



Hochschule  
Zittau/Görlitz

UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



## *Jahresforschungsbericht 2016*

*Institut für Prozeßtechnik,  
Prozeßautomatisierung  
und Meßtechnik*

**IPM**

HOCHSCHULE ZITTAU/GÖRLITZ

FORSCHEN\_OHNE\_GRENZEN



## Inhaltsverzeichnis:

1	Einleitung.....	3
2	Statistische Angaben .....	4
2.1	Drittmittelverteilung 2016 .....	4
2.2	Entwicklung der Mitarbeiterzahlen .....	4
3	Struktur .....	5
3.1	Organigramm .....	5
3.2	Leitung des Institutes .....	5
3.3	Übersicht der Professuren.....	5
3.4	Forschungsgruppen.....	6
3.4.1	Fachgebiet Mechatronische Systeme .....	6
3.4.2	Fachgebiet Kerntechnik/Soft Computing .....	6
3.4.3	Fachgebiet Messtechnik/Prozessautomatisierung .....	7
3.4.4	Fachgebiet Kraftwerks-, Dampferzeuger- und Feuerungstechnik.....	9
3.4.5	Fachgebiet Angewandte Elektronik .....	10
4	Forschungsrelevante Aktivitäten des IPM .....	11
4.1	Mechatronische Systeme .....	11
4.1.1	Forschungs- und Entwicklungsprojekte .....	11
4.1.2	Versuchsanlagen .....	15
4.1.3	Publikationen .....	20
4.1.4	Betreuung von Promovenden .....	21
4.1.5	Ausgewählte Abschlussarbeiten der Studenten .....	21
4.2	Kerntechnik/Soft Computing.....	21
4.2.1	Forschungs- und Entwicklungsprojekte .....	21
4.2.2	Versuchsanlagen .....	25
4.2.3	Messtechnik .....	34
4.2.4	Publikationen .....	36
4.2.5	Ausgewählte Abschlussarbeiten der Studenten.....	37
4.2.6	Betreuung von Promovenden .....	38
4.3	Messtechnik/Prozessautomatisierung.....	38
4.3.1	Forschungs- und Entwicklungsprojekte .....	38
4.3.2	Versuchsanlagen .....	47
4.4	Versuchsanlage THERESA.....	47
4.4.2	Publikationen .....	51
4.4.3	Ausgewählte Abschlussarbeiten der Studenten .....	53
4.5	Kraftwerks-, Dampferzeuger- und Feuerungstechnik .....	54
4.5.1	Forschungs- und Entwicklungsprojekte .....	54
4.5.2	Versuchsanlagen .....	62
4.5.3	Publikationen .....	68
4.5.4	Ausgewählte Abschlussarbeiten der Studenten .....	69

4.6	Messen und Wissenschaftliche Veranstaltungen.....	69
4.6.1	IPM auf der Jahrestagung Kerntechnik 2016.....	69
4.6.2	Forschungsvorhaben am IPM erfolgreich gestartet .....	71
4.6.3	Versuchsanlage THERESA besteht TÜV-Abnahme .....	72
4.6.4	IPM auf internationalen Tagungen .....	74
4.6.5	Workshop "Transformatoren - Betrieb und Diagnose" .....	77
4.6.6	Präsentation der Hochschule bei den Stadtwerken Zittau .....	79
4.6.7	IPM beim 48. Kraftwerkstechnischen Kolloquium .....	82
4.6.8	Frühstücksgespräch in Berlin.....	83
4.6.9	7. Leittechnikworkshop am IPM.....	85
4.6.10	SINABEL-Projekttreffen .....	86
4.6.11	Weiterer wissenschaftlicher Mitarbeiter des IPM bekommt Promotionsurkunde .....	87
4.6.12	Erste Kesselwärter am IPM .....	89
4.6.13	Befähigte Person am IPM .....	90
4.6.14	Staffelstab übergeben.....	91
4.7	Wissenschaftliche Veranstaltungen – Gesamtübersicht .....	93
4.8	Verantwortliche Mitwirkung in Gremien .....	94
4.9	Kooperative Promotionsverfahren .....	96
5	Bisherige Auftraggeber und Kooperationspartner.....	98

## 1 Einleitung

Das Institut für Prozeßtechnik, Prozeßautomatisierung und Meßtechnik (IPM) ist eine zentrale Einrichtung der Hochschule Zittau/Görlitz nach § 92 SächsHSFG. Haupttätigkeitsfeld ist die drittmittelfinanzierte Forschung und Entwicklung auf den Gebieten der Energietechnik und Mechatronik. Die Gründung des IPM geht auf das Jahr 1993 zurück.

Im Jahr 2016 arbeiteten am IPM in fünf Fachgebieten insgesamt 41 Mitarbeiter und fünf Professoren, deren Arbeit im Hauptamt erfolgt. Zusätzlich arbeiteten ca. 20 Studierende aus dem In- und Ausland im Rahmen ihrer Praktika und Abschlussarbeiten am Institut. Mit 70 Computerarbeitsplätzen und ca. 1400 m<sup>2</sup> Laborfläche ist das Institut die größte Struktureinheit der Hochschule Zittau/Görlitz.

Die über viele Jahre konstante Anzahl von BMWi-, BMBF- und industriegeförderten Projekten ist Resultat der erfolgreichen Arbeit. Dies drückt sich auch in den im Jahr 2016 eingeworbenen Drittmitteln aus. Mit der Summe von 2,13 Millionen EURO stellt das IPM gut ein Drittel der Drittmittel der Hochschule insgesamt. Der Anteil der Industriedrittmittel liegt dabei bei 52 % bezogen auf die gesamten Drittmittel der Hochschule.

Beispielhaft für eine Reihe wichtiger Ereignisse im Jahr 2016 sollen folgende an dieser Stelle Erwähnung finden:

Zu Beginn des Jahres wurde das vom BMWi-finanzierte Verbundvorhaben DCS-Monitor zwischen der TU Dresden, dem Helmholtz-Zentrum Dresden Rossendorf und dem IPM erfolgreich gestartet. Innerhalb der Forschungsvorhaben im Zittauer Kraftwerkslabor haben sich zwei Kollegen des IPM erfolgreich zum Kesselwärter weitergebildet, wodurch die Voraussetzung für den Abschluss der „Prüfung vor Inbetriebnahme“ der Versuchsanlage THERESA durch die zugelassene Überwachungsstelle geschaffen wurde. Das IPM hat gemeinsam mit der Fakultät Elektrotechnik und Informatik und LEAG den Workshop „Transformatoren - Betrieb und Diagnose“ am Standort Zittau ausgerichtet.

Nach 10 erfolgreichen Jahren an der Spitze des Institutes gaben Prof. Worlitz und Prof. Kästner zum 01. November den Staffelstab an Prof. Kratzsch als neuen Institutsdirektor weiter. An dieser Stelle sei unseren beiden Kollegen für ihre langjährige, engagierte und erfolgreiche Arbeit für das IPM und die Hochschule insgesamt sehr herzlich gedankt. Schlüssel des Erfolges sind die engagierten Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Institutes. Diesen sowie allen Mitstreitern und Unterstützern gilt der Dank der Institutsleitung. Der Jahresforschungsbericht spiegelt einen Ausschnitt des wissenschaftlichen Lebens am IPM im Jahr 2016 wider.

Zittau, im April 2017

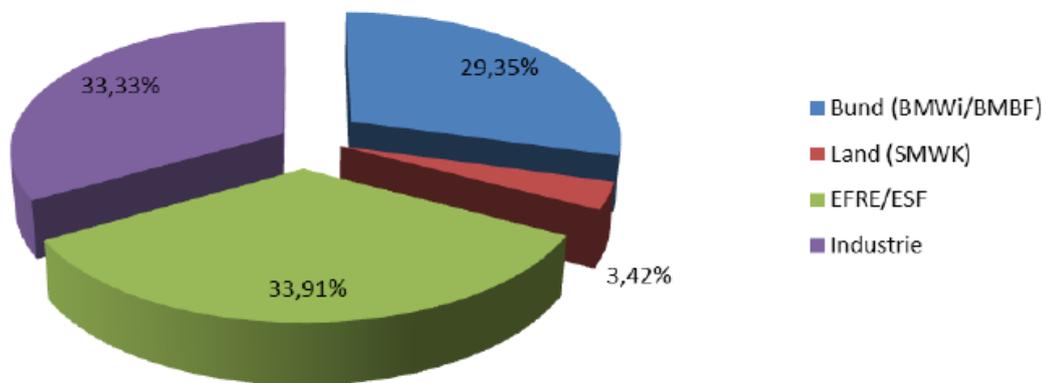
Prof. Dr.-Ing. Alexander Kratzsch  
Direktor IPM

## 2 Statistische Angaben

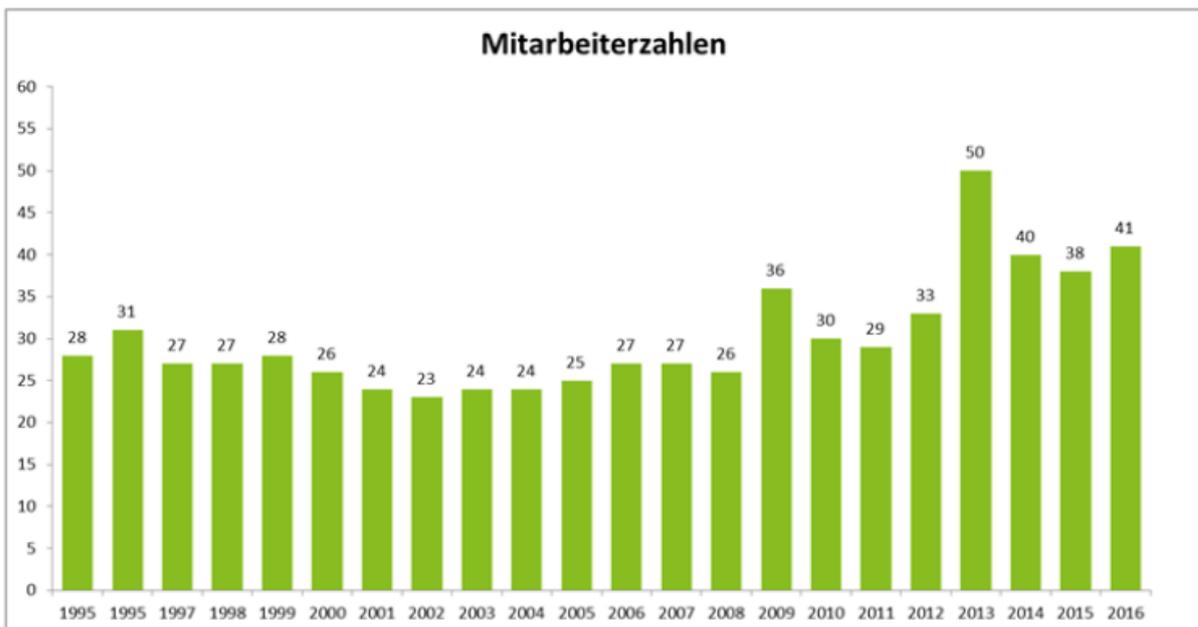
Hochschullehrer:	5
Mitarbeiter (VZÄ):	41 (29,57)
Drittmittel:	2,13 Millionen

### 2.1 Drittmittelverteilung 2016

#### Drittmittelverteilung 2016

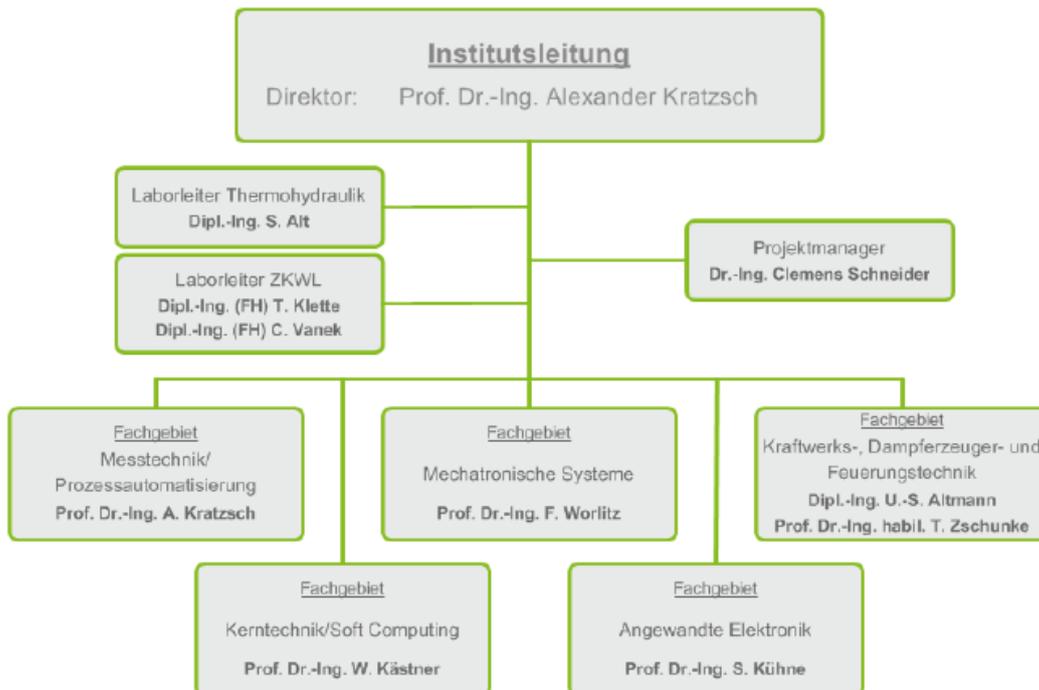


### 2.2 Entwicklung der Mitarbeiterzahlen



### 3 Struktur

#### 3.1 Organigramm



#### 3.2 Leitung des Institutes

Direktor: Prof. Dr.-Ing. Frank Worlitz (bis 31.10.2016)  
Prof. Dr.-Ing. Alexander Kratzsch (ab 01.11.2016)

Stellv. Direktor: Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Kästner (bis 31.10.2016)

Projektmanager: Dr.-Ing. Clemens Schneider

Sekretariat: Frau Bärbel Münzberg

#### 3.3 Übersicht der Professuren

- Projektierung von Automatisierungs- und Mechatroniksystemen (Prof. Dr.-Ing. Frank Worlitz)
- Steuerungs- und Regelungstechnik (Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Kästner)
- Messtechnik/Prozessautomatisierung (Prof. Dr.-Ing. Alexander Kratzsch)
- Elektrotechnik/Schaltungstechnik (Prof. Dr.-Ing. Stephan Kühne)
- Kraftwerks- und Energietechnik (Prof. Dr.-Ing. habil. Tobias Zschunke)

### 3.4 Forschungsgruppen

#### 3.4.1 Fachgebiet Mechatronische Systeme

Fachgebietsleiter: Prof. Dr.-Ing. Frank Worlitz

Mitarbeiter: Dipl.-Ing. (FH) Stephan Düsterhaupt  
Dipl.-Ing. (FH) Hagen Hoffmann  
M. Eng. Li Li  
Dipl.-Ing. (FH) Holger Neumann  
Dipl.-Inf. (FH) Ivo Noack  
M. Eng. Christian Panescu  
Dipl.-Ing. (FH) Sebastian Reinicke  
Dipl.-Ing. Torsten Rottenbach  
Dipl.-Ing. (FH) Olaf Schreiber  
Dipl.-Ing. (FH) Christian Vanek

Arbeitsfelder:

- Entwurf und Projektierung automatisierungstechnischer und mechatronischer Systeme
- Rapid Prototyping, CAE, Modellierung und Simulation mechatronischer Systeme, FEM
- Magnetlagertechnik
- Auslegung und Konstruktion, Regelungstechnik, Leistungselektronik, Diagnose
- Sensortechnik
- Überwachung und technische Diagnose
- ANSYS, MADYN, MATLAB/Simulink

#### 3.4.2 Fachgebiet Kerntechnik/Soft Computing

Fachgebietsleiter: Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Kästner

Mitarbeiter: Dipl.-Ing. Sören Alt (Laborleiter)  
M.Eng. Hassan Chahi  
Dr.-Ing. Stefan Kittan  
Dipl.-Ing. (FH) Doreen Kratzsch  
Matthias Pfeiffer

Dr.-Ing. Stefan Renger  
Dr.-Ing. André Seeliger  
Frank Zacharias

Aufgabenfelder:

- Nukleare Sicherheitsforschung
  - gesicherte Sumpfansaugung
  - Kühlmittelverluststürfälle mit Partikelentstehung und -freisetzung
  - methodische und experimentelle Untersuchungen zu Partikelströmungen
- Anlagen- und Reaktorsicherheit
  - Modellierung/Simulation (modellgestützte Messverfahren, Soft Computing)
  - Thermohydraulik
- Soft Computing, Maschinelles Lernen
  - Fuzzy Systeme (Mamdani, Takagi-Sugeno-Kang)
  - Maschinelles Lernen: Künstliche Neuronale Netze (Multilayer Perceptron, Self-Organising Map...), Support Vector Machines (SVM)
- Regelungstechnik, Prozessführung
  - Energie- und Verfahrenstechnik
- Digitale Bildverarbeitung
  - Objekterkennung, Tracking, Optische Qualitätskontrolle...
- Theoretische und experimentelle Untersuchungen
  - Zweiphasenströmungen Wasser/Dampf/Inertgase
- Simulationstechnik
  - Simulationscodes ATHLET, RELAP, ANSYS CFX, COCOSYS

**3.4.3 Fachgebiet Messtechnik/Prozessautomatisierung**

Fachgebietsleiter: Prof. Dr.-Ing. Alexander Kratzsch

Mitarbeiter: Prof. Dr.-Ing. habil. Rainer Hampel i.R.  
Dipl.-Ing. (FH) Sebastian Braun  
Dipl.-Ing. (FH) Daniel Fiß  
Dipl.-Ing. (FH) Thomas Gubsch  
Steffen Härtelt

Dipl.-Inf. Jana Hänel  
Dipl.-Ing. (FH) Sebastian Reinicke  
Dipl.-Ing. (FH) Torsten Klette  
M.Eng. Sebastian Schmidt  
Dr.-Ing. Clemens Schneider  
M.Eng. Christian Vogel  
Dipl.-Übers. (FH) Elisa Rudolph

#### Arbeitsfelder:

#### ***Energiespeicher für thermische Prozesse mit den Schwerpunkten Dampfspeicher, Verdrängungsspeicher, Phasenwechselspeicher***

- Entwicklung, Design und Projektierung von Speicherkonzepten
  - Prozess- und leittechnische Integration
  - Flexibilisierung und prozesstechnische Optimierung
  - Messtechnik- und Automatisierungskonzepte
- Modellierung und Simulation
  - Modellentwicklung
  - Simulation des statischen und dynamischen Verhaltens von Speicherprozessen in Verbindung mit dem Anlagenverhalten sowie der Mess- und Leittechnik
  - Verwendete Software: DynStar, EBSILON, ATHLET
- Experimentelle Untersuchungen
  - Konzept- und Komponententests an der Großversuchsanlage THERESA für Parameter bis 160 bar und 350 °C
  - Experimentelle Analyse von Messtechnik- und Automatisierungskonzepten
  - Modellvalidierung

#### ***Nichtinvasive Messverfahren zur Zustandsdiagnose von Systemen***

- Entwicklung von Messverfahren
  - Analyse zum Aufbau und Verhalten der betrachteten Systeme
  - Bestimmung von Messkonfigurationen bzw. -anordnungen
- Modellierung und Simulation
  - Modellentwicklung und Mustererkennung zur Lösung des inversen Problems
  - Simulationsgestützte Analyse des statischen und dynamischen Verhaltens der entwickelten Messverfahren
  - Verwendete Software: DynStar, Matlab/Simulink, R
- Experimentelle Untersuchungen (z.B. Versuchsanlage NICOLE)

- Experimentelle Analyse des statischen und dynamischen Verhaltens der entwickelten Messverfahren
- Validierung der entwickelten Messverfahren

### **Digitale Sicherheitsleittechnik**

- Strukturanalysen
- Modellierung und Simulation
  - Modellentwicklung
  - Statische und dynamische Simulation des verfahrenstechnischen Prozesses in Verbindung mit der Mess- und Leittechnik
  - Verwendete Software: DynStar
- Sicherheitstechnische Bewertungen der betrachteten Strukturen

### **3.4.4 Fachgebiet Kraftwerks-, Dampferzeuger- und Feuerungstechnik**

Fachgebietsleiter: Dipl.-Ing. Ulrich-Steffen Altmann  
 Prof. Dr.-Ing. habil. Tobias Zschunke

Mitarbeiter: Dipl.-Math. (FH) Tom Förster  
 Dipl.-Ing. Ulrike Gocht  
 Dipl.-Ing. Steffen Grusla  
 Dipl.-Ing. (FH) Thomas Gubsch  
 Dipl.-Ing. (FH) Martin Kurz  
 Dipl.-Ing. (FH) Ralf Pohl  
 Dipl.-Ing. (FH) Bert Salomo  
 Dipl.-Ing. (FH) Roman Schneider  
 Dipl.-Ing. (FH) Wolfgang Ullrich  
 Dipl.-Ing. (FH) Mareike Weidner  
 Dr.-Ing. Ulf Sénéchal  
 Dipl.-Ing. (FH) Enrico Titze

#### Arbeitsfelder:

- Kraftwerkstechnik - Prozessdiagnose und Betriebsoptimierung
  - Betriebsführung von Kraftwerkssystemen, Dampferzeugern, Feuerungsanlagen und thermochemischen Konversionsanlagen
  - Thermodynamische und betriebstechnische Bewertung von Kraftwerkskreisprozessen und komplexen wärmetechnischen Prozessen
  - Dynamisches Verhalten von energietechnischen Anlagen: Betriebstransienten, Störfallszenarien, Laständerungsverhalten, Mindestlast

- Komplikationsanalyse und Zustandsüberwachung für Feuerungssysteme
  - Verschlackung/Fouling von Dampferzeugerheizflächen
  - Wärmeübertragung
  - Schadstoffemission
  - Zünd- und Abbrandverhalten
  - Mahltrocknung in Ventilatormühlen
- Modellierung und Simulation
  - Stationäre und fluiddynamische Simulation energietechnischer Anlagen, Komponenten und Versuchsanlagen
  - Differentialgleichungssysteme und thermodynamische Gleichgewichtsberechnungen
  - Energie- und Stoffstrombilanzen
- Datenanalyse, Modellierung und Optimierung energieumwandelnder Prozesse
  - Statistische Methoden und Ausgleichsverfahren
  - Clusteranalyse
  - Künstliche Neuronale Netze
  - Genetische Algorithmen
- Bewertung des feuerungstechnologischen Einsatzverhaltens von Brennstoffen
  - Braun- und Steinkohlen
  - Biobrennstoffe (Energiebiomasse und biogene Nebenprodukte)
  - Ersatzbrennstoffe
- Hochtemperatur-Messverfahren
  - Überwachung und Betriebsführung von Dampferzeuger-Feuerungen mit radiometrischer Temperaturmessung

### 3.4.5 Fachgebiet Angewandte Elektronik

Fachgebietsleiter: Prof. Dr.-Ing. Stephan Kühne

#### **Arbeitsfelder:**

- Entwicklung von Messverfahren der Analog- und Digitaltechnik
- Entwicklung von Baugruppen der Leistungselektronik im unteren kW-Bereich
- Entwicklung von Stellgliedern für elektrische Antriebe (Gleich- und Wechselrichter)
- Kontaktlose Energieübertragung
- Auswerte- und Verarbeitungselektronik der Messtechnik

## 4 Forschungsrelevante Aktivitäten des IPM

### 4.1 Mechatronische Systeme

#### 4.1.1 Forschungs- und Entwicklungsprojekte

##### 4.1.1.1 Energieeffiziente, ölfreie Lagerungen für Anwendungen in Turbomaschinen, Windrädern und Energiespeicher

**ProjektleiterIn:** Prof. Dr.-Ing. Frank Worlitz

**MitarbeiterInnen:** Dipl.-Ing. (FH) S. Düsterhaupt, Dipl.-Ing. (FH) H. Neumann, Dipl.-Ing. H. Hofmann (FH), Dipl.-Inf. (FH) I. Noack, Dipl.-Ing. T. Rottenbach, Dipl.-Ing. (FH) Christian Vanek

**Drittmittelgeber:** Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr (SMWA),



Sächsische Aufbaubank (SAB)

**Kooperationspartner:** Stadtwerke Zittau GmbH

**Laufzeit:** 01.12.2015-30.11.2018

Bearbeitungsstand/Ergebnisse:

Das Projekt ist Bestandteil des Zittauer Kraftwerkslabors. Es ordnet sich in die Forschung und Entwicklung innerhalb des Kompetenzfeldes „Energie und Umwelt“ der Hochschule Zittau/Görlitz ein.

Gesamtziel des Vorhabens ist die Steigerung der Energieeffizienz von Turbomaschinen durch die Erhöhung des Wirkungsgrades. Dabei wird das Ziel verfolgt, wissenschaftliche und technische Grundlagen zur Entwicklung geeigneter aktiver Magnetlagerungen für die Anwendung bei hohen Temperaturen und aggressiven Atmosphären zu erarbeiten. Dazu wurden die theoretischen Grundlagen für die Auslegung, Modellierung und Simulation. Mit einem vorhandenen Großversuchsstand ist es möglich, diese Lagerungen unter extremen Umgebungsbedingungen zu testen und Modelle zu validieren.

Die Bearbeitung des Projektes folgt in vier komplexen Aufgabenpaketen:

- Entwicklung von Modellen zur Hochtemperaturfanglagerauslegung und -simulation
- Entwicklung von Modellen zur Hochtemperaturmagnetlagerauslegung und -simulation
- Entwicklung und Test eines Sensorsystems für aktive Magnetlager

- Theoretische und experimentelle Untersuchungen zum sicheren Betrieb magnetgelagerter Rotoren unter Extrembedingungen

Im ersten Arbeitspaket wurde die Interaktion zwischen Rotor und Fanglager unter Berücksichtigung der physikalischen Zusammenhänge, insbesondere der Statik und Dynamik des Rotor-Fanglager-Kontaktes auf der Grundlage von Auslegungsrechnungen und Simulationsrechnungen analysiert. Dabei spielen besonders die sich bei Hochtemperaturanwendungen einstellenden Materialeigenschaften eine Rolle.

Für die Entwicklung der Modellwelt für die Auslegung und Simulation der aktiven Magnetlagerung und des Sensorsystems wurden die Auswirkungen der Temperaturänderung analysiert. Es wurden geeignete Materialien recherchiert welche für eine Anwendung in einer solchen Magnetlagerung in Frage kommen.

Im Arbeitspaket 4 wurde eine Systematik der Turbomaschinen erarbeitet und allgemeine applikationsspezifische Belastungen betrachtet, hierbei werden interne und externe Kraftwirkungen und ihre Ursachen zunächst allgemein und im Weiteren für ausgewählte Applikationen vertieft. Anschließend erfolgt die Betrachtung statischer und dynamischer Kraftwirkungen für eine Kreiselpumpe, für Industriedampfturbinen und Verdichter sowie Windkraftanlagen. Dazu wurden für die Abschätzungen der Belastungen die notwendigen Gleichungen benannt. Im Anschluss wurden ausgewählte kraftwerksspezifische Störungen und Störfallszenarien während des Betriebes von Turbomaschinen beschrieben. Daraus resultierende veränderte Kraftwirkungen am Laufzeug müssen durch die Magnetlager erkannt und kompensiert werden.

#### 4.1.1.2 Magnetgelagerte Industriedampfturbine - Auswertung und Bewertung von Betriebsdaten

<b>Projektleiter:</b>	Prof. Dr.-Ing. Frank Worlitz
<b>Mitarbeiter:</b>	Dipl.-Ing. (FH) C. Vanek, Dipl.-Ing. (FH) H. Neumann, Dipl.-Inf. (FH) I. Noack
<b>Drittmittelgeber:</b>	Siemens AG Görlitz
<b>Kooperationspartner:</b>	Siemens AG Görlitz LEAG (ehemals Vattenfall Europe Generation AG)
<b>Laufzeit:</b>	01.10.2013-31.10.2015

Ergebnisse:

Das Projekt ordnet sich in die langjährige Forschungsk Kooperation zwischen der Hochschule Zittau/Görlitz, der Siemens AG Görlitz und der Vattenfall Europe AG ein und zeigt einmal mehr das Interesse von technologieorientierten Unternehmen an den in den letzten Jahren erzielten Forschungsergebnissen auf dem Gebiet der Magnetlagertechnik. Mit der magnetgelagerten Pumpe im Kraftwerk Boxberg wurde gezeigt, dass Magnetlager auch unter den rauen Bedingungen im Kraftwerk

stabil und zuverlässig arbeiten. Diese Erfahrungen bildeten die Grundlage für die Adaption dieser Technologie für eine Speisepumpenantriebsturbine, die im Jahr 2014 im Kraftwerk Jänschwalde installiert und seit März 2015 in den Dauerbetrieb überführt wurde.



**Abbildung 1: Magnetgelagerte Speisepumpenantriebsturbine im Kraftwerk Jänschwalde**

Um Informationen für zukünftige Anwendungen von magnetgelagerten Industriedampfturbinen zu erhalten, wurde durch die Hochschule Zittau/Görlitz ein Beobachtungssystem an der SPAT in Jänschwalde installiert. Mit diesem System werden kontinuierlich alle wichtigen Daten der Turbine aufgezeichnet. Im Fall von Störungen an der Maschine werden diese Daten ausgewertet und die Beseitigung der Störung kann dadurch schneller erfolgen. Weiterhin werden aus diesen Daten Protokolle erstellt, mit welchen es möglich ist, das Maschinenverhalten über einen längeren Zeitraum zu analysieren und damit Rückschlüsse auf die Betriebsführung und die Auslegung von weiteren Anlagen zu ziehen.

