

# Themen Master Applied Research

## Fakultät Elektrotechnik und Medientechnik

Prof. Günther Benstetter

am IQMA/ THD Campus Deggendorf

Im Rahmen eines größeren F&E-Projekts im Bereich der Entwicklung zukünftiger elektronischer Systeme vergibt das IQMA in Zusammenarbeit mit Industrie- und Hochschulpartnern und unter Beteiligung von 4 Doktoranden mehrere MAPR Projekte. Der thematische Schwerpunkt liegt in der thermischen und elektrischen Analyse von neuartigen isolierenden Dünnschichtmaterialien wie beispielsweise hexagonalem Bornitrid hBN mit Schichtdicken bis zu wenigen Atomlagen. Dem IQMA stehen neben eigenen Analysemethoden (REM, AFM, SThM, 3-Omega-Methode, C-AFM, Probe-Station, FEM-Simulationen) auch Labore der Projektpartner zur Verfügung. Bewerber verfügen idealerweise über einen Bachelor-Abschluss in Elektrotechnik, Physik, Mechatronik, Maschinenbau, Mikroelektronik oder in vgl. Studiengängen.

- All topics listed below can be edited in German or English language. Descriptions in English language are available on request.
- If you are interested in one of the topics, **please send us a short CV, your transcript of records and your preferred topic.**
- Appointments for presentation of specific topics after consultation via e-mail: Every week on Wednesday 1:15 pm. Meeting Point: office E114.
- Own topics in the field of thermal, electrical or thin film characterization are also welcome
  
- **Konzeption, Konstruktion und Aufbau eines Moduls zur Erwärmung und Ansteuerung einer mikroelektronischen Struktur**
  - Ziel: Mechanische Konstruktion eines Moduls, das ins Rasterkraftmikroskop (AFM) montiert werden kann. Mit diesem Modul soll eine mikroelektronische Struktur im Rasterkraftmikroskop thermisch und elektrisch vermessen werden können, während diese erwärmt und/oder aktiv angesteuert wird.
  - Anforderungen an das Modul:
    - Konstruktion gewünscht in SolidWorks (Studenten-Lizenz verfügbar)
    - Modul muss im Rasterkraftmikroskop montiert werden können und maximalen Bauraum einhalten
    - Umsetzung durch Nachkonstruktion und Anpassung des bereits vorhandenen Probenhalters
    - Erwärmung der Probe mittels Peltier-Element o. Ä.; Peltier-Element ist fest im Modul integriert
    - Möglichkeit zur gleichzeitigen Erwärmung und aktiven Ansteuerung der Probe
    - Umsetzung einer sinnvollen Proben-Halterung auf dem Modul für verschiedene Proben-Abmessungen
    - Kontaktierung der Probe mittels Bonding-Prozess (an THD verfügbar)
    - Fertiges Modul im Praxiseinsatz: Die Probe soll zunächst per Hand auf dem Modul befestigt werden. Danach wird die Probe mittels Bonding-Prozess kontaktiert. Das Modul wird dann (mit der gebondeten Probe) ins AFM montiert. Danach kann die Probe aktiv vermessen werden.

