



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

Dienstag, 24. April 2012, 13:30 – 18:00 Uhr  
Horst-Görtz-Saal, Lise-Meitner-Allee 4, 44801 Bochum

Prof. Dr.-Ing. Romuald Skoda  
Lehrstuhl für Hydraulische Strömungsmaschinen (HSM)  
Ruhr-Universität Bochum  
Universitätsstr. 150, 44780 Bochum  
[www.hsm.rub.de](http://www.hsm.rub.de)  
[hydro@rub.de](mailto: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, Produktionstechnik/Servicekonzepte

#### Antriebstechnik / Mechatronic

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)  
El. Energietechnik und Leistungselektronik (EELE)  
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.

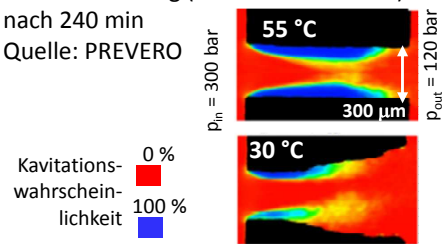
# Strömungsmechanik und Kavitationserosion

## Motivation



Bei leicht erhöhter Fluidtemperatur (~25 K) ist bei einer Testkanalgeometrie bereits eine deutlich verstärkte Kavitationserosion zu beobachten. Das Phänomen kann in der Simulation unter Verwendung eines barotropen Kavitationsmodells nicht vorhergesagt werden.

Erosionsbefund an einer planaren Drosselströmung (Diesel – Aluminium) nach 240 min  
Quelle: PREVERO



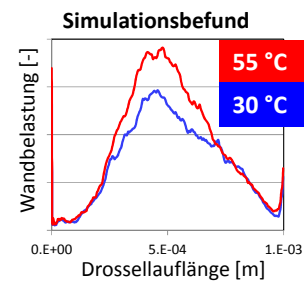
## Vorgehensweise

Korrosionsversuche in Zusammenarbeit mit dem Lst. f. Werkstofftechnik zeigen keinen Hinweis auf Korrosion als mögliche Ursache. Im nächsten Schritt wird die Energiegleichung in der Strömungssimulation (Medium: Wasser) berücksichtigt.



## Bisherige Ergebnisse

Die Simulation mit Energiegleichung und energetischem Stoffmodell zeigt höhere Lastspitzen bei der höheren Temperatur. Eine Ursache für die stärkere Erosion bei höheren Temperaturen ist folglich die Temperaturabhängigkeit der Stoffdaten.

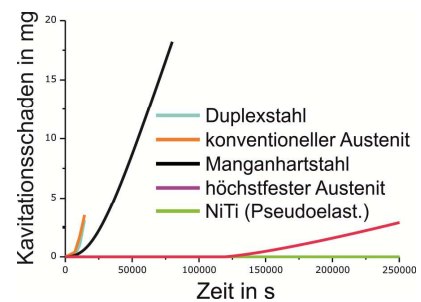


HSM, Prof. Romuald Skoda

# Werkstoffe hydraulischer Strömungsmaschinen

## Motivation

Konventionelle Werkstoffe haben eine begrenzte Lebensdauer aufgrund des Zusammenspiels von Korrosion, Abrasion und Kavitationserosion. Es besteht der Bedarf an verbesserten Werkstofflösungen.

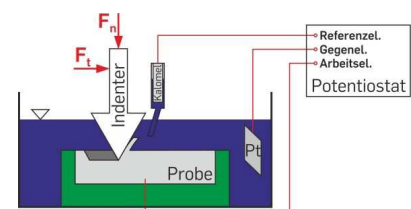


## Vorgehensweise

- Entwicklung kavitationsbeständiger Werkstofflösungen mittels zweier Wege:
  - höchstfeste **austenitische Stähle** und pulvermetallurgische Schichten (Lst. Werkstofftechnik)
  - Plasmaspritzschichten mit Pseudoelastizität (Werkstoffprüfung)
- Vorhersage von Kavitationsschäden (Zusammenarbeit HSM)
- Entwicklung von Stählen mit hohem Widerstand gegen Abrasion und Korrosion
- Untersuchung des Zusammenwirkens von Abrasion und Korrosion durch Aufbau eines Ritzkorrosionsstands