#### 4.1.1.3 Entwicklung Neuartiger Fanglagerkonzepte

<b>Projektleiter:</b>	Prof. Dr.-Ing. Frank Worlitz
<b>Mitarbeiter:</b>	Dipl.-Ing. (FH) H. Neumann, Dipl.-Ing. (FH) C. Vanek
<b>Drittmittelgeber:</b>	Industrie
<b>Kooperationspartner:</b>	Industrie LEAG (ehemals Vattenfall Europe Generation AG)
<b>Laufzeit:</b>	01.09.2016-31.12.2016

Bearbeitungsstand/Ergebnisse:

Durch gestiegene Anforderungen der Energietechnik werden vermehrt Magnetlager eingesetzt. Für den sicheren Betrieb von magnetgelagerten Schwungmassenspeichern SMS ist eine funktionstüchtige Fanglagerung notwendig. Beim derzeitigen Fanglagerdesign, das bei den SMS des Industriepartners verwendet wird, konnte bei Tests kein gesichertes Herunterfahren des Rotors erreicht werden. Ziel dieser Studie war es, die Anforderungen an die Fanglagerung zu formulieren und Lösungsvorschläge für eine funktionstüchtige Fanglagerung zu unterbreiten. Dazu wurden die Messdaten eines Absturzes bei Maximaldrehzahl analysiert und entsprechende Schlussfolgerungen gezogen. Weiterhin wurde mit einer Literaturstudie der internationale Stand zu Fanglagerdesigns bei schnell drehenden Maschinen untersucht. Die Ergebnisse und Empfehlungen aus den Veröffentlichungen fließen bei der Auswahl der neuen Fanglagerung ein. Für ein geplantes Simulationsmodell des Rotor-Fanglager-Kontakts wurden die Randbedingungen in einem Lastenheft formuliert. Die Ergebnisse der Vorstudie und ein Konstruktionsvorschlag für eine Fanglagerung wurden im Abschlussbericht dokumentiert und dem Projektpartner übergeben.

#### 4.1.1.4 Entwicklung eines Software-Tools zur Aufzeichnung und Auswertung von Messdaten

<b>Projektleiter:</b>	Prof. Dr.-Ing. Frank Worlitz
<b>Mitarbeiter:</b>	Herr M. Shmachkov, Dipl.-Inf. (FH) I. Noack
<b>Drittmittelgeber:</b>	IPM
<b>Laufzeit:</b>	seit 2015

Bei der Durchführung von Versuchen an den Versuchsanlagen des IPM besteht in der Regel die Notwendigkeit, verschiedenste Messdaten über eine Messwerterfassungskarte mit einem Computer aufzuzeichnen und auszuwerten. Für diese Aufgaben werden derzeit applikationsspezifische Programme mit der Programmiersoftware LabVIEW erstellt. Die unterschiedlichen Anforderungen der Messaufgaben an den verschiedenen Versuchsanlagen, wie bspw. Abtastfrequenzen, Anzahl der

Messkanäle, Auswertung und Darstellung der Messwerte erfordern einen aufwendigen Zuschnitt der Programme unter LabVIEW. Daneben ergeben sich hohe Lizenzkosten und ein großer Installationsaufwand auf den einzelnen Zielrechnern.

Ziel des Projektes ist es, ein modulares und plattformunabhängiges Programmsystem zu entwickeln, welches möglichst flexibel und leicht anzuwenden sowie zu konfigurieren ist.

Dazu wurde ein Basissystem geschaffen, welches sämtliche Programmteile als Plugins mit Hilfe dynamisch gelinkter Bibliotheken lädt. Über die Konfiguration lässt sich bestimmen, welche Plugins verwendet werden sollen und welche Wege der Datenstrom nehmen soll. So kann das Programm zur reinen Datenaufzeichnung ebenso eingesetzt werden, wie es auch als Server oder Client die Daten über ein Netzwerk leiten und anzeigen kann.

Ein weiterer Aspekt ist die Abstraktion vom Betriebssystem. So kann der Quellcode ohne Änderungen sowohl für Windows als auch für Linux und Mac kompiliert werden. Derzeit existieren Module zum Erfassen, Generieren, Laden, Speichern, Übertragen und Anzeigen von Messdaten. Für die Verarbeitung stehen eine Skalierung, ein Butterworth-Filter sowie eine Analyse für Magnetlagerdaten zur Verfügung.

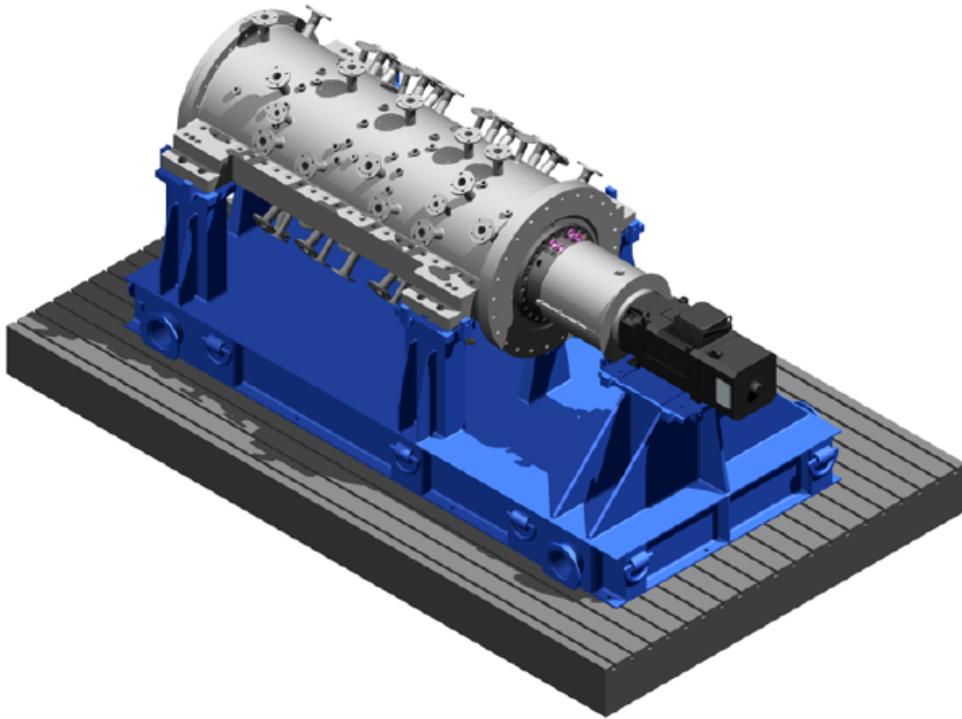
## **4.1.2 Versuchsanlagen**

### **4.1.2.1 Versuchsanlage „Magnet- und Fanglagerprüfstand MFLP“**

Der Magnet- und Fanglager-Prüfstand (MFLP) - Abbildung 2 - wurde im Rahmen des Zittauer Kraftwerkslabors errichtet. Er dient der Untersuchung von Magnet- und Fanglagern unter kraftwerksrelevanten Umgebungsbedingungen, vor allem hinsichtlich deren Langzeitstabilität. Wesentliche Eigenschaften des Prüfstandes sind:

- Rotor mit einer Masse von ca. 1,3 t
- Druckfester Rezipient mit Kammersystem
- Separat regelbare Dampfanschlüsse an jeder Kammer zur Beaufschlagung mit überhitztem Wasserdampf (bis zu 3 bar und 250 °C)
- Modularer Aufbau der Fanglageraufnahmen im Rezipienten für den Einbau unterschiedlichster Fanglagerkonfigurationen
- Notfanglager als Sicherungseinrichtung beim Test von zu untersuchenden Fanglagern bis an die Auslegungsgrenze
- Horizontal geteilter Rezipient für einfache Montage und Demontage von Magnet- und Fanglagerkomponenten

Der Prüfstand bildet die Grundlage für die Entwicklung und den Test zukünftiger Lösungen für Magnet- und Fanglager. Die umfangreiche Instrumentierung ermöglicht die Validierung von Simulations- und Auslegungstools für Magnet- und Fanglager.



**Abbildung 2: Magnet- und Fanglagerprüfstand MFLP**

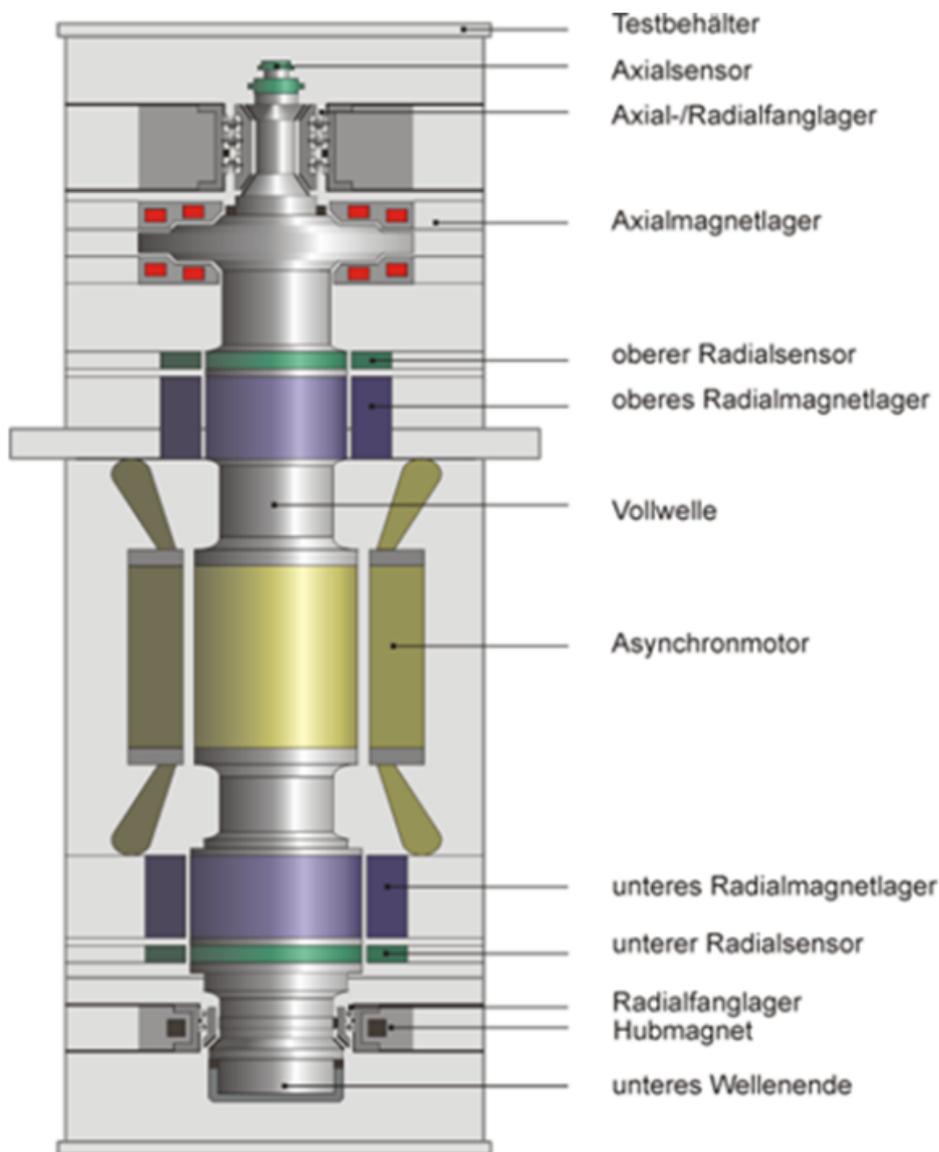
#### 4.1.2.2 Magnet- und Fanglagerprüfstand FLP 500



**Abbildung 3: Magnet- und Fanglagerprüfstand FLP 500**

Die Großversuchsanlage FLP 500 - Abbildung 3 und Abbildung 4 - wurde im Rahmen des Forschungsprogramms zur Entwicklung von Hochtemperaturreaktoren als Fanglagerprüfstand konzipiert und aufgebaut. Ziel war es, geeignete Fanglagerkonzepte für die Haupt- und Hilfsgebläse zu entwickeln und zu testen. Im Jahr 1994 wurde der Versuchsstand am IPM aufgebaut und wieder in Betrieb genommen. Der Versuchsstand wird u. a. eingesetzt für:

- Entwicklung, Verifikation und Validierung von Simulationsmodellen und -software
- Untersuchungen zur Entwicklung von Algorithmen zur Steuerung und Regelung der Magnetlager und des Antriebs
- Umrüstung der Magnetlagerung von analoger auf digitale Regelung
- Entwicklung und Test von Diagnosealgorithmen und -systemen für Magnet- und Fanglager
- Theoretische und experimentelle Untersuchungen zur Fanglagerentlastung mittels Permanentmagnetlagern
- Experimentelle Untersuchungen zu thermischen und mechanischen Belastungen der aktiven Magnetlager



**Abbildung 4: Aufbauschema Magnet- und Fanglagerprüfstand FLP 500**

Wesentliche Eigenschaften und Parameter des Versuchsstandes sind:

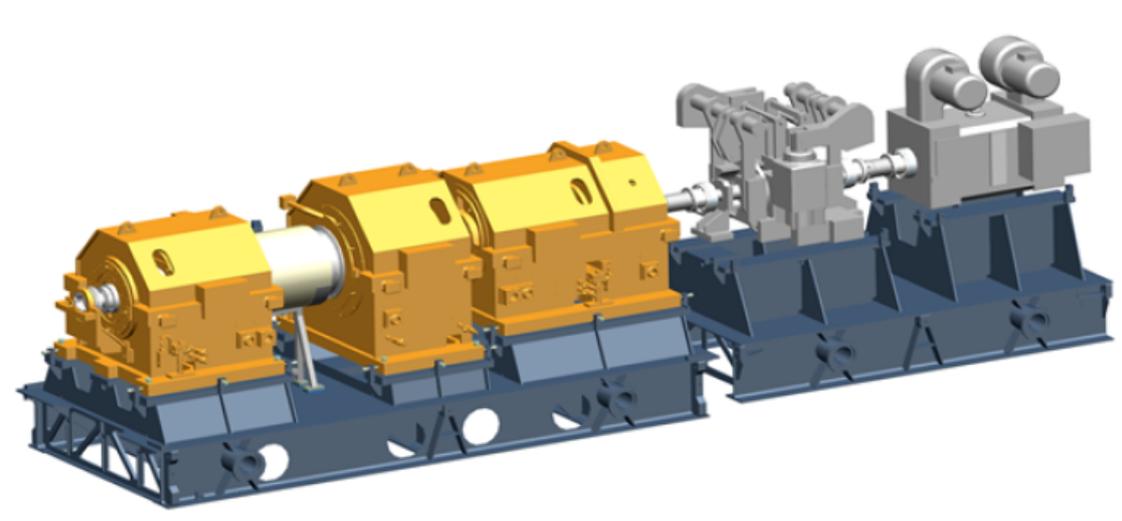
- Vollständig aktiv magnetgelagerte Welle
- Redundante Magnetlager
- Rotormasse: 1,3 t
- Maximaldrehzahl: 7200 U/min
- Antriebsleistung: 241 kW bei 3600 U/min
- Testbehälter: Länge 2,95 m, Durchmesser 1 m, Masse 7 t
- Masse Betonfundament: 45 t
- Tragkräfte: Axialmagnetlager 120 kN, Radialmagnetlager oben 6 kN; unten 10 kN
- Max. Lagerstrom: 50 A

### 4.1.2.3 Versuchsanlage SFDT „Schmiermittelfreie Dampfturbine“

Die Versuchsanlage SFDT dient zur Untersuchung von thermischen und mechanischen Einflüssen auf Magnet- und Fanglager. Das Versuchsfeld befindet sich in einer separaten Halle auf dem Gelände der Hochschule Zittau/Görlitz. Die Anlage besteht im Wesentlichen aus folgenden Komponenten:

- Horizontaler Rotor mit einer Masse von ca. 2,5 t
- Thermische Belastungseinrichtung mit 40 kW Heizleistung
- Elektromagnetomechanische Belastungseinrichtung mit einer maximalen radialen Kraftaufprägung von 35 kN
- Schutzbunker zum Schutz des Bedienpersonals
- Luft und Wasserkühlsystem für die Magnetlager

Mit dem Versuchsaufbau können die Betriebsbedingungen einer magnetgelagerten Industriedampfturbine nachgestellt werden. Dabei werden verschiedene Betriebsmodi der Turbine simuliert und die damit verbundenen thermischen und mechanischen Lasten auf die Lager aufgebracht.



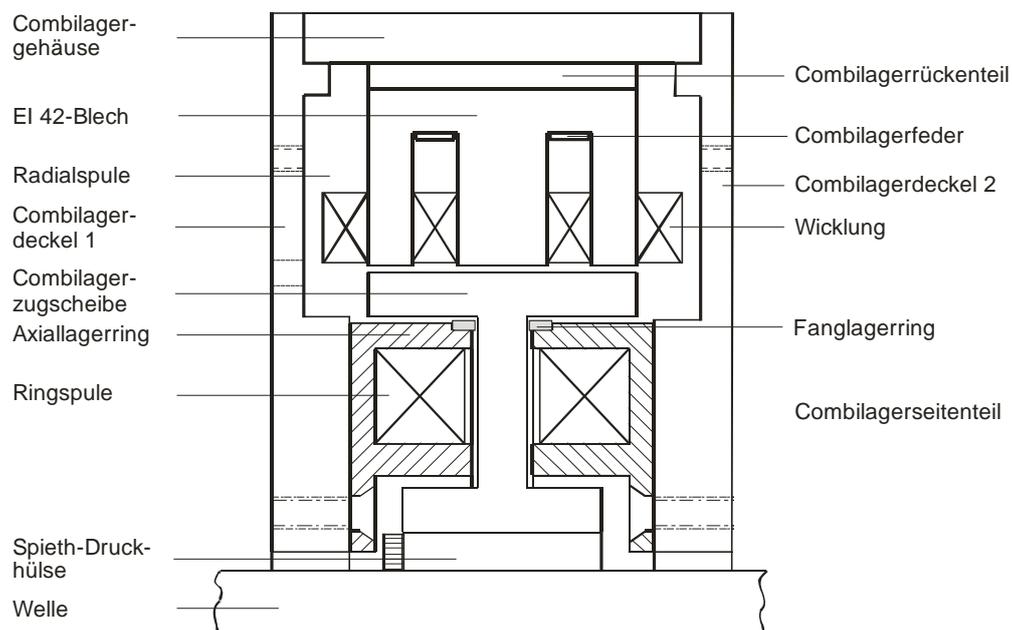
**Abbildung 5: Versuchsanlage SFDT**

### 4.1.2.4 Kleinversuchsstand ZMB120 (Zittau Magnetic Bearing)

Der Kleinversuchsstand ZMB120 ist eine Eigenentwicklung des Fachgebietes Mechanische Systeme des IPM. Bei diesem Versuchsstand wurde die Anzahl der Lagerstellen von üblicherweise drei – zwei Radialmagnetlager und ein Axialmagnetlager – durch die Kombination von Radial- und Axialmagnetlager in einer Baueinheit auf zwei reduziert.

Wesentliche Eigenschaften und Vorteile der Versuchsanordnung sind:

- Kombiniertes Radial- und Axialmagnetlager:
  - Einsparung einer Lagerstelle
  - Reduzierung des Platzbedarfes durch Verkürzung des Rotors
  - Verbesserung der Rotordynamik durch Erhöhung der Rotoreigenfrequenzen
- Geringe Lagerverluste durch Verwendung von Homopolarlagern
- Einfach zu fertigende Magnetlagerrotorteile (massive Drehteile, keine Blechung)
- Variable Positionierung der Lager durch lösbare Befestigung der Rotorteile



**Abbildung 6: Schnittdarstellung des kombinierten Axial- und Radialmagnetlagers**

Der Versuchsstand wurde zum Nachweis der Funktion des Lagerkonzeptes und zur Validierung und Verifikation von Simulationsmodellen eingesetzt.

### 4.1.3 Publikationen

#### 4.1.3.1 Vorträge und Präsentationen

S. Düsterhaupt, H. Neumann, T. Rottenbach, C. Vanek, F. Worlitz: High temperature active magnetic bearings in industrial steam turbines, ISMB 15, August 3<sup>th</sup> – 6<sup>th</sup>, 2016, Kitykyushu, Japan

L. Li, S. Düsterhaupt, F. Worlitz: Experimental Verification of Adaptive Control in Active Magnetic Bearings, ISMB 15, August 3<sup>th</sup> – 6<sup>th</sup>, 2016, Kitykyushu, Japan

L. Li, F. Worlitz: Adaptive State Control for Active Magnetic Bearings with Using Soft Computing, AIM 2016, March 14<sup>th</sup> -16<sup>th</sup>, 2016, Bormio Italy

#### 4.1.4 Betreuung von Promovenden

Prof. Dr.-Ing. Frank Worlitz:

**Dipl.-Ing. (FH) Düsterhaupt, Stephan:** Komplexe und integrierte Methoden zur Entwicklung und Verlässlichkeitsbewertung berührungsfreier Magnetlager, Technische Universität Chemnitz, Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik

**Dipl.-Ing. (FH) Vanek, Christian:** Entwicklung von Methoden zur Bewertung und Optimierung von Fanglagern für magnetgelagerte Maschinen, Technische Universität Chemnitz, Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik

**M.Eng. Li, Li:** Klassische Verfahren und Softcomputing zur Inbetriebnahme und Optimierung von Magnetlagern, Technische Universität Ilmenau, Fakultät Informatik und Systemanalyse

**M.Eng. Fiebig, Jan-Rainer:** Implications of active magnetic bearings for industrial turbines, North-West University, Potchefstroom, South Africa

#### 4.1.5 Ausgewählte Abschlussarbeiten der Studenten

**Thema 1:** Archivierung und Auswertung von Messdaten unter Berücksichtigung von ereignisgesteuerter Datenvermeidung und Datenreduktion

**BearbeiterIn:** Mikhail Shmachkov

**BetreuerIn:** Dipl.-Inf. (FH) Ivo Noack

**Auftraggeber:** IPM

## 4.2 Kerntechnik/Soft Computing

### 4.2.1 Forschungs- und Entwicklungsprojekte

#### 4.2.1.1 Lokale Effekte im DWR-Kern infolge von Zinkborat-Ablagerungen nach KMV (Kurztitel: Zinkborat; FKZ 150 1491)

**ProjektleiterIn:** Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Kästner

**MitarbeiterInnen:** Dr.-Ing. S. Kittan, Dr.-Ing. S. Renger, Dr.-Ing. A. Seeliger, M. Pfeiffer, F. Zacharias,

**Drittmittelgeber** Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)



Projektträger: Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit GRS mbH

**Kooperationspartner:** Technische Universität Dresden (TUD)  
Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf (HZDR)

**Laufzeit:** 01.03.2015 – 28.02.2018

Bearbeitungsstand/Ergebnisse:

Im Falle eines KMV hat durch Korrosion im Kühlmittel freigesetztes Zink das Potenzial, bis in den Reaktorkern zu gelangen und sich in Heißkanälen in feste Korrosionsprodukte umzuwandeln. Generische Experimente wiesen u.a. eine mögliche Gefährdung der Nachwärmeabfuhr durch diese Produkte nach, welche sich zum Teil schichtbildend auf Heißstellen anlagern. Im geplanten Vorhaben wird diese Problematik im Sinne sicherheitsrelevanter Fragestellungen auf in einer realen DWR-Anlage anzunehmende Leckgrößen und Nachkühlbedingungen sowie damit verbundene thermohydraulische Randbedingungen in SHB und Reaktorkern bezogen. Hierfür sind einerseits aus den Erfahrungen vorhandener analytischer und experimenteller Untersuchungen bezüglich KMV in DWR und andererseits durch ergänzende thermohydraulische Simulationsrechnungen solche Zustände / Bedingungen abgrenzend zu ermitteln, bei der eine mögliche Gefährdung der Kernkühlung aus Sicht vorhandener Erkenntnisse zu den physikochemischen Effekten eintreten könnte. Die quantitative Analyse der Versuchsdaten zum zeitlichen Ablauf des Quellsenke-Mechanismus der Zinkkorrosion und der Umwandlung des Zinks in feste Produkte unter realen Störfallbedingungen stellt dabei auf Grund der Komplexität und der gegebenen Rückwirkungen eine Herausforderung dar.

#### **4.2.1.2 Weiterentwicklung eines Prototypen für die Prognose des Zustandsverlaufes von Maschinentransformatoren**

**ProjektleiterIn:** Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Kästner

**MitarbeiterInnen:** Dipl.-Inf. J. Hänel, Dipl.-Math. T. Förster

**Drittmittelgeber:** Lausitzer Energie Kraftwerke AG



(ehemals Vattenfall Europe Generation AG)

**Laufzeit:** II. Quartal 2016 – I. Quartal 2017

Bearbeitungsstand/Ergebnisse:

Um den zuverlässigen Betrieb von Maschinentransformatoren zu gewährleisten, wird deren Betriebszustand überwacht. Dies geschieht durch kontinuierliche Erfassung von Systemparametern (Monitoring) und dem Vergleich dieser Parameter mit dem Soll-Zustand. Bestehende Abweichungen ermöglichen Rückschlüsse auf vor-

liegende Fehler und ermöglichen die Planung von Instandhaltungsmaßnahmen.

Im Rahmen dieses Projektes wird aufbauend auf den Erkenntnissen vorheriger Projekte eine bestehende Software weiterentwickelt, welche Diagnose- und Prognosealgorithmen zur Zustandsbewertung von Transformatoren für den Anwender nutzbar macht. Das Tool beinhaltet außer den Auswertemethoden einen Adapter, der die Daten aus einer Transformatordatenbank ausliest und aufbereitet, sowie einen Reportgenerator, der die Diagnose- und Prognoseergebnisse in einer Reportdatei grafisch darstellt und alle wichtigen Informationen zum Betriebszustand ausgibt. Die Daten für die untersuchten Transformatoren wurden von der Firma LEAG zur Verfügung gestellt.

Die Anwendbarkeit des in den Vorgängerprojekten entwickelten Diagnosealgorithmus wurde für weitere Transformatoren bzw. Transformortypen getestet. Aufbauend auf den zur Verfügung stehenden Daten wurden Prognosealgorithmen getestet und in der Software umgesetzt.

Das aus diesem Projekt resultierende Produkt soll unterstützend zu Instandhaltung bzw. Wartung/Reparatur sowie zur Fehlerprävention bei Maschinentransformatoren eingesetzt werden können.

#### **4.2.1.3 Dichtegeliebene vertikale Austauschbewegungen von Gasen in Stabbündelgeometrien und Untersuchungen zum radialen Strahlungsverhalten in ausgewählten beheizten Stabbündel-Konfigurationen - Innerhalb Verbundprojekt SINABEL: Sicherheit der Nasslager für abgebrannte Brennelemente: Experimentelle Analyse, Modellbildung und Validierung für System- und CFD-Codes**

**ProjektleiterIn:** Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Kästner

**MitarbeiterInnen:** M. Eng. H. Chahi, Dipl.-Ing. S. Alt

**Drittmittelgeber:** Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

**Kooperationspartner:** Technische Universität Dresden:  
Institut für Strömungsmechanik, AREVA-Stiftungsprofessur für Bildgebende Messverfahren für die Energie- und Verfahrenstechnik sowie Professur für Wasserstoff- und Kernenergie-technik  
Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf –  
Institut für Fluidodynamik

**Laufzeit:** 10/2013 – 09/2017

Bearbeitungsstand/Ergebnisse:

Im Berichtszeitraum wurde der Versuchsstand „Dichtegetriebene Vertikale AustauschBEwegungen von Gasen (DVABEG)“ in Betrieb genommen. Die Experimente an der DVABEG mit Luft beinhalteten Untersuchungen mit folgenden Randbedingungen:

Horizontalströmung ohne Vertikalströmung (Variation der Reynoldszahlen)

Vertikalströmung ohne Horizontalströmung (Variation der Reynoldszahlen)

Quervermischung der Gase mit unterschiedlichen Reynoldszahlen für die vertikale aufwärtsgerichtete Strömung aus dem BE-Dummy (Querschnitt: 230 × 230 mm) und der horizontalen Überströmungsluft (Querschnitt: 450 × 450 mm).

Experimente mit reiner Horizontalströmung ohne aufgeprägte Vertikalströmung wurden durchgeführt, um die Verteilung der horizontalen Vektoren der Geschwindigkeit über den Kanalquerschnitt und in Abhängigkeit vom Wandabstand zu bestimmen. Es stellte sich heraus, dass die Austrittsöffnung aus dem vertikalen Brennelement-Dummy (BE-Dummy) die Verteilung der Strömung im horizontalen Überströmkanal ab ca. 1 m/s schon im Anströmbereich beeinflusst. Es wurde ein Absinken der horizontalen Geschwindigkeitskomponente der Horizontalströmung festgestellt. Das weist darauf hin, dass sich an der in Strömungsrichtung ersten Kante der vertikalen Austrittsöffnung Strömungswirbel ausbilden, die einerseits auf den Anströmbereich zurückwirken und bis in den BE-Kopfbereich beobachtet wurden. Dieser Effekt der Wirbelbildung konnte auch mit Temperaturmessungen im BE-Kopf bestätigt werden, wobei die überströmende Luft gegenüber der Umgebung leicht aufgeheizt war.

Mittels Strömungsmarkierung durch Nebel (Flow-Marker) in beide Strömungspfade wurden bei verschiedenen Randbedingungen für Horizontal- und Vertikalströmung diese visualisiert. So zeigte sich bei Experimenten mit turbulenter horizontaler Überströmung ( $Re = 4000$ ) und laminarer vertikaler Ausströmung ( $Re = 188$  bis  $1000$ ) die Ausbildung eines „Strömungskeiles“, der sich bereits vor der ersten Kante der Austrittsöffnung in der Horizontalströmung ausbildete. Der Höhe und Länge dieser keilförmigen Verlagerung der Horizontalströmung nach oben und die Periodendauer der Wirbelbildung wurde als Funktion der Re-Zahl dargestellt.