- Verfassen einer Bedienungsanleitung für das Modul (Proben-Befestigung, Kontaktierung, Betrieb des Peltier-Elements, Ansteuerung des Samples, Befestigung im AFM)
  - Optionale weiterführende Arbeiten:
    - Entwicklung eines zentralen Steuerprogramms für die Ansteuerung der Probe und der SThM-Regelung
    - Thermische und elektrische Vermessung einzelner Samples im AFM (mittels SThM oder C-AFM) --> 2D-Temperaturbild, 2D-Spannungsbild
    - Erstellung eines Messskripts für Demonstrator (auch: Ansteuerung im SThM)
  - Persönliche Voraussetzungen:
    - Studiengang Mechatronik (ggf. Maschinenbau, Elektrotechnik oder Technische Physik)
    - Eigenverantwortliches, selbstständiges Arbeiten
    - Erfahrungen in mechanischer Konstruktion, CAD (z.B. SolidWorks); ggf. Programmierung
- **Untersuchung und Eliminierung des topographischen Einflusses bei der der Scanning Thermal Microscopy (SThM) mittels mathematischer Methoden**
  - SThM ist eine Methode zur qualitativen Bestimmung der lokalen thermischen Leitfähigkeit mittels Rasterkraftmikroskopie. Dabei wird eine Messsonde mit einem Spitzenradius von wenigen 10nm über eine Oberfläche gerastert und mit spezieller Auswerteelektronik die lokale thermische Leitfähigkeit bestimmt. Die Geometrie der Spitze und Probe verfälschen dabei die erhaltenen thermischen Bilder. Ziel dieses Projektes ist es, diese Fehler mittels mathematischer Methoden (z.B. Faltung) zu eliminieren und somit die Ortsauflösung der Messmethode SThM zu erhöhen.
  - Methoden: SThM-Messplatz im Rasterkraftmikroskop (AFM), Programmiersprachen, AFM-Auswertesoftware
- **Entwicklung der quantitativen Scanning Thermal Microscopy (SThM) mittels der mikroskopischen 3-Omega Methode**
  - SThM ist eine Methode zur qualitativen Bestimmung der lokalen Wärmeleitfähigkeit mittels Rasterkraftmikroskopie (AFM). Eine Messsonde mit einem Spitzenradius von einigen 10 nm wird über eine Oberfläche gerastert und die lokale Wärmeleitfähigkeit mit einer speziellen Auswerteelektronik bestimmt.
  - Die derzeit am IQMA verwendeten SThM Verfahren können aktuell nur qualitative Ergebnisse liefern, die aufwändig kalibriert werden müssen. Ziel dieser Arbeit ist es, das vorhandene Messequipment durch Ergänzung nötiger Komponenten (z.B. Lock-In-Verstärker) so zu modifizieren, dass die qualitativen thermischen Leitfähigkeiten in quantitative Werte umgewandelt werden.
  - Methoden: SThM-Messplatz im Rasterkraftmikroskop (AFM), AFM-Auswertesoftware, ggf. Programmiersprachen
  - Kombination von SThM und makroskopischer 3-Omega-Methode
  - Ggf. Verwendung anderer SThM-Spitzen
- **Optimierung von Verfahren der Rastersondenmikroskopie (AFM) zur Analyse der topographischen, thermischen und elektrischen Eigenschaften dünner Schichten**
  - Im Rastersondenmikroskop (Atomic Force Microscope - AFM) wird eine Messspitze (Radius wenige 10nm) rasterförmig über die Proben-Oberfläche bewegt. Über einen optoelektronischen Regelkreis und mit Auswertung durch entsprechende Routinen entsteht daraus ein 3D Modell der Oberflächentopographie
  - Ziel dieses Projektes ist es, qualitative Aussagen über die Gewichtung der unterschiedlichen Einflussfaktoren von AFM-Messungen zu treffen, z.B.:

- Der Einfluss des Modes (Kontakt-, Intermittent-, Non-Contact Mode) auf die Qualität der Oberflächenauflösung. Ggf. werden hierzu Vergleichsmessungen an Laser Scanning Microscope (LSM) und Rasterelektronenmikroskop (SEM) angestrebt.
    - Der Einfluss unterschiedlicher Spitzen (Spitzenradius und Federkonstante)
    - Die Degradation unterschiedlicher Spitzentypen bei aufeinanderfolgenden Scans
    - Der Einfluss der Scan-Frequenz
    - Austesten fortgeschrittener Modi wie z.B. Scalpel AFM zum systematischen Abtrag von Material, sowie TUNA zur Bestimmung der lokalen elektrischen Leitfähigkeit
  - Methoden: Verschiedene Rastersondenmikroskopie-Modi, ggf. Laser Scanning Microscopy (LSM) und Rasterelektronenmikroskopie (SEM), Software Nanoscope Analysis und Origin, evtl. Programmiersprachen Labview und Matlab
- **Thermische Leitfähigkeitsmessungen von dünnen Schichten mit Hilfe der 3-Omega Methode.**
    - Das Hauptaugenmerk liegt bei der Untersuchung des Einflusses von unterschiedlich dicken 3-Omega Strukturen auf das Messergebnis. Optional kann der bestehende Messaufbau zusätzlich automatisiert werden.
    - Einarbeiten in die Thematik der thermischen Leitfähigkeit und der 3-Omega Methode
    - Optional: Automatisierung des vorhandenen Messaufbaus
    - Durchführen einiger Testmessungen, um mit dem Messaufbau vertraut zu werden
    - Detaillierte Untersuchung verschiedener Messstrukturen mit Schwerpunkt auf der Dicke und Zusammensetzung der Messstruktur
    - Übertragen von gewonnenen Erkenntnissen auf unterschiedliche Materialien
  - **Aufbau Messtechnik / Elektrische Charakterisierung von dielektrischen Materialien für zukünftige elektronische Bauelemente**
    - Arbeiten an Parameter Analyzer der neuesten Generation B1500A / Keysight
    - Messprogramm-Entwurf mit EasyExpert oder LabView  
<https://www.keysight.com/en/pc-1676166/easyexpert-group-device-characterization-software?nid=-32800.0.00&lc=ger&cc=DE>
    - Optimierung Messaufbau (Suess-Waferprober/Mikromanipulatoren)
    - Einarbeitung in Themen der Zuverlässigkeit
    - Weiterentwicklung bestehender Messmethoden
    - Entwicklung und Durchführung von Tests mit Hilfe eines Parameter Analyzers an einer Probestation
    - Recherche / Anpassung / Weiterentwicklung von Degradationsmodellen
    - Lebensdauerprojektion basierend auf Messergebnissen/Modellparametern
    - Durchführung von Vergleichsmessungen und ergänzenden Charakterisierungen
  - **Thermische Simulationen mit PSpice**
    - Verwendung elektrischer und thermischer Analogien (Spannung-Temperatur; elektrischer Widerstand-Wärmewiderstand, etc. )
    - Theoretische Untersuchung sinnvoller und realisierbarer Simulationsmodelle in unserem Forschungsgebiet
    - Praktische Umsetzung ausgewählter Simulationsfälle
    - Vergleich der Ergebnisse mit theoretischen Berechnungen oder praktischen Messungen
    - Möglicher Simulationsfall: Wärmeübertragung bei der Scanning Thermal Microscopy oder 3-Omega Methode