Schematischer Aufbau des Ritzkorrosionsstands



LWT, Prof. Stephan Huth

## Beschichtungen aus pseudoelastischem NiTi als Kavitationsschutz

### Motivation

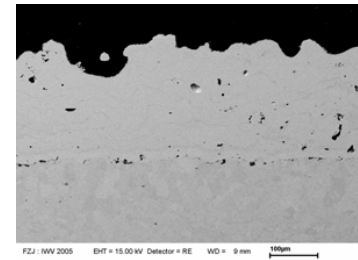
Verlängerung der Bauteillebensdauer durch Entwicklung von **Beschichtungen aus Formgedächtnislegierungen (FGL)**, die den pseudoelastischen Effekt zeigen und so die Kavitationsresistenz verbessern.

### Vorgehensweise

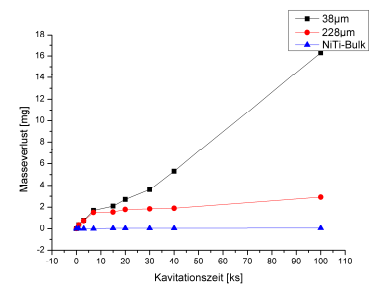
- Entwicklung /Testen von NiTi-FGL-Beschichtungen in Kooperation mit dem FZ Jülich
- Entwicklung/Testen von Cu-basierten FGL-Beschichtungen
- Optimierung der Beschichtungsparameter und der Oberflächengüte von NiTi-Schichten

### Bisherige Ergebnisse

Pseudoelastische NiTi-Beschichtungen vergrößern die Kavitationsresistenz. Eine Oberflächenbehandlung (mechan./elektrolyt.) bewirkt eine weitere Kavitationsresistenzsteigerung der Beschichtungen



Querschnitt einer plasmagespritzten NiTi-Schicht 180µm



Vergleich Plasmagespritzschicht und NiTi-Vollmaterial

### Kooperationspartner

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



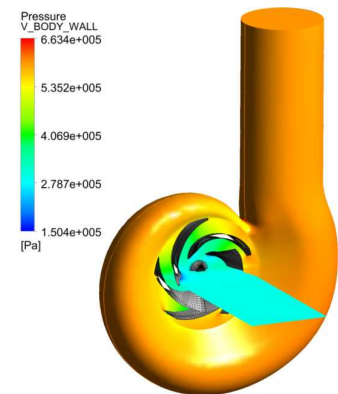
W.P., Nadine Rauhut

## Fluid-Struktur-Interaktion

### Motivation / Aufgabe

Untersuchung des Einflusses strömungsmechanischer Vorgänge auf die Struktur von Hydraulischen Strömungsmaschinen:

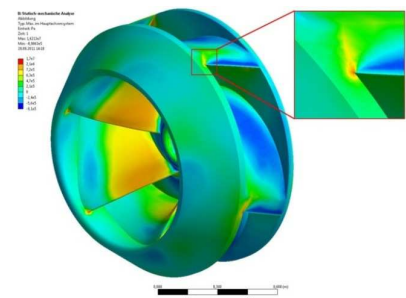
- Hydraulische Kräfte
  - Festigkeitsuntersuchungen → Optimierungspotential
  - Axialschub in Radialpumpen durch statischen Druckverlauf in Radseitenräumen → Minimierung
- Wärmeübertragung zwischen Fluid und Gehäuse



Strömungsmodell einer Kreiselpumpe

### Vorgehensweise

- Erzeugung von CFD-Modellen (Ansys CFX)
- Qualitätssicherung der Modelle (u.a. Validierung durch Messungen)
- Untersuchung des Einflusses auf die Struktur, z.B. durch 1-Wege-Fluid-Struktur-Kopplung
- Erarbeitung von Optimierungsmöglichkeiten