In einem zweiten Schritt wurden Differenzdruckmessungen über den mittleren Abstandshalter des BE-Dummy durchgeführt. Dabei wurde eine Vertikaldurchströmung des BE-Dummy ohne aufgeprägte Horizontalströmung realisiert. Eine entsprechende Abhängigkeit des Differenzdruckes vom eingestellten Volumenstrom wurde nachgewiesen.

## 4.2.2 Versuchsanlagen

### 4.2.2.1 Zittauer Strömungswanne (ZSW)

Die Zittauer Strömungswanne (ZSW) ist ein modular gestalteter Strömungskreislauf für flüssige Medien mit einem 6×1×3 m großem Wannenbehälter als Speicher (Abbildung 7). Der Behälter verfügt über eine Freie Fall- und Sprühsektion (Abbildung 8). Die ZSW weist durch die Edelstahlausführung aller medienberührenden Komponenten eine hohe Korrosions-, Chemie- und Temperaturbeständigkeit bis 80 °C auf. Neben umfangreicher Messtechnik sind auch Komponenten für Medienheizung und -kühlung integriert.



**Abbildung 7:** Der Wannenbehälter der Zittauer Strömungswanne (ZSW)

- Sprühbild des Freistrahls und Lage der Freien-Fall-Sektion variierbar
- maximale Füllhöhe im Wannenbehälter: 2,6 m
- Umwälzpumpe mit Förderleistung bis 180 m<sup>3</sup>/h
- Leittechnik mit umfangreicher Messtechnik für Drücke, Differenzdrücke, Temperaturen, Volumenströme, Leitfähigkeiten und vollautomatisierter Versuchsdurchführung
- Möglichkeit von Probenahme und -auswertung

- Beobachtbarkeit der Prozesse im Wannenbehälter über Sichtfenster mit digitaler Videotechnik



**Abbildung 8: Korrosionsuntersuchungen an verzinkten Metallteilen in einem simulierten Leckstrahl**

#### 4.2.2.2 Druckhalter

Die Druckhalterversuchsanlage (DHVA) dient der Analyse von Phänomenen in thermohydraulischen Zweiphasenströmungen (Abblasen, Ausdampfen, Kondensation). Als Medien fungieren Wasser und Dampf. Die DHVA findet auch als Dampferzeuger für andere Versuchsanlagen Verwendung (siehe Fragmentierungsanlage).

Auslegungsparameter:

- Leistung: 32 kW (elektrische Heizung)
- Druck:  $\leq 16$  MPa
- Medientemperatur:  $\leq 350$  °C
- Volumen: 175 l
- Medien: Wasser, Dampf, nicht kondensierbare Gase

### 4.2.2.3 Fragmentierungsanlage

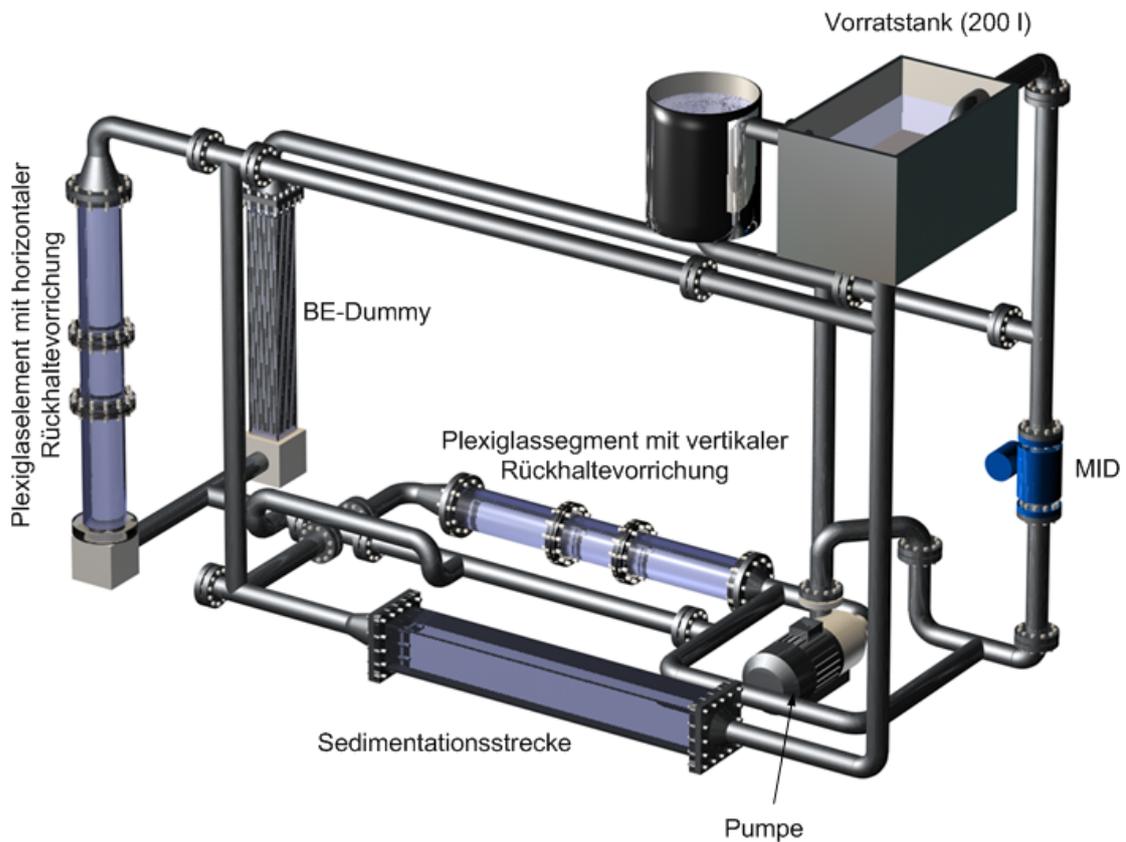
Bei der Fragmentierungsanlage handelt es sich um einen Edelstahl Druckbehälter mit 5,8 m<sup>3</sup> Volumen, welcher mit der DHVA als Dampferzeuger koppelbar ist. Die Anlage dient Stabilitätsprüfungen und Materialfragmentierungen durch Beaufschlagung mit Dampf oder Wasser. Ein druckfestes Sichtfenster erlaubt die Prozessbeobachtung mit Hochgeschwindigkeitskamera und die Aufzeichnung des Fragmentierungsprozesses oder Aufprallvorgangs zu dokumentarischen Zwecken.

- Beaufschlagung mit gesättigtem Dampf bis 7 MPa / gesättigtem oder unterkühltem Wasser bis 12 MPa
- Einsatz von Berstscheiben möglich
- Bildverarbeitungsanalyse, z.B. Vermessung von Strahlaufweitungen
- separate Bilanzierung des dampfgetragenen Materials (Kleinstfragmente) durch Einleitung des Mediums in eine Auffangwanne

### 4.2.2.4 Versuchsstand Ringleitung II

Der modular aufgebaute Versuchsstand "Ringleitung II" repräsentiert einen Strömungskreislauf mit variabel zu- und abschaltbaren vertikalen und horizontalen Versuchsstrecken aus Plexiglas. Er dient der Untersuchung von Einzeleffekten und des Integralverhaltens von Mehrphasenströmungen (Abbildung 9).

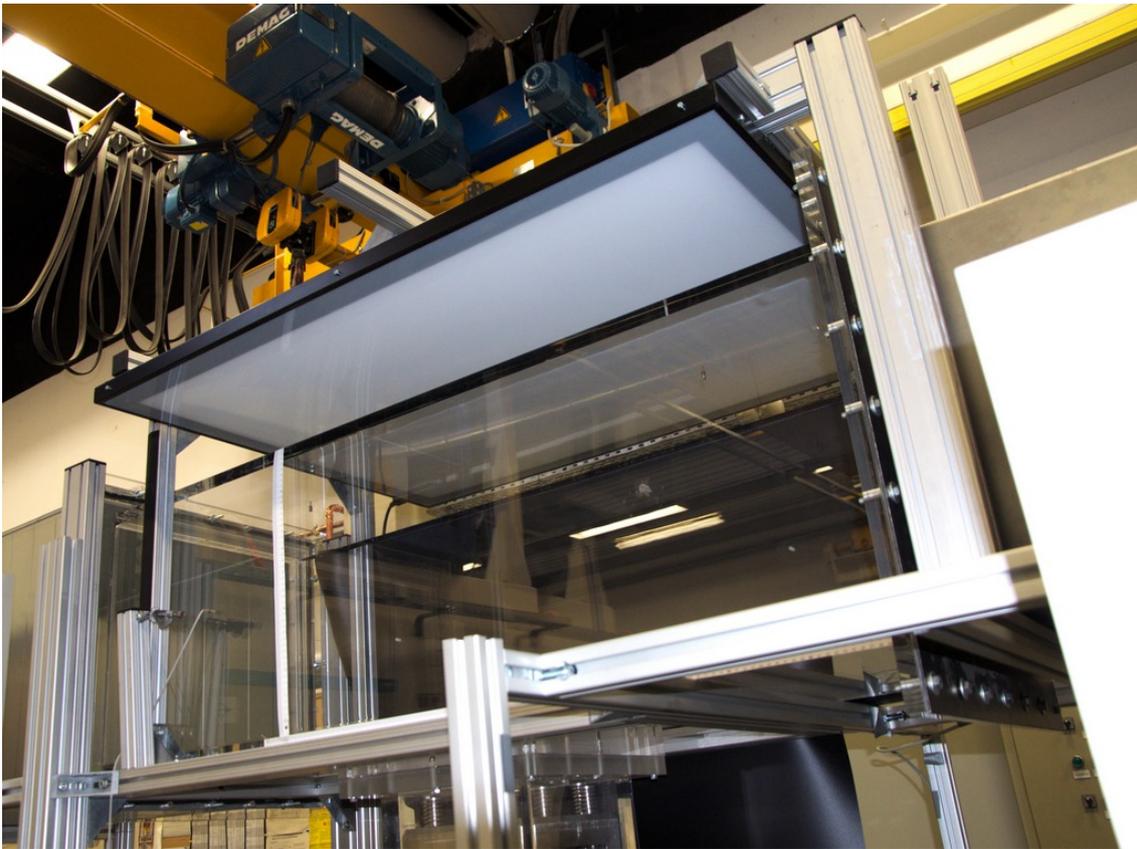
- Optische Kontrolle und Anwendung der Digitalen Bildverarbeitung (DBV) an den Plexiglas-Komponenten
- Analyse des Anlagerungs- und Penetrationsverhaltens von Feststoffpartikeln an Rückhaltevorrichtungen (Siebe, Filter) bei verschiedenen Volumenströmen
- Analyse des Sedimentations- und Resuspensionsverhaltens von Feststoffpartikeln bei verschiedenen Volumenströmen
- Analyse des Anlagerungsverhaltens freigesetzter Feststoffpartikel an komplexen Geometrien
- Erweiterbarkeit der Versuchsstrecke um zusätzliche Module wie z. B. Heizstabskonfigurationen



**Abbildung 9:** Schematische Darstellung des Versuchsstands "Ringleitung II"

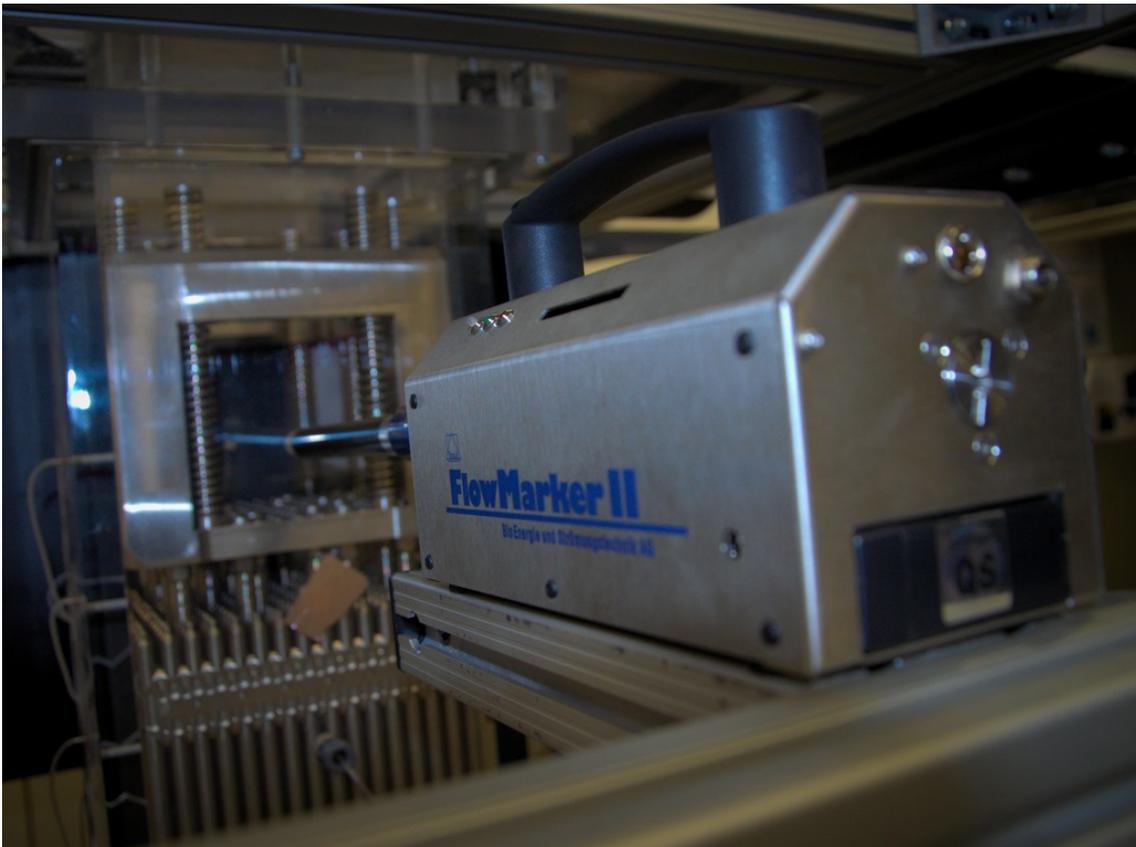
#### 4.2.2.5 Versuchsstand DVABEG

DVABEG (Dichtgetriebene Vertikale AustauschBEwegungen von Gasen) ist eine Versuchsanlage zur Untersuchung thermohydraulischer Phänomene. Sein Basisaufbau besteht aus einem T-förmigen Strömungskanal (Abbildung 10), welcher gleichzeitige horizontale und vertikale Einströmungen von Gasen und Markierern erlaubt.



**Abbildung 10: Der Plexiglas-Strömungskanal des Versuchsstands DVABEG**

- Einsatz von homogenen Nebel zur Visualisierung und Vermessung der Strömungsformen (Strömungsmarkierer; Abbildung 11)
- Gute Observierbarkeit, Einsatz von Digitaler Bildverarbeitung (DBV) und Particle Image Velocimetry (PIV) möglich
- Einsatz von Druckluft, Modellgasen und -gemischen (z.B. Argon/Helium), stellvertretend für Gase unterschiedlicher Dichte



**Abbildung 11: Einsatz eines Strömungsmarkierers zur Visualisierung der vorherrschenden Strömungen**

#### **4.2.2.6 Plexiglasversuchsstände**

##### **Versuchsstand „Säule“**

Hierbei handelt es sich um eine 3 m hohe Sedimentationsstrecke, welche eine uneingeschränkte Beobachtung von z.B. sinkenden Partikeln, sedimentierenden Materialien sowie Probenahmen auf unterschiedlichen Höhenpositionen ermöglicht.

##### **Versuchsstand „Ringkanal“**

Der ovale Strömungskanal dient der Erzeugung und Observierung einer horizontalen Trägerströmung.

- Strömungserzeugung durch höhenverstellbare Impeller, Variation der Strömungsgeschwindigkeit durch die Drehzahl
- Einbauten wie Filter und Siebe möglich
- Untersuchung und Vermessung von Strömungsphänomenen durch den Einbau von Hindernissen, z. B. Wehren.

- Einsatz von Digitaler Bildverarbeitung (DBV) einschließlich Particle Image Velocimetry (PIV) für die Charakterisierung von Mehrphasenströmungen (Lasersheet, Lichtpanel)
- Möglichkeit der Probenahme und -analyse auf unterschiedlichen Kanalhöhen
- Aufnahme vertikaler Trübungsprofile über Lasersensoren auf verschiedenen Höhenpositionen

#### 4.2.2.7 Versuchsstand „Tank“

Der Plexiglastank dient der experimentellen Analyse von Effekten, die beim Auftreffen eines Wasserstrahls auf eine Wasservorlage auftreten. Die Leerrohrgeschwindigkeit kann dabei zwischen 0,5 - 8 m/s variiert werden. Mit einer Prallplatte lassen sich Strahlaufweitung und -form variieren.

Untersucht werden hier u.a.:

- Eintragstiefe von Luftblasen
- Strömungsprofil in der Wasservorlage und der Temperaturschichtung
- Remobilisierungsverhalten von Sedimenten (Isoliermaterialfasern)
- Korrosionsprozesse an Metallproben (z.B. verzinkte Gitterroste, Zink in Granalienform)
- Aufbereitung (Mischung) und Speicherung von Flüssigkeiten (z.B. Kühlmittel mit Borsäure, Additiven)

#### 4.2.2.8 Kraftwerkskomponenten

##### **Teilbeheizter Brennelemente-Dummy**

Der teilbeheizte Brennelemente-Dummy repräsentiert in verkürzter Form das Brennelement eines Druckwasserreaktors. Es kann durch Kopplung mit der "Zittauer Strömungswanne" (ZSW) in einem Kühlmittelkreislauf integriert werden.



**Abbildung 12: Beheizbarer Brennelemente-Dummy**

- Brennelemente (BE)-Dummy eines Druckwasserreaktors (DWR) mit 16×16 Brennstabsimulatoren
- 8×8 Brennstab (BS)-Simulatoren mit jeweils 1120 W max. elektrischer Heizleistung
- Heizleistung über mehrere BS-Gruppen variierbar
- Edelstahlgehäuse mit umfangreicher Befensterung
- umfangreiche Messtechnik, u.a. zur Erfassung von Differenzdrücken, Volumenströmen, Trübungen und Kühlmitteltemperaturen

### **CORVUS**

Die 4,5 m hohe Versuchskomponente CORVUS repräsentiert die Teilgeometrie eines Druckwasserreaktor-Brennelements vom Typ Vorkonvoi. Sie besteht aus einer eingehausten 3×3 Heizstabkonfiguration, welche Brennstäbe in originaler Länge simuliert. CORVUS kann durch Kopplung mit der „Zittauer Strömungswanne“ (ZSW) in einen Kühlmittelkreislauf eingebunden werden.

- Zirkalloy-Hüllrohre sowie Abstandshaltersegmente (AH) Typ FOCUS™ an originalen Höhenpositionen

- 800 W elektrische Heizleistung je Stab, mit Nachbildung eines cosinusförmigen Leistungsprofils über der simulierten aktiven Länge
- Bestimmung von hüllrohrnahen Temperaturen und Kühlmitteltemperaturen
- variabel platzierbare Differenzdruckmessung
- umfangreiche Befensterung für die Observation der AH mit Achtfach-Digitalkamerasystem



**Abbildung 13:** Versuchskomponente CORVUS (links); Edelstahl-Gehäuse mit 3x3-Heizstabkonfiguration in originaler Brennstablänge (rechts)

### Weitere Komponenten

- Verkürztes Brennelement (BE)-Dummy eines Druckwasserreaktors (DWR):  $\approx 1,6$  m Gesamtlänge mit BE-Kopf und BE-Fuß inkl. integriertem Debris Screen Filter (IDF), 16x16 Brennstabsimulatoren, 3 Abstandshalter
- 4 verkürzte DWR BE-Dummys:  $\approx 1,1$  m Gesamtlänge mit BE-Kopf und BE-Fuß inkl. IDF, 16x16 Brennstabsimulatoren, 2 Abstandshalter; zu einem BE-Cluster kombinierbar

- Plexiglasgehäuse für BE-Cluster, konzipiert für die Einbindung des Clusters in einem Kühlmittelkreislauf, mit separater Regelung der Massenströme
- Versuchsstand "Zittauer Strömungswanne" (ZSW) als Modell eines Containmentsumpfes eines generischen DWR
- Versuchsstand DVABEG für die Untersuchung von Wärmetransportprozessen in einem teilweise bzw. vollständig ausgedampften Brennelement-Lagerbecken

### 4.2.3 Messtechnik

#### 4.2.3.1 Hochgeschwindigkeitskamera

Diese Kamera dient der Bildaufnahme von schnellen dynamischen Prozessen und bewegten Objekten (z. B. Luftblasen, Freistrahler, Partikeltransport in Strömungen)

- Bildrate: 5.000 fps bei maximaler Auflösung, bis zu 195.000 fps bei reduzierter Auflösung
- mobiler Einsatz möglich (interne Batterie)

#### 4.2.3.2 Infrarotkamera

- Bildwiederholfrequenz: 60 Hz
- Temperatursensitivität: 50 mK
- Auflösung: 320 x 240
- 2 Temperaturbereiche: -20 bis 120 °C und 0 bis 350 °C
- Spektralbereich: 7,5 - 13 µm; Nahbereich: 100 µm/Pixel

#### 4.2.3.3 Digitales Mikroskop

- 2,1 Megapixel CCD Sensor
- Teleobjektiv für die hochauflösende Aufnahme mit einer Vergrößerung von 20x bis 200x
- Tiefenschärfezusammenstellung
- Echtzeit-Bilddoptimierung

#### 4.2.3.4 Particle Image Velocimetry (PIV)

Particle Image Velocimetry (PIV) ist ein optisches Verfahren zur Bestimmung von Geschwindigkeitsfeldern in Strömungen. Das PIV-System wird am Institut verwendet für die Messung von

- lokalen Geschwindigkeiten in Kanalströmungen,
- Turbulenzen / Wirbelausprägungen,
- durch simulierte Leckstrahlen erzeugten Strömungsprofilen.

#### 4.2.3.5 Particle Analyzer

Auf Grundlage des Laserdiffraktionsverfahrens werden mit dem Messsystem Partikelgrößen und Größenverteilungen bestimmt. Die Berechnung erfolgt aus dem Beugungsmuster der gemessenen Intensität eines durch eine dispergierte Partikelprobe gestreuten Lichts eines Laserstrahls.

- Analyse von Pulvern und Suspensionen
- Partikelgrößenbestimmung mittels Laserdiffraktion
- erfassbares Partikelgrößenspektrum:  $0,05\mu\text{m}$  -  $900\mu\text{m}$

#### 4.2.3.6 Weitere optische Messtechnik



**Abbildung 14:** Kompaktes Mehrkameranensystem für den Einsatz in Forschung und Industrie

- Portables USB-Mehrkameranensystem (Abbildung 14).

- Digitale Lasersensoren für Objektvermessungen und Bestimmung von Trübungsgraden in transparenten Medien
- Unterwasserkamera mit digitalem Framegrabber

#### 4.2.4 Publikationen

##### 4.2.4.1 Veröffentlichungen in Fachzeitschriften

A. Seeliger, S. Alt, W. Kästner, S. Renger, H. Kryk & U. Harm: Zinc corrosion after loss-of-coolant accidents in pressurized water reactors - Thermo- and fluiddynamic effects. Nuclear Engineering and Design, 2016, 305, 489-502

##### 4.2.4.2 Proceedings

A. Seeliger, S. Renger, W. Kästner, S. Alt, H. Kryk & U. Harm: Partikelentstehung und -transport im Reaktorwasser des DWR-Primärkreislaufs. Proceedings zum Kraftwerkschemischen Kolloquium 2016 - "Wasser im Kraftwerk und in der Energietechnik", Zittau, 2016

S. Renger, A. Seeliger, S. Alt, W. Kästner: Investigations about released debris and corrosion products and their impact to head loss build up and decay heat removal under water-chemical PWR-LOCA conditions. Proceedings of the 24th International Conference on Nuclear Engineering (ICONE24), Charlotte, North Carolina/USA, 2016

H. Chahi, W. Kästner, S. Alt: Thermal-hydraulic investigations to the flow of model gases at a PWR fuel assembly dummy and overflow of air above the top of the FA-dummy, Proceedings of the 24th International Conference on Nuclear Engineering (ICONE24), Charlotte, North Carolina/USA, 2016

S. Alt, W. Kästner, S. Renger & A. Seeliger: In-Core Zinc Borate Precipitations after LOCA in Pressurized Water Reactors - Past Experiences and Upcoming Investigations. Proceedings of the Annual Meeting on Nuclear Technology (AMNT), Hamburg, 2016

H. Chahi, W. Kästner, S. Alt: Mathematical Modelling for the Exchange of thermal Radiation between Fuel Rods in a PWR-Fuel Assembly Storage. Proceedings of the Annual Meeting on Nuclear Technology (AMNT), Hamburg, 2016

S. Kliem, U. Hampel, A. Hurtado, W. Kästner, A. Kratzsch, P. Sahre, & S. Jansen: Forschung und Lehre innerhalb des Kompetenzzentrums Ost für Kerntechnik auf den Gebieten Endlagerung, Reaktorsicherheit und Strahlenschutz Kraftwerkstechnik 2016. Proceedings zum Kraftwerkstechnischen Kolloquium, Dresden, 2016

##### 4.2.4.3 Vorträge

A. Seeliger: In-Core Zinc Borate Precipitations after LOCA in Pressurized Water Reactors - Past Experiences and Upcoming Investigations. Annual Meeting on Nuclear Technology (AMNT), Hamburg, 2016

H. Chahi: Mathematical Modelling for the Exchange of thermal Radiation between Fuel Rods in a PWR-Fuel Assembly Storage. Annual Meeting on Nuclear Technology (AMNT), Hamburg, 2016

S. Renger: Investigations about released debris and corrosion products and their impact to head loss build up and decay heat removal under water-chemical PWR-LOCA conditions. 24th International Conference on Nuclear Engineering (ICONE24), Charlotte, North Carolina/USA, 2016

H. Chahi: Thermal-hydraulic investigations to the flow of model gases at a PWR fuel assembly dummy and overflow of air above the top of the FA-dummy, 24th International Conference on Nuclear Engineering (ICONE24), Charlotte, North Carolina/USA, 2016

A. Seeliger: Partikelentstehung und -transport im Reaktorwasser des DWR-Primärkreislaufs. Kraftwerkschemisches Kolloquium 2016 - "Wasser im Kraftwerk und in der Energietechnik", Zittau, 2016

W. Kästner, J. Hänel, M. Honscha, M. Lukas: Diagnosetool zur Zustandsbestimmung von Maschinentransformatoren. VGB KELI 2016 - Konferenz Elektrotechnik, Leittechnik, Informationsverarbeitung im Kraftwerk, Köln, 11.-12.05.2016

J. Hänel, T. Förster, W. Kästner: Diagnosetool zur Zustandsbestimmung und Prognose von Maschinentransformatoren. Workshop "Transformatoren – Betrieb und Diagnose", Hochschule Zittau/Görlitz, Zittau, 01.-02.11.2016

J. Hänel, T. Förster, W. Kästner: Diagnosetool zur Zustandsbestimmung und Prognose von Maschinentransformatoren. IPM-Institutskolloquium, Hochschule Zittau/Görlitz, Zittau, 26.10.2016

#### **4.2.5 Ausgewählte Abschlussarbeiten der Studenten**

**Thema 1:** *Einsatz von Kalman Filtern - Masterarbeit*

**BearbeiterIn:** Youssef Jalal Aloudrhiri-Alami

**BetreuerIn:** Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Kästner

**Thema 2:** *Theoretische und praktische Aspekte der Zustandsregelung einer Drehzahlregelstrecke - Bachelorarbeit*

**BearbeiterIn:** Yi Luo

**BetreuerIn:** Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Kästner

**Thema 3:** *Vergleichende Analyse von Regelungskonzepten - Praktikumsarbeit*

**BearbeiterIn:** Yi Luo

**BetreuerIn:** Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Kästner

#### 4.2.6 Betreuung von Promovenden

Prof. Dr.-Ing. W. Kästner:

**Dipl.-Ing. (FH) Kratzsch, Doreen:** Verfahren zur Zustandsbewertung von Leistungstransformatoren und Generierung von Fail-Safe-Kriterien, Technische Universität Ilmenau, Fakultät für Informatik und Automatisierung

**Dipl.-Ing. (FH) Kittan, Stefan:** Modellierung/Simulation der Dynamik von Anlagerungs- und Penetrationsprozessen in partikelbelasteten Kühlmittelströmungen, Technische Universität Ilmenau, Fakultät für Informatik und Automatisierung

#### 4.3 Messtechnik/Prozessautomatisierung

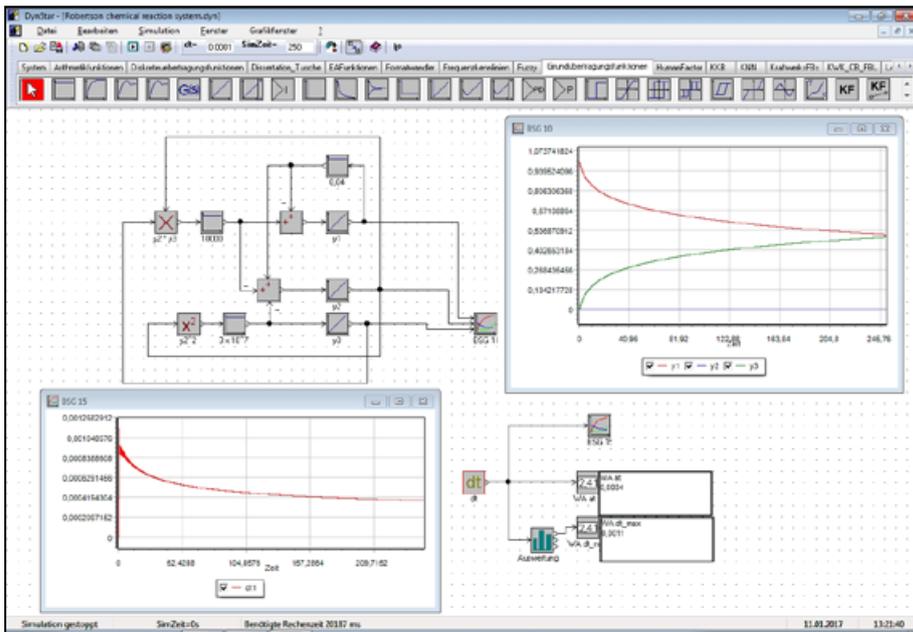
##### 4.3.1 Forschungs- und Entwicklungsprojekte

###### 4.3.1.1 Ertüchtigung der Simulationsumgebung DynStar

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Alexander Kratzsch  
**Mitarbeiter:** Dipl.-Ing. (FH) D. Fiß, M. Eng. Christian Vogel  
**Finanzierung:** SMWK  
**Laufzeit:** 01.02.2016-30.11.2018

Bearbeitungsstand/ Ergebnisse:

Das Simulationssystem DynStar (Abbildung 4.15) ist ein Softwareprodukt des Instituts für Prozeßtechnik, Prozeßautomatisierung und Meßtechnik (IPM) der Hochschule Zittau/Görlitz und wird traditionell in Lehre und Forschung eingesetzt. Es besteht ein intensives Interesse an der weiterführenden Nutzung von DynStar im Rahmen der Simulation von energie- und verfahrenstechnischen Prozessen im industriellen Umfeld. Dazu wurde der Quellcode des Simulationssystems DynStar in die aktuelle Entwicklungsumgebung von *Delphi® 10 Seattle* migriert und damit für die Betriebssysteme (*Microsoft Windows 7 – 10*) ertüchtigt.