- **Thermische Messungen mittels Infrarotkamera**

- Durch eine Infrarotkamera kann man die genauen Temperaturen verschiedener Objekte bestimmen. In dieser Arbeit sollen dünne Schichten mittels einer Infrarotkamera thermisch vermessen werden.
- Mögliche weitere Forschungsziele:
  - Untersuchung der Genauigkeit und Limitierung der Infrarotkamera (vor allem in Bezug auf Metalle)
  - Thermische Darstellung dünner Heizerstrukturen
  - Korrektur des Emissionskoeffizienten (vor allem für Metalle)
  - Implementierung eines optischen Filters zur Verbesserung der thermischen Genauigkeit
  - Design eines Messaufbaus zur Bestimmung der thermischen Leitfähigkeiten dünner Schichten

- **Untersuchung und Optimierung der Abtrags-Dynamik bei Scalpel AFM Operationen**

- Standard AFM Modi erlauben verfahrensbedingt im Regelfall lediglich die Analyse von Oberflächen- oder oberflächennahen Materialparametern
- Aufgrund des fortschreitenden Miniaturisierungstrends werden elektronische Bauelemente jedoch zunehmend in platzsparender 3-dimensionaler Bauweise realisiert
- Unter Verwendung geeigneter AFM-Spitzen mit entsprechend angepasstem Anpressdruck ist es möglich individuell dicke Materialschichten abzutragen, sodass, ähnlich wie bei Computertomographien, Charakterisierungen der einzelnen Eben erfolgen können
- Ziel des Projektes ist es, unterschiedliche Spitzen hinsichtlich ihrer Eignung zum Materialabtrag zu evaluieren, den Einfluss von Scanparametern herauszuarbeiten und diese für den gezielten Abtrag unterschiedlicher Dicken bei unterschiedlichen Materialien zu optimieren. Von besonderem Interesse ist hierbei, inwiefern der eingebrachte Druck Einfluss auf diverse Materialparameter, wie z.B. die elektrische Leitfähigkeit, ausübt.

## **Prof. Robert Bösnecker**

- **Energy Harvesting für IoT-Anwendungen**

Welche Energiequellen können für die Versorgung von IoT-Applikationen kombiniert werden, um eine möglichst zuverlässige Versorgung der Komponenten zu gewährleisten? Erforschung und Entwicklung von Hardware, welche die Kombination verschiedener Energiequellen ermöglicht und möglichst effizient arbeitet. Konzeption von Systemen für verschiedene Anwendungsfälle, Aufbau von Demonstratoren, Test und Evaluierung der Demonstratoren.

- **Visual Components**

3D-Simulationssoftware für die Fertigung: Die Software Visual Components wird für Anwendungen wie Layoutplanung, Fertigungssimulation, Offline-Programmierung und SPS-Verifikation eingesetzt. Mithilfe der Software sollen insbesondere virtuelle Fertigungslinien aufgebaut und mit physikalischen Eigenschaften verknüpft werden. Dazu gehört die Implementierung neuer Funktionen zur Realisierung von digitalen Zwillingen durch die Programmierung und Anwendung von Python-Skripten.

- **Analyse von Objekten mithilfe von Körperschall**

Körperschall eignet sich gut zur Analyse von Objekten und Produktionsverfahren. Hierzu sind entsprechende Kenntnisse in der digitalen Signalverarbeitung notwendig. Es soll erforscht

werden, wie man durch maschinelles Lernen und künstliche Intelligenz den Alterungsprozess von Kunststoff Mechaniken erfassen und bewerten kann. Außerdem ist zu untersuchen, ob sich Körperschall auch für Energy Harvesting eignet bzw. wie entsprechende Körperschall Sensorik mit Energy Harvesting versorgt werden kann. Konzeption von Systemen für verschiedene Anwendungsfälle, Aufbau von Demonstratoren, Test und Evaluierung der Demonstratoren.