Kritischer Bereich einer Festigkeitsuntersuchung eines Radialpumpenlaufrades

TTM, Dominik Lefor

# Temperaturverteilung in Pumpengehäusen

## Motivation

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

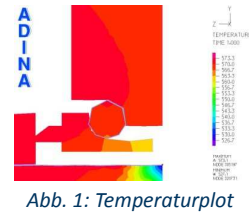


Abb. 1: Temperaturplot



Abb. 2: Verformungsplot

## Vorgehensweise

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

RUHR-UNIVERSITÄT BOCHUM  
LEHRSTUHL FÜR THERMISCHE TURBOMASCHINEN  
Prof. Dr.-Ing. habil. Ronald Mailach

## Industriekooperationen

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



Abb. 3: Hochtemperaturprüfstand

THERMO, Christine Nizeyimana

# Thermophysikalische Stoffdaten für die Pumpenindustrie

## 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:	30000 mol/m <sup>3</sup>			prop2:	5 MPa	
9								
10		T	300 K			T	300 K	
11		D	30000 mol/m <sup>3</sup>			D	55438,80167 mol/m <sup>3</sup>	
12		P	=P(input_property_1,input_property_2,fluidcomposition)				MPa	
13		U	2134,917601 J/mol			U	2019,687821 J/mol	
14		H	40853,17035 J/mol			H	2109,87722 J/mol	
15		S	J/(mol K)			S	J/(mol K)	
16		CP	79,81375933 J/(mol K)			CP	75,07139619 J/(mol K)	
17		CV	71,64078985 J/(mol K)			CV	74,12023231 J/(mol K)	
18		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.

## Industriekooperationen

Im Rahmen eines aus dem Kompetenzzentrum entstandenen Kooperationsprojektes mit der Krohne Messtechnik GmbH (Hersteller von u.a. Durchflussmessgeräten) werden die Algorithmen implementiert



THERMO, Andreas Jäger



## Rheologie komplexer verfahrenstechnischer Strömungen und Mehrphasenströmungen

### Motivation

Kenndaten für Pumpen liegen meist nur für Wasser vor. Bei abweichender Rheologie oder Mehrphasigkeit des Fluids ist das Betriebsverhalten wenig vorhersehbar. Eine Verbesserung der Pumpen- und Anlagenperformance erfordert eine Untersuchung der Maschine zusammen mit dem zu fördernden Fluid.



Anlage Bochum

- Rohrleitungsversuchsstand, **L = 10 m**
- Edelstahl DN 40, DN 65, Umgebung bis 200 °C
- max. Druck PN 160

### Vorgehensweise

Aufbau (RUB) und Umrüstung (FhG UMSICHT) von Rohrleitungsprüfständen mit geeigneter Messtechnik. Zunächst Messung an Modellfluiden, dann theoretische Erfassung durch Modellbildung.



Anlage Oberhausen

- Rohrleitungsversuchsfeld, **L = 230 m**
- Edelstahl DN 50, DN 100, Umgebung bis 180 °C
- Transiente Messtechnik (Messfrequenz: 1-10kHz)
- Fluidgeschwindigkeit: 1 Ultraschall Messgerät
- Wasserdampf, Gas und Flüssigkeitsanteil: 4 Gittersensoren
- Strömungsprofil: 1 VHS Highspeed-Kamera

### Partner

In Kooperation mit dem Instituto de Investigaciones en Materiales (Mexico) entsteht zusätzlich ein Kapillarviskosimeter zur Untersuchung nicht-Newtonischer Rohöle.



VTP, Dr. Stefan Pollak

## Szenarienbasierte Regelung von Kreiselpumpen

### Problemstellung

Häufig werden Pumpen ungeregelt und ineffizient betrieben, Gründe hierfür können u. A. sein:

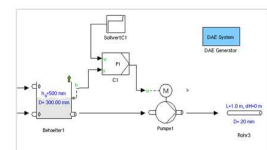
- Der Einbau der Sensorik ist teuer
- Regelungstechnisches Know-How fehlt

### Ziel

Entwicklung einer automatisch konfigurierbaren Drehzahlregelung für Kreiselpumpen unter Nutzung kostengünstiger, integrierter Sensorik

### Vorgehensweise

- Bündelung von Anwendungsfällen zu Szenarien. Darauf basierend Entwurf von Reglerstrukturen und automatischen Auslegungsalgorithmen.
- Erprobung von Soft-Sensorik, z.B. Motorstrommessung zur Schätzung des Förderstromes.
- Nutzung und Erweiterung einer eigens entwickelten Simulationsumgebung für hydraulische Komponenten, basierend auf MATLAB/Simulink.