**Abbildung 4.15: Grafische Oberfläche des Simulationssystems DynStar**

In weiteren Arbeitspaketen wurde DynStar erweitert, indem verschiedene existierende numerische Lösungsverfahren für Differentialgleichungen integriert wurden. Die Arbeiten wurden durch die IAESTE-Austauschstudientin An Plentickx unterstützt, durch die Entwicklung und Umsetzung des Mehrschrittverfahrens nach Adams-Bashforth-Moulton mit variabler Schrittweite. Weiterhin wurde ein OPC-Client für den Datenaustausch z.B. mit der Versuchsanlage THERESA implementiert. Die Grundlage für die Implementierung des OPC-Clients wurde von Roman Kichenko im Rahmen einer Praktikumsarbeit geschaffen.

#### 4.3.1.2 Grundlegende F&E-Arbeiten zu Methoden der Zustandsüberwachung von Transport- und Lagerbehältern

- Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Alexander Kratzsch
- Mitarbeiter:** Dipl.-Ing. (FH) D. Fiß, M.Eng. S. Schmidt, Dipl.-Ing. (FH) S. Reinicke
- Finanzierung:** Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

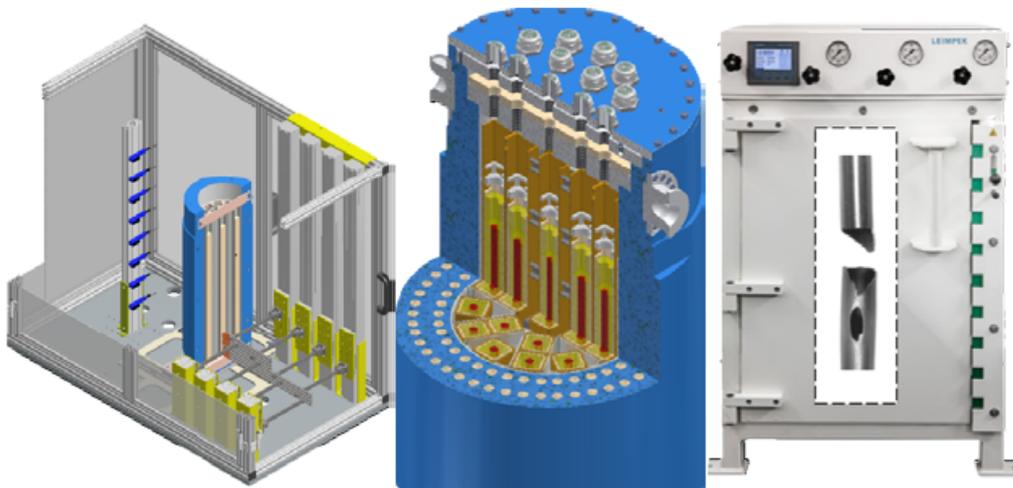
- Kooperationspartner:** TU Dresden
- Laufzeit:** 01.02.2016-31.01.2019

Bearbeitungsstand/ Ergebnisse:

Das Gesamtziel des Vorhabens besteht in einer Bewertung verschiedener physikalischer Messprinzipien, Verfahren und Methoden zur nichtinvasiven Überwachung des Zustandes des Inventars von Transport- und Lagerbehältern (TLB) bei verlängerter Zwischenlagerung. Damit sollen Möglichkeiten eruiert werden, Veränderungen der Brennelemente bzw. der aufnehmenden Behälterstrukturen über sehr lange Zeiträume von mehreren Jahrzehnten erkennen zu können, ohne die Behälter zu öffnen. Mit einem geeigneten Verfahren oder einer Verfahrenskombination könnte damit ein wichtiger Beitrag zur Langzeitsicherheit zwischengelagerter hochradioaktiver Abfälle geleistet werden, da mit einem solchen Verfahren Aussagen über die Transport- und Konditionierungsfähigkeit der Abfälle vor Verbringung ins Endlager möglich wären.

Es werden physikalische Messprinzipien hinsichtlich deren Eignung zur nichtinvasiven Langzeitüberwachung der TLB und der darin befindlichen Brennelemente analysiert und bewertet. Es wurden vier Versuchsstandskonzepte (Abbildung 4.16) erarbeitet.

- **Versuchsanlage „Gammastrahlung“:** Mit der Versuchsanlage ist es möglich, die Gammstrahlungsverteilung, nachgebildet mit acht vertikal verfahrbaren Cs137-Quellen, die ein Modell eines Castors V/19 mit Tragekorb und BE-Dummies durchdringt, an der Außenseite zu messen.
- **Versuchsanlage „Temperaturfeld“:** Projektiert wurde eine Versuchsanlage, mit der die Außenwandtemperatur eines skalierten Modells des Castors V/19 (u.a. mit Infrarot-Thermographie) für unterschiedliche Heizleistungsverteilungsszenarien gemessen, aufgezeichnet und visualisiert werden kann.
- **Versuchsanlage „Aktive akustische Schwingungsspektroskopie“:** Die Versuchsanlage zur aktiven akustischen Spektroskopie soll die intakten und unterschiedlich vorgeschädigten behälterinternen Komponenten (Tragekorb, Brennelement, Brennstäbe) in Eigenschwingung versetzen und das akustische Resonanzspektrum vermessen. Vorteilhaft ist die Tatsache, dass akustische Spektroskopie sehr sensitiv in Bezug auf geringfügige Änderungen der Geometrie und Materialeigenschaften (Elastizitätsmodul) ist.
- **Versuchsanlage „Passive akustische Schwingungsspektroskopie“:** Die avisierte Versuchsanlage soll es ermöglichen, den Körperschall von druckbeaufschlagten Hüllrohren innerhalb und außerhalb eines TÜV-zertifizierten Berstcontainers aufzuzeichnen. Schallspektren während des Berstens werden registriert und Signaturen zur Unterscheidung von anderen akustischen Ereignissen mittels klassischen und modernen (Soft Computing) Methoden der Signalverarbeitung ermittelt.



**Abbildung 4.16: Illustration der konzipierten Versuchsstände**  
**a) Versuchsanlage „Gammastrahlung“**  
**b) Versuchsanlage „Temperaturfeld“**  
**c) Versuchsanlage „Passive akustische Schwingungsspektroskopie“<sup>1</sup>**

#### 4.3.1.3 Hochtransientes Thermisches Energiespeichersystem für eine anlagen-schonende und energieeffiziente Flexibilisierung thermischer Energieanlagen – Modellentwicklung und experimentelle Validierung

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Alexander Kratzsch

**Mitarbeiter:** Herr S. Härtelt, Frau Dipl.-Ing. (FH) D. Kratzsch, Herr Dipl.-Ing. (FH) Sebastian Braun, Herr Dipl.-Ing. (FH) Torsten Klette, Herr Dipl.-Ing. (FH) Thomas Gubsch, Herr M. Eng. Christian Vogel

**Finanzierung:** Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr (SMWA),



Europa fördert Sachsen.

**EFRE**

Europäischer Fonds für regionale Entwicklung



**Kooperationspartner** Stadtwerke Zittau GmbH

**Laufzeit:** 01.12.2015-30.11.2018

Bearbeitungsstand/ Ergebnisse:

Das Projekt ist Bestandteil des Zittauer Kraftwerkslabors. Es ordnet sich in die Forschung und Entwicklung innerhalb des Kompetenzfeldes „Energie und Umwelt“ der Hochschule Zittau/Görlitz ein.

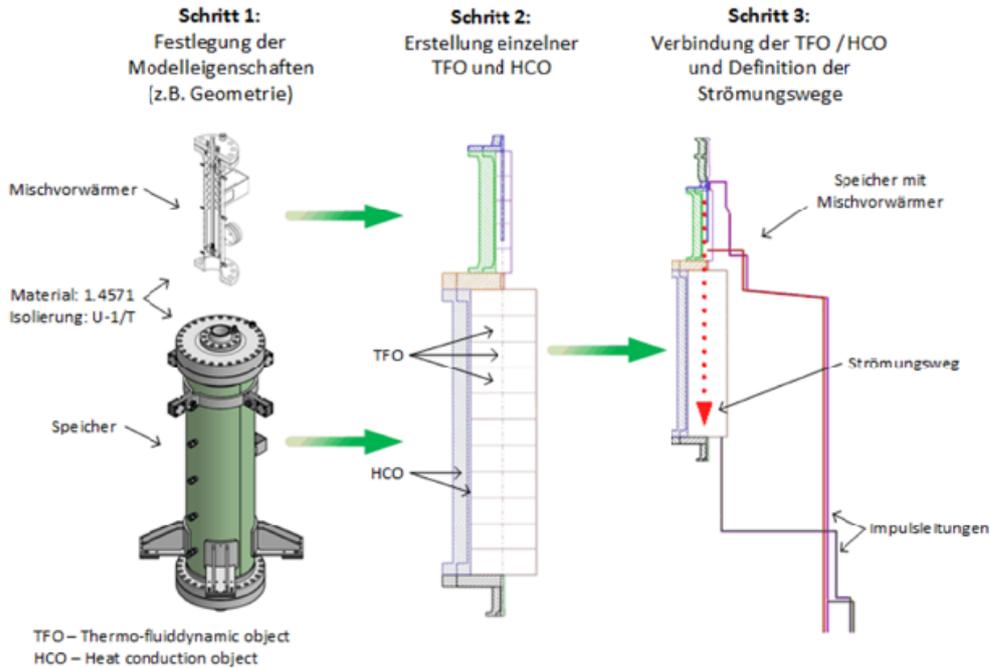
Ziel der Arbeiten ist es, einen Beitrag zur Flexibilisierung von thermischen Energieanlagen unterschiedlicher Nennleistung zur Bereitstellung von Regelenergie für die Stabilisierung des Verbundnetzes und zur Gewährleistung der Versorgungssicherheit der sächsischen Wirtschaft mit Elektroenergie zu leisten. Das Vorhaben ordnet sich in die Richtlinie „Zukunftsfähige Energieversorgung – RL Energie/2014,

<sup>1</sup> Berstcontainer der FA Leimpex

vom 07.05.2015 ein. Gegenstand des avisierten Vorhabens ist die anwendungsorientierte Forschung an innovativen Energietechniken. Die Untersuchungen umfassen experimentelle Analysen für die Speicherung thermischer Energie im Minuten- und Stundenbereich und die Ableitung statischer und dynamischer Kenngrößen zur Bewertung der Einsatzmöglichkeiten eines entwickelten thermischen Energiespeichersystems. Weiterhin erfolgt die methodische Weiterentwicklung und Validierung von Modellen zur simulationsgestützten Auslegung thermischer Energiespeichersysteme. Abschließend erfolgt der Transfer der Ergebnisse in die sächsische Wirtschaft. Als Ergebnis liegt ein experimentell validiertes und skalierbares Gesamtmodell für ein hochtransientes thermisches Speichersystem vor. Das Gesamtmodell ermöglicht die Auslegung entsprechender Speichersysteme für thermische Energieanlagen.

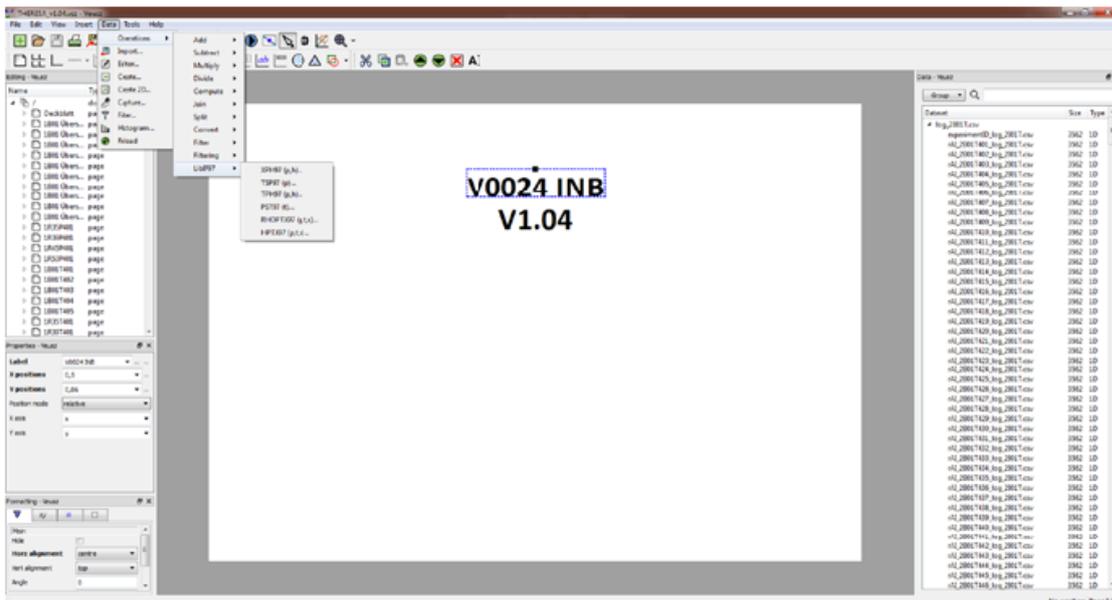
Der erfolgreiche Integrationsprozess eines thermischen Energiespeichers in eine thermische Energieanlage soll durch eine simulationsgestützte Auslegung des Gleichdruckverdrängungsspeichers begleitet werden. Dafür sind validierte Speichermodelle in entsprechenden Simulationswerkzeugen erforderlich, welche derzeit für kraftwerksspezifische Parameterbereiche nicht zur Verfügung stehen. Ziel ist die Weiterentwicklung vorhandener Modelle und eine anschließende experimentelle Validierung der entwickelten Modelle an der VA THERESA. Die Weiterentwicklung der erforderlichen Modelle erfolgt u.a. in der Simulationsumgebung ATHLET (Analysis of THERmal-hydraulics of LEaks and Transients). Zunächst erfolgte die Anpassung des vorliegenden Modells von der ATHLET Version 2.1A auf die Version 3.1A. Hierfür wurde der Input-Datensatz entsprechend erweitert und anschließend mittels Testsimulation auf fehlerfreie Funktion geprüft. Die Modellentwicklung beginnt mit dem Verdrängungsspeicher und Mischvorwärmer. Hierfür wurden die tatsächlichen Konstruktionsdaten der VA THERESA anhand von Revisionszeichnungen in das Modell übertragen. Weiterhin wurden die spezifischen Werkstoffdaten in Abhängigkeit der Temperatur im Modell berücksichtigt. Nach Abschluss der Erstellung des Modells für die VA THERESA erfolgt die experimentelle Validierung. Gleichzeitig unterstützt das Modell die Planung der Experimente.

## Modellentwicklung im Simulationscode ATHLET



**Abbildung 17:** Schematische Darstellung des Ablaufs der Modellentwicklung im Simulationscode ATHLET am Beispiel Gleichdruckverdrängungsspeicher

Entsprechend Arbeitsplan erfolgte die Analyse geeigneter Softwarewerkzeuge für die Analyse und Dokumentation der experimentell und simulativ gewonnenen Ergebnisse. Im Ergebnis erfolgt die Nutzung der OpenSource-Software VEUSZ. Für die Auswertung der Experimente wurden entsprechende Vorlagen für die automatisierte Aufbereitung der Versuchsdaten erstellt, um diese einer effizienten Auswertung zugänglich zu machen. Darauf aufbauend erfolgt zukünftig die Anpassung der Vorlagen an die spezifischen Anforderungen für die Auswertung einzelner Experimente und Simulationsrechnungen.



**Abbildung 18:** Implementierung Funktionen der Wasserdampfzelle in die Veusz-Benutzeroberfläche

Entsprechend erfolgt der kontinuierliche Aufbau einer Bibliothek von Berechnungsgleichungen und grafischer Darstellungen zur nachhaltigen Nutzung: Im Zuge der Genehmigung der Versuchsanlage THERESA war eine Weiterqualifikation des wissenschaftlichen Personals erforderlich, insbesondere um den sicheren Betrieb der Versuchsanlage THERESA zu gewährleisten. In diesem Zusammenhang erfolgte die Ausbildung von Herrn Klette und Herrn Braun zum Kesselwärter. Damit waren die Voraussetzungen für die Prüfung vor Inbetriebnahme erfüllt, welche im Juni erfolgte. Um Wartungsarbeiten an druck- und temperaturführenden Komponenten durchführen zu können wurde Herr Klette zudem zur befähigten Person für Druckbehälter und Rohrleitungen nach BetrSichV ausgebildet.

#### **4.3.1.4 Entwicklung einer Auslegungsmethode für die Dimensionierung und Integration thermischer Energiespeicher in einen Kraftwerksprozess**

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Alexander Kratzsch

**Mitarbeiter:** Dr.-Ing. C. Schneider

**Finanzierung:**



**Laufzeit:** 01.08.2015-31.07.2018

Bearbeitungsstand/ Ergebnisse:

Größere Differenzen zwischen Energiebereitstellung aus alternativen Quellen und den Energiebedarf führen zu hohen dynamischen Anforderungen im Hinblick auf die Laständerungsgeschwindigkeiten sowie die erforderliche Mindestlastabsenkung an die bestehenden thermischen Kraftwerksanlagen. Neben der Trockenbraunkohletechnologie besteht im Einsatz thermischer Energiespeicher in bestehenden thermischen Kraftwerken hohes Potential zur Flexibilisierung dieser Anlagen, um den Ausbau der „Erneuerbaren Energiequellen“ weiterhin technisch umzusetzen. In diesem Vorhaben werden Beiträge für die Entwicklung einer allgemeingültigen Auslegungsmethode unter Verwendung von Kenngrößen für die Dimensionierung und Integration von thermischen Energiespeichern in einen thermischen Prozess entwickelt.

Das Vorhaben liefert einen Beitrag zur Schonung natürlicher Ressourcen (z.B. Braunkohle) und zur Vermeidung klimaschädlicher Gase. Insbesondere der sparsame und optimierte Einsatz des Primärenergieträgers Braunkohle liegt im gesamtgesellschaftlichen Interesse. Ein reduzierter Kohleeinsatz bei maximierter Energieausbeute sorgt u. a. dafür, dass die bisher erschlossenen Tagebaugebiete die bestehenden Kraftwerksanlagen länger mit Kohle versorgen können. Dadurch besteht die Option, dass die gesellschaftliche Akzeptanz für die Verstromung von Braunkohle steigt.

Weiterhin liefert das Vorhaben einen Beitrag zur Sicherung der Stabilität der Energieversorgung in Deutschland. Die Steigerung der Flexibilität thermischer Kraftwerksanlagen gestattet es, schneller auf Laständerungsanforderungen im Netz zu reagieren. Dadurch wird ein weiterer Ausbau erneuerbarer Energien möglich bei

gleichzeitiger Gewährleistung der Versorgungssicherheit mit Elektroenergie.

Im Rahmen des Vorhabens erfolgte die Analyse des Lastganges der Regelzone des Übertragungsnetzbetreibers 50-Hertz. Darin wurde aus der Regelzonenlast und der volatilen Einspeisung aus Photovoltaik und Windstrom die Residuallast abgeleitet, welche durch konventionelle Anlagen kompensiert werden muss. Zusammen mit der Kraftwerksliste der Regelzone wurde der Residuallastverlauf skaliert auf ein 1 GW-Referenzkraftwerk, um die Potenziale der Einbindung eines thermischen Energiespeichers zu analysieren.

Erforderliche Größen eines solchen Energiespeichers wurden im Hinblick auf technische und marktspezifische Aspekte für unterschiedliche Szenarien analysiert.

Unter Verwendung eines Simulationsmodells eines Referenzkraftwerkes erfolgte die Ableitung der thermodynamischen Randbedingungen für den Speichereinsatz und -betrieb. Diese Randbedingungen wurden genutzt um für die Versuchsanlage THE-RESA den Betrieb eines Speichers bezogen auf das Referenzkraftwerk zu skalieren.

#### 4.3.1.5 Flexibles Kraftwerk – Analyse thermischer Energiespeicher

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Alexander Kratzsch

**Mitarbeiter:** Dipl.-Ing. (FH) T. Klette

**Finanzierung:** LEAG (ehemals Vattenfall)



**Laufzeit:** 01.11.2015-31.10.2016

Bearbeitungsstand/ Ergebnisse:

Durch den zunehmenden Anteil von volatil bereitgestellten Strom aus regenerativen Anlagen und den damit verbundenen Angebotsschwankungen im Energieverbundnetz ergibt sich die Notwendigkeit die Betriebsflexibilität und Lastdynamik von thermischen Kraftwerken zu erhöhen.

Für die Erweiterung der Regelbereiche von Grundlastkraftwerken bieten die Entwicklung und Integration von Speichertechnologien in den Kraftwerksprozess ein hohes Potential, um die temporären Differenzen zwischen angebotenen und nachgefragten Strommengen auszugleichen. Es ist zu erwarten, dass sich durch die Fähigkeit, größere Bereiche zwischen Minimal- und Maximallast abdecken zu können, neue Marktchancen für die Bestandskraftwerke ergeben.

Hintergrund der Untersuchung ist es, Bestandskraftwerke auf die neuen Anforderungen im Hinblick auf Laständerungen sowie Preisschwankungen anzupassen. Dabei ist es erforderlich, dass Bestandskraftwerke auch bei aktuellen und zukünftigen marktpolitischen Situationen zuverlässig und wirtschaftlich die Stabilisierung der Energieversorgung gewährleisten, und damit zu wesentlichen Partnern der alterna-

tiven Energieversorgung werden.

Innerhalb des vorhergehenden Vorhabens zur Fallanalyse zum Einsatz von thermischen Energiespeichern im Kraftwerksprozess erfolgte zunächst die Erweiterung des Kesselmodells eines braunkohlebetriebenen Referenzkraftwerkes mit 1 GW elektrischer Leistung, um die Auswirkungen der Einbindung eines Thermischen Energiespeichers zu untersuchen. Diese Erweiterung führte bei Beladung des Speichers bei hohen Lasten zu einer unzulässigen Erhöhung der Austrittstemperatur der Zwischenüberhitzer.

Um dieser Temperaturerhöhung entgegenzuwirken erfolgte die Einbindung zusätzlicher Einspritzkühler bzw. die Erhöhung des Einspritzmassenstromes innerhalb einer zusätzlichen Modellerweiterung.

Des Weiteren erfolgte eine Lastganganalyse welche als Grundlage zur Ableitung von Lastgangszuständen des Kraftwerkes und somit zur Auslegung und Einsatzplanung eines thermischen Energiespeichers diente. Im Fokus stand dabei die wirtschaftlich sinnvolle Nutzung eines TES durch eine Beladung bei niedrigen, und eine Entladung bei hohen EEX Preisen innerhalb kurzer Zeiträume. Aus den optimierten Speichereinsatzszenarien wurde eine Versuchsmatrix zur Durchführung skaliertener Experimente an der Versuchsanlage THERESA abgeleitet, welche Erkenntnisse über das Verhalten des Speichers bei realistischen Einsatzszenarien liefern soll. Die Durchführung und Auswertung der Experimente erfolgt im Anschlussvorhaben.

#### **4.3.1.6 Flexibles Kraftwerk – Experimentelle Analyse eines Gleichdruckverdrängungsspeichers an der VA THERESA**

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Alexander Kratzsch

**Mitarbeiter:** Dipl.-Ing. (FH) T. Klette

**Finanzierung:** LEAG (ehemals Vattenfall)



**Laufzeit:** 01.11.2016-30.06.2017

Bearbeitungsstand/ Ergebnisse:

Im Rahmen des Vorhabens sollen die Ergebnisse aus dem vorangegangenen Projekt „Flexibles Kraftwerk – Analyse thermischer Energiespeicher“ aufgegriffen und experimentell untermauert werden. Dazu wurde entsprechend den Ergebnissen aus dem genannten Vorgängerprojekt ein Versuchsprogramm abgeleitet. Die aus dem Versuchsprogramm erwarteten Ergebnisse sichern die bisherigen theoretischen Erkenntnisse ab und liefern einen wesentlichen Beitrag für die Entwicklung eines Kon-

zeptes für die Integration thermischer Energiespeicher in das Kraftwerk Schwarze Pumpe.

Die experimentellen Untersuchungen werden an der Thermischen Energiespeicheranlage (VA THERESA) im Zittauer Kraftwerkslabor der Hochschule Zittau/Görlitz, IPM durchgeführt.

Die Versuchsanlage bietet die Möglichkeit, dass seit 2011 gemeinsam mit Vattenfall (jetzt LEAG) entwickelte Speicherkonzept unter realen Prozessbedingungen in skaliert Form experimentell zu untersuchen. Dazu wird der von der Hochschule Zittau/Görlitz, IPM entwickelte Verdrängungsspeicher mit Mischvorwärmer genutzt.

Die experimentellen Untersuchungen konkretisieren das Konzept für die Einbindung eines thermischen Energiespeichers in das Kraftwerk Schwarze Pumpe. Hierzu werden sechs einzelne Experimente durchgeführt. Diese Experimente beinhalten die skalierte Nachbildung von realistischen und wirtschaftlich sinnvollen Speichereinsatzszenarien, welche im vorhergehenden Projekt unter Berücksichtigung des Preis- und Lastverlaufes abgeleitet wurden. Die ersten beiden Versuche umfassten die Untersuchung des Speicherverhaltens während der vollständigen Be- und Entladung mit langer und kurzer Stillstandszeit zwischen den beiden Phasen, um die dabei auftretenden Verluste zu quantifizieren.

### **4.3.2 Versuchsanlagen**

## **4.4 Versuchsanlage THERESA**

Die Thermische Energiespeicheranlage (THERESA) besitzt im Rahmen der Maximalparameter von 160 bar und 350 °C die Möglichkeit, Sattedampf bis zu 0,1 kg/s bzw. Heißwasser bis zu 0,5 kg/s zu erzeugen. Des Weiteren ist die Erzeugung von 0,1 kg/s Heißdampf mit bis zu 60 bar und 350 °C möglich. inklusive Vorwärmer ist eine thermische Gesamtleistung von 620 kW verfügbar.

Medienberührende Komponenten der Versuchsanlage THERESA sind zur Verringerung der Korrosionsproblematik aus hochlegiertem Edelstahl gefertigt und erlauben somit Untersuchungen unter Einhaltung höchster Reinheit.

Der Druckbehälter/Dampferzeuger dient zum Aufbau des Dampfpolsters zur Druckhaltung und zur Produktion von Sattedampf. Zur möglichen Untersuchung von Einbauten sind die Deckel- und Bodenflansche wiederverschließbar ausgeführt. Zusammen mit dem Bodenflansch ist ein elektrischer Tauchheizkörper mit einer Heizleistung von 200 kW zur Dampferzeugung eingebracht. Für experimentelle Prozessuntersuchungen wurde der Druckbehälter mit einem Volumen von 1 m<sup>3</sup> konzipiert und mit 12 universellen Messebenen ausgestattet.

Kern des Speichersystems ist ein sensibler Wärmespeicher in Form eines Verdrängungsspeichers mit Mischvorwärmer. Dieser ist für Prozessbedingungen bis max. 60 bar und 350 °C ausgelegt. Der Speicher wird mit überhitztem Dampf, Sattedampf,

Sattwasser und Heißwasser be- und entladen. Aufgrund der Verfügbarkeit in thermischen Industrieanlagen, der Zyklenstabilität und der Möglichkeit zur direkten Wärmespeicherung wird deionisiertes Wasser verwendet.

Zur optimalen Be- und Entladung wurde die geometrische Gestaltung des Verdrängungsspeichers unter Berücksichtigung theoretischer, strömungs-technischer Analysen entwickelt. Somit besitzt der Verdrängungsspeicher über spezielle Ein- und Ausströmgeometrien, welche unter den vorgesehenen Parametern den Aufbau einer thermischen Trennschicht mit einer möglichst kleinen Mischzone ermöglicht.

Der Mischvorwärmer wurde ebenfalls unter Berücksichtigung strömungstechnischer Analysen entwickelt, um eine bestmögliche Durchmischung von Wasser und Dampf innerhalb eines stark begrenzten Volumens zu ermöglichen. Weiterhin ist der Mischvorwärmer zur Entnahme eines Teilmassestromes für die Bespeisung des Druckbehälters/Dampferzeugers dimensioniert worden, wodurch ein Aufbau realisiert wurde, der eine vorherige Phasentrennung von Wasser und Dampf ermöglicht. Eine weitere Anforderung war es, den Mischvorwärmer hinsichtlich der Realisierbarkeit einer Füllstandsregelung zu gestalten.

Als Wärmesenke wird ein Abblasebehälter mit Kühlsystem eingesetzt. Wesentliche Aufgaben sind die Kondensation von Dampf, das Auffangen von heißem Deionat sowie die aktive Kühlung bei Bedarf.

Die Bereitstellung des Deionates wird durch das Speisewassersystem gewährleistet. Auf diese Weise kann das Medium mit konstanter Temperatur über die gesamte Versuchsdauer bereitgestellt werden.

Die Errichtung der Versuchsanlage THERESA auf dem Gelände der Stadtwerke Zittau ist mit folgenden Vorteilen verbunden, welche zu einem effizienteren Versuchsbetrieb führen:

- Die erste Vorwärmung des Speisewassers erfolgt mit Hilfe von Prozessdampf der Stadtwerke Zittau, welcher an die Versuchsanlage THERESA angebunden wurde.
- Das Kühlsystem der Versuchsanlage THERESA ist mit dem Fernwärmenetz der Stadtwerke verbunden. Somit kann die Restwärme aus dem Versuchsbetrieb in das Fernwärmenetz eingespeist und effizient genutzt werden.
- Die direkte Nähe zum regionalen Energieversorger ermöglicht die Bereitstellung der benötigten elektrischen Anschlussleistung für den Versuchsbetrieb

Die Versuchsanlage THERESA verfügt zudem über eine Schnittstelle zum Magnetfanglager-Prüfstand (MFLP). Dadurch ist die Bereitstellung von Dampf mit definierten Parametern für den MFLP aus der Versuchsanlage THERESA möglich.



**Abbildung 19: Versuchsanlage THERESA**

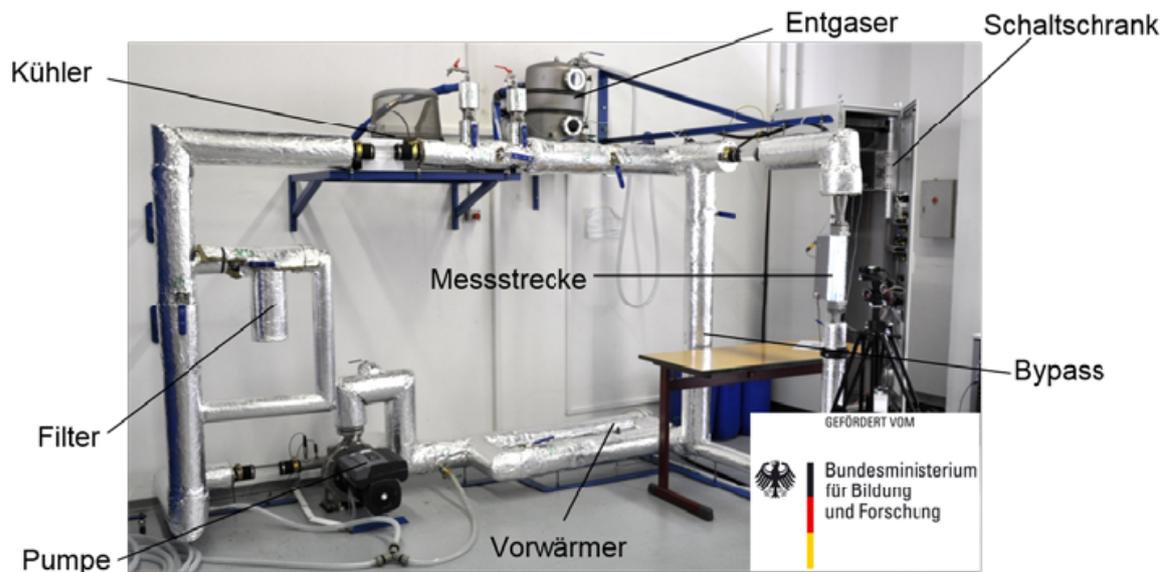
#### 4.4.1.1 Versuchsanlage „Unterkühltes Sieden“

Die Versuchsanlage wurde zur Untersuchung verschiedener Wärmeübergangsphänomene bei unterschiedlichen Siedezuständen und Parametern im Rahmen eines BMBF-Projektes konstruiert und aufgebaut. Besonderheiten der Anlage sind:

- rechteckiger Strömungskanal: Testsektion mit optischen Zugang
- Borsilikatglas für optischen Zugang zur Heizfläche
- Kalziumfluoridfenster als Rückwand mit einer elektrisch leitfähigen und optisch transparenten Beschichtung

Die Versuchsanlage ermöglicht die Erfassung der Wandtemperatur mit Infrarot-Thermographie bei unterschiedlichen Siedezuständen sowie die Bestimmung des lokalen und globalen Wärmestroms auf der Metallfolie.

Die Ergebnisse der Experimente dienen der Entwicklung von Wandsiedemodellen für die Simulation geometrisch unabhängiger Wärmeübergangsphänomene.



**Abbildung 20: Versuchsanlage „Unterkühltes Sieden“**

#### 4.4.1.2 Versuchsanlage NiCoLe

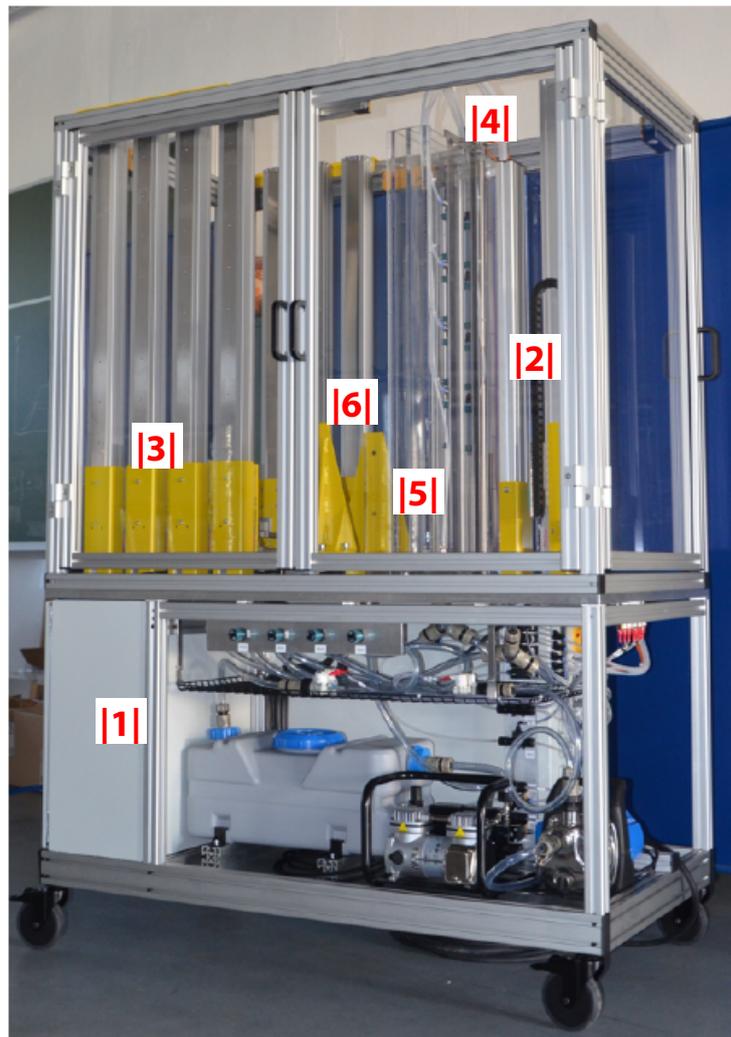
Im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Verbundvorhabens "Nichtinvasive Zustandsüberwachung von Kernreaktoren zur Detektion von Füllstandsänderungen und der Deformation des Kerns" wurde der zugehörige Versuchsstand erfolgreich in Betrieb genommen. Das gemeinsame Verbundprojekt ist eine Zusammenarbeit zwischen dem IPM (Projektleiter Prof. Dr.-Ing. Alexander Kratzsch) und der TU Dresden (Projektleiter Prof. Dr.-Ing. habil. Uwe Hampel). Die Aufgabe des Versuchsstands ist die experimentelle Ermittlung von Gammaflussverteilung für die Validierung des Kernzustandsdiagnosesystems zur weiteren Erhöhung der Sicherheit von Kernkraftwerken.

Abbildung 21 zeigt den aus den folgenden sechs Teilsystemen bestehenden Versuchsstand:

- |1| Gestell und Schaltschrank
- |2| Strahlungsmesssystem
- |3| Quellenverfahrssystem
- |4| Luftblasensystem
- |5| Wasserbarriere
- |6| Stoffbarriere.

Das Quellenverfahrssystem |3| positioniert die acht Cs-137-Quellen in der Höhe. Damit wird die während einer Kernschmelze auftretende Quelltermverlagerung nachgebildet. Die Stoffbarriere |6| wird benötigt um lokale Abströmpfade am Rand des aktiven Kerns und die Selbstabschirmung nachzubilden. Die Stoffbarriere setzt sich aus verschiedenen Konturen zusammen und kann mit einem Linearmotor horizontal (durch die Strahlungsebene) bewegt werden. Die Wasserbarriere |3| besteht aus zwei unab-

hängigen Wassertanks, die hintereinander in Strahlungsrichtung angeordnet sind. Mit den Wassertanks wird der Füllstand im Plenum und Ringraum simuliert. Um das Sieden des Kühlmittels nachzuempfinden, enthält der „Plenum“-Tank das Luftblasensystem [4] mit dessen Hilfe Luft eingespeist wird. Das Strahlungsmesssystem besteht aus acht Szintillationszählern, welche gleichverteilt in vertikaler Richtung angeordnet sind, um die Gammaflussverteilung messtechnisch zu erfassen.



**Abbildung 21: Versuchsstand "NICoLe"**

#### **4.4.2 Publikationen**

##### **4.4.2.1 Proceedings**

Schmidt, S.; Kratzsch, A.; Fiß, D.; Härtelt S.: Theoretical and Experimental Investigations for Diagnosis of the Core State during Severe Accidents. 47. Jahrestagung Kerntechnik, Hamburg, 10.-12. Mai 2016

Schneider, C.; Braun, S.; Klette, T.; Härtelt, S.; Kratzsch, A.: Development of Integration Methods for Thermal Energy Storages into Power Plant Processes, Proceedings of the ASME POWER & ENERGY Conference 2016, June 26-30, 2016, Charlotte, North Carolina, USA (Paper und Präsentation).

#### 4.4.2.2 Vorträge und Präsentationen

Schmidt, S.; Kratzsch, A.; Fiß, D.; Härtelt S.: Theoretical and Experimental Investigations for Diagnosis of the Core State during Severe Accidents. 47. Jahrestagung Kerntechnik, Hamburg, 10.-12. Mai 2016

Schneider, C.; Braun, S.; Klette, T.; Härtelt, S.; Kratzsch, A.: Development of Integration Methods for Thermal Energy Storages into Power Plant Processes, Presentation on the ASME POWER & ENERGY Conference 2016, June 26-30, 2016, Charlotte, North Carolina, USA

Schneider, C.; Kratzsch, A.: Untersuchungen des Flexibilisierungsbedarfs konventioneller Kraftwerke zur Kompensation von dynamischen Residuallasten, Posterpräsentation, 48. Kraftwerkstechnisches Kolloquium, 18. – 19. Oktober 2016, Dresden, Deutschland

Fiß, D.; Kratzsch, A.; Vogel C.; Dräger, F.; Gebhardt, T.: Implementierung und Kopplung eines Modells zur Reaktordynamik mit einem TXS-Reaktorschutzsystem zur Untersuchung des Zeitverhaltens des Gesamtsystems. 7. Leittechnik – Workshop 2016, Zittau, 28.-29. November 2016

Schmidt, S.; Kratzsch, A.: Final results to development of a core state diagnosis system. Doktorandenseminar des Kompetenzzentrums Ost für Kerntechnik, Dresden-Rossendorf, 08. Dezember 2016

Fiß, D.; Kratzsch, A.; Vogel C.; Dräger, F.; Gebhardt, T.: Advanced analysis of the time behaviour of a reactor protection system. Doktorandenseminar des Kompetenzzentrums Ost für Kerntechnik, Dresden-Rossendorf, 08. Dezember 2016

Reinicke S.; Schmidt, S.; Fiß D.; Kratzsch, A.: Fundamental R&D work on methods for state monitoring of transport and storage containers for spent fuel and heat-generating high-level radioactive waste on prolonged intermediate storage. Doktorandenseminar des Kompetenzzentrums Ost für Kerntechnik, Dresden-Rossendorf, 08. Dezember 2016

### 4.4.3 Ausgewählte Abschlussarbeiten der Studenten

**Thema 1:** **Implementation of an interface to other simulation tools**

**BearbeiterIn:** Lai Si leong (IAESTE-Studentin aus Macao)

**BetreuerIn:** Dipl.-Ing. (FH) Daniel Fiß

**Auftraggeber:** Hochschule Zittau/Görlitz - IPM

**Thema 2:** **Implementation of a numerical solution method**

**BearbeiterIn:** An Plentickx (IAESTE-Studentin aus Belgien)

**BetreuerIn:** Dipl.-Ing. (FH) Daniel Fiß

**Auftraggeber:** Hochschule Zittau/Görlitz - IPM

**Thema 3:** **Analyse und Dokumentation des Quellcodes eines OPC-Client**

**BearbeiterIn:** Roman Kichenko

**BetreuerIn:** Dipl.-Ing. (FH) Daniel Fiß

**Auftraggeber:** Hochschule Zittau/Görlitz – IPM

**Thema 4:** **Entwurf und Umsetzung eines Webvisualisierungskonzeptes für die VA THERESA**

**BearbeiterIn:** Zhou Qiudi

**BetreuerIn:** M. Eng. Christian Vogel

**Auftraggeber:** Hochschule Zittau/Görlitz - IPM

**Thema 5:** **Entwurf und Umsetzung einer mobilen Applikation (App) für die VA THERESA**

**BearbeiterIn:** Zhou Qiudi

**BetreuerIn:** M. Eng. Christian Vogel

**Auftraggeber:** Hochschule Zittau/Görlitz - IPM

## 4.5 Kraftwerks-, Dampferzeuger- und Feuerungstechnik

### 4.5.1 Forschungs- und Entwicklungsprojekte

#### 4.5.1.1 Entwicklung eines neuartigen Zyklonwärmeübertragers mit Kondensationsenergienutzung zur Effizienzsteigerung von Biomasse-trocknungsanlagen (ZETA)

**ProjektleiterIn:** Prof. Dr.-Ing. habil. Tobias Zschunke

**MitarbeiterInnen:** Dipl.-Ing. (FH) B. Salomo, Dipl.-Ing. (FH) M. Weidner, Dipl.-Ing. (FH) R. Pohl, Dipl.-Ing. (FH) M. Kurz

**Finanzierung:** Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)



**Kooperationspartner** ULT AG Löbau

**Laufzeit:** 06/2015 – 08/2017

Bearbeitungsstand/Ergebnisse:

Durch die mit dem EEG geschaffenen Rahmenbedingungen sind in den letzten Jahren überall in Deutschland dezentrale Trocknungseinheiten geschaffen worden, die die Abwärme aus mittelgroßen Bioenergie-Kraftwerken sinnvoll verwerten. Auf diesen Trocknungsstationen werden in speziellen Trocknungscontainern biogene Reststoffe oder Scheitholz getrocknet. Die verwendeten Trocknungscontainer bestehen im Wesentlichen aus umgebauten Transportcontainern für Hakenlifter-LKWs. Diese Trocknungscontainer sind hinsichtlich Preis und Robustheit sehr attraktiv. Auch lässt sich ihr Handling sehr gut in eine allgemeine Logistik-Infrastruktur integrieren. Allerdings haben diese Container den Nachteil, dass sie sehr ineffizient arbeiten, also aus der zur Verfügung gestellten Wärme nur wenig Trocknungsleistung generieren. Zudem ist die Qualität des Output-Materials oft unbefriedigend.

Ziel des Projektes ist es daher, ein Produkt zu entwickeln und auf den Markt zu bringen, das die Vorteile der bisherigen Trocknungscontainer beibehält (einfache Befüllbarkeit, Transportierbarkeit, Robustheit) und zugleich die Trocknungseffektivität deutlich verbessert und damit die Standzeiten der Container stark verringert. Dieses Produkt muss einerseits als völlig neuer „ZETA-Trockner“ angeboten werden und andererseits als „Nachrüstungs-Aggregat“ für bestehende Trocknungscontainer erhältlich sein.

Der innovative Kern dieses Projektes beruht auf der Neuentwicklung eines innovativen Zyklonwärmeübertragers (ZETA-Zyklon). Er vereint die Vorteile eines geringen Druckverlustes bei einer Staubabscheidung aus Gasen mit den Eigenschaften eines

Luft/Luft-Wärmeübertragers. Er verbessert parallel beide integrierten Teilprozesse entscheidend bzw. lässt den Einsatz in der Holz Trocknung erstmalig zu. Der ZETA Zyklon ist aufgrund der erzwungenen inneren Kondensation erstmalig in der Lage, Partikel abzuscheiden, die kleiner sind als die Grenzkorngröße, die durch Zentrifugalabscheidung möglich wäre.

Des Weiteren wird der Kondensationseffekt genutzt, um eine hocheffektive Luft/Luft-Wärmeübertragung mit einer sehr kleinen zur Verfügung stehenden Wärmeübertragungsfläche zu realisieren. Eine feingliedrige, schmutzempfindliche Berrippung ist nicht mehr notwendig. Dadurch kann nicht nur das Potenzial der sensiblen Wärme, sondern auch die latente Energie der Abluft genutzt werden.

Die Hochschule Zittau/Görlitz ist in allen Arbeitspaketen vertreten. Als wissenschaftlicher Partner und Projektkoordinator werden die theoretischen Grundlagen und die Versuche an den Versuchsanlagen durch die Hochschule koordiniert, betreut sowie ausgewertet. Die Ergebnisse der Untersuchungen am Prototyp gehen direkt in die Weiterentwicklung des ZETA-Trockners ein. Für eine energieeffiziente Betriebsweise dieses innovativen Produkts sind zahlreiche Simulations- und Validierungsrechnungen notwendig, die an der HSZG durchgeführt werden.

Die Aufgabenstellung der HSZG lässt sich wie folgt zusammenfassen:

- Modellierung/Simulation von Betriebsparametern
- Entwicklungen von Detaillösungen bei der Strömungsführung
- Durchführung und analytische Begleitung von Versuchsfahrten
- Unterstützung der Komponentenoptimierung
- Auswertung durch mathematische Modelle und Finden von Regelgrößen
- Überführung stationärer Rechenmodelle hin zu instationären Optimierungsrechnungen

#### **4.5.1.2 Agroforstliche Umweltleistungen für Wertschöpfung und Energie (AUFWERTEN)**

**ProjektleiterIn:** Prof. Dr.-Ing. habil. Tobias Zschunke

**MitarbeiterInnen:** Dipl.-Ing. (FH) R. Schneider

**Finanzierung:** Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)



**Kooperationspartner:** Brandenburgische Technische Universität Cottbus Senftenberg (BTU), Universität Bayreuth, Technische Universität München, Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. (ATB), Biomasse Schraden e.V., Landwirtschaftsbetrieb Thomas Domin, Amt Kleine Elster (Niederlausitz), Universität Stuttgart, Büro für angewandte Landschaftsökologie und Szenarienanalyse, Naturschutzbund NABU

**Laufzeit:** 04/2014 – 07/2019

Bearbeitungsstand/Ergebnisse:

Energieholz stellt in Mitteleuropa ein Hauptprodukt agroforstlicher Nutzungsformen dar. Daher sind Untersuchungen, die sich mit effizienten energetischen Verwertungsmöglichkeiten und dezentralen Holzenergieversorgungsstrukturen befassen, von großer Relevanz für die mit Agroforstwirtschaft in Verbindung zu bringende wirtschaftliche Wertschöpfung und folglich für die Umsetzung dieser Landnutzungsform. Außerdem sind Informationen zum Energieholzbedarf der Untersuchungsregion und hieran anknüpfend zum Bedarf an Konversionsanlagen in Abhängigkeit von der Art der Anlage und vom Effizienzgrad von großer Bedeutung für Planungen bezüglich des Aufbaus kommunaler Energieversorgungsstrukturen, die Agroforstwirtschaft als wichtigen Pfeiler einbeziehen.

Die HSZG als Unterauftragnehmer des Verbundpartners Biomasse Schraden e.V. bearbeitet folgende Arbeitsaufgaben:

- IST-Analyse der im Modellgebiet bestehenden Konversionsanlagen zur energetischen Verwertung von Energieholz;
- Räumlich differenzierte Analyse des im Modellgebiet bestehenden Bedarfs an Konversionsanlagen für Energieholz unter Berücksichtigung des Agroforstflächenpotenzials;
- Ermittlung des im Modellgebiet sowohl aktuell als auch potenziell existierenden Holzbedarfs für die energetische Verwertung;
- Erarbeitung einer Handlungsstrategie für kommunale Verwaltungseinheiten
- zur Ermittlung des Bedarfs an Konversionsanlagen in Abhängigkeit des regionalen Energieholzbereitstellungspotenzials.

#### 4.5.1.3 Thermochemische und fluiddynamische Optimierung einer Biomasse-Festbettvergasung mit BHKW (TCV III)

- ProjektleiterIn:** Prof. Dr.-Ing. habil. Tobias Zschunke
- MitarbeiterInnen:** Dipl.-Ing. U. Gocht, Dipl.-Ing. (FH) M. Weidner, Dipl.-Ing. S. Grusla, Dipl.-Ing. (FH) R. Schneider, Dipl.-Ing. (FH) R. Pohl, Dr.-Ing. U. Sénéchal
- Finanzierung:** Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr (SMWA), Europäischer Fonds für regionale Entwicklung (EFRE)



- Kooperationspartner:** Stadtwerke Zittau GmbH
- Laufzeit:** 12/2015 – 02/2019

Bearbeitungsstand/Ergebnisse:

Das Projekt ist Bestandteil des Zittauer Kraftwerkslabors. Es ordnet sich in die Forschung und Entwicklung innerhalb des Kompetenzfeldes „Energie und Umwelt“ der Hochschule Zittau/Görlitz ein.

Durch die zunehmende Verbreitung von dezentralen Anlagen zur Bereitstellung von Energiedienstleistungen (Strom, Wärme) in konsequenter Kraft-Wärme-Kopplung, speziell unter Nutzung der thermochemischen Vergasung von Biomasse, entsteht ein Zielkonflikt zwischen wirtschaftlichem Betrieb und Erfüllung komplexer Versorgungsaufgaben bei Einhaltung von Umwelanforderungen. Der wirtschaftliche Einsatz setzt eine Integration dieser Anlagen in bestehende Versorgungssysteme voraus, dabei muss ein flexibler Anlagenbetrieb zur Erreichung eines Optimums zwischen der zu lösenden Versorgungsaufgabe und den Anlagenbetriebsbedingungen gefunden werden. Durch Eingriffe auf der Ebene der thermochemischen Reaktionen soll ein neues Vergasungsverfahren entwickelt werden, das die im Biobrennstoff enthaltene Solarenergie besser in chemische Energie des Brenngases überführt als bisherige Verfahren. Grundidee ist die Nutzung selektiver katalytischer Wirkungen von mineralischen Zuschlagstoffen. Innovative Mess- und Regelkonzepte sowie Speichertechnologien sollen das Problem der zeitversetzten Entstehung und Nutzung von Wärme lösen und damit die bedarfsgerechte Bereitstellung von elektrischer Regelleistung für Versorgungsnetze ermöglichen. Ziel ist es, den Anlagenbetrieb online zu bewerten und damit Exergieverluste auf ein Minimum zu beschrän-

ken. Positive wirtschaftliche Effekte werden erwartet für sächsische Hersteller von Komponenten derartiger Anlagen (Steuer-, Regelungs-, Speicher-technik) sowie für Betreiber (Ressourcenschonung durch Kraft-Wärme-Kopplung) sowie nachfolgend durch sich etablierende sächsische Dienstleister im Bereich Wartung. Die prozessbedingt anfallenden Rest- und Abfallstoffe sollen sowohl mengenmäßig reduziert als auch hinsichtlich deren Zusammensetzung beeinflusst werden, so dass der Umgang damit wirtschaftlicher wird. Neue Technologien der Emissionsminderung im instationären (An-/Abfahren) sowie im stationären Teil- und Nennlastbetrieb sollen entwickelt und unter praxisnahen Bedingungen erprobt werden. Die Gewinnung wichtiger Substanzen aus den Reststoffen und deren Nutzung als Sekundärrohstoffe wird untersucht. Umgang damit wirtschaftlicher wird. Neue Technologien der Emissionsminderung im instationären (An-/Abfahren) sowie im stationären Teil- und Nennlastbetrieb sollen entwickelt und unter praxisnahen Bedingungen erprobt werden.

#### **4.5.1.4 Grundlagenuntersuchung zur Entstehung von Schadstoffen in einer Filterstaubnachbrennkammer**

**ProjektleiterIn:** Prof. Dr.-Ing. habil. Tobias Zschunke

**MitarbeiterInnen:** Dipl.-Ing. (FH) M. Kurz

**Finanzierung:** Gut Krauscha

**Laufzeit:** 3/2016 – 04/2016

Bearbeitungsstand/Ergebnisse:

Ziel des Projektes ist eine Grundlagenuntersuchung zur Entstehung von Schadstoffen in einer Anlageninternen Filterstaubnachbrennkammer eines Holzgas-Blockheizkraftwerkes am Standort Gut Krauscha. Ziel ist es die auftretenden unbekanntenen Schadstoffe und deren Ursache zu identifizieren. Darüber hinaus soll Erkenntnis darüber gewonnen werden, warum lokal spezifische Schadstoffe auftreten und wie diese zu verhindern sind.

#### **4.5.1.5 Aktualisierung der Daten des BVT-Merkblatts Energy Efficiency**

**ProjektleiterIn:** Prof. Dr.-Ing. habil. Tobias Zschunke

**MitarbeiterInnen:** Prof. Dr.-Ing. Jens Meinert, Prof. Dr. Tino Schütte, Dipl.-Ing. (FH) Ralf Pohl

**Finanzierung:** Dienstleistungsprojekt als Unterauftragnehmer der Großmann Ingenieur Consult GmbH (GICON). Auftraggeber ist das Umweltbundesamt (UBA) im Rahmen des Umweltforschungsplanes (UFOPLAN), FKZ 3715 53 312 3

**Kooperationspartner:** Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz, Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein, Bayrisches Landesamt für Umwelt, Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft

**Laufzeit:** 1/2016 – 10/2018

Bearbeitungsstand/Ergebnisse:

Innerhalb des Projektes soll das BVT- Merkblatt „Energy Efficiency“ (2008) überarbeitet und der aktuelle Stand der Technik bei industrieller Energieeffizienz (Maßnahmen sowie Daten/Kennzahlen) dokumentiert werden. Dies erfolgt nach den Vorgaben der Richtlinie 2010/75/EU über Industrieemissionen (IE-RL) und wird dem EIPPC-Büro in Sevilla übermittelt. Folgende Kapitel des BVT- Merkblattes Querschnittstechnologien werden von der HS Zittau/Görlitz bearbeitet:

- Kapitel 2.16 und 4.2.2.5, Benchmarking
- Kapitel 3.1 und 4.3.1, Feuerung
- Kapitel 3.2 und 4.3.2, Dampfsysteme
- Kapitel 3.3 und 4.3.3, Wärmerückgewinnung und Kühlung

2016 wurde die Überarbeitung des Textteils des Kapitels Benchmarking erfolgreich abgeschlossen sowie mit der Überarbeitung der übrigen von der HS Zittau/Görlitz zu bearbeitenden Kapitel begonnen.

#### **4.5.1.6 Brennstoff- und verbrennungstechnologische Bewertung der Verschlackungsneigung Niederlausitzer Kesselkohlen im Rahmen des Verbundvorhabens KORRISTENT**

**ProjektleiterIn:** Dipl.-Ing. Ulrich-Steffen Altmann

**MitarbeiterInnen:** Dipl.-Ing. Steffen Grusla, Dipl.-Ing. Ulrike Gocht, Dipl.-Math. (FH) Tom Förster

**Finanzierung:** CombTec GmbH / LEAG (Vattenfall)

**Laufzeit:** 01/2016 – 12/2016

#### 4.5.1.7 SmartIR – Auswahl berührungsloser Sensoren und technischer Möglichkeiten der Sensoroptimierung

<b>ProjektleiterIn:</b>	Prof. Dr.-Ing. habil. Tobias Zschunke
<b>MitarbeiterInnen:</b>	Dipl.-Math. (FH) Tom Förster, Dipl.-Ing. Ulrich-Steffen Altmann
<b>Finanzierung:</b>	CombTec GmbH
<b>Kooperationspartner:</b>	DIAS Infrared GmbH
<b>Laufzeit:</b>	01/2016 – 12/2016

#### 4.5.1.8 Wissenschaftliche und messtechnische Begleitung von Versuchen zur Betriebsoptimierung des Dampferzeugers F2 mit TBK-Feuerung im Kraftwerk Jänschwalde

<b>ProjektleiterIn:</b>	Dipl.-Ing. Ulrich-Steffen Altmann
<b>MitarbeiterInnen:</b>	Dipl.-Ing. Steffen Grusla, Dipl.-Ing. Ulrike Gocht
<b>Finanzierung:</b>	LEAG
<b>Laufzeit:</b>	10/2016 – 12/2016

#### 4.5.1.9 Implementierung wissensbasierter NO<sub>x</sub>-Modelle in die komplexe Feuerungsrechnung für industrielle Dampferzeuger mit EBSILON-Professional

<b>ProjektleiterIn:</b>	Dipl.-Ing. Ulrich-Steffen Altmann
<b>MitarbeiterInnen:</b>	Dipl.-Ing. Ulrike Gocht
<b>Finanzierung:</b>	SMWK
<b>Laufzeit:</b>	02/2016 – 12/2018

Bearbeitungsstand/Ergebnisse:

Prognoseverfahren für die gaseitige Schadstoffemission (NO<sub>x</sub>, CO) von mit einheimischer Rohbraunkohle betriebenen Kraftwerks-Dampferzeugern werden für die aktuell geforderten Betriebsweisen bei technischer Mindestlast und hohen Laständerungsgeschwindigkeiten praxisnah qualifiziert. Entwickelt wird ein robuster wissensbasierter Berechnungsalgorithmus, der in detaillierte Zonenmodelle von Dampferzeuger-Feuerräumen implementiert eine ingenieurmäßige Vorhersage der Schadstoffemission ermöglicht.

#### 4.5.1.10 Stromspeicher für regenerative Versorgungsstandorte: Power-to-Gas-to-Power

**ProjektleiterIn:** Prof. Dr.-Ing. habil. Tobias Zschunke

**MitarbeiterInnen:** Dipl.-Ing. Ulrich-Steffen Altmann

**Finanzierung:**



**Laufzeit:** 01.08.2015 -31.07.2018

Bearbeitungsstand/Ergebnisse:

Im Projekt werden verfahrenstechnische Bewertungen für verschiedene Varianten der Langzeitspeicherung überschüssiger (aus nicht regelfähigen regenerativen Stromerzeugern oder aus unzureichend abregelbaren konventionellen Stromerzeugern) vorgenommen. Konsens ist, dass Elektroenergie für große Zeithorizonte vorzugsweise als chemisch gebundene Energie in Gasen gespeichert werden kann.

Es werden folgende Komponenten und verfahrenstechnologischen Varianten für die Stromspeicherung bzw. indirekte Energiespeicherung eines dezentralen regenerativen Energiestandortes vertieft untersucht:

- Überschüssige regenerative Elektroenergie → Elektrolyse/Methanisierung ( $H_2/CH_4$ ) → Speicherung
- Speicherung in eigenen lokalen Druckbehältern / im Gasnetz)
- Rückverstromungsverfahren: Gasmotor, Gasturbine, Brennstoffzelle
- Erzeugung des Grundstoffes Methanol (keine Rückverstromung)
- Einsatz von überschüssiger Elektroenergie für Heizzwecke, Substitution von Erdgas
- Erzeugung von speicherbarem Sauerstoff für einen Oxyfuel-Block
- Methan-/Methanol-Erzeugung im Kraftwerksbetrieb statt Abregelung der Blöcke
- Einsatz von gespeichertem Methan für die Zünd- und Stützfeuerung in Kraftwerken

## 4.5.2 Versuchsanlagen

### 4.5.2.1 Holzvergaser BHKW

Am Standort Halle Z VIIIb 5 wurde ein Holzvergaser-Blockheizkraftwerk errichtet und im Jahr 2013 feierlich eingeweiht. Es handelt sich um eine kommerziell verfügbare Anlage, die für nähere wissenschaftliche Untersuchungen mit zusätzlicher Messtechnik ausgestattet ist. Das Brenngas für den BHKW-Motor wird mit Hilfe von thermochemischer Gaserzeugung aus holzartiger Biomasse im vorgeschalteten Reformier aus Holzhackschnitzeln bereitgestellt.

Zu dem Versuchsstand gehören:

- Holzvergasungs-Anlage mit Wärmeübertragern ( $10 \text{ kW}_{\text{th}}$ )
- Motor-BHKW ( $30 \text{ kW}_{\text{el}}$ ,  $70 \text{ kW}_{\text{th}}$ )
- stationäre Gasanalysetechnik
- sensibler Wärmespeicher (Speichervolumen:  $2 \text{ m}^3$ )
- übergeordnete Anlagenleittechnik



**Abbildung 22: Übersicht des Holzgas-Blockheizkraftwerks**

### 4.5.2.2 Holzhackschnitzel-Trocknungsanlage

Für gezielte Untersuchungen der Effizienz der Biomassetrocknung und des Einflusses des Wassergehalts auf den Vergasungsprozess in der Versuchsanlage Holzvergaser-BHKW (siehe Abschnitt 4.5.2.1) wurde in Halle Z VIIIb 7 eine Holzhackschnitzel-Trocknungsanlage errichtet. Diese erlaubt eine vollautomatisierte kontinuierliche Trocknung von Holzhackschnitzeln (HHS). Zu dem Versuchsstand gehören:

- Schubbodencontainer für Holzhackschnitzel (20 sm)
- Biomassetrocknungsanlage
- Wärmerückgewinnungseinheit



**Abbildung 23: Trocknungsanlage für Holzhackschnitzel**

#### 4.5.2.3 Testfeld für Wärmespeicher

Im Zittauer Kraftwerkslabor, Standort Friedensstraße befindet sich eine Versuchsanlage zum Test verschiedener thermischer Speicherkonzepte und -materialien. In diesem Zusammenhang können detaillierte Untersuchungen von Wärme- und Kältespeichern hinsichtlich ihres dynamischen Verhaltens, ihrer Leistungsfähigkeit sowie Zyklenstabilität durchgeführt werden. Die derzeitige Ausstattung umfasst:

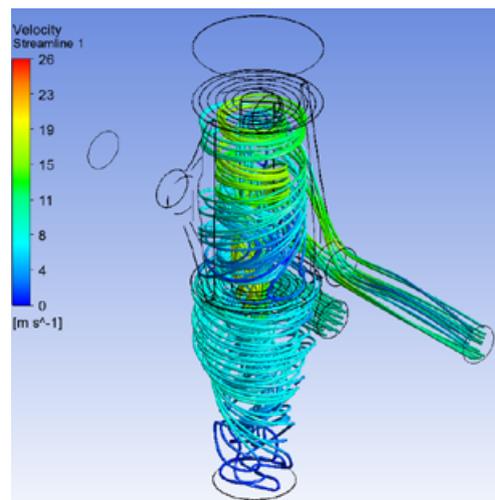
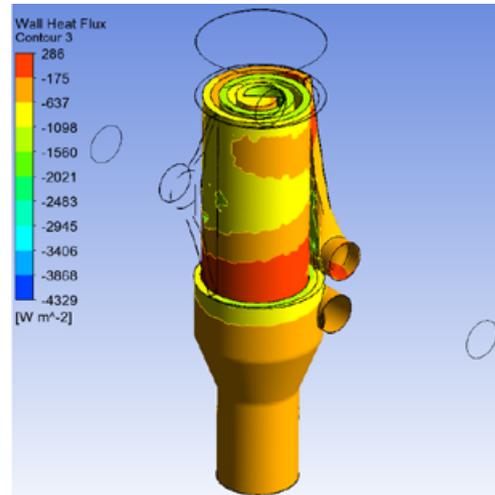
- Temperiergerät
- Kältespeicher
- Latentwärmespeicher (Paraffin)
- Latentwärmespeicher (Natrium-Acetat)



**Abbildung 24: Testfeld für Wärmespeicher**

#### 4.5.2.4 Versuchsstand Trocknungskinetik von Schüttgütern

Im Rahmen eines Kooperationsprojektes wurde im Technikum ein kleintechnischer Trocknungsversuchsstand konzipiert und errichtet.

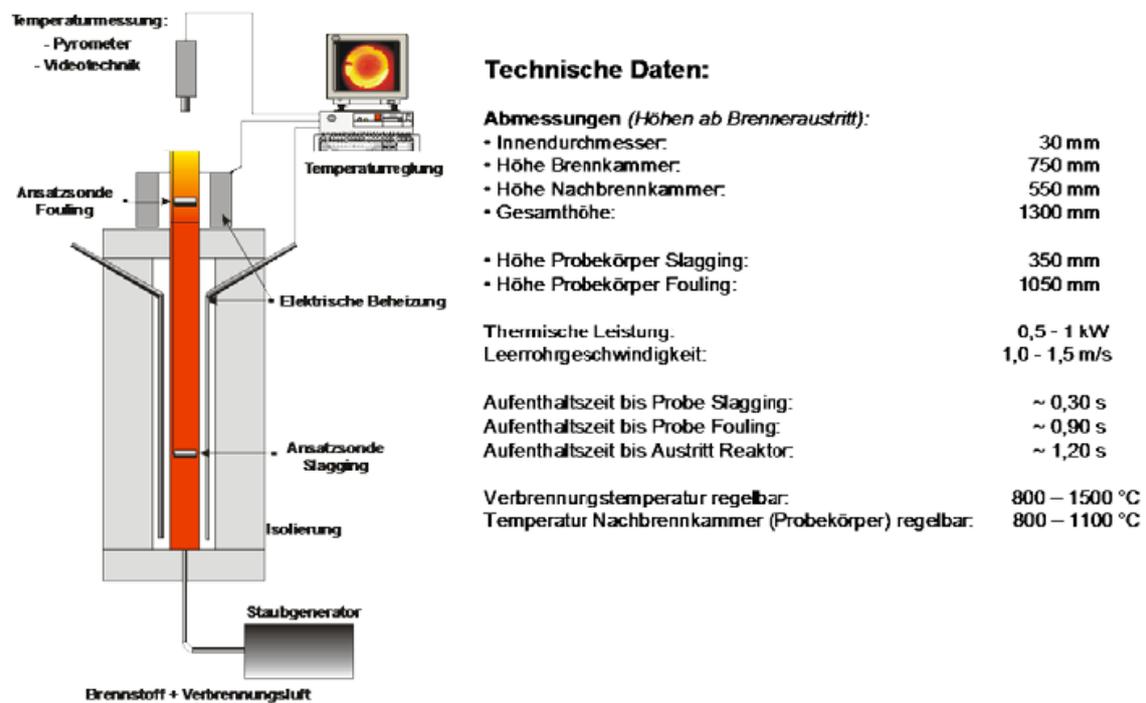


**Abbildung 25: kleintechnischer Trocknungsversuchsstand**

Ziel ist es, anhand frei wählbarer Trocknungsparameter wie Temperatur und Volumenstrom der Trocknungsluft die Trocknungsgeschwindigkeit von Schüttgütern zu ermitteln.

Durch eine messtechnische Überwachung und Datenaufzeichnung können parallel dazu Effizienzkennziffern ermittelt und in großtechnische Trocknungsanlagen übertragen werden. Des Weiteren beschäftigt sich die Versuchsanlage mit dem Thema der Wärmerückgewinnung bei Batch-Trocknungsanlagen. Aufgrund der speziellen Anforderungen kommt hier zukünftig ein eigens entwickelter Spiralwärmeübertrager zum Einsatz, der sich durch gute Wärmeübertragungseigenschaften, wie auch eine Unempfindlichkeit gegenüber Verschmutzungen auszeichnet.

#### 4.5.2.5 Mikroverbrennungsreaktor MR 1500 (bis 1500 °C)

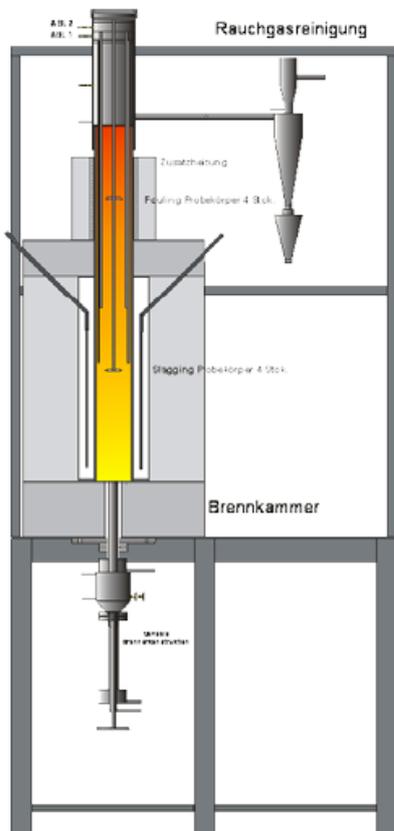


**Abbildung 26: Mikroverbrennungsreaktor MR 1500**

- Reaktionsphasen: Zündung, Flüchtigungsverbrennung, Koksabbrand, momentane Reaktionsgeschwindigkeit und Ausbrandzeit in Abhängigkeit von Prozessparametern der Feuerung
- Verschlackungs- und Verschmutzungsneigung von Brennstoffaschen
  - Kohle-Ranking (bezogen auf bekannte Vergleichskohle)
  - Abhängigkeit der Ansatzbildung von Prozessparametern

#### 4.5.2.6 Mikro-Brennkammer MB 1500 (bis 1500 °C)

- Beurteilung des Verbrennungsverhaltens von Kohlen und anderen festen Brennstoffen unter konstanten und weitgehend prozessadäquaten Reaktionsbedingungen einer Staubfeuerung
- belastbare Aussagen zu nachfolgenden Schwerpunkten:
  - Schadstoffemissionen (brennstoffbedingt und verfahrenstechnisch beeinflusst)
  - Zünd- und Abbrandverhalten
  - Verschlackungs- und Verschmutzungsverhalten
  - technologisch optimierte Betriebsparameter (Brennerkonstruktion und -beaufschlagung, Luftverhältnis, Anteil Rauchgasrücksaugung, Luftaufteilung etc.)



#### Technische Daten:

##### Abmessungen (Höhen ab Brenneraustritt):

• Innendurchmesser:	124 mm
• Höhe Brennkammer:	750 mm
• Höhe Nachbrennkammer:	570 mm
• Höhe Brennkammer bis Querzug:	1320 mm
• Höhe ABL 1:	435 mm
• Höhe ABL 2:	630 mm
• Höhe Slagging Probekörper	400 mm
• Höhe Foulung Probekörper :	1000 mm
• Gesamthöhe:	1720 mm

Thermische Leistung:	5 - 15 kW
Leerrohrgeschwindigkeit:	~ 1,0 m/s
Gasverweilzeit:	~ 1,5 s
Aufenthaltszeit bis Probe Slagging	~ 0,30 s
Aufenthaltszeit bis Probe Foulung	~ 1,00 s

Verbrennungstemperatur regelbar:	800 – 1500 °C
Temperatur Nachbrennkammer (Probekörper) regelbar:	800 – 1100 °C

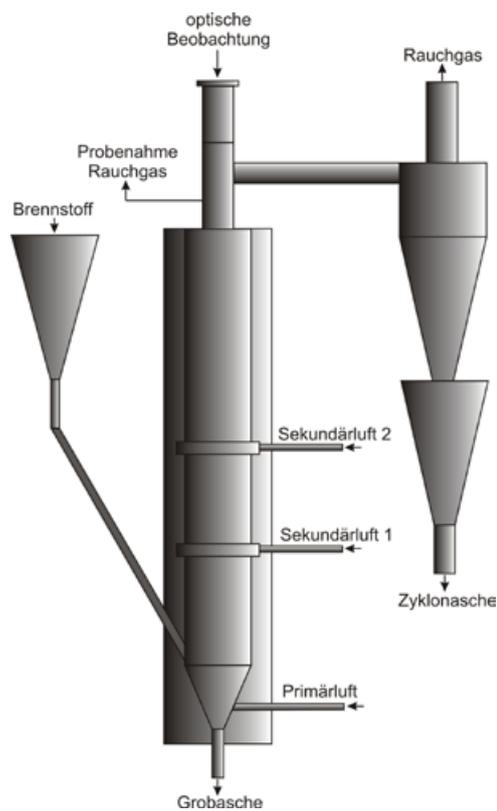
Abbildung 27: Mikrobrennkammer MB 1500

#### 4.5.2.7 Modell-Zyklonfeuerung ZBK 2

- Verbrennung von Grobkorn bzw. Granulat ohne Aufmahlung
- optimierte Zündung
- Schadstoffbildung und Einbindung/Reduktion
- Brennstoffspezifisches Feuerungsverhalten in Abhängigkeit der Betriebsführung

### Messtechnische Ausstattung:

- Messwerterfassungs- und Auswertesystem
- schnelles Messwerterfassungssystem für instationäre Vorgänge (Abbrandkinetik)
- Rauchgasanalyzesystem
- Video-Überwachung von Flammenbildern
- Flammenpyrometrie
- optisches Messsystem zur Partikeltemperaturbestimmung
- optische Diagnose von Flammeneigenschaften (bildgebende Feuerraumsonde)
- konventionelle Feuerraumsonden (Wärmestromdichte, Absaugthermoelement)
- ausgewählte Standard-Kohleprüfverfahren



**Abbildung 28: Modell-Zyklonfeuerung ZBK 2**

### **4.5.3 Publikationen**

#### **4.5.3.1 Veröffentlichungen in Fachzeitschriften, Schriftenreihen und auf Online-Plattformen**

Zschunke, T., Bräkow, D.: Holzvergasung zeigt deutliche Fortschritte, Holz-Zentralblatt Nummer 8, S. 216-218, 26.02.2016

Holz-Zentralblatt: Umweltminister warnt vor Fehlanreizen, Artikel zur Tagung „Biomass to Power and Heat 2016“, Holz-Zentralblatt Nummer 25, S. 656, 24.06.2016

Zschunke, T.: Energie aus Biomasse, Artikel zur Tagung „Biomass to Power and Heat 2016“ in der *ihk.wirtschaft* (Zeitschrift der Industrie- und Handelskammer Dresden), S. 52-53, 26. Jahrgang, Ausgabe 7-8/16

Herrmann, A., Schneider, R., Zeymer, M., Schmersahl, R., Heidecke, P., Ling, H., Volz, F., Schüßler, I.: „Permanentgasmessung im Produktgas“, In: Zeymer, M., Herrmann, A., Thrän, D., (Hrsg.): Messen und Bilanzieren an Holzvergasungsanlagen, Band 14 der Schriftenreihe des Förderprogramms „Energetische Biomassenutzung“, Leipzig, 2016.

#### **4.5.3.2 Proceedings**

Zschunke, T.; Weidner, M.; Schneider, R.: Tagungsband zum Fachkolloquium „Biomass to Power and Heat 2016“ der Hochschule Zittau/Görlitz, ISBN 978-3-941521-23-0, Zittau

#### **4.5.3.3 Pressemitteilungen**

Pressemitteilung des SMUL für Wald & Forst | Landwirtschaft | Energie | Umwelt: „Zittau diskutiert die Zukunft der Bioenergie“, Medienservice Sachsen, 01.06.2016

forstpraxis.de: Tagung „Biomass to Power and Heat“ 2016, [www.forstpraxis.de](http://www.forstpraxis.de), 10.07.2016

#### **4.5.3.4 Vorträge und Präsentationen**

Sénéchal, U., Salomo, B., Zschunke, T.: Untersuchungen zum Temperatur- und Konzentrationsfeld in der mechanisch bewegten Festbett-Vergasungsschicht, Posterbeitrag zur DGMK-Tagung „Konversion von Biomassen und Kohlen“, Rotenburg a.d.F., 09.-11.05.2016

Zschunke, T., Kurz, M.: Schad- und Nährstoffgehalt im Holz und seiner festen Rückstände aus einem Holzgas-BHKW, Vortrag zum Feldtag Gut Krauscha, Klein-Krauscha, 24.06.2016

Sénéchal, U.: Wärmetechnische Berechnungen von Hochtemperaturprozessen an ausgewählten Beispielen, Vortrag zum IPM-Kolloquium, Zittau, 27.07.2016

Burkhardt, G., Egeler, R., Herdin, G., Krodel, T., Kuffer, G., Nowack, A., Noel, Y., Quicker, P., Reichle, E., Sager, C., Schneider, R., Seifert, U., Zeymer, M., Zschunke, T.: VDI-Richtlinie 3461 „Thermochemische Vergasung von Biomasse in Kraft-Wärme-Kopplung“, Gründruck, Düsseldorf, September 2016

Zschunke, T., Schäfer, T.: Ist Primärenergie sekundär?, Vortrag zum Ehrenkolloquium Prof. Dittmann, Dresden, 21.09.2016

Ullrich, W.: Strom- und Wärmeerzeugung durch Holzvergasung in Kombination mit Solarsystemen, Vortrag zur RENEXPO®, Augsburg, 07.10.2016

Zschunke, T., Sénéchal, U.: „Energieprojekte im LaNDER<sup>3</sup>“ - E1 (Energiebereitstellung durch energetische Verwertung von NFK-Abfallstoffen), Vortrag zum Treffen des Forschungsschwerpunktes „Energie & Umwelt“, Zittau, 23.11.2016

Vakalis, S., Moustakas, K., Sénéchal, U., Schneider, R., Salomo, B., Kurz, M., Malamis, D., Sotiropoulos, A., Zschunke, T.: Assessment of Potassium Concentration in Biochar before and after the After-burner of a Biomass Gasifier, International Conference of Low Carbon Asia 2016, ICLCA 2016, Malaysia, Kuala Lumpur, 23.-25. November 2016

Schneider, R., Böhm, C.: Wie wirtschaftlich sind Anbau und Verwertung von Energieholz aus Agroforstwirtschaft in einem südbrandenburgischen Landwirtschaftsbetrieb? Vortrag zum 5. Forum Agroforstsysteme, Senftenberg, 01.12.2016

#### 4.5.4 Ausgewählte Abschlussarbeiten der Studenten

**Thema 1:** *Aufbau eines Versuchsstandes zur Biomassetrocknung im Rahmen des Forschungsprojektes „ZETA“ am Standort der HSZG xxx*

**BearbeiterIn:** Marc Krech

**BetreuerIn:** Dipl.-Ing. (FH) Bert Salomo, Dipl.-Ing. (FH) Roman Schneider

**Auftraggeber:** Hochschule Zittau/Görlitz - IPM

#### 4.6 Messen und Wissenschaftliche Veranstaltungen

##### 4.6.1 IPM auf der Jahrestagung Kerntechnik 2016

Im Zeitraum vom 10. bis 12. Mai 2016 fand im Congress Center Hamburg (CCH) die 47. Jahrestagung Kerntechnik (47th Annual Meeting on Nuclear Technology (AMNT)) statt, auf welcher zahlreiche Plenar- und Fachvorträge zu aktuellen Themen aus Forschung, Entwicklung und zur Anwendung in der Kernenergie präsentiert wurden. Das Institut für Prozeßtechnik, Prozeßautomatisierung und Meßtechnik (IPM) der Hochschule Zittau/Görlitz beteiligte sich auch in diesem Jahr wieder mit mehreren Vorträgen an dieser Veranstaltung, die auf großes Interesse beim Auditorium stießen sowie nach Vortragsende rege diskutiert wurden.

Dr. André Seeliger stellte dabei zurückliegende als auch geplante Arbeiten des Instituts auf dem Gebiet der nuklearen Sicherheitsforschung vor. Die Präsentation mit dem Titel "In-Core Zinc Borate Precipitations after LOCA in PWR - Past Experiences and Upcoming Investigations" erfolgte zusammen mit Projektpartnern der TU Dresden und des Helmholtz-Zentrums Dresden-Rossendorf.

Hassan Chahi zeigte in seinem Vortrag "Mathematical Modelling for the Exchange of Thermal Radiation Between Fuel Rods in a PWR Fuel Assembly Storage" den aktuellen Stand seiner Arbeiten im Rahmen des Forschungsprojektes SINABEL auf.

Mit dem Vortrag "Theoretical and Experimental Investigations for Diagnosis of the Core State during Severe Accidents" präsentierte Sebastian Schmidt im Rahmen des Workshops "Kompetenzerhalt in der Kerntechnik" (KEK) den Stand seiner Promotionsarbeit.



**Abbildung 29: Die Teilnehmer des Workshops "Kompetenzerhalt in der Kerntechnik" (KEK) während der AMNT 2016**

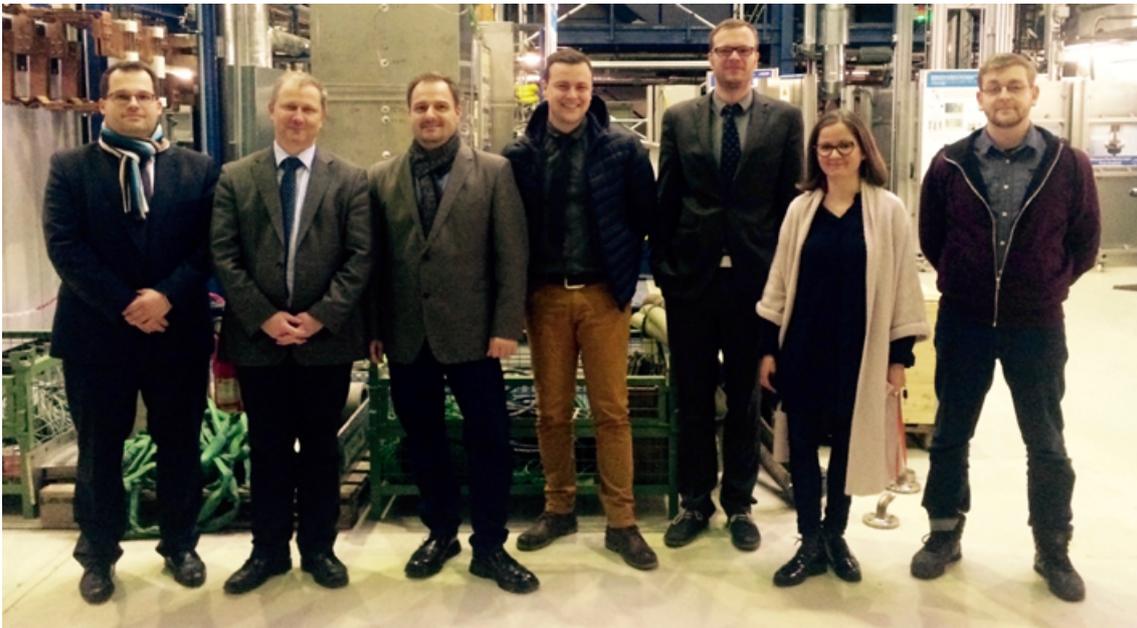
Aus der Vielzahl von Beiträgen von Vertretern der Industrie und Politik wurde deutlich, dass die nationalen Kompetenzen auf dem Gebiet der Kernenergie vorbehaltlos gesichert und erweitert werden müssen, da die internationalen Aktivitäten in kerntechnischen Bereichen bewertet werden müssen und der zukünftige Rückbau von Kernkraftwerksanlagen noch lange ein beherrschendes Thema in Deutschland aber auch weltweit sein wird. Entsprechend orientierte Forschungs- und Entwicklungsarbeiten sowie die Ausbildung von akademischem Fachpersonal werden daher auch zukünftig weiterhin einen hohen Stellenwert besitzen.



**Abbildung 30: Plenarsitzung der AMNT 2016 in Hamburg**

#### **4.6.2 Forschungsvorhaben am IPM erfolgreich gestartet**

Am 22.02.2016 fand die Auftaktveranstaltung für das Forschungsvorhaben „Grundlegende F&E-Arbeiten zu Methoden der Zustandsüberwachung von Transport- und Lagerbehältern für abgebrannte Brennelemente und wärmeentwickelnde hochradioaktive Abfälle bei verlängerter Zwischenlagerung“ am Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf im Beisein des Projektträgers (GRS) statt. Das Vorhaben wird im Rahmen der Förderinitiative Forschung zur Entsorgung radioaktiver Abfälle des BMWi gefördert.



**Abbildung 31:** v. l.: Prof. Kratzsch (IPM), Prof. Hampel (TUD), Herr Zingler (GRS), Herr Schmidt (IPM), Herr Fiß (IPM), Frau Dietel (TUD), Herr Reinicke (IPM)

Das fünfköpfige Forscherteam wird in den kommenden drei Jahren im Rahmen des Verbundvorhabens zwischen der TU Dresden, Lehrstuhl für Bildgebende Messverfahren in der Energietechnik und dem IPM, Fachgebiet Messtechnik/ Prozessautomatisierung einen Beitrag zur sicheren Entsorgung radioaktiver Abfälle leisten.

Zielstellung ist eine Bewertung verschiedener physikalischer Messprinzipien, Verfahren und Methoden zur nichtinvasiven Überwachung des Zustandes des Inventars von Castor®-Behältern bei verlängerter Zwischenlagerung. Damit sollen Möglichkeiten untersucht werden, Veränderungen der Brennelemente bzw. der aufnehmenden Behälterstrukturen über sehr lange Zeiträume von mehreren Jahrzehnten erkennen zu können, ohne die Castoren® zu öffnen.

Die Arbeiten schließen inhaltlich an das im Zeitraum von 2012 bis 2015 vom BMBF geförderte Forschungsvorhaben „Nichtinvasive Zustandsüberwachung von Kernreaktoren zur Detektion von Füllstandsänderungen und der Deformation des Kerns“ an. Insbesondere kommt der im genannten Vorhaben entwickelte, aufgebaute und in Betrieb genommene Versuchsstand NiCoLe zum Einsatz

#### **4.6.3 Versuchsanlage THERESA besteht TÜV-Abnahme**

Im Rahmen der „Prüfung vor Inbetriebnahme“ (PVI) fand die Abnahme der Versuchsanlage THERESA im Zittauer Kraftwerkslabor durch die zulässige Überwachungsstelle (TÜV-Süd) statt. Die Prüfungen umfassten die elektrische Verschaltung der Sicherheitssensorik und -aktorik, die Aufstellung und prozesstechnische Verschaltung der Komponenten sowie die Überführung der Anlage in den sicheren Zustand bei Überschreitung bestimmter Grenzen der Messgrößen Temperatur, Druck und Füllstand.



**Abbildung 32: Abnahme der Leittechnik durch die Mitarbeiter der Zuständigen Überwachungsstelle (TÜV Süd)**

Neben den elektronischen (aktiven) Sicherheitssystemen wurden die mechanischen (passiven) Systeme wie Sicherheitsventile überprüft, indem diese gezielt ausgelöst wurden. Alle Prüfungen konnten erfolgreich abgeschlossen werden. Damit steht dem offiziellen Versuchsbetrieb nichts mehr im Weg.

Der PVI war die Erarbeitung von zahlreichen Genehmigungsunterlagen in Zusammenarbeit mit der zulässigen Überwachungsstelle bereits bei der Planung der Anlage vorangegangen.

Der Charakter einer prototypischen Versuchsanlage stellte die zulässige Überwachungsstelle und das Projektteam unter Leitung von Prof. Kratzsch vor besondere Herausforderungen, da die standardisierten Vorgehensweisen bei der Genehmigung von kommerziellen Energieanlagen nicht in allen Fällen für die Versuchsanlage anwendbar waren.

Bis zur PVI mussten der Genehmigungsbehörde Gefährdungsanalyse, Abschaltmatrix, Schaltpläne, Genehmigungsantrag mit Einstufung der Anlagenkomponenten, Betriebshandbuch, Dokumentation über Druckproben sowie Hersteller- und Konformitätserklärungen zu den Anlagenkomponenten und Sicherheitseinrichtungen vorliegen. Nicht zuletzt mussten Herr Klette und Herr Braun ihre Ausbildung zum Kesselwärter erfolgreich abschließen. Die Behörde stellte daraufhin eine Genehmigungsurkunde zum Betrieb der Anlage aus, welche mit der erfolgreichen PVI besiegelt wurde.

Die umfangreichen Vorbereitungen und die Abstimmung mit der Überwachungsstelle zur Genehmigung der Anlage haben sich damit gelohnt und die Versuchsanlage THERESA kann in den regulären Versuchsbetrieb gehen.

#### **4.6.4 IPM auf internationalen Tagungen**

Vom 26. – 30. Juni fand in Charlotte, im US-Bundesstaat North Carolina die ASME POWER & ENERGY Conference 2016 zusammen mit der 24th International Conference on Nuclear Engineering (ICONE 24) statt, auf denen zahlreiche Fachvorträge zu aktuellen Themen aus Forschung, Entwicklung und Anwendung der Energietechnik präsentiert wurden. Im Rahmen ihrer Forschungstätigkeiten stellten die Mitarbeiter des IPM Hassan Chahi, Dr. Stefan Renger und Dr. Clemens Schneider Ihre Arbeiten in den Bereichen Energiespeichersysteme und Reaktorsicherheit vor.

Die ASME POWER & ENERGY vereinigt die internationalen Konferenzen: POWER, ENERGY SUSTAINABILITY, FUEL CELL, ENERGY STORAGE FORUM und GAS TURBINE FORUM mit dem Fokus sich im Expertenkreis zu nachhaltigen und effizienten Technologien für die zukünftige Energieversorgung auszutauschen. Die ICONE zählt zu einer der größten internationalen Konferenzen auf dem Gebiet der Nukleartechnik, bei der aktuelle Themen der Sicherheitsforschung sowie Anforderungen und technische Entwicklungen der Industrie sowie Branchentrends präsentiert und diskutiert werden.

Das Institut für Prozeßtechnik, Prozeßautomatisierung und Meßtechnik (IPM) der Hochschule Zittau/Görlitz (HSZG) präsentierte sich mit mehreren Vorträgen und trug somit zum Programm der Konferenzen bei.

Dr. Stefan Renger und Hassan Chahi stellten Arbeiten, welche im Rahmen der deutschen nuklearen Sicherheitsforschung am IPM unter der Leitung von Prof. Kästner bearbeitet werden, auf der ICONE 24 vor. Der von Dr. Renger referierte Vortrag mit dem Thema "Investigations about Released Debris and Corrosion Products and their Impact to Head Loss Build up and Decay Heat Removal under Water-Chemical PWR-LOCA Conditions" fasste die Arbeiten der letzten 14 Jahre zum undefinedThema Kühlmittelverluststörfälle am IPM zusammen. Darin stellte er die über diesen Zeitraum errichteten Versuchsanlagen des IPM zur Untersuchung von Mehrphasenströmungen und die darauf aufbauenden Ergebnisse abgeschlossener sowie aktueller experimenteller Untersuchungen (FKZ 150 1491) zur Auswirkung von Feststoffpartikeln und Korrosionsprodukten auf die Not- und Nachkühlung von Druckwasserreaktoren vor. Durch den sich anschließenden Vortrag von Dr. Kryk vom Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf zum Parallelprojekt der TU-Dresden (FKZ 150 1496) konnte auch international die enge Zusammenarbeit zwischen Zittau und Dresden dargestellt werden.



**Abbildung 33:** Dr. Stefan Renger bei seinem Vortrag zum Thema **Investigations about Released Debris and Corrosion Products and their Impact to Head Loss Build up and Decay Heat Removal under Water-Chemical PWR-LOCA Conditions**

Hassan Chahi stellte in seinem Vortrag "Thermal-hydraulic investigations to the flow of model gases at a PWR fuel assembly dummy and overflow of air above the top of the FA-dummy" den Aufbau der Versuchsanlage DVABEG (Dichtegetriebene Vertikale AustauschBEwegungen von Gasen) vor. Weiterhin präsentierte Herr Chahi die thermohydraulischen Untersuchungen zur passiven Wärmeabfuhr in ausgetrockneten Brennelemente-Nasslagerbecken im Rahmen des Verbundprojektes SINABEL (Sicherheit der Nasslager für abgebrannte Brennelemente), welches vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) unter dem Förderkennzeichen 02NUK027D gefördert wird.



**Abbildung 34:** Hassan Chahi bei seinem Vortrag zum Thema: **Thermal-hydraulic investigations to the flow of model gases at a PWR fuel assembly dummy and overflow of air above the top of the FA-dummy**

In seinem Vortrag beim ENERGY STORAGE FORUM stellte Dr. Clemens Schneider zu- erst die Hochschule Zittau/Görlitz und deren Fakultäten sowie die Forschungstätig- keiten des IPM vor. Im fachlichen Teil zum Thema: "Development of integration Me- thods for Thermal Energy Storages into Power Plant Processes" wurden die Arbeiten im Rahmen des ESF-geförderten Graduiertenkollegs „Neue Systeme zur Ressourcen- schonung“ in Kooperation mit dem EFRE-geförderten Vorhaben „Hochtransientes Thermisches Energiespeichersystem“ unter Leitung von Prof. Kratzsch im Zittauer Kraftwerkslabor vorgestellt. Darin wurden die Konzepte zur Flexibilisierung thermi- scher Energieanlagen durch die Einbindung entsprechender Energiespeicher aufge- zeigt, um Lastschwankungen aufgrund volatiler Einspeisung aus alternativen Ener- giequellen zu kompensieren. Weiterhin stellte Dr. Schneider die im November 2015 feierlich eröffnete thermische Energiespeicheranlage THERESA vor, mit der die ver- fahrenstechnischen Prozesse und Regelkonzepte zur Flexibilisierung thermischer Energieanlagen untersucht und qualifiziert werden.



**Abbildung 35:** Dr. Clemens Schneider bei seinem Vortrag zum Thema: **Development of integration Methods for Thermal Energy Storages into Power Plant Processes**

Durch die aktive Teilnahme an den Veranstaltungen verdeutlichte das IPM, dass die Hochschule Zittau/Görlitz als Standort für Lehre und Forschung in der Energietechnik auf internationaler Ebene Beachtung findet. Im internationalen Kontext stellte das IPM somit seinen Beitrag zur weiterhin relevanten Reaktorsicherheitsforschung und zu Lösungsansätzen für die nachhaltige und stabile Energieversorgung vor.

#### **4.6.5 Workshop "Transformatoren - Betrieb und Diagnose"**

Am 1. und 2. November 2016 fand an der Hochschule Zittau/Görlitz der Workshop "Transformatoren – Betrieb und Diagnose" statt, organisiert durch das Institut für Prozeßtechnik, Prozeßautomatisierung und Meßtechnik (IPM) (Prof. Kästner) sowie die Fakultät Elektrotechnik und Informatik (Prof. Kornhuber).

27 Experten von Energieunternehmen sowie der Hochschule fanden sich zum fachlichen Austausch zusammen. An diesen zwei Tagen wurden seitens der Teilnehmer aktuelle Themen und Herausforderungen des sicheren Betriebes und der Überwachung von Transformatoren vorgestellt und diskutiert.

Folgende Firmen und Energieunternehmen waren beteiligt:

- LEAG Lausitz Energie Kraftwerke AG
- LEAG Lausitz Energie Bergbau AG
- Vattenfall Europe Wärme AG
- Vattenfall Wasserkraft GmbH

- Vattenfall Kraftwerke Moorburg GmbH
- VPC GmbH
- Stromnetz Hamburg GmbH
- Stromnetz Berlin GmbH
- 50Hertz Transmission GmbH
- Lausitzer Analytik GmbH

Im Fokus des ersten Tages standen Übersichtsvorträge und die Besichtigung der Ausstellungsstände der Firmen General Electric, Starke & Sohn, ABB sowie Gatron/EMB. Auf besonderes Interesse stieß der mobile Stoßgenerator der Firma ABB. Zudem wurde den Gästen der Hochschulstandort aus der Sicht von Lehre und Forschung vorgestellt. Im Vordergrund standen die F&E-Aktivitäten der Fakultät EI und des IPM. Abschließend wurden das Hochspannungslabor und das Kraftwerkslabor besichtigt. Besonders erfreulich war auch das rege Interesse der Studierenden an den Ausstellungsständen und den Vorträgen. Der Workshop bot somit eine hervorragende Möglichkeit zur Kontakthanbahnung mit zukünftigen Arbeitgebern.



**Abbildung 36: Teilnehmer des Workshops**

Am zweiten Tag dienten Fachvorträge der Vorstellung spezieller Aspekte rund um den Transformator als elektrische Großkomponente, die angeregt diskutiert wurden. Die Fakultät EI und das IPM stellten zwei wissenschaftliche Vorträge aus den Gebieten Silikonelastomere bei Transformatordurchführungen (Prof. S. Kornhuber) und Diagnosetool zur Zustandsbestimmung und Prognose von Maschinentransformatoren (Dipl.-Inf. J. Hänel) vor.



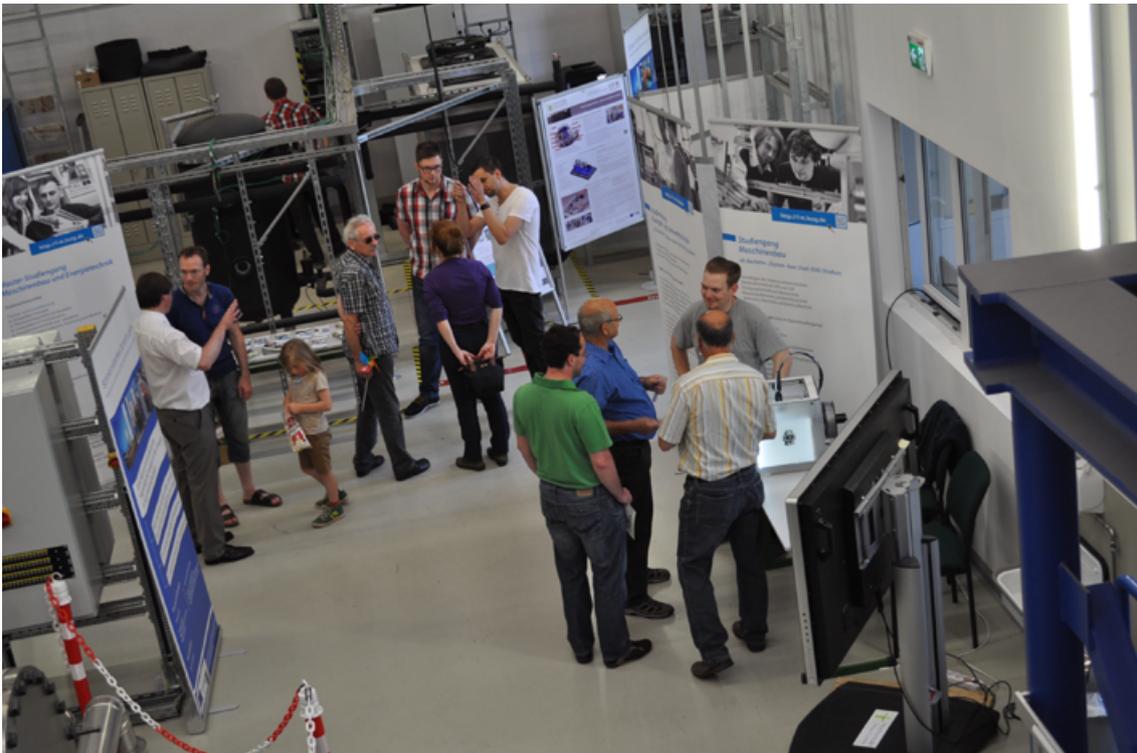
**Abbildung 37: Besichtigung des Zittauer Kraftwerkslabors**

Der Workshop wurde im Rahmen eines Projektes zum Thema "Diagnose von Maschinentransformatoren" ins Leben gerufen. Zu diesem Thema arbeiten die Firma Lausitz Energie Kraftwerke AG (LEAG, ehemals Vattenfall Europe Generation AG) und die Hochschule Zittau/Görlitz (HSZG) seit längerer Zeit eng zusammen. Schwerpunkt des Projektes ist die Entwicklung eines Diagnosetools zur Zustandsbestimmung von Transformatoren.

Am Ende der Veranstaltung wurde durch die Beteiligten das Interesse an einer Fortsetzung des wissenschaftlichen Austauschs im nächsten Jahr bekundet.

#### **4.6.6 Präsentation der Hochschule bei den Stadtwerken Zittau**

Mit „Ein Tag für Sie“ veranstalteten die Stadtwerke Zittau (SWZ) am 28. Mai auf dem Firmengelände an der Zittauer Friedensstraße einen interessanten Familientag für Jung und Alt. Das alles findet im neuen Gewand mit vielen Überraschungen, Wissenswertem und Einblicken in die Bereiche Strom, Gas, Wasser und Fernwärme statt. Mit dabei war auch die Hochschule Zittau/Görlitz.



**Abbildung 38: Besucher des Zittauer Kraftwerkslabors beim Tag der offenen Tür der Stadtwerke Zittau**

Das Zittauer Kraftwerkslabor (ZKWL) und das Energietechnische Kabinett (ETK) hatten ihre Pforten geöffnet. Im ZKWL konnten auf einer Fläche von 350 m<sup>2</sup> drei Versuchsanlagen des Institutes für Prozeßtechnik, Prozeßautomatisierung und Meßtechnik (IPM) erkundet werden. Die Anlagen dienen experimentellen Untersuchungen auf dem Gebiet der Energietechnik und Mechatronik und sind Ausdruck der langen Lehr- und Forschungstradition der Energiehochschule Zittau/Görlitz. Anhand der Versuchsanlage THERESA wurde anschaulich präsentiert, welche Anforderungen die stabile Stromversorgung im Zeitalter von schwankenden Photovoltaik- und Windstromeinspeisungen mit sich bringt und wie bestehende und zukünftige Kraftwerksanlagen diese Schwankungen kompensieren können. An der Versuchsanlage Magnet- und Fanglagerprüfstand (MFLP) wurde die Funktion eines magnetgelagerten Turbinenläufers anschaulich erklärt. Die Magnetlagerung von rotierenden Maschinen stellt eine Möglichkeit zur Eliminierung von Reibungsverlusten und somit zur Effizienzsteigerung von Turbomaschinen dar. An der Versuchsanlage Thermochemisches Versuchsfeld wurden die Untersuchungen zur Nutzung von Wärme- und Kältespeichern im Zusammenhang mit Kraft-Wärmekopplungsanlagen sowie Heiz und Kühlsystemen vorgestellt.

Weiterhin waren die Fakultäten Elektrotechnik und Informatik sowie Maschinenwesen in der Halle des ZKWL vertreten und stellten ihre Lehr- und Forschungstätigkeiten vor.

Im ETK nutzen Besucher die Möglichkeit, den einstigen Zittauer Lehr- und Forschungsreaktor (ZLFR) zu besichtigen. Dabei konnte im Obergeschoss mitverfolgt

werden, wie per Simulation ein Reaktorstart durchgeführt wird. Auf der gleichen Ebene wurden kleine Versuche aus der regenerativen Energietechnik angeboten, in denen eine mit Wasserstoff betriebene Brennstoffzelle ein kleines Fahrzeug in Bewegung setzt. Im Untergeschoss wurde eine Nebelkammer gezeigt, die die Sichtbarmachung von alpha- und beta-Strahlung ermöglicht. Ebenfalls vor Ort war die Fakultät Wirtschaftswissenschaften und Wirtschaftsingenieurwesen, die zwei Simulationen präsentierte, die sich mit den regionalen Energiemärkten bzw. mit der Optimierung von KWK-Anlagen beschäftigen.

Über den Nachmittag verteilt wurden das ZKWL und das ETK sehr stark durch Besucher frequentiert. Mit den anwesenden Studierenden und MitarbeiterInnen der Hochschule wurde eine Vielzahl sehr interessanter Gespräche geführt. Es wurde erklärt, angeleitet, fleißig diskutiert und geduldig die vielfältigen Fragen beantwortet. Nicht zuletzt interessierte sich ein Ehepaar im fortgeschrittenen Alter für den Reaktorsimulator. Sie hatten bereits in den 1980er Jahren als damalige Brigade das ZLFR besucht. Schon saßen beide am Steuerpult des ehemaligen Lehr- und Forschungsreaktors und bedienten die Knöpfe für die Simulation „Reaktorstart“, als wenn es gestern gewesen wäre.



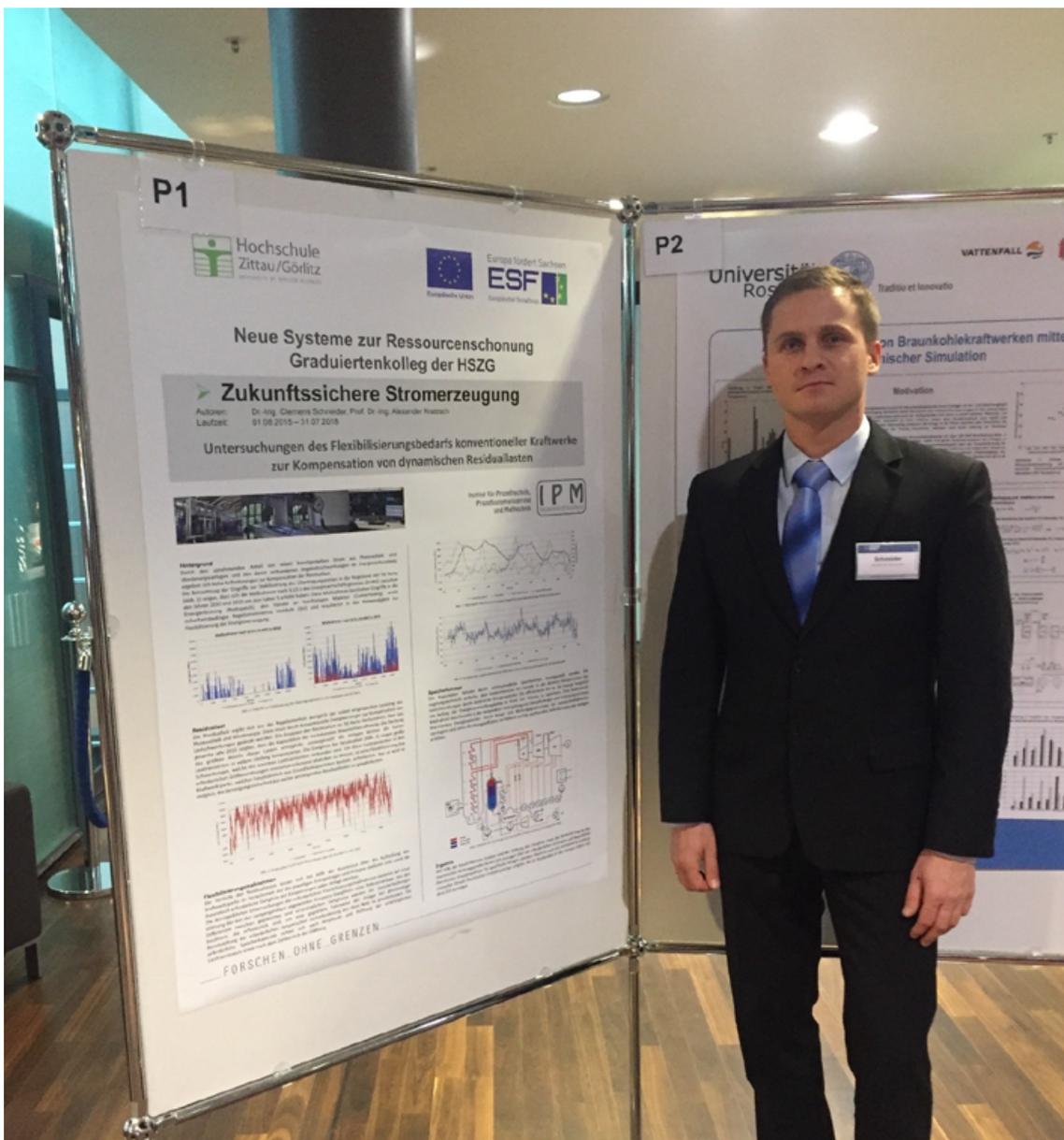
**Abbildung 39: Besucher des ETK am Steuerpult des ehemaligen Lehr- und Forschungsreaktors**

Insgesamt war es ein erfolgreicher von interessierter und entspannter Atmosphäre geprägter Tag unter dem Dach der SWZ, der zur Wiederholung anregt.

Die Hochschule Zittau/Görlitz bedankt sich bei allen Studierenden und MitarbeiterInnen für die Vorbereitung und Durchführung des Tages der Offenen Tür. Ebenso bedanken wir uns bei den Stadtwerken Zittau, dass die Hochschule ihr Lehr- und Forschungsangebot präsentieren konnte.

#### 4.6.7 IPM beim 48. Kraftwerkstechnischen Kolloquium

Herr Dr.-Ing. Schneider, Forschungsmitarbeiter bei Prof. Kratzsch im Institut für Prozeßtechnik, Prozeßautomatisierung und Meßtechnik stellte die bisherigen Ergebnisse seiner Arbeiten zum Thema „Untersuchungen des Flexibilisierungsbedarfs konventioneller Kraftwerke zur Kompensation von dynamischen Residuallasten“ vor.



**Abbildung 40: Dr. Clemens Schneider bei der Präsentation seines Posters zum Flexibilisierungsbedarf konventioneller Kraftwerke**

Die globale Zielstellung des Vorhabens besteht in der Entwicklung einer möglichst allgemeingültigen Vorgehensweise bei der Integration thermischer Speicher in

thermische Energieanlagen unterschiedlicher Nennleistung. Insbesondere thermische Kraftwerksanlagen werden dadurch in die Lage versetzt, die Stromproduktion flexibel den Erfordernissen im europäischen Verbundnetz anzupassen. Die aktuell durchgeführten Untersuchungen der erforderlichen Flexibilisierungsmaßnahmen basieren auf einer Glättung der aus der Lastganganalyse abgeleiteten Einspeiseganglinien einer Referenzanlage. Aus den Differenzen zwischen geglätteten und ungeglätteten Ganglinien werden die Speicherleistungen bestimmt, die erforderlich sind, um eine geglättete Fahrweise der thermischen Energieanlage bei gleichzeitiger Bereitstellung der erforderlichen dynamischen Lastanforderung aus dem Netz zu gewährleisten. Die Bearbeitung des Vorhabens erfolgt im Rahmen des Graduierten-Kollegs „Neue Systeme zur Ressourcenschonung“ der Hochschule Zittau/Görlitz und wird mit Mitteln des Europäischen Sozialfonds gefördert.

Das Kraftwerkstechnische Kolloquium ist eine der wichtigsten wissenschaftlichen Veranstaltung mit dem Schwerpunkt der modernen Energie- und Kraftwerkstechnik. Im jährlichen Rhythmus treffen sich Vertreter aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik, um sich über aktuelle Fragestellungen auf dem Gebiet der Energie- und Kraftwerkstechnik auszutauschen.

#### **4.6.8 Frühstücksgespräch in Berlin**

Am 25. November konnten sich interessierte Gäste aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft über sächsische Innovationen im Bereich der Energietechnologien in der Landesvertretung Sachsens in Berlin informieren. Während eines Frühstücksgesprächs zum Thema „Energietechnologien für den Weltmarkt – Sachsen als Champion der Energiewende“ präsentierten neun sächsische Unternehmen und Forschungseinrichtungen ihre neuen Produkte und Verfahren.

„Gerade im Hinblick auf die Gestaltung der Energiewende in Deutschland braucht es innovative Ideen und marktfähige Produkte. Auch wenn wir in den nächsten Jahren nicht auf die konventionelle Energieerzeugung als Garant einer sichereren Energieversorgung verzichten können, müssen wir den Umbau des Systems der Energieerzeugung, Energieverteilung und Energiespeicherung aktiv gestalten. Für all das gibt es Lösungen aus Sachsen“, bekräftigte Staatsminister Martin Dulig. Der Freistaat Sachsen unterstützt seit Jahren die Energieforschung in Unternehmen, Hochschulen und Forschungseinrichtungen, unter anderem mit Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE).

Zu dem Frühstücksgespräch waren zudem viele hochrangige internationale Vertreter anwesend, wie z.B.: Botschaftsvertreter der Tschechischen Republik, Ungarns, der Ukraine, Polens, Österreichs und die Taipeh Vertretung der Bundesrepublik Deutschland.

„Es freut mich sehr, dass auch viele ausländische Vertreter unserer Einladung gefolgt sind. Mit ca. 12.200 Beschäftigten in etwa 700 Unternehmen ist die Umwelt- und Energietechnik in Sachsen ein bedeutender Wirtschaftsfaktor, nicht nur für den ein-

heimischen Markt. Unsere Ideen und Lösungen sollen auch im Ausland Anwendung finden“, so Dulig weiter.

Als Vertreter aus der Wissenschaft war unter anderem das Institut für Prozeßtechnik, Prozeßautomatisierung und Meßtechnik (IPM) eingeladen worden. Diese Gelegenheit wurde genutzt, um das Forschungsportfolio unserer Hochschule mit einem Infostand vorzustellen. In einem Kurzvortrag präsentierte Prof. Kratzsch einschlägige Projekte aus dem Bereich der Speicherforschung im Zittauer Kraftwerkslabor.



**Abbildung 41: Prof. Alexander Kratzsch bei der Vorstellung der Forschungsschwerpunkte und der Kooperationspartner**

Um den weiteren Ausbau der Energieerzeugung aus alternativen Energiequellen zuverlässig gestalten zu können, sind flexible Erzeugerkapazitäten, welche die Lastschwankungen aufgrund volatiler Einspeisung aus Photovoltaik und Windenergieanlagen kompensieren, unverzichtbar, um auch zukünftig eine gesicherte Stromerzeugung zu gewährleisten. Es wurde gezeigt, dass sich die Energieforschung am IPM mit hohem Engagement genau dieser Herausforderung widmet und derzeit als einziger Partner an einer großtechnischen Lösung zur Flexibilisierung der Energieversorgung arbeitet. Mit den Projekten innerhalb des Zittauer Kraftwerkslabors wurde deutlich vermittelt, dass die Flexibilisierung thermischer Kraftwerke eine wesentliche Rolle auf dem komplexen Weg zur erfolgreichen Umsetzung der Energiewende einnimmt.

Das Gespräch trug dazu bei, die Vertreter aus Politik und Wirtschaft auf die wissenschaftlich-technischen Herausforderungen beim Umbau der Energieversorgungsstruktur aufmerksam zu machen und deren Unterstützung bei der Antragstellung weiterführender Forschungsprojekte zu gewinnen.

Initiiert wurde die Veranstaltung durch den Energy Saxony e.V., der sich als Interessenvertreter zur Innovationsförderung der sächsischen Energieforschung in Unternehmen und wissenschaftlichen Einrichtungen im Freistaat versteht.

#### 4.6.9 7. Leittechnikworkshop am IPM

Gemeinsam mit PreussenElektra lud die Hochschule Zittau/Görlitz (HSZG) Ende November 2016 zum 7. Leittechnikworkshop mit dem Schwerpunkt Leistungsregelung von Druckwasserreaktoren ein.

An dem Erfahrungsaustausch nahmen Vertreter von AREVA, dem Bundesamt für Strahlenschutz, dem Bundesamt für kerntechnische Entsorgungssicherheit, dem Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein, dem Kernkraftwerk Brokdorf, dem Kernkraftwerk Isar II sowie dem Kernkraftwerk Gösgen-Däniken AG (Schweiz) teil.

Besonders erfreulich war, dass einige der Gäste und Referenten zu ihrer ehemaligen Ausbildungsstätte der Energiehochschule Zittau/Görlitz zurückkehrten. Ebenso nutzten interessierte Studierende und Mitarbeiter der Hochschule die Möglichkeit am Leittechnikworkshop teilzunehmen und erhielten so einen umfangreichen Eindruck in die Aufgabenstellungen eines Ingenieurs in der Energietechnik.



**Abbildung 42:** Frank Dräger (PreussenElektra) und Daniel Fiß (IPM) beim 7. Leittechnikworkshop

Der Leittechnik-Workshop wurde von Prof. A. Kratzsch (IPM) und Herrn F. Dräger (PreussenElektra) geleitet. Im Rahmen der Veranstaltung wurde einmal mehr deutlich, wie flexibel und zuverlässig Kernkraftwerke auf Laständerungsanforderungen reagieren. Neben den zahlreichen Vorträgen zur Reaktorregelung, wurden auch die

Ergebnisse von aktuellen sowie bisherigen erfolgreich abgeschlossenen internationalen Forschungsprojekten der vergangenen Jahre unter Mitwirkung von PreussenElektra und der Hochschule, Institut für Prozeßtechnik, Prozeßautomatisierung und Meßtechnik in Form von Vorträgen und Postern dargestellt. Darüber hinaus wurde der sichere sowie zuverlässige und emissionsarme Betrieb von deutschen Kernkraftwerken zur Stabilisierung des deutschen und europäischen Verbundnetzes deutlich.

Neben den hochinteressanten Vorträgen im Senatssaal der Hochschule, wurde auch das Zittauer Kraftwerkslabor am Standort der Stadtwerke Zittau GmbH mit den drei Großversuchsanlagen Magnetlagerversuchsstand (MFLP), Thermochemisches Versuchsfeld (TCV) und der Thermischen Energiespeicheranlage (THERESA) mit den Gästen besucht. Im Anschluss daran ging es zur Besichtigung in das Energietechnische Kabinett der Hochschule.

Der 7. Leittechnikworkshop unterstreicht die sehr gute Zusammenarbeit zwischen PreussenElektra, AREVA und dem IPM und leistet damit einen wichtigen Beitrag zum Wissens- und Kompetenzerhalt auf dem Gebiet der nuklearen Sicherheitsforschung.

Die Teilnehmer waren sich über die Fortsetzung der guten Zusammenarbeit untereinander einig. Dabei steht insbesondere der weitere Ausbau der Kompetenzen in der Leittechnik am Hochschulstandort Zittau im Fokus. Ergebnisse dieser Bemühungen werden dann auf dem 8. Leittechnikworkshop präsentiert.

#### **4.6.10 SINABEL-Projekttreffen**

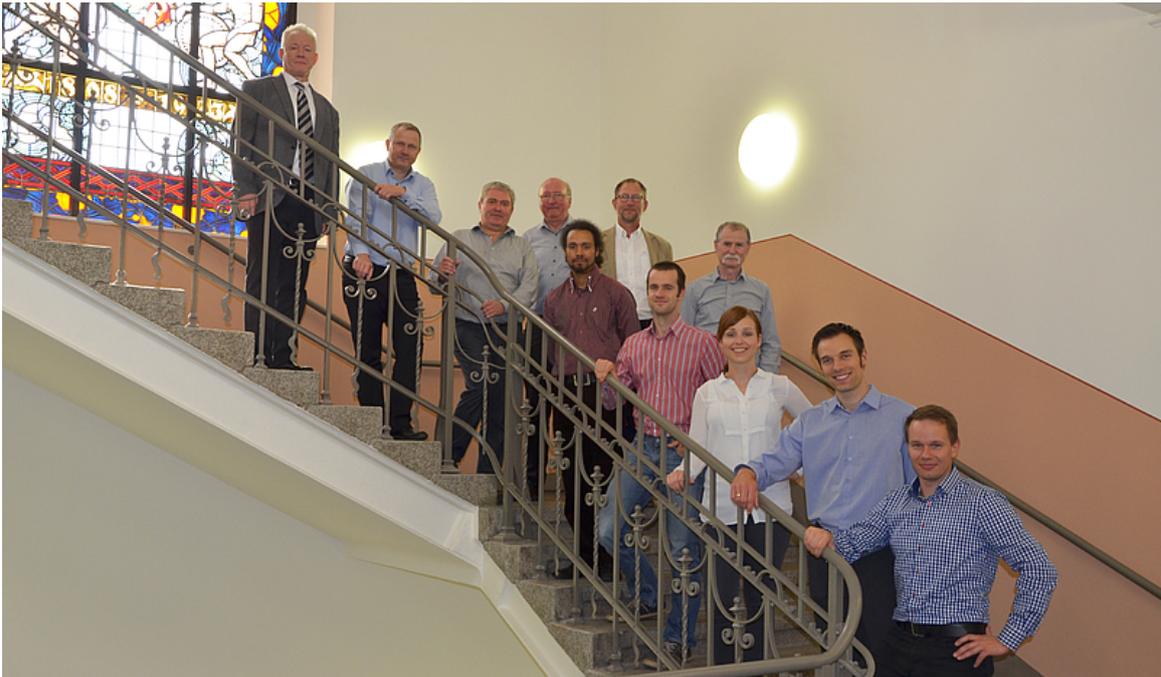
Im Rahmen eines mehrjährigen Verbundprojektes zwischen der Technischen Universität Dresden (TUD), dem Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf (HZDR) und der Hochschule Zittau/Görlitz (HSZG) werden unter dem Begriff „SINABEL“ experimentelle und methodische Untersuchungen zur Sicherheit der Nasslager für abgebrannte Brennelemente durchgeführt. Schwerpunkte des Projektes sind experimentelle Einzeleffektanalysen sowie die Modellbildung und Simulation mittels komplexer Codes (ATHLET, CFD).

Das Vorhaben wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen des Programmes: „Nukleare Sicherheits- und Endlagerforschung“ gefördert. Regelmäßig werden Projekttreffen an den jeweiligen Institutionen organisiert, auf denen die wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter über die durchgeführten Arbeiten berichten und die Ergebnisse zur Diskussion stellen. Am 20. September fand dieses Projekttreffen an der Hochschule Zittau/Görlitz statt, organisiert durch das Institut für Prozeßtechnik, Prozeßautomatisierung und Meßtechnik (IPM). Dabei bildete das rekonstruierte Haus I eine angenehme und repräsentative Kulisse.

Die fachliche Diskussion beschäftigte sich mit Sicherheitsaspekten von Becken in denen Brennelemente von Druck- und Siedewasserreaktoren zwischenzeitlich gela-

gert werden. Hierbei sind die Wärmetransportprozesse, deren experimentelle Analyse und simulative Nachbildung von besonderem Interesse.

Im Rahmen des Vorhabens haben die jungen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler die Möglichkeit die Promotion zu erlangen. Somit leisten diese F&E-Aktivitäten einen Beitrag zum Wissens- und Know-how- Transfer zwischen den Institutionen, dem Kompetenzerhalt auf dem Gebiet der Kern- und Strahlentechnik sowie zur Sicherung des akademisch gebildeten Fachkräftenachwuchses. Diese Veranstaltungen spiegeln die enge Zusammenarbeit der Institutionen TUD, HZDR und HSZG im Kompetenzzentrum OST für Kerntechnik wider.



**Abbildung 43: Teilnehmer des Projekttreffens**

#### **4.6.11 Weiterer wissenschaftlicher Mitarbeiter des IPM bekommt Promotionsurkunde**

Am 23. Januar 2016 war Herr Kittan als wissenschaftlicher Mitarbeiter des Instituts für Prozeßtechnik, Prozeßautomatisierung und Meßtechnik (IPM) zur Absolventenfeier der Technischen Universität (TU) Ilmenau eingeladen. Im Rahmen dieser Veranstaltung wurde ihm die Promotionsurkunde überreicht.

Herr Kittan hat im Zeitraum von Januar 2011 bis Dezember 2013 ein vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie gefördertes Projekt zum Thema "Modellierung/Simulation der Dynamik von Anlagerungs- und Penetrationsprozessen in partikelbelasteten Kühlmittelströmungen" bearbeitet. Ziel des Projektes war die Erstellung dynamischer Modelle zum Transport- und Anlagerungsprozess von Isolationsmaterial. Für die Modellierung kamen dabei die Methoden der Multi-Agenten-Modelle sowie der Zellulären Automaten zum Einsatz. Diese Herangehensweise war in Bezug zum thematischen Hintergrund der nuklearen Sicherheitsforschung neuartig.

Hierdurch gelang es Herrn Kittan die Diversität an verfügbaren Modellen zu erhöhen sowie die Qualität der Simulationsergebnisse insbesondere im Hinblick auf die dynamische Betrachtung faserförmiger Filterkuchen zu verbessern.

Da das Vorhaben im Rahmen der Initiative "Kompetenzerhaltung in der Kerntechnik" gefördert wurde, war begleitend zur Projektbearbeitung die Möglichkeit einer Promotion gegeben. Das Promotionsverfahren wurde in Kooperation mit der TU Ilmenau durchgeführt. Betreut wurde die Thematik von Seiten des IPM durch Prof. Kästner. Für die TU Ilmenau hat Prof. Ament die Betreuung übernommen. Zudem hat das Promotionsverfahren mit Prof. Prasser von der ETH Zürich als Gutachter auch internationalen Anklang gefunden. Nach Abschluss der fachlichen Arbeiten und dem Verfassen der Dissertation (Einreichung im Oktober 2014), hat Herr Kittan am 17. September 2015 erfolgreich das Rigorosum absolviert sowie seine Arbeit mit dem Prädikat magna cum laude verteidigt. Mit Veröffentlichung der Dissertation im November 2015 wurde das Promotionsverfahren offiziell abgeschlossen.



**Abbildung 44: Übergabe der Promotionsurkunde an Stefan Kittan (Foto: Chris Liebold)**

Damit wurde die langjährige Tradition des IPM, jungen wissenschaftlichen Mitarbeitern im Rahmen von Projektarbeiten die Möglichkeit zur Promotion zu bieten, fortgesetzt. Seit 1993 konnten so 17 kooperative Promotionsverfahren erfolgreich zum Abschluss gebracht werden. Auch dies ist ein Beitrag die Reputation des Hochschulstandortes Zittau/Görlitz zu erhöhen und die Attraktivität der ingenieurtechnischen Aus- und Weiterbildung zu stärken.

Allerdings ist festzustellen, dass die Mühen für Herrn Kittan noch nicht vollständig ausgestanden sind, da die traditionelle „feucht, fröhliche“ Nachverteidigung im kriti-

schen Kollegen- und Freundeskreis noch aussteht. Auch hierfür wünschen wir Herrn Kittan viel Erfolg und Ausdauer.

#### 4.6.12 Erste Kesselwärter am IPM

Im März 2016 schlossen Herr Klette und Herr Braun die Weiterbildung zum Kesselwärter erfolgreich ab. Beide Kollegen sind Mitarbeiter des IPM im Fachgebiet Messtechnik/Prozessautomatisierung unter der Leitung von Prof. Kratzsch im Rahmen des von der Europäischen Union und dem Freistaat Sachsen finanzierten Forschungsvorhaben „Hochtransientes thermisches Energiespeichersystem für eine anlagenschonende und energieeffiziente Flexibilisierung thermischer Energieanlagen“ an der Entwicklung und experimentellen Qualifizierung thermischer Energiespeichersysteme.



**Abbildung 45:** Herr Braun bei der äußerlichen Kontrolle des Gleichdruckverdrängungsspeichers an der VA THERESA

Im Zuge der Genehmigung der Versuchsanlage THERESA im Zittauer Kraftwerkslabor war eine Weiterqualifikation des wissenschaftlichen Personals erforderlich, insbesondere um den sicheren Betrieb der Versuchsanlage THERESA und damit die Sicherheit im Zittauer Kraftwerkslabor zu gewährleisten. Im Rahmen des dreiwöchigen Lehrganges wurden Kenntnisse über den sicheren Betrieb, die Wartung und Instandhaltung von Dampfkesselanlagen und deren sicherheitstechnische Ausrüstungen theoretisch und praktisch vermittelt. Darüber hinaus erfolgte Unterricht mit Bezug zu den gesetzlichen und normativen Vorschriften, wie beispielsweise das Produktsicherheitsgesetz, die Druckgeräterichtlinie und die Technischen Regeln für Betriebssicherheit.

Herr Klette und Herr Braun haben die schriftliche und mündliche Prüfung sowie den praktischen Ausbildungsteil erfolgreich bestanden.

Damit stehen der gesamten Hochschule zwei befähigte Ansprechpartner rund um das Themengebiet Dampfkesselanlagen zur Verfügung.

Die Institutsleitung gratuliert beiden Kollegen zur bestanden Prüfung und wünscht für die weitere Arbeit viel Erfolg.

#### **4.6.13 Befähigte Person am IPM**

Im November 2016 schloss Herr Klette, Laborleiter im Zittauer Kraftwerkslabor und Forschungsmitarbeiter in der Forschungsgruppe bei Prof. Kratzsch im IPM seine Weiterbildung zur befähigten Person für Druckbehälter und Rohrleitungen nach BetrSichV erfolgreich ab.

Schwerpunkte der Weiterbildung waren die geltenden Rechtsgrundlagen wie das Produktsicherheitsgesetz (ProdSG), die Druckgeräterichtlinie (DGRL), die Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) und die Technischen Regeln für Betriebssicherheit (TRBS). Weiterhin wurden die notwendigen Prüftätigkeiten sowie die geltenden Prüf Fristen und die Prüfung besonderer Druckgeräte behandelt. Herr Klette ist nun in der Lage, Prüftätigkeiten von Druckgeräten im Sinne der Vorschriften der Betriebssicherheitsverordnung durchzuführen. Dies umfasst sowohl die Prüfung vor Inbetriebnahme von Druckgeräten, sowie wiederkehrende Prüfungen, wenn diese nicht in den Zuständigkeitsbereich einer notifizierten Stelle (benannten Stelle, z.B. TÜV Süd) fallen.

Diese Fähigkeiten werden dringend im von der Europäischen Union und dem Freistaat Sachsen geförderten Forschungsvorhaben „Hochtransientes thermisches Energiespeichersystem für eine anlagenschonende und energieeffiziente Flexibilisierung thermischer Energieanlagen“ kurz HOTHES im Zittauer Kraftwerkslabor an der Versuchsanlage THERESA benötigt.



**Abbildung 46: Torsten Klette während Wartungsarbeiten an einer Druckarmatur**

Damit steht der gesamten Hochschule ein befähigter Ansprechpartner rund um das Themengebiet Druckbehälter und Rohrleitungen zur Verfügung.

Die Institutsleitung gratuliert unserem Laborleiter im Zittauer Kraftwerkslabor zur bestandenen Prüfung und wünscht für die weitere Arbeit viel Erfolg.

#### **4.6.14 Staffelstab übergeben**

Auf seiner Sitzung am 21. Juli 2016 hat der Institutsrat des Instituts für Prozeßtechnik, Prozeßautomatisierung und Meßtechnik (IPM) der Hochschule Zittau/Görlitz Professor Alexander Kratzsch zum neuen Institutsdirektor gewählt. Er steht nun seit dem 1. November 2016 als Direktor dem größten Forschungsinstitut der Hochschule Zittau/Görlitz vor. Bereits in der Vergangenheit war Prof. Kratzsch als Projektmanager am Institut tätig und hat somit umfangreiche Kenntnisse und Erfahrungen wissenschaftlicher, betriebswirtschaftlicher aber auch auf dem Gebiet des Personalrechts erwerben können. Neben seiner Funktion als neuer Direktor ist Prof. Kratzsch Fachgebietsleiter für das Fachgebiet „Messtechnik/Prozessautomatisierung“ mit den wissenschaftlichen Schwerpunkten Flexibilisierung von Energieanlagen, Entwicklung nichtinvasiver Messverfahren und digitaler Sicherheitsleittechnik.



**Abbildung 47: Prof. Dr.-Ing. Alexander Kratzsch**

Professor Frank Worlitz, der die Geschicke des Institutes seit Januar 2007 leitete, stellte sich nach drei Amtsperioden nicht mehr zur Wahl, wird aber weiter im Institut auf seinem Fachgebiet „Mechatronische Systeme“, im Speziellen Magnetlager, tätig sein.

Der neue Direktor hat sich insbesondere die kontinuierliche wissenschaftliche und strukturelle Weiterentwicklung des IPM auf die Fahnen geschrieben. Dazu ist es erforderlich, die derzeit etwa 40 Mitarbeiterarbeitsplätze zu erhalten und fachlich weiterzuentwickeln. Verbunden damit sind die Sicherung des wissenschaftlichen Know-hows auf allen Forschungsgebieten sowie der sichere Betrieb der umfangreichen Versuchsanlagen auf einer Fläche von circa 1.400 m<sup>2</sup>. Mit dem erfolgreichen Aufbau des „Zittauer Kraftwerklabors“ auf dem Gelände der Zittauer Stadtwerke GmbH wurde unter Federführung des IPM eine wichtige Investition zum Ausbau der materiell-technischen Basis und zur Sicherung der Zukunftsfähigkeit in Lehre und Forschung im Kompetenzfeld Energie und Umwelt der Hochschule Zittau/Görlitz am Standort Zittau geschaffen. Ziel von Prof. Kratzsch ist es, gemeinsam mit den Professoren und Mitarbeitern des IPM das Zittauer Kraftwerkslabor gezielt hin zu einem digitalen Energielabor 4.0 der Hochschule Zittau/Görlitz weiterzuentwickeln. Ebenso steht die Intensivierung der Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IWU auf dem Campus in Zittau unter dem Titel „Leichtbau und Energietechnik“ auf der Agenda des neuen Direktors.

Die Finanzierung des IPM erfolgt überwiegend aus zusätzlichen Mitteln, sogenannten Drittmitteln, welche durch das IPM im Wettbewerb mit anderen Universitäten, Hochschulen und Forschungseinrichtungen eingeworben werden. Das ist eine ständige Herausforderung für die Mitarbeiter und für die sechs am Institut tätigen Professoren. Als Fachgebietsleiter führen sie die Fachgebiete im Institut im Hauptamt zusätzlich zu ihren Lehrverpflichtungen. Das IPM generiert seit vielen Jahren durch-

schnittlich 60% der gesamten Drittmittel der Hochschule Zittau/Görlitz. „Daher ist es ein konsequenter und richtiger Schritt,“ so Prof. Kratzsch, „dass wir künftig Mittel der Forschungsgrundausrüstung (Verbesserung der Drittmittelfähigkeit) der Hochschule für die Forschungsunterstützung im IPM erhalten werden.“

Prof. Kratzsch ist es ein besonderes Anliegen, die hervorragenden Forschungsergebnisse und die zahlreichen Versuchsanlagen des IPM, insbesondere im Zittauer Kraftwerkslabor, mehr als bisher in der Lehre zu verankern. „Ich bin davon überzeugt“, so Prof. Kratzsch, „dass wir dadurch gemeinsam mit der Fakultät Elektrotechnik und Informatik und der Fakultät Maschinenwesen ein attraktives und modernes Lehrangebot im Kompetenzfeld Energie und Umwelt für junge Menschen anbieten und konsequent weiterentwickeln können.“

#### 4.7 Wissenschaftliche Veranstaltungen – Gesamtübersicht

Datum	Thema/Bezeichnung	Veranstalter
26.02.2016	Workshop „Lokale Effekte im DWR-Kern infolge von Zinkborat-Ablagerungen nach KMV“ der Projekte 150 1491/150 1496, Teilnehmer: HSZG, IPM, TUD, HZDR	TU Dresden
10.-12.05.2016	47. Jahrestagung Kerntechnik, Hamburg	Kerntechnische Gesellschaft e. V. (KTG) Deutsches Atomforum (DAfF)
28.05.2016	„Ein Tag für Sie“ im Zittauer Kraftwerkslabor	Stadtwerke Zittau
26.-30. 06.2016	ASME POWER & ENERGY Conference 2016 und 24th International Conference on Nuclear Engineering (ICONE 24) in Charlotte, North Carolina, USA	American Society of Mechanical Engineers ASME
20.09.2016	SINABEL Projekttreffen "Berichtstatus der Teilprojekte" Teilnehmer: HSZG, IPM, TUD, HZDR	Hochschule Zittau/Görlitz
18.-19.10.2016	48. Kraftwerkstechnisches Kolloquium in Dresden	TU Dresden unter Schirmherrschaft von Martin Dulig (Sächsischer Staatsminister für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr)

01.-02.11.2016	Workshop „Transformatoren – Betrieb und Diagnose“ in Zittau	Hochschule Zittau/Görlitz
25.11.2016	Frühstücksgespräch in Berlin: Energietechnologien für den Weltmarkt – Sachsen als Champion der Energiewende	Energy Saxony e. V.
28.-29.11.2016	7. Workshop Leittechnik an der Hochschule Zittau/Görlitz	Hochschule Zittau/Görlitz PreussenElektra
08.12.2016	Doktorandenseminar des Kompetenzverbundes Ost für Kerntechnik in Dresden	Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf

#### 4.8 Verantwortliche Mitwirkung in Gremien

##### Prof. Dr.-Ing. F. Worlitz:

- Mitglied des Hochschulrates
- Studienkommission Mechatronik
- Mitglied des Prüfungsausschusses des Studienganges Elektrotechnik und des Studienganges Mechatronik
- Gutachter DIN/ISO-Ausschuss NALS/VDI Schwingungen von Maschinen
- Gutachter des tschechischen Ministeriums für Ausbildung und Wissenschaft
- Mitglied im Arbeitskreis Mechatronik der CDHAW an der Tongji-Universität Schanghai
- Gastdozent Chinesisch-Deutsche Hochschule für Angewandte Wissenschaften (CDHAW) der Tongji Universität (Schanghai) und TU Liberec (Tschechische Republik)
- Fachkoordinator Mechatronik des Deutschen Hochschulkonsortiums (DHIK) für die CDHAW
- Gutachter IEEE und National Research Foundation (NRF) South Africa

**Prof. Dr.-Ing. W. Kästner:**

- GMA-Fachausschuss 5.14 "Computational Intelligence"
- Berkeley Initiative in Soft Computing (BISC)
- Gastdozent an der Chinesisch-Deutsche Hochschule für Angewandte Wissenschaften (CDHAW) der Tongji Universität Schanghai
- Gutachter Auswahlausschuss Jahrestagung Kerntechnik

**Prof. Dr.-Ing. habil. R. Hampel i. R.:**

- Projektkomitee "Transienten und Unfallabläufe" bei Projektträger BMWi bis 2010
- Projektgutachter für Czech Science Foundation (bis 2012)
- Reaktorsicherheitskommission, Ausschuss Elektrische Einrichtungen 1991-2010
- Gutachter im aFuE-Programm des BMBF (Automatisierungstechnik)
- GMA-Fachausschuss 7.11 „Leittechnik in Kernkraftwerken“
- Gutachter für BMWi, BMBF - Forschungsprojekte

**Prof. Dr.-Ing. A. Kratzsch:**

- Vorsitzender Studienkommission Automatisierung und Mechatronik
- Obmann VDI Bezirksgruppe Oberlausitz
- Gutachter AiF
- Gutachter Auswahlausschuss Jahrestagung Kerntechnik
- Gutachter International Conference on Nuclear Engineering ICONE
- GMA-Fachausschuss 7.11 „Leittechnik in Kernkraftwerken“

**Dipl.-Ing. (FH) Fiß:**

- GMA-Fachausschuss 7.11 "Leittechnik in Kernkraftwerken"
- GMA-Fachausschuss 5.14 "Computational Intelligence"
- ITG Informationstechnische Gesellschaft im VDE

**Dr.-Ing. C. Schneider:**

- Gutachter International Conference on Nuclear Engineering ICONE

**Prof. Dr.-Ing. habil. Tobias Zschunke:**

- Prorektor Forschung der HS Zittau/Görlitz in der Wahlperiode 2010 bis 2015 und in dieser Funktion Mitglied in mehreren Gremien
- Gutachter in den BMBF-Programmen IngenieurNachwuchs und FHInvest.
- Mitglied im VDI-AK zur VDI 3461 "Emissionsminderung Holzvergasungsanlagen"
- Berater der Arbeitsgruppe Vergasung von Biomasse der Fördergesellschaft Erneuerbare Energien e.V. (FEE) und mitwirkend an deren jährlicher Einschätzung zum Stand der thermochemischen Vergasung von Biomasse in Verbindung mit Kraft-Wärme-Kopplung, im Zuge der Fachtagungen „Kleine und mittlere Holzvergasung“ während der RENEXPO® in Augsburg
- Mitglied des wissenschaftlichen Beirats der „Internationalen Anwenderkonferenz für Biomassevergasung“, im Zuge der CEP – CLEAN ENERGY & PASSIVE HOUSE® in Stuttgart
- Gutachter in der Förderlinie „IngenieurNachwuchs“

**Dipl.-Ing (FH) Roman Schneider:**

- Mitglied im VDI-AK zur VDI 3461 "Emissionsminderung Holzvergasungsanlagen"

**4.9 Kooperative Promotionsverfahren**

Promo- vend	Betreuender Hochschullehrer	Kooperierende Hochschule	Thema	Laufzeit
Düster- haupt, Stephan	Prof. Worlitz	TU Chemnitz	Komplexe und integrierte Methoden zur Entwicklung und Verlässlichkeitsbewertung berührungsfreier Magnetlager	08-11
Vanek, Christian	Prof. Worlitz	TU Chemnitz	Entwicklung von Methoden zur Bewertung und Optimierung von Fanglagern für magnetgelagerte Maschinen	08-11

Kratzsch, Doreen	Prof. Kästner	TU Ilmenau	Verfahren zur Zustandsbewertung von Leistungstransformatoren und Generierung von Fail-Safe-Kriterien	12/09 - 05/13
Schneider, Clemens	Prof. Hampel	TU Dresden	Experimentelle Untersuchung von Siedevorgängen mit optischen Verfahren und Parameterbestimmung für CFD-Rechnungen an kleinskaligen Versuchsständen	Verteidigung 28.07.15
Fiß, Daniel	Prof. Hampel	TU BA Freiberg	Simulation mit Unschärfe für komplexe energetische Systeme (ESF)	06/09 - 07/12
Kittan, Stefan	Prof. Kästner	TU Ilmenau	Modellierung/Simulation der Dynamik von Anlagerungs- und Penetrationsprozessen in partikelbelasteten Kühlmittelströmungen	Verteidigung 17.09.15
Schmidt, Sebastian	Prof. Kratzsch	TU Dresden	Einsatz von Soft Computing-Methoden für die Kernzustandsdiagnose	07/12 - 06/15
Li, Li	Prof. Worlitz	TU Ilmenau	Methoden des Soft Computing zur Regelung und Diagnose von Magnetlagern	12-15
Fiebig, Jan	Prof. Worlitz	North West University Potchefstroom South Africa	Design Algorithm of Magnetic Bearings used for industrial steam turbines	13-16
Chahi, Hassan	Prof. Kästner	noch offen	Dichtegetriebene vertikale Austauschbewegungen von Gasen in Stabbündelgeometrien (Sicherheit der Nasslager für abgebrannte Brennelemente)	

## 5 Bisherige Auftraggeber und Kooperationspartner

Alion Science and Technology Corp.

ALSTOM Power Systems GmbH, Stuttgart

ALSTOM Carbon Capture GmbH, Mainz-Kastel

Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen "Otto von Guericke" e.V.  
(AiF)

AREVA NP

Babcock Borsig Steinmüller GmbH, Oberhausen

Babcock Noel GmbH, Würzburg

Bilfinger Mauell GmbH, Velbert

Brandenburgische Technische Universität Cottbus, Lehrstuhl Kraftwerkstechnik

Bundesministerium für Bildung und Forschung

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi)

Clyde Bergemann GmbH, Wesel

CombTec GmbH, Zittau

Continental

Deutsche Forschungsgemeinschaft

EAAT GmbH, Chemnitz

E.ON Oskarshamn

Fest AG, Berlin

Forschungszentrum Jülich GmbH (PTJ)

Forschungszentrum Jülich GmbH, Institut für Energie- und Klimaforschung (IEK)

GEO montan Gesellschaft für angewandte Geologie mbH, Freiberg

Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS)

Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf

Hitachi Power Europe GmbH, Duisburg

Innotas Elektronik GmbH, Zittau

Jeumont S.A., Frankreich

KEW Kunststoffherzeugnisse GmbH, Wilthen

KKW Brunsbüttel

KKW Gundremmingen

KKW Krümmel  
KKW Philippsburg  
KKW Unterweser  
Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden e.V.  
LumaSense Technologies GmbH, Frankfurt/Main  
Mitteldeutsche Braunkohlengesellschaft mbH  
North-West University, Potchefstroom, Südafrika  
Nuclear Research and Consultancy Group - NRG, Niederlande  
NUKEM Technologies GmbH  
Otto Bock GmbH  
RWE Power Essen/Köln  
RWE Power, Kraftwerke Niederaußem, Neurath, Weisweiler  
SAB Sächsische Aufbaubank Dresden  
Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft und Arbeit  
Sächsisches Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst  
Schaeffler Technologies GmbH & Co. KG  
Siemens Fossil Power Generation, Erlangen  
Siemens Görlitz  
Solar World Freiberg  
Steinmüller-Instandsetzung Kraftwerke GmbH, Peitz  
Thyssen Krupp Rothe Erde, Lippstadt  
TLON Michelbach  
Toshiba Corporation, Japan  
TU Bergakademie Freiberg  
TU Dresden  
TU Hamburg-Harburg, Institut für Energietechnik; Institut für Thermische Verfahrenstechnik/Wärme- und Stofftransport  
Universität Gh Kassel, IEE  
Vattenfall Europe Generation AG, Hauptverwaltung Cottbus  
Vattenfall Europe Generation AG, Kraftwerke Jänschwalde, Schwarze Pumpe, Boxberg, Lippendorf  
Vattenfall Europe Mining AG

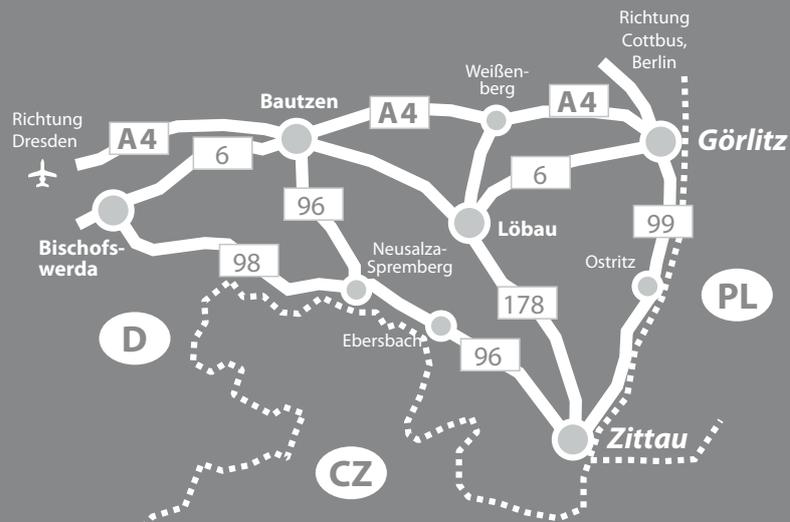
Vattenfall Europe Nuclear Energy GmbH, Hamburg

Vattenfall Europe PowerConsult GmbH, Vetschau

VGB PowerTech e.V., Essen

Winkel GmbH, Illingen





Hochschule Zittau/Görlitz

Institut für Prozeßtechnik, Prozeßautomatisierung und Meßtechnik (IPM)

Postfach 1455, D-02754 Zittau

+49(0)3583 612-4383 // [ipm@hszg.de](mailto:ipm@hszg.de) // [www.hszg.de/ipm](http://www.hszg.de/ipm)