- **Kombination aus Stromversorgung und Embedded Anwendungen**

Es soll erforscht werden, wie digital geregelte Stromversorgungstechnik und Embedded Anwendungen gemeinsam innerhalb eines einzigen Microcontrollers realisiert werden können. Beispiele hierfür sind unter anderem Anwendungen, welche mithilfe von PoDL (Power over Data Line) versorgt werden. Konzeption von Systemen für verschiedene Anwendungsfälle, Aufbau von Demonstratoren, Test und Evaluierung der Demonstratoren.

## **Prof. Dr.-Ing. Günter Keller**

- **Aktive EMV-Filter**

Die Aussendung elektromagnetische Störungen von elektronischen Geräten werden mit Hilfe von elektrischen Filtern reduziert. Diese Filter werden üblicherweise mit passiven Bauelementen aufgebaut. Mit Hilfe von Verstärkerschaltungen lassen sich Störungen bis in den MHz-Bereich aktiv reduzieren. Dadurch müssen die passiven Filterkomponenten erst oberhalb dieses Bereichs die Störungen dämpfen. Somit ergibt sich in der Gesamtheit ein kleineres, leichteres und günstigeres EMV-Filter. Die Arbeit umfasst folgende Arbeiten.

- Aufbau eines Referenzstörers, z. B. Gleichstromsteller oder Taktgenerator, im Bereich 100 W innerhalb der Schutzkleinspannung
- Entwicklung eines kapazitiven bzw. induktiven Sensors zur Erfassung von Gleichtakt- bzw. Gegentaktstörungen
- Entwicklung einer Verstärkerschaltung auf der Basis von Transistoren oder Operationsverstärker als Vorsteuerung oder Regelung
- Entwicklung einer kapazitiven bzw. induktiven Einkopplungsschaltung
- Vergleich mit einem passiven Filter
- Simulation der Schaltungen mit LTspice

- **Nichtlineare digitale Regelalgorithmen für einen Tiefsetzsteller**

Digitale Regelungen sind im Vergleich zu analogen Regelungen einfacher an die Laständerungen adaptierbar. Hierzu werden Mikrocontroller eingesetzt, die sowohl die Messwerterfassung als auch die Pulsweitenmodulation übernehmen. Die Arbeit umfasst folgende Arbeiten.

- Entwicklung eines linearen digitalen Reglers für einen Tiefsetzsteller, strukturumschaltbar zwischen Synchrongleichrichtung und Diodenemulation
- Entwicklung eines nichtlinearen Dead-Beat-Reglers für den Lückbetrieb
- Entwicklung eines strukturumschaltenden nichtlinearen Trajectory-Reglers für den stromkontinuierlichen Betrieb
- Entwicklung einer aktiven Dämpfung bei Verwendung eines Einfangfilters
- Simulation der Regelungen mit PLECS oder Python (Spyder)

## Prof. Dr.-Ing. Otto Kreuzer

### • **Aufbau eines kalorimetrischen Induktivitäts- und Transformormessplatzes:**

Um in der Leistungselektronik Induktivitäten und Transformatoren richtig vermessen und optimieren zu können, muss die entstehende Verlustleistung im realen Betrieb exakt bestimmt werden können. Vorabmessungen per Kleinsignalanalyse, z.B. mit einem Frequenzanalysator, bilden eine wichtige Basis, aber stimmen mit den im realen Betrieb auftretenden Verlusten aus unterschiedlichsten Gründen nicht immer zuverlässig überein. Daher soll im Rahmen der Arbeit ein Prüfstand aufgebaut werden, mit dem die Verluste im realen, taktenden Betrieb kalorimetrisch zuverlässig bestimmt werden sollen. Kenngrößen des finalen Aufbaus sollen sein:

- Kalorimetrische Erfassung der auftretenden Verluste bei unterschiedlichen Baugrößen (entweder mit einem Gas oder einer Flüssigkeit als Wärmeträger)
- Aufbau einer oder, je nach Vorabberechnungen, mehrerer Kammern, in der der Prüfling unter kontrollierten Bedingungen sicher betrieben werden kann.
- Kontrollierte Abführung der entstehenden Verlustleistung, um einen Betrieb bei konstanten Temperaturen sicher zu stellen
- Messung und Protokollierung der entstehenden Verluste
- Implementierung einer Takterzeugung, einer Quelle und Last, um den Prüfstand in Betrieb zu nehmen

Nach dem erfolgreichen Aufbau sollen bestehende Induktivitäten und Transformatoren aus früheren Projekten testweise vermessen werden, um die Funktion zu bestätigen.

### • **Detaillierte Untersuchung einer zuverlässigen, komplett erneuerbaren Bahnstromversorgung auf einer neu zu elektrifizierenden Strecke:**

Die Bahnstrecke Regensburg - Hof soll seit Jahrzehnten elektrifiziert werden, und wurde im Bundesverkehrswegeplan 2030 in den „vordringlichen Bedarf“ eingestuft. Zur Versorgung der Strecke ist eine konventionelle Überlandleitung geplant, um das hauptsächlich mit Kohlestrom versorgte Bahnstromnetz auf Nordostbayern zu erweitern. Diese Planung stößt auf starken Widerstand in der Bevölkerung und wirft die Frage auf, ob es nicht andere, auf dezentral verfügbaren, erneuerbaren Energien basierende Lösungen gibt, die zu ähnlichen Kosten und mit ähnlicher Versorgungssicherheit eine Versorgung sicherstellen können.

- Analyse der bestehenden Bahnstromversorgung und der bestehenden Planungen um die Oberleitung der Bahnstrecke Regensburg – Hof aus dem Hochspannungs-Bahnstromnetz zu versorgen.
- Analyse des Strombedarfs (zeitlicher Verlauf, Absolutwerte und Durchschnittsleistung) zum Zeitpunkt der Eröffnung und einer langfristigen Vollausslastung.
- Ermittlung der in Fragen kommenden, lokal zur Verfügung stehenden erneuerbaren Energieträger, sowie des zeitlichen Verlaufs.
- Ermittlung möglicher Energiespeicher und Gegenüberstellung der Speicherzeiten und Kosten.
- Untersuchung der idealen Kombination von erneuerbaren Energieträgern und Speichersystemen, um die Gesamtkosten möglichst niedrig zu halten und den vorher ermittelten Energiebedarf abdecken zu können.
- Kostenvergleich der erneuerbaren Bahnstromversorgung mit konventionellen System

## **Prof. Michael Sternad**

- **Charakterisierung und Qualifikation von high-power Lithium-Ionen-Batterien**
  - Zyklisierung der Zellen bei unterschiedlichen Temperaturen (Ermittlung der Discharge Capacities, Coulombic Efficiencies, sowie der AC- und DC-Impedanzen)
  - Öffnung und Fotodokumentation der Zellen unter Schutzgas (post-mortem analysis unter Argon)
  - Makro- und mikroskopische Charakterisierung
  - Analyse und Einschätzung der Leistungsfähigkeit sowie des Sicherheitszustandes
  - Feststellen von Schadensbildern
- **Untersuchung von neuartigen Aktivmaterialien von Lithium-Ionen-Batterien**
  - Anfertigung von Elektroden aus den Aktivmaterialpulvern (Rakeln von Slurrymischungen auf Metallfolien, Stanzen und Trocknen der Elektroden)
  - Bau von Labortestzellen (z.B. Swagelokzellen, Knopfzellen)
  - Prüfung der Zellen am Batterietester (Zyklisierung, Ermittlung der Discharge Capacities, Coulombic Efficiencies, sowie der AC- und DC-Impedanzen)
  - Post mortem-Analysis unter Schutzgas (Argon)
  - Makro- und mikroskopische Charakterisierung
- **Weitere, aktuelle Themen nahe am laufenden Forschungsbetrieb**

## **Prof. Götz Winterfeldt**

- **Semi Autonome – Roboter**

Humanoide Roboter werden zunehmend als Teil von Interaktiven Showelementen eingesetzt. Die Spracherkennung, die visuellen Systeme und die weitere Sensorik reagieren in solchen Szenarien teilweise nicht (Hintergrundrauschen, grosse Räume etc.). Im Rahmen des Projektes sollen Module entwickelt werden, die es erlauben die Autonome „Behaviors“ zu unterbrechen und durch eine gesteuerte Interaktion zu ersetzen.

- Übernahme der Sprachausgabe und deren Manipulation (Texte eines Remotesprechers werden ausgegeben)
- Steuerung der Basisbewegungen (Platzwechsel, Verbeugung) über ein Interaktionsmenü oder einen Joystick (Bewegungen können über den Roboter übergeben werden)
- Unterbrechen von laufenden Behaviors und Ausführen vom auf dem Roboter installieren Behaviors
- Interaktionsübertragung von Bewegungen auf den Roboter (Kienkt capture)

- **Video basiertes Eye Tracking**

Im Rahmen der Arbeit soll ein einfaches Spiel entwickelt werden, dass die Augenbewegung als Interaktionsmedium nutzt. Es wird dann überprüft, welche Interaktionsmechanismen für den Nutzer intuitiv sind. Die UX Evaluation wird in unserem Labor durchgeführt.

- Integration der Brille in eine einfache Programmierumgebung (Processing)
- Entwicklung eines Showcases
- Usability Tests mit Evaluierung

## Prof. Dr. Stefan Zorn

### • Entwicklung eines Konzeptes für kompakte HF-Filter-Submounts in PCB-Multilayertechnik.

- Projektarbeit 1
  - a. Einarbeitung in die Leiterplattentechnologie
  - b. Literaturrecherche gefaltete HF-Filterstrukturen
  - c. Erarbeitung Multilayeraufbau (Material, Substratdicken, Via-Gruppen, etc.) für gefaltete HF-Filter-Submounts  
#mSAP #neue HF-Materialien #HF HDI-Multilayer
  - d. Simulation von Via-Übergängen für mehrlagige Submounts mittels CST MWS
  - e. Simulation von Basisboard-Submount Übergängen für gängige PCB-Substrate mittels CST MWS
- Projektarbeit 2
  - a. Simulation von platzsparenden, gefalteten HF-Filtern mehrerer Filtertopologien (Tiefpass, Hochpass, Bandpass)
  - b. Integration von mehrstufigen Filtern in den definierten Multilayeraufbau.
  - c. Fertigungsbegleitung bei der Testboardfertigung
  - d. Messtechnische Verifikation einer 1. Testschaltung mit ggf. anschließender Optimierung.
- Masterarbeit
  - a. Optimierung der Übergänge und Filterstrukturen aus Projekt 1 + 2
  - b. Evtl. Vergleich zu käuflichen HF-Filtern anderer Technologien  
#Minicircuits #CIG
  - c. Erarbeitung eines (teil-)automatisierten Testkonzeptes für gefertigte Filtersubmounts  
#HF-Tester #Verfahrportal #robuste Probe
  - d. Aussprache einer Handlungsempfehlung für weitere produktspezifische HF-Multilayer-Submounts
    - i. Vor-/Nachteile gegenüber anderer käuflicher HF-Filter
    - ii. Grenzen durch die PCB-Technologie



# Fakultät ECRI - European Campus Rottal-Inn

Prof. Dr. Raimund Brotsack

## • Biologische Wassergas-Shift-Reaktion

In Zusammenarbeit mit der THD arbeitet das Technologiezentrum Energie (TZE) der Hochschule für angewandte Wissenschaften Landshut im Bereich des Labor und Technikums für mikrobiologische Methanisierung an Möglichkeiten der Nutzbarmachung mikrobieller Stoffwechselprozesse zur Energiegewinnung und -speicherung. Neben der biologischen Methanisierung von Kohlenstoffdioxid und Wasserstoff stehen zudem weitere enzymatisch katalysierte Reaktionen im Fokus die Potential für die energetische Nutzung versprechen. Die effizientere Nutzung von biogenen Rohstoffen z.B. in Form von Pyrolysegasen aus der Vergasung von organischen Materialien ist ein Gebiet bei dem mikrobielle Aktivitäten effektiv eingesetzt werden können. In diesem konkreten Fall können beispielsweise spezielle Organismen zum Einsatz kommen, welche Ihre Energieversorgung durch die Umwandlung von Kohlenstoffmonoxid und Wasser zu Kohlenstoffdioxid und Wasserstoff sicherstellen. In diesem Forschungsgebiet steht die Etablierung des Prozesses im Labormaßstab im Vordergrund welche durch die Erhebung von Prozessparametern ergänzt wird, um Modelle zu entwickeln und das Verfahren und die zugehörige Steuerung zu optimieren. Ziel ist die technische Anwendung in Bioreaktoren zur Steigerung des Wasserstoffanteils in Pyrolysegasen für verbesserte nachgelagerte Prozesse, wie z.B. auch die mikrobielle Methanisierung.

Forschungsthemen werden auf vielfältige Weise bearbeitet. Beispielsweise im Labor bei der Entwicklung geeigneter Kulturmedien sowie der softwaretechnischen Entwicklung geeigneter Systemsteuerung (z.B. Pumpensteuerung für die Zudosierung und den Produktgasaustrag). Schlussendlich ist auch die Energieeffizienzbewertung und das Upscaling von wesentlicher Bedeutung für das Forschungsvorhaben

### **Anbindung an Forschungsschwerpunkte / Labor:**

HAE Landshut: Forschungsschwerpunkt Energie, Technologiezentrum Energie, Labor und Technikum für mikrobiologische Methanisierung

THD: Forschungsschwerpunkt Nachhaltiges Wirtschaften, Innovative Werkstoffe & Energie – speziell: Energiesysteme und Technologien

### **Einbindung in größeres Projekt:**

Die HAW Landshut ist Leadpartner im Interreg B Projekt DanuP-2-Gas welches zum Ziel hat Strategien zu entwickeln, welche die effizientere Einbindung von Bioenergie ins Energiesystem ermöglichen, und deren Umsetzung voranzutreiben.

### **Vorteilhafte Fachrichtung des qualifizierenden Hochschulabschlusses:**

Verfahrenstechnik, Umwelttechnik, Chemieingenieurwesen, Energietechnik, z.B. auch Maschinenbau mit Schwerpunkt Energietechnik/Anlagentechnik, Industrial Engineering oder ähnliche Studiengänge.

### **Empfohlene Qualifikationen/Vertiefungen:**

Interesse an innovativen Beiträgen zur Energiewende

### **Grober Arbeitsplan**

Thema 1: Labor – Biologische Wassergas-Shift-Reaktion

1. Einarbeitung in die Technologie der biologischen Verfahren

2. Versuchsplanung
3. Beschaffung erforderlicher Ausstattung und Materialien
4. Durchführung von Versuchen, Optimierung der Verfahrensparameter
5. Planung von weiterführenden Versuchen zum Scale up in den technischen Maßstab
6. Ggf. Durchführung von ersten Testreihen im technischen Maßstab
7. Auswertung und Dokumentation

#### Thema 2: Labor – Biologische Wassergas-Shift-Reaktion

1. Einarbeitung in die Technologie der biologischen Verfahren
2. Identifikation geeigneter Messparameter für Steuerung und Regelung biologischer Verfahren zur Wasserstoffherzeugung mittels Wassergas-Shift-Reaktion
3. Beschaffung erforderlicher Ausstattung / Messtechnik und Materialien
4. Recherchen und Auswahl geeigneter Software für die Mess- und Regeltechnik
5. Entwicklung geeigneter Mess- und Regelalgorithmen
6. Programmierung und Test der entwickelten Mess- und Regeltechnik an einem geeigneten System im Labor- bzw. technischen Maßstab
7. Auswertung und Dokumentation

### **Prof. Dr. Mouzhi Ge**

- **Explainable AI: Explanations for Recommender Systems**

An explanation in recommender systems can be defined as a visual and trustful explanation that is combined with recommendations given to users. The recent recommender systems are mainly developed in two directions: wider application domains and various recommendation algorithms. Over the last years, different application domains have appeared such as food recommender systems or travel recommender systems. Moreover, new algorithms such as machine learning, deep learning and neural network have been applied in recommender systems. This project aims to (1) fully understand the predictive analytics for recommendations, (2) reason the given recommendations by the new type of explanations, (3) develop explanation algorithms for recommendations, and (4) design effective GUI for recommender system explanations.

- **Navigate the Software Stacks in Big Data Processing**

There are different tools in big data software stacks. While some of them are specialized for certain data operations such as data integration like Telend DI or specialized for data quality improvement like data cleaner, some of them like Spark are across different big data software stacks to manage more data operations. Some of them can be integrated with each other to form an ecosystem. Due the complications of the tools in big data software stacks, this project aims to (1) conduct an extensive review for big data software, (2) navigate different software in big data along with the big data architecture, and (3) reason how to choose big data software from processing raw data to presenting analytics results to end users.

- **Health-Aware Food Recommender System**

Recommender systems (RSs) are information search and filtering tools that help users to make better choices while searching for products such as movies, restaurants, vacations, and electronic products. As RSs are playing an important role throughout the Internet, they have been applied

in a large number of Internet applications such as Amazon, YouTube, Netflix, Yahoo, TripAdvisor, Last.fm, and IMDB. Among the application domains, food recommendation is emerging as a new research topic. In the COVID-19 pandemic, with the increasing changes in the food sector and lifestyles, many people are facing the problem of making better, i.e., healthier food choices especially in urban living areas. The goal of this project is to extend the state of the art research on multi-criteria sequential group recommender systems in order to define a comprehensive model for the design, development, and evaluation of food RSs that can provide a group of people with personalized and nutrition-oriented advices. It aims not only to satisfy the users' preferences but also to improve nutrition balance for healthy purposes and eventually help to improve user's eating habit.

- **Data Wrangling for Machine Learning and Big Data Analytics**

Data Wrangling (also known as Data Munging) is a data pre-processing concept. It transfers the raw data into a status that is ready to be used for machine learning and data analytics. The process of data wrangling includes all the data preparation components such as data cleansing, data standardization, data imputation and data integration. This project aims to (1) develop a process model for data wrangling along with the tools that can be used to realize the whole data pre-processing line, (2) develop big data quality model for data analytics, and (3) develop data cleaning, data imputation and data integration models in data wrangling. Note, this project does not tackle the data analytics per se, but rather focuses on how to prepare the high-quality data for data analytics and machine learning.

- **Big Data Sampling for Efficient Quality Assessment**

Big data analytics is critical for today's business intelligence and decision-making. Since the quality of the analytical results depends on the quality of the big data, it is important to assess the big data quality to provide the confidence level to big data analytics. However, due to nature of big data, it is difficult and time-consuming to assess the quality of the completely big data. Therefore, it is valuable to use big data sampling techniques such as stratified sampling and random sampling to assess the quality of representative data sample. This project aims to (1) develop an efficient solution to assess the big data quality with data sampling techniques, (2) explore sampling algorithms such as coresets for big data sampling, and (3) develop quality assessment model for big data.

- **Develop an Alignment Model for Big Data Architectures**

Nowadays, a large number of big data architectures have been proposed to enable big data technologies and business intelligence applications. Each big data architecture has its own structure, scalability, and granularity. Therefore, it is very valuable to compare and analyze those big data architectures. The aim of this project is to (1) develop an alignment model to align different big data architectures by considering their structure, scalability, and granularity, (2) research the similarities and differences across the big data architectures, and (3) develop a guideline for how to build, improve and interconnect different big data architectures.

## **Prof. Markus Hainthaler**

### **• Vergleich mikrowellenbasierter und konventioneller Verfahren bei der Produktion von keramischen Baustoffen**

Bei der konventionellen Trocknung und dem Brand von Ziegelbaustoffen und keramischen Dämmmaterialien werden fossile Brennstoffe verbraucht und es entstehen CO<sub>2</sub>-haltige Abgase. Im vom BMWi geförderten F&E-Projekt KERATON erforscht das Projektkonsortium aus Schlagmann Poroton GmbH & Co. KG, Technischer Hochschule Deggendorf und MBCC Group (ehemals BASF Construction Chemicals Europe AG) den Einsatz der Mikrowellentechnologie als zukunftsweisende Prozessalternative.

Aus dieser Aufgabenstellung ergeben sich folgende Themenschwerpunkte:

- Ingenieurmäßige Konzeption, Durchführung und Auswertung von Trocknungs- und Brennversuchen sowohl an Mikrowellenanlagen als auch an konventionellen Produktionsanlagen (Forschungszentrum der Schlagmann Poroton GmbH, Zeilarn)
- Energetische und verfahrenstechnische Gegenüberstellung der beiden Produktionsmethoden
- Bilanzierung beider Prozesse unter Umwelt- und Nachhaltigkeitsgesichtspunkten
- Verfahrenstechnische Weiterentwicklung der vorhandenen Mikrowellenanlage und des Mikrowellenprozesses

## **Prof. Dr. Matthias Huber**

### **• Blindleistung im Verteilnetzbetrieb (Campus Pfarrkirchen / Homeoffice / Kooperation mit Stadtwerken Pfarrkirchen)**

Blindleistung wird ein dominierendes Thema für den Verteilnetzbetreiber werden und bleiben. Die früher üblichen Großkraftwerke, die auch als Phasenschieber dienten, fallen demnächst praktisch vollständig weg. Damit entfällt die bisherige Aufgabe der Übertragungsnetzbetreiber auf die Verteilnetzbetreiber und mittelbar mehr oder weniger auch auf alle Netzkunden. Vor diesem Hintergrund ist eine Auseinandersetzung mit dem Austausch von Blindleistung für jeden beteiligten dies- und jenseits des Netzanschlusses, vor allem in Mittelspannung, von Bedeutung und für den Erfolg der Energiewende von zentraler Bedeutung. Für diese spannende Aufgabe sind

Im einem ersten Schritt sollen folgende Punkte untersucht werden:

- Q-Analyse im Verteilnetz (Zusammenhänge zwischen P und Q)
- Netzanalyse (Blindleistungsbedarf der durch das Verteilnetz selbst generiert wird)
- Herausarbeiten von relevanten Parametern, die für eine Regelung sinnvoll sind (z.B. ist eine Regelung im Sekundenbereich überhaupt sinnvoll oder reicht eine Viertelstunde? Reichen 100 kvar als Auflösung aus? Usw.)
- Einen Zusammenhang zwischen den elektrotechnischen Netzparametern und der P-Q-Punktewolke herstellen
- Festlegung der relevanten Datenpunkte für eine Auswertung/Prognose
- Einfluss der unterschiedlichen derzeit aktuell anwendbaren Steuermöglichkeiten aus der TAR Mittelspannung (VDE-AR-N 4110) auf ein Verteilnetz (Anwendungsszenarien / Einsatzmöglichkeiten, Auswirkungen, Fazit)
- Analog dazu die TAR Niederspannung ansehen

Dann können die grundlegenden Parameter/Eckpunkte in eine Anwendung überführt werden

- Modellierