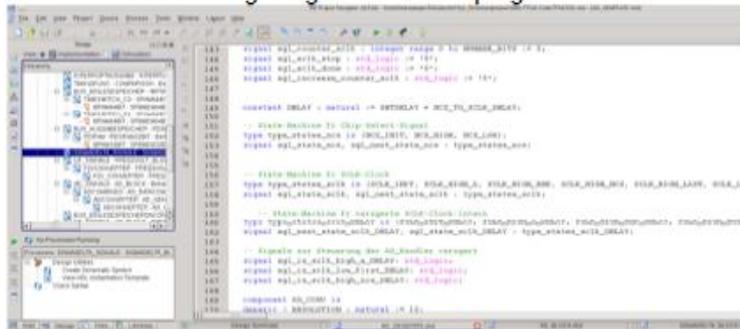
- Bestimmung eines Energieoptimums durch synchrone Optimierung der Kennlinien von Antrieb und Strömungsmaschine
- Drehmomentberechnung aus Strom und Spannung als Basis für Monitoring
- Senkung des Aufwandes bei der Verifikation des Regelkonzeptes durch „Power Hardware in the Loop“ (PHIL)
- Entwurf eines gemeinsamen Regelungskonzeptes von Antrieb und Strömungsmaschine
- Aufbau eines Laborprüfstands mit Nachbildungsfunktion und Verifikation der Regelungskonzepte durch Simulation der hydraulischen Maschine mittels PHIL
- Verifikation an realer Anlage durch Vor-Ort-Messung

Bisherige Ergebnisse

- Modelle hydraulischer Komponenten und elektrischer Maschinen sind in Echtzeit-Algorithmen umgesetzt
- Großes Einsparungspotential (60 %) ist bereits an einem Schiffsantrieb nachgewiesen
- Regelungshardware ist entwickelt und getestet
- VHDL-Code für Regelungshardware ist programmiert und befindet sich in der Testphase



Back-to-Back Umrichter



VHDL-Programmierung

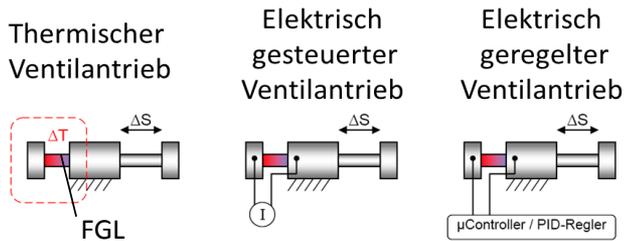


Gleichstrommaschine und Asynchronmaschine

Motivation:

Ventile auf Basis von Formgedächtnislegierungen (FGL) ermöglichen:

- Gewichtsreduktion, Leichtbauventile
- Funktionsintegration
- Hohe elektromagnetische Verträglichkeit



Festgelegte Einsatzszenarien:

1. Ablassen eines Speichertanks in der Industrietechnik
2. Kompensation von thermischen Viskositätsänderungen in Treibstoffsystemen
3. Hydrauliksteuerung in Flugzeugsystemen

Erfolgte Arbeitsschritte:

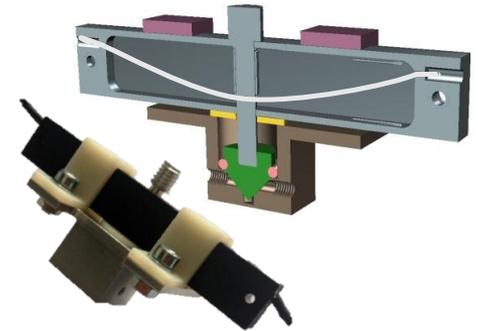
- Aufbau von Funktionsmustern
- Erste technische und Beurteilung der Funktionsmuster
- Akquise von angeschlossenen Forschungsprojekten

Zwischenergebnisse:

Modulares FGL-Steuerventil

Einsatzszenarien 1 und 2

- Gewichtsreduktion zum Benchmark: mehr als 80%
- Elektrisch gesteuerter Antrieb
- Thermischer Proportionalantrieb



Bistabiles FGL-Ventil

Einsatzszenarien 1 und 3

- Gewichtsreduktion zum Benchmark: mehr als 50%
- Elektrisch gesteuerter Antrieb
- Elektrischer Proportionalantrieb
- Rastfunktionen zur energielosen Zustandserhaltung

B-FGL-Ventil Benchmark



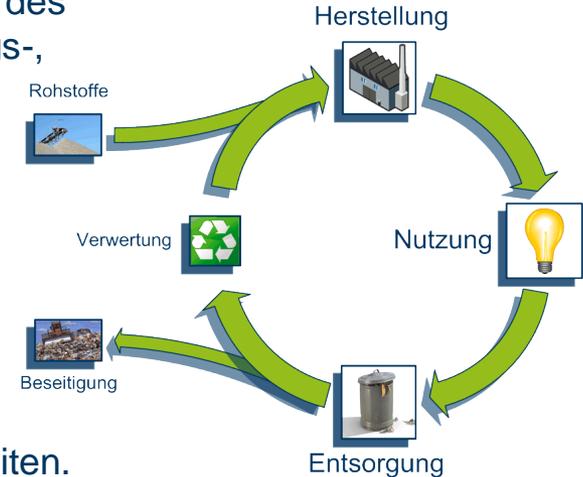
Beide Konzepte zeigen ökonomische Vorteile, insbesondere bei mittleren Stückzahlen von mehr als 30% zum Benchmark

- **Motivation**

In Industrieländern ist ca. 10 % des Stromverbrauchs auf Pumpensysteme zurückzuführen.

Um mögliches Optimierungspotential aufzuzeigen ist die Betrachtung des gesamten Lebenszyklus von Pumpen, bestehend aus der Herstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase erforderlich.

Durch eine lebenszyklusweite Betrachtung können neben dem Energiebedarf auch Aussagen über den Ressourcenbedarf sowie die resultierenden Umweltwirkungen getroffen werden.



- **Vorgehensweise**

Abbildung des kompletten Lebenszyklus von ausgewählten Pumpensystemen innerhalb einer Ökobilanz in Anlehnung an die DIN EN ISO 14040/14044 und die Erarbeitung von Einflussmöglichkeiten.

- **Bisherige Ergebnisse**

Die stromintensive Nutzungsphase weist einen signifikanten Anteil am Lebenszyklus beim Treibhauspotenzial und beim Kumulierten Energieaufwand auf. Die größten Einflussfaktoren sind dabei der Wirkungsgrad, das Lastprofil sowie der verwendete Strommix. Bei Pumpensystemen mit hoher Betriebsstundenzahl und langer Lebensdauer liegt der Anteil der Herstellungsphase hingegen im einstelligen Prozentbereich.

- **Weitere Schritte**

In einem weiteren Schritt wird ein Tool erstellt. Es dient dazu gemeinsam mit Pumpenherstellern Screening-Analysen von ausgewählten Pumpensystemen durchführen können. Hierbei soll eine kundenspezifische Abbildung der Nutzungsphase ermöglicht werden.

Motivation

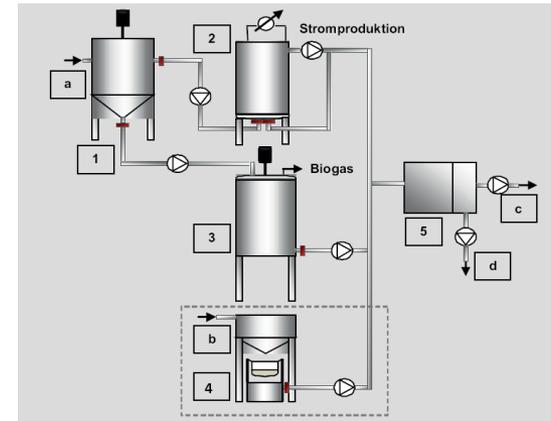
Durch den Einsatz von energieproduzierenden Verfahren soll ein Teil der im häuslichen Abwasser enthaltenen chemischen Energie zurückgewonnen werden, um den Nettoenergieverbrauch einer dezentralen Abwasserreinigungsanlage zu senken.

Vorgehensweise

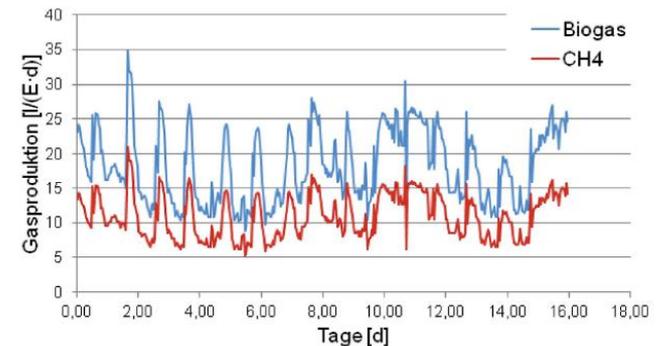
- Entwicklung eines dezentralen Abwasserreinigungskonzeptes mit Stoffstromtrennung
- Aufbau und Betrieb einer Versuchsanlage
- Monitoring der Abwasserreinigungsleitung sowie Biogas- bzw. Stromproduktion
- Erprobung unterschiedlicher Steuerungskonzepte für den optimalen Betrieb der Versuchsanlage
- Erstellung eines mathematischen Simulationsmodells zur Bewertung der Energieeffizienz des Systems unter besonderer Berücksichtigung energieintensiver Komponenten wie Pumpen, Rührwerke und Belüfter

Ergebnisse

Die bisherigen Versuche zeigen gute Biogasausbeuten. Besonders der Einsatz von Küchenabfällen als Cosubstrat erhöht den Energiegewinn. Mithilfe der mikrobiellen Brennstoffzellen konnte direkt Strom erzeugt werden. Die bisherigen Versuche haben Potenziale aufgezeigt, die es durch weitere Forschungsaktivitäten auszubauen gilt.



Anlagenkonzept: 1 Hydrolyse reactor, 2 Mikrobielle Brennstoffzelle, 3 Volldurchmischer Anaerobreaktor, 4 Struvitfällungsreaktor (wird nicht am LSU aufgebaut), 5 Membranbioreaktor



Einwohnerspezifische Biogas und Methanproduktion aus der Hydrolyse und dem anaeroben Fermenter

In Abstimmung mit:



• Motivation

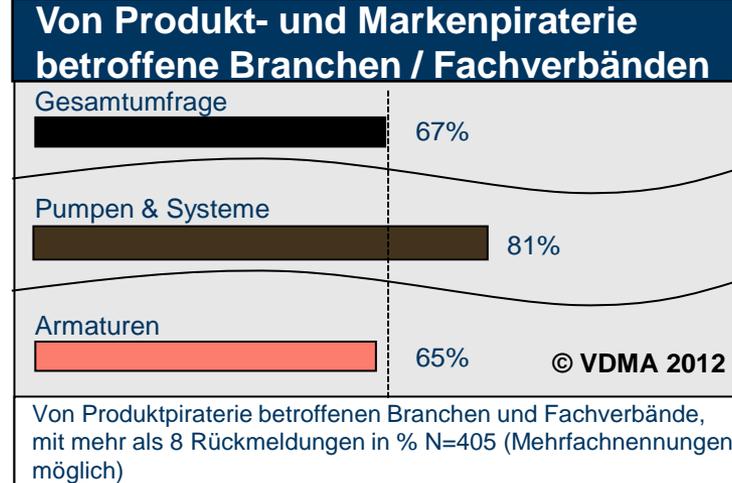
(Illegale) Produktnachbauten stellen die deutsche Pumpen- und Armaturen-Industrie vor eine ernst zu nehmende Herausforderung

• Vorgehensweise

Entwicklung und Erprobung von technischen Schutzkonzepten mit Hilfe von Kennzeichnungstechnologien, wie z.B. RFID oder Barcode sowie Erschließung weiterer Nutzenpotenziale für kennzeichnungsbasierte Anwendungen

• Ergebnis

- Entwicklung und Validierung eines für Pumpen geeigneten Produktauthentifizierung-Verfahrens, das mit Hilfe von QR-Code sowie Smartphones eine speziell erweiterte Produktdokumentation bereitstellt
- Entwurf und Erprobung weiterer Anwendungsbereiche für Kennzeichnungstechnologien (z.B. eines Verfahrens zur Verbesserung der Usability komplexer Pumpensysteme)



Plagiatschutz
Case Studies
an Manometern



Usability
Case Studies
unter Anwendung
von
Kennzeichnungs-
technologien