### Kooperationen

- Projekt in Kooperation mit Sterling SIHI Industry Consult, gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt
- Erfahrungsaustausch mit Lehrstuhl EELE (Motorstrommessung).



RUS, Sebastian Leonow

# Elektrische Energietechnik und Leistungselektronik

## Motivation

- Entwicklung **energiesparender** Regelungskonzepte durch intelligente Magnetfeldführung
- Ein zeitlich hochaufgelöstes Monitoring des Drehmoment-Zeit-Verlaufs ermöglicht eine **Fehlerfrüherkennung** und energiesparende Regelung
- **Senkung des Aufwandes** bei der Verifikation des Regelkonzeptes durch „Power Hardware in the Loop“ (PHIL)

## Vorgehensweise

- Bestimmung eines Energieoptimums durch synchrone Optimierung der Kennlinien von Antrieb und Strömungsmaschine
- Drehmomentberechnung aus Strom und Spannung als Basis für Monitoring
- 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

EELE, Prof. Volker Staudt

# Methodische Entwicklung von Formgedächtnisventilen für Hydraulik-Anwendungen

## Motivation:

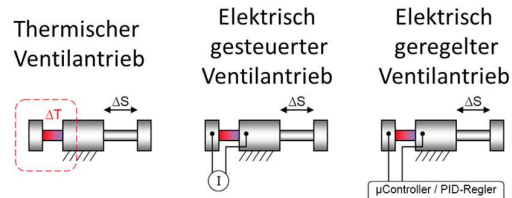
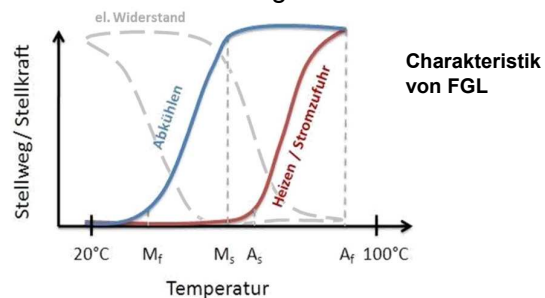
- In hydraulischen Systemen besteht Bedarf an Ventilen, die gesteuert, geregelt und überwacht werden müssen.
- Der Einsatz von Ventilantrieben auf Basis von Formgedächtnislegierungen (FGL) erlaubt es auf **einfachste** Weise, diese intelligenten Systeme zu realisieren.

## Vorgehensweise:

- Analyse des Marktbedarfs und des Marktpotentials von Ventilen mit FGL-Antrieb
- Methodische Konstruktion und Analyse von FGL-Ventilen mit integrierter Zustandsüberwachung für die Bereiche: Luftfahrttechnik, Gebäudetechnik und Industrietechnik.
- Akquise von neuen Forschungsk Kooperationen zum Thema FGL-Ventiltechnik

## Erste Ergebnisse:

- Erste Ventile auf Basis von FGL aufgebaut.
- Grundlagen der Ausnutzung widerstandsbasierter Überwachungscharakteristiken erschlossen.
- Kooperation mit Fa. FG-INNOVATION GmbH zum Thema FGL aufgebaut.



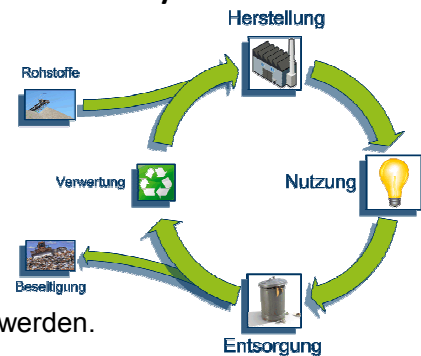
FGL-Ventile: der identische mechanische Systemaufbau kann zur Lösung dreier unterschiedlicher Aufgaben eingesetzt werden.

LPS, Alexander Czechowicz

## Energie- und Ressourceneffizienz hydraulischer Systeme

### 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 die Bauweise des Elektromotors, der Wirkungsgrad, das Lastprofil sowie der verwendete Strommix.
- In einem weiteren Schritt werden die Umweltwirkungen der Herstellungsphase und die Reduktionspotentiale ermittelt.

LEE, Julian Röder

## Alternatives dezentrales Abwasserreinigungskonzept mit Stoffstromtrennung

### Motivation

Abwasserreinigung ist sehr energieintensiv. Unser Ziel ist die Verringerung des Nettoenergieverbrauchs bei der dezentralen Abwasserreinigung durch Rückgewinnung von Energie aus dem Abwasser sowie die Ermittlung von Umsetzungsmöglichkeiten eines entsprechenden Systems im großtechnischen Maßstab



Aufbau der Versuchsanlage: Aerobe (MBR) und anaerobe Abwasserbehandlung, mikrobielle Brennstoffzellen (MFC)

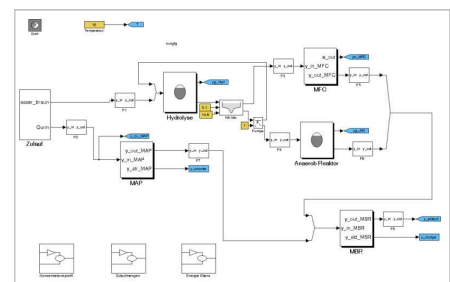
### Vorgehensweise

In Abstimmung  

- Entwicklung eines dezentralen Abwasserreinigungskonzepts mit Stoffstromtrennung
- Sammeln von Daten zur Reinigungsleistung sowie zur Biogas- bzw. Stromproduktion des Systems
- Erstellung eines Simulationsmodells zur Bewertung der Energieeffizienz des Systems unter besonderer Berücksichtigung energieintensiver Komponenten wie Pumpen, Rührwerke und Belüfter



Belebtschlamm und Filtrat der abschließenden Reinigungsstufe



Anlagenmodell des dezentralen Abwasserreinigungskonzeptes in Simba

### Bisheriges Ergebnis

Eine Versuchsanlage für das dezentrale Abwasserreinigungskonzept wurde aufgebaut und wird derzeit betrieben. Ein erstes Simulationsmodell der Anlage wurde erstellt.

SWW, Inga Gröte

# Technischer Know-How-Schutz

## Motivation

(Illegale) Produktnachbauten stellen die deutsche Pumpen- und Armaturenindustrie vor eine ernst zu nehmende Herausforderung und schädigen die Kunden dieser Branchen

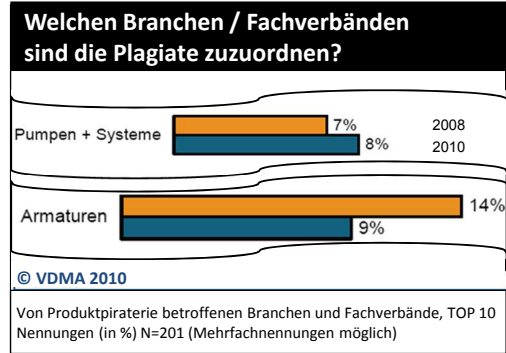
## Vorgehensweise

Entwicklung und Erprobung von technischen Schutzkonzepten basierend auf Produktauthentifizierung mit Hilfe von Kennzeichnungstechnologien, wie z.B. RFID oder Barcode

## Bisheriges Ergebnis

- Ausbau eines Projektraums für das Aufzeigen von Möglichkeiten (und Grenzen) des technischen Produktschutzes durch Kennzeichnungstechnologie
- Entwicklung und Validierung eines für Pumpen geeigneten Produktauthentifizierungsverfahrens, das mit Hilfe von QR-Code sowie Smartphones eine speziell erweiterte Produktdokumentation bereitstellt

ITM, Andreas Krebs



Projektraum „Technischer Produktschutz“