



Hand-Out zum sechsten Beiratstreffen / Seminar Hydraulische Strömungsmaschinen mit einem kompakten Überblick über die Forschungsarbeiten

Montag, 22. April 2013, 10:30 – 15:00 Uhr
Seminarraum IB 6 / 155 der RUB, 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

WMA

WMA

WMA

WMA

WMA


WMA

WMA

WMA

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

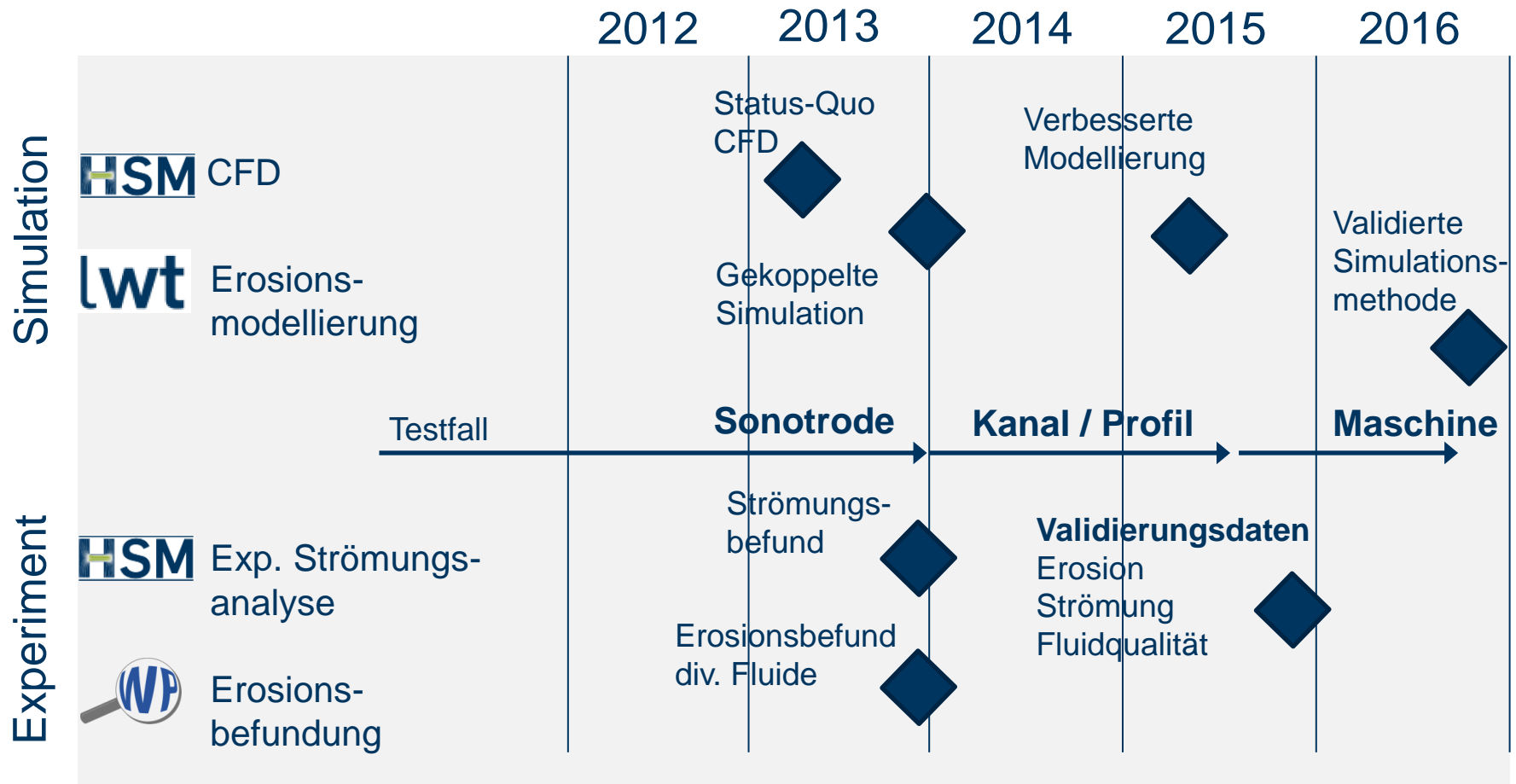
Die Aufgabe des Beirats ist ein regelmäßiges Review der Forschungsaktivitäten des Forschungsverbundes (Beiratssitzungen, Berichte)

- 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
- Zies
 - Möller
 - Herbers
 - Deilmann
 - Fritz
 - Hirschberger
 - Kösters
 - Necker
 - Beukenberg, Töws
 - Iben

 - Kosyna
 - Brümmer
 - Deerberg, Weber
 - Frank
 - Peuling

- Strömungsmechanik der Hydraulischen Strömungsmaschinen (Prof. Skoda, Jun. Prof. Hussong)
 - Kavitationsmodellierung
 - NPSH-Messungen in Kreiselpumpen
 - Simulation kavitierender Strömungen in Kreiselpumpen
 - Solverentwicklung in OpenFoam / Spaltströmungen
- 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)
- Anforderungen an Pumpen in neuen Wasseraufbereitungskonzepten (Prof. Wichern)
- Technischer Know-how Schutz (Prof. Abramovici)

- Gemeinsames Ziel: Entwicklung einer Simulationemethode zur Vorhersage des Einflusses unterschiedlicher Werkstoffe und Fluide



Motivation und Ziel:

- Für die Berechnung kavitierender Strömungen sowie Kavitationserosion existieren derzeit noch keine zuverlässigen Berechnungsmethoden.
- Ziel ist daher die gekoppelte Vorausberechnung des Werkstoff- und Fluideinflusses auf Ort, Beginn und Fortschritt von Kavitationserosion.

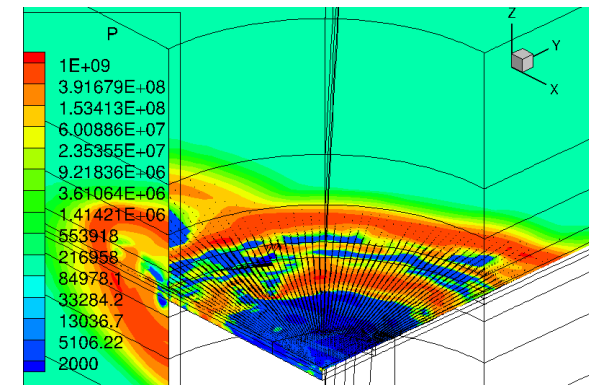
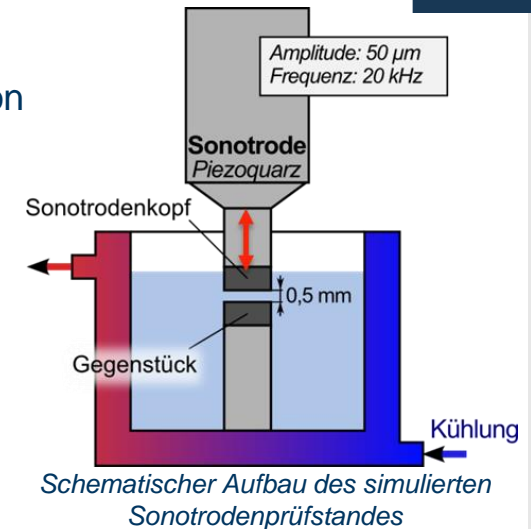
Vorgehensweise:

- Entwicklung von kompressiblen 3D CFD-Verfahren (hydRUB)
- Netzunabhängige Bewertung der Kavitationserosion über die berechnete Wandbelastung
- Entwicklung einer Kopplungsmethode von hydRUB und Blasenmodellen
- Gekoppelte Berechnung von Strömung und Werkstoffabtrag (Zusammenarbeit mit LWT)
- Validierung anhand der Sonotrodenströmung
 - Erosiver Materialabtrag über Profilmessung
 - Blasenspektrum und Strömungsfeld über optische Messmethoden



Bisherige Ergebnisse:

- Das Simulationsverfahren hydRUB ist erweitert um: oszillierende Netzbewegung; Raumerhaltung; statistische Analyse transienter Wandbelastungen; Detektion von Kollapsen
- 3D-Sonotrodenströmung ist berechnet und die ermittelte Erosionswahrscheinlichkeit zeigt qualitativ gute Übereinstimmung zu Messdaten
- Rechenzeit konnte durch eine vereinfachte Geometrie (90°-Teilgeometrie) reduziert werden.



Momentaufnahme der Druckverteilung der kavitierenden Strömung im Spalt einer Sonotrode (90°-Teilgeometrie.)

Motivation und Ziel:

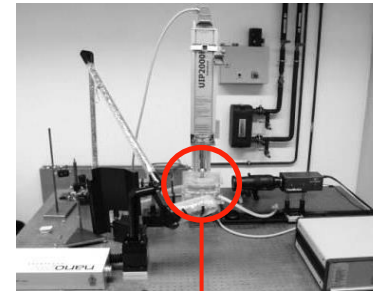
Untersuchung des Einflusses der Fluidqualität (Temperatur und Partikelbeladung) auf das Kavitationsverhalten am Beispiel einer ultraschallinduzierten Zweiphasenströmung.

Vorgehensweise:

- Durch schnelle Schwingungen (Anregungsfrequenz 20kHz, Schwingungsamplitude 50 μm) eines in Wasser eingetauchten Festkörpers (Sonotrode) wird ultraschallinduzierte Kavitation erzeugt.
- Das unterhalb der Sonotrode erzeugte Dampfblasenspektrum wird im Durchlichtverfahren aufgenommen.
- Parameterstudien von Temperatur und Partikelbeladung in Bezug auf die Verteilungsdichte und Größe des Dampfblasenfeldes und somit der Kavitationsintensität sollen durchgeführt werden.
- Die durch Ultraschall induzierte Geschwindigkeitsverteilung des Blasenspektrums und des umgebenden Fluides werden mittels PIV quantifiziert.
- Die Ergebnisse dienen unter anderem zur Simulationsevaluierung

Bisherige Ergebnisse:

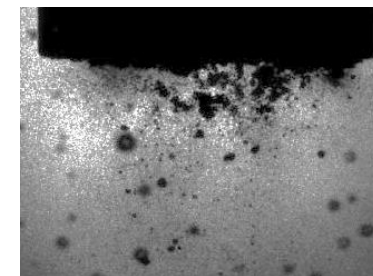
- Erste Aufnahmen des Blasenspektrums im Durchlichtverfahren



Versuchsaufbau zur Aufnahme des Dampfblasenspektrums mittels Durchlichtverfahren



Optisch zugänglicher Behälter zur Visualisierung des Dampfblasenfeldes



Vorläufige Momentaufnahme des Blasenspektrums im Durchlichtverfahren unterhalb des Sonotrodenkopfes

Motivation und Ziel:

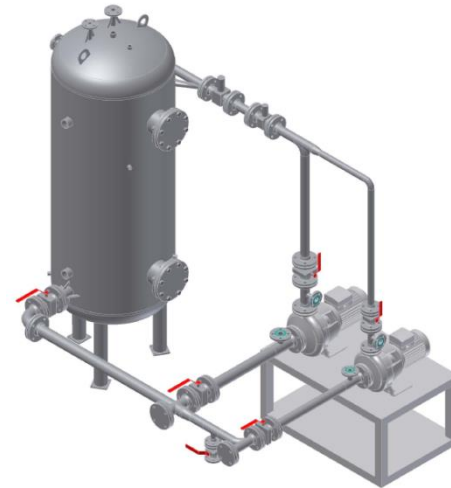
- Die Fluidqualität (Art des Fluides, Gehalt an gelöster und ungelöster Luft, Keimspektrum, Partikelbeladung, Zugfestigkeit) hat einen entscheidenden Einfluss auf kavitierende Strömungen in hydraulischen Strömungsmaschinen.
- Ein Verständnis der Zusammenhänge zwischen Fluidqualität und ihrer Auswirkungen 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
- Aktuell: Einbau eines optischen Zugangs (Endoskop-Stroboskop) zur RP12

Bisherige Ergebnisse:

- Der Pumpenprüfstand mitsamt Messtechnik ist aufgebaut und befindet sich in der Inbetriebnahme.



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 Strömungssimulationen auch für Langsamläufer ist das Ziel des Vorhabens.

Vorgehensweise:

- Ermittlung des Status-Quo von kommerziellen Standard-Verfahren
- Verwendung strukturierter und unstrukturierter Netztopologien
- Validierung der numerischen Simulationsergebnisse mit In-house Messdaten
- Verwendung kompressibler Verfahren (in-house-Entwicklungen und Erweiterungen von OpenFoam) zur Verbesserung der Vorhersage

Bisherige Ergebnisse:

- Gute Übereinstimmung der Simulationsergebnisse (einphasige Strömung) mit gemessenen Kennlinien.
- Zeitersparnis bei der Netzgenerierung durch Verwendung von Hybridnetzen.
- Untergeordneter Einfluss der Netzstruktur auf die Simulationsergebnisse (Kennlinie).

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

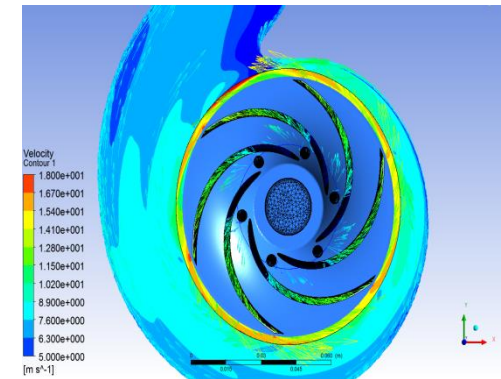


Bild 1: Geschwindigkeitsverteilung

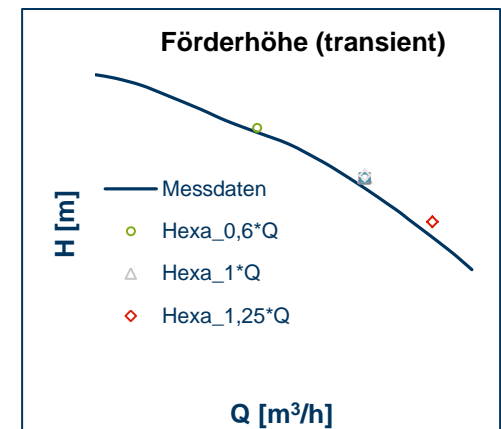
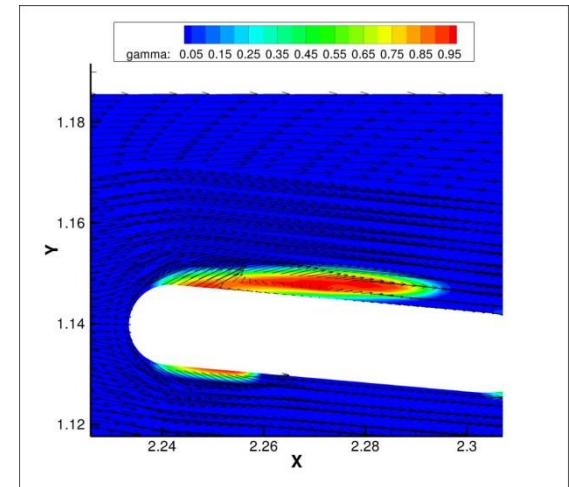


Bild 2: Kennlinie (Förderhöhe)
 $n_q = 50$ 1/min: Mess- und Simulationsdaten

Motivation:

- Der Einsatz von Open Source-Software in Forschung & Lehre wie auch in Unternehmen ist grundsätzlich wünschenswert, da keine Lizenzgebühren anfallen und die Software leicht um eigene Funktionalitäten erweitert werden kann
- Das Open Source Framework OpenFOAM stellt Funktionalitäten bereit, auf deren Basis eigene CFD-Löser entwickelt werden können
- Der Inhouse-Löser hydRUB ist für industrielle Anwendungen eher ungeeignet, da die Eingabedaten keinem Standard folgen („akademischer Code“) → Handling schwierig zu erlernen



Erstes Simulationsergebnis der Strömung um ein CLE-Profil für $\sigma=1,0$

Vorgehensweise:

- Implementierung der dem Inhouse-Löser hydRUB zugrunde liegenden Flussfunktion für kompressible kavitierende Strömungen sowie des barotropen Zustandsgesetzes in OpenFOAM
- Validierung am Hydrofoil: Vergleich verschiedener Kavitationsmodelle (barotrop, Merkle-Modell, Kubota-Modell etc.)
- Übertragung auf Testfälle mit Spaltströmungen

Bisherige Ergebnisse:

- Sicherstellung der korrekten OpenFOAM-Implementierung anhand dreier Riemannprobleme (Stoßwellenrohr)
- Erste Ergebnisse für die Strömung um ein Hydrofoil mit räumlicher Diskretisierung 1. Ordnung liegen vor. Diese zeigen gute Übereinstimmung zu mit hydRUB erzielten Ergebnissen.

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:

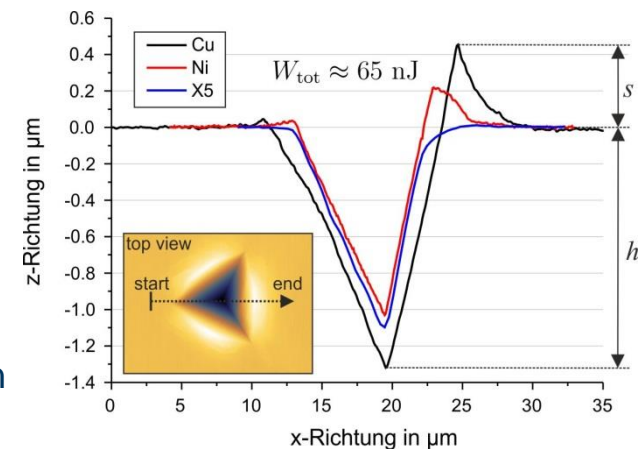
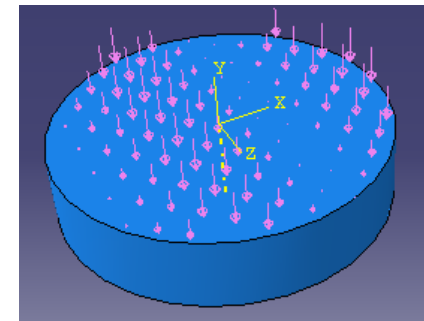
- Beschreibung und Vorhersage des Werkstoffverhaltens unter Kavitationsbeanspruchung
- Modellierung der Mechanismen und Einflüsse auf die Kavitationserosion von Werkstoffen

Vorgehensweise:

- 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.
- Erste Kopplung zwischen Strömungs- und Werkstoffsimulation
- Lokale mechanische Charakterisierung und Materialparametergewinnung mittels Nanoindentationsmessungen



Motivation:

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

Vorgehensweise:

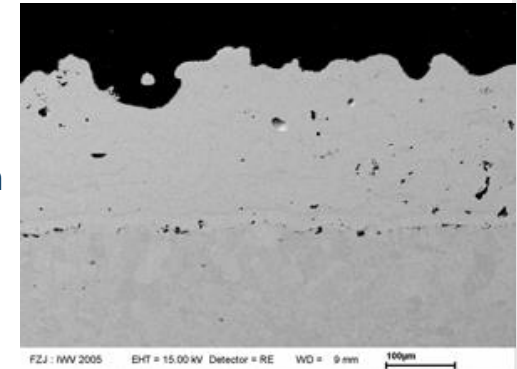
- Entwicklung /Testen von NiTi-FGL-Beschichtungen
- Optimierung der Beschichtungsparameter
- Optimierung der Oberflächengüte der Schichten
- Optimierung der Schichtdicke und –anbindung durch Nachsintern

Bisherige Ergebnisse:

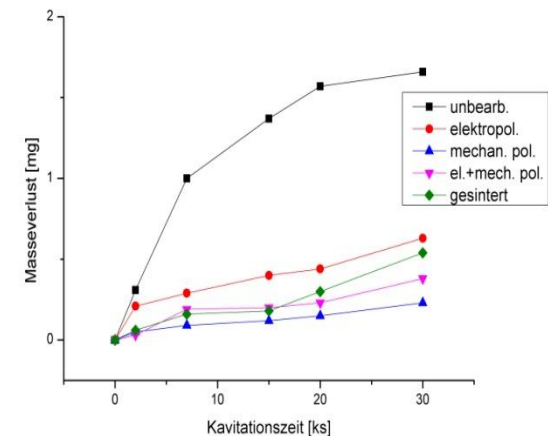
- Pseudoelastischer Effekt abhängig von Spritzparametern beim Plasmaflammspritzen
- Oberflächenbehandlung (mechan./elektrolyt.) bewirkt weitere Kavitationsresistenzsteigerung der Beschichtungen
- Zusätzliches Sintern der Schichten erbrachte Porenverminderung und bessere Schichthaftung

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:

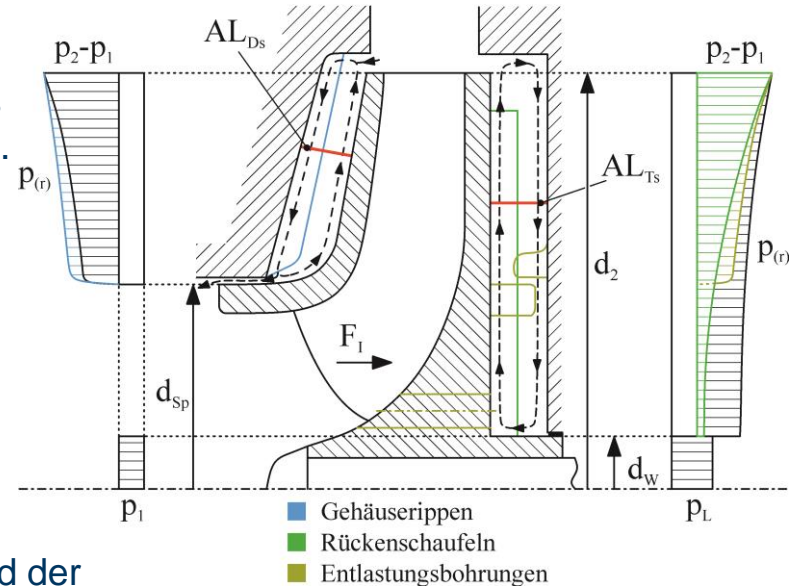
- Axialschub in Magnetkreiselpumpen ist aufgrund des geringen Bauraums im Bereich der Lagerung kritisch.
- Optimierung durch Verminderung des Axialschubes bei maximalem Wirkungsgrad

Vorgehensweise:

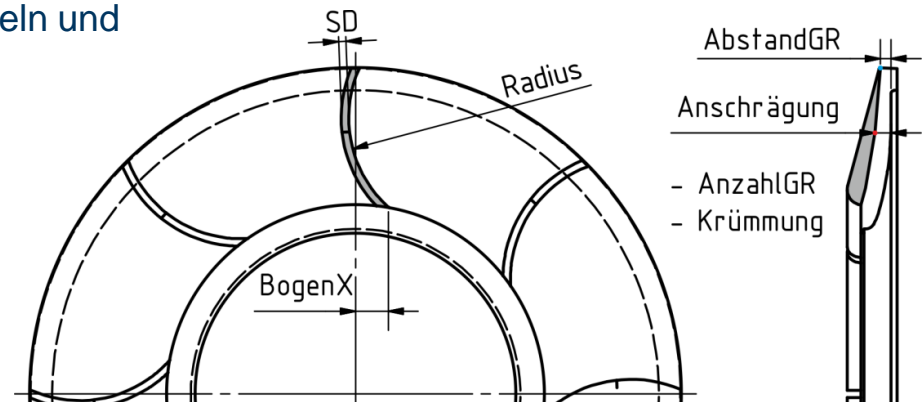
- Erzeugung von transienten Strömungssimulationen
- Qualitätssicherung der Modelle (Netzstudie, Validierung durch Messungen)
- Bewertung der aktuellen Entlastungsmaßnahmen und der Radseitenraumströmung
- Optimierung der Entlastungsmaßnahmen durch Variation von Gehäuserippen, Rückenschaufeln und Entlastungsbohrungen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

Aktueller Stand:

- Erzeugung Ausgangsmodell abgeschlossen
- Vorbereitung von Validierungsmessungen
- Durchführung autom. Optimierung von Gehäuserippen über Geometrieparametrisierung



Entstehung von Axialschub in Kreiselpumpen und hydraulische Entlastungsmaßnahmen



Geometrieparametrisierung von Gehäuserippen

Motivation

- Hohe Temperaturen forcieren in Radialkreiselpumpen Kontaktprobleme an Bauteiloberflächen und Überhitzungen von Teilkomponenten
- Ziel: Untersuchung der Temperaturverteilung und thermischen Verformung → Vorhersage des thermischen Bauteilverhaltens

Vorgehensweise

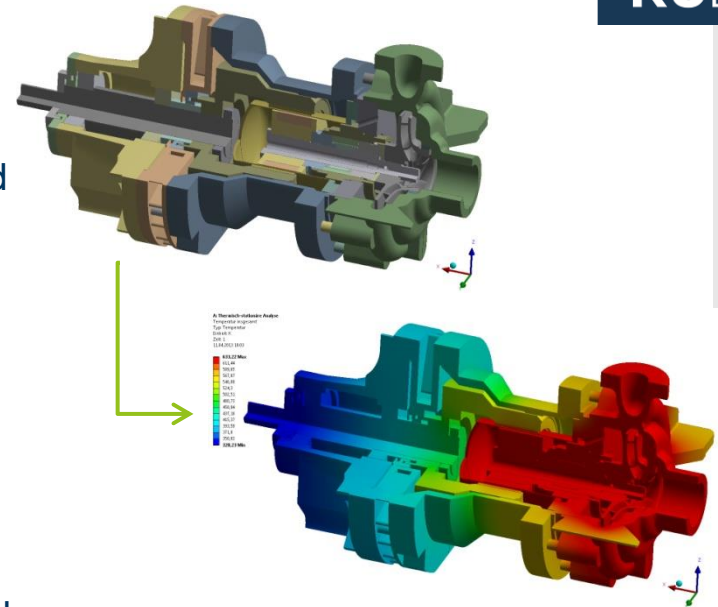
- Methodenentwicklung der numerischen Fluid-Struktur-Interaktion und experimentelle Validierung der Simulationsergebnisse mittels eines Hochtemperaturprüfstands → Kooperation: Lehrstuhl für thermische Turbomaschinen

Aktueller Stand

- Untersuchung des kompletten Pumpenaggregats (inklusive Antriebseinheit)
- Transiente thermische- und stationäre thermo-mechanische Simulationen von Hydraulikeinheiten

Industriekooperationen

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



Temperaturplot der Magnetkupplungspumpe



Hochtemperaturprüfstand

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/m ³			prop2:	5 MPa	
9								
10		T	300 K			T	300 K	
11		D	80000 mol/m ³			D	55438,80167 mol/m ³	
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 zurzeit Stoffgrößen für ca. 70 Reinstoffe mit Fundamentalgleichungen berechnet werden.
- Es wurden bereits Algorithmen zur Berechnung von Gemischen implementiert, hier ist jedoch auch weiterhin noch Arbeit nötig.
- Die Routinen zur Abschätzung der Unsicherheit werden auf weitere Stoffe übertragen und getestet.
- Falls keine hochgenaue Zustandsgleichung zur Verfügung steht, kann auf eine einfachere (kubische) Gleichung zurückgegriffen werden. Dafür wurde bereits die Gleichung von Soave-Redlich-Kwong für thermische Zustandsgrößen implementiert.

Kooperation

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



Untersuchung von Strömungsregimen bei der Erdölförderung

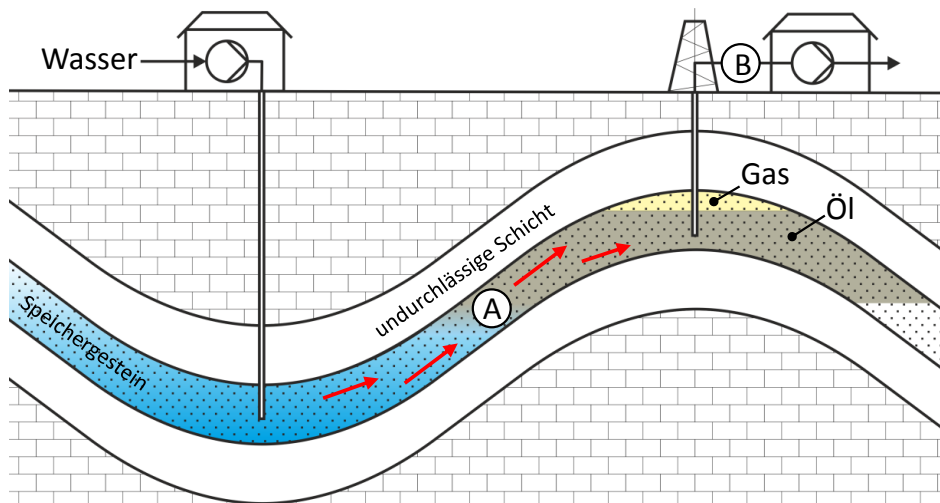
Motivation

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.

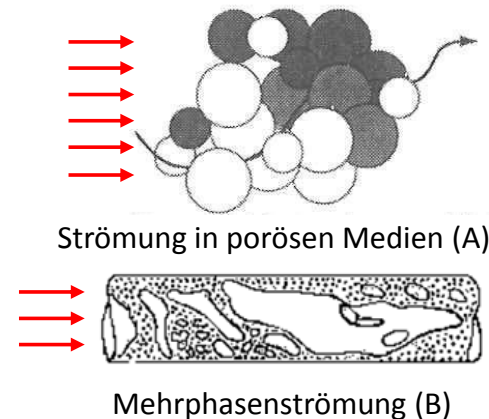


Vorgehensweise

- 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

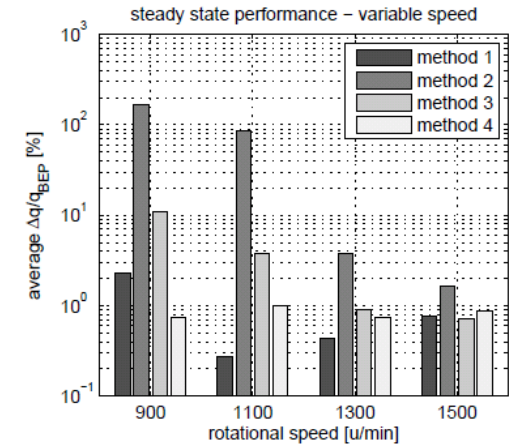
- Bündelung von Anwendungsfällen zu Szenarien. Darauf basierend Entwurf von Reglerstrukturen und Auslegungsalgorithmen.
- Einsatz von „Soft-Sensorik“ zur Schätzung von Prozessgrößen.
- Nutzung & Erweiterung selbst entwickelter Simulationswerkzeuge für hydraulische Komponenten, basierend auf MATLAB/Simulink.

Erste Ergebnisse

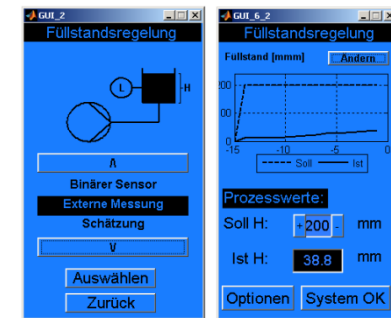
- Dynamische Förderstromschätzung basierend auf Motorstrommesswerten erfolgreich implementiert.
- Schrittweise Erprobung der Szenarien und Identifikationsalgorithmen am Prüfstand.
- Implementierung und Erprobung geeigneter Reglersyntheseverfahren.

Kooperationen

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



Vergleich von Förderstromschätzmethoden



Benutzerschnittstelle

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

Bisherige Ergebnisse

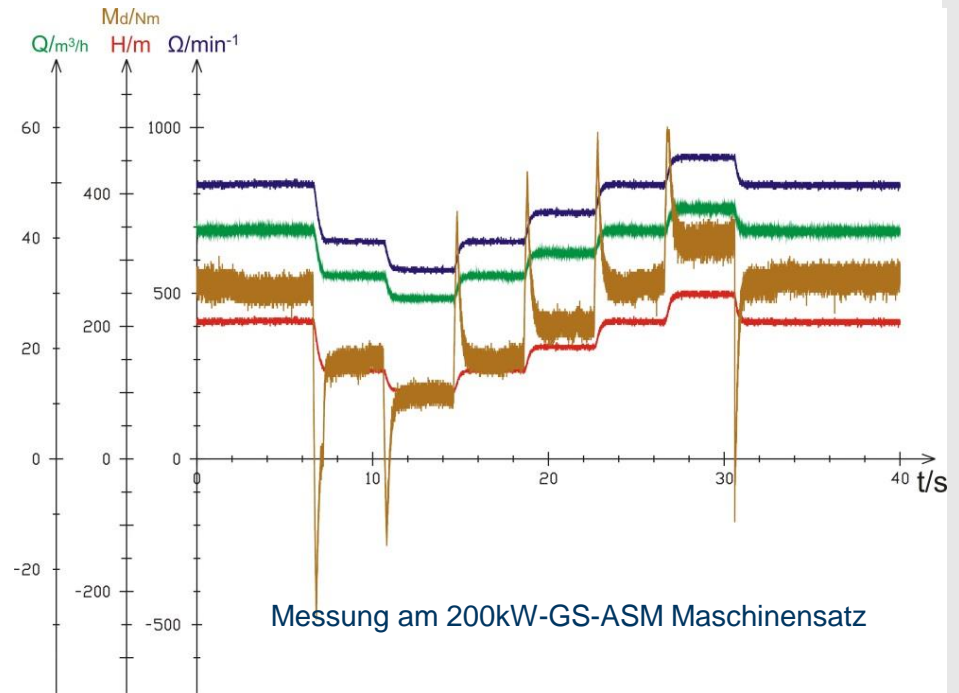
- Modelle hydraulischer Komponenten und Regelung der elektrischer Maschinen sind im Regelungssystem integriert
- Realisierung einer schnellen Messwerverfassung mit hoher Abtastrate als Basis für das Monitoring
- Zyklischer Betrieb eines Regelungssystem mit einer Zykluszeit von 100 μ s
- Erste Emulationsmessung einer 30kW-Kreiselpumpe mit ASM-Antrieb ist fertig



Auslesezyklus der Messwerverfassung

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



FGL-Ventile mit Serviceoptionen:

Nach erfolgreicher Entwicklung elektrischer und thermischer FGL-basierter Ventile für die Einsatzbereiche Automobil-, Industrie- und Luftfahrttechnik verfolgt der LPS die Integration eines Serviceanteils in FGL-Ventilsysteme. Zunächst wird der Fokus auf die Zustandsüberwachung im Betrieb und die elektrische Schalthoption thermischer Ventile gelegt.

Bewertung der technologischen Potentiale:

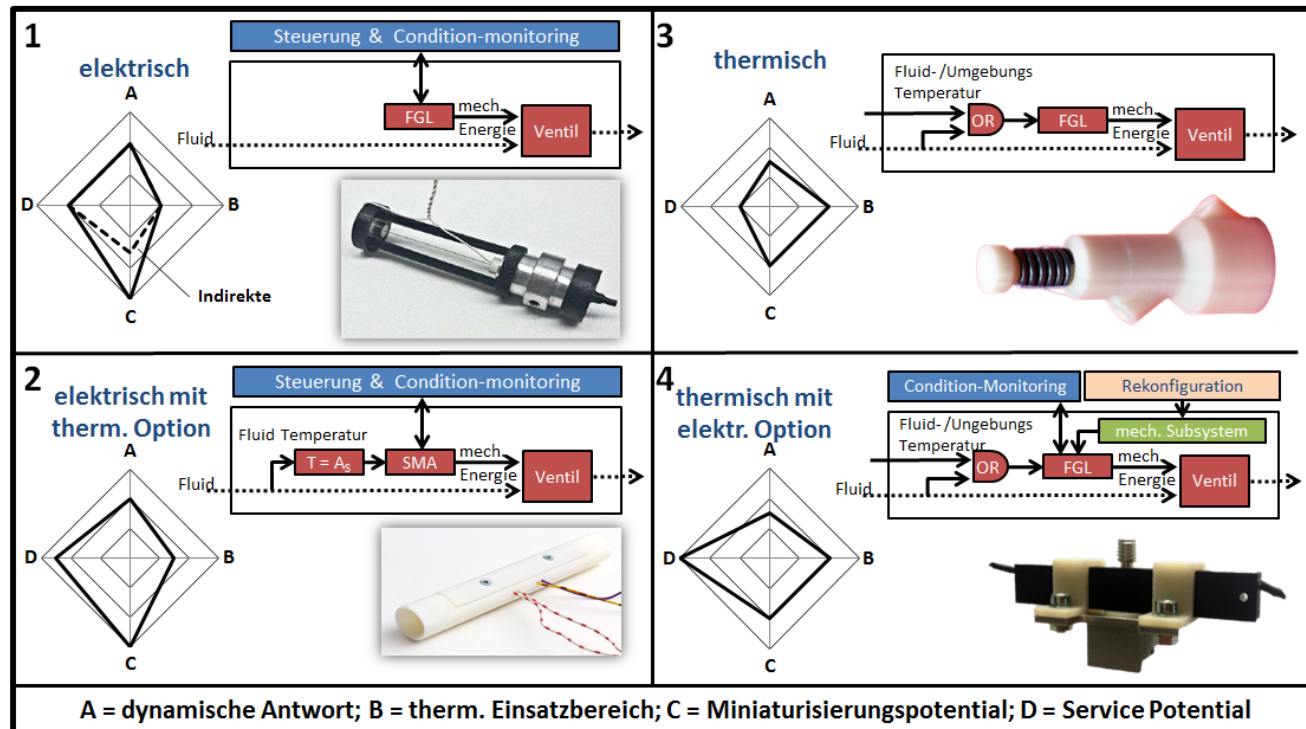
Die im Projekt entwickelten Ventile werden in Versuchen auf technische Einsetzbarkeit hinsichtlich der Stelldynamik, thermischen Einsatzgrenzen, Miniaturisierungspotentialen und Serviceoptionen hin bewertet. Die systematische Bewertung dient zur Erschließung eines Lösungsfeldes für FGL-Ventile. Aus dieser Untersuchung ergab sich neues Einsatzpotential für zustandsüberwachte Ventile für den Bereich Luftfahrt-Interior. Eine Projektskizze zum Thema FGL-Ventile beim BMWi im Rahmen LuFo „ökoeffizientes Fliegen“ wurde eingereicht.

Zwischenstand und

Ausblick:

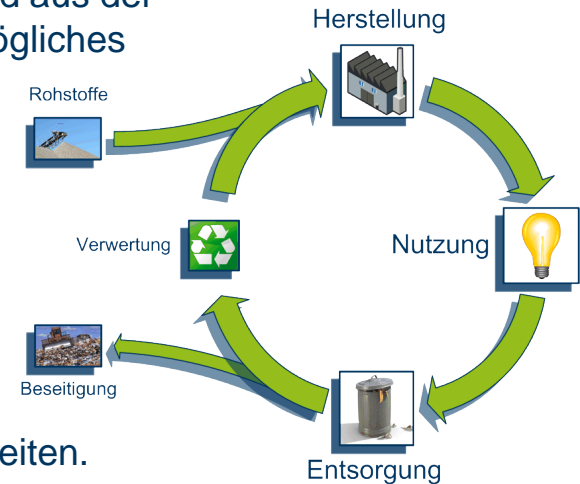
Zur Zeit werden Untersuchungen zur Kombination von massiven FGL-Halbzeugen und thermisch aktivierbaren Lacken durchgeführt um die Skalierbarkeit der Anwendungsszenarien zu überprüfen.

In den nachfolgenden Schritten werden energetische Vergleiche zwischen elektromagnetischen und FGL-basierten Ventilen durchgeführt. Ein Vergleich zwischen beiden Lösungsprinzipien soll die technologische Potentialbewertung hinsichtlich Energiebedarf ergänzen.



Motivation

- In Industrieländern ist ca. 10 % des Stromverbrauchs auf Pumpensysteme zurückzuführen.
- Neben der alleinigen Berücksichtigung einer verbesserten Energieeffizienz in der Nutzungsphase ist die Betrachtung des gesamten Lebenszyklus von Pumpen bestehend aus der Herstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase erforderlich, um mögliches Optimierungspotenzial aufzuzeigen.
- Durch eine lebenszyklusweite Betrachtung können neben dem Energiebedarf auch Aussagen über den Ressourcenbedarf sowie die resultierenden Umweltwirkungen getroffen werden.

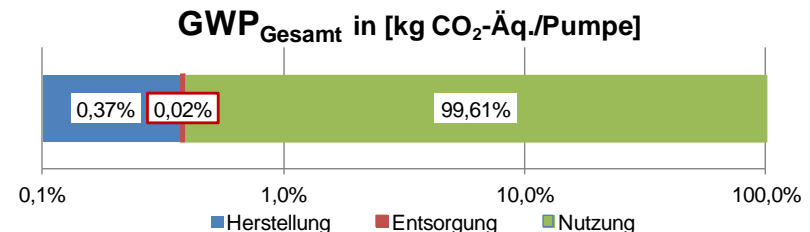


Vorgehensweise

- 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 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.
- Untersuchungen haben gezeigt, dass die ermittelten Einflussfaktoren auch für hocheffiziente Pumpen gültig sind.



Darstellung des Treibhauspotenzials einer Hocheffizienz-Pumpe für den Pumpenstandort Deutschland bei einer Lebensdauer von 15 Jahren

Motivation

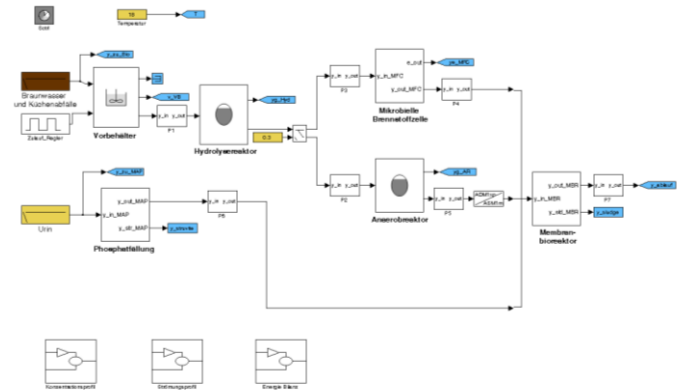
- Entwicklung eines neuartigen dezentralen Abwasserreinigungskonzeptes mit Stoffstromtrennung
- Energierückgewinnung aus Stoffströmen
- Reduktion des (Netto-) Energieverbrauchs für erforderliche Komponenten (Pumpen, Rührwerke, Belüftung etc.) durch gezielte Steuerung

Vorgehensweise

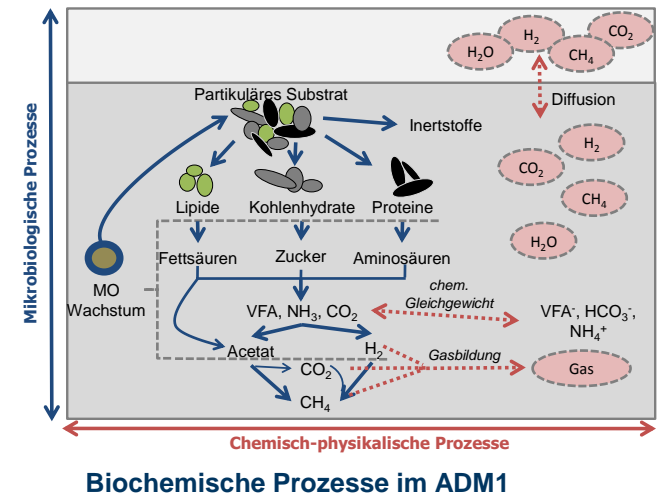
- Betrieb der Versuchsanlage mit unterschiedlichen Lastfällen (Co-Substrate) und verschiedenen EMSR- Konzepten
- Monitoring der Abwasserreinigungsleitung sowie Biogas- bzw. Stromproduktion der Versuchsanlage
- Entwicklung eines math. Simulationsmodells zur Bewertung der Energieeffizienz des dezentralen Systems unter besonderer Berücksichtigung der Pumpen, Rührwerke, Belüfter etc.

Ergebnisse /weiteres Vorgehen

- Küchenabfälle (Co-Substrat) erhöhen die Biogasproduktion
- Ermittlung von Einflussfaktoren auf die direkte Stromproduktion in mikrobiellen Brennstoffzellen (Batch-Versuchsreihen)
- Kalibrierung bzw. Validierung der biochemischen Prozesse (u.a. ASM3, ADM1) sowie Energiebilanzen der gesamten Versuchsanlage
- „Up-Scaling“ des Abwasserreinigungskonzeptes



Mathematisches Modell des dezentralen Abwasserreinigungskonzeptes



In Abstimmung mit:



Motivation

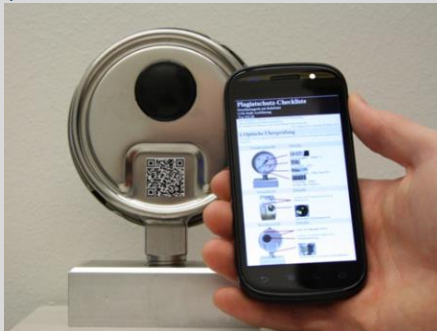
Neuentwicklungen von Produktkennzeichnungstechniken (z.B. QR-Code und RFID-Tags) sowie Kommunikationstechnologien (z.B. NFC) und smarterer Endgeräte (z.B. NFC-fähige Smartphones sowie Tablet-PCs) ermöglichen neue Mehrwert schaffende Services zur Verbesserung von Produkten und der Produktnutzung

Vorgehensweise

Identifikation, Konzipierung und Erprobung neuer Mehrwertservices für hydraulische Strömungsmaschinen auf Basis der oben beschriebenen neuen Technologien

Ergebnis

Mobile Dokumentationslösung zur
Produktauthentifizierung
für den Schutz vor Produktfälschungen
(Case Studies an Manometern)



Mobile Produktnutzungs-Kurzanleitung
zur Verbesserung der Product-Usability
(Case Studies an Pumpensystemen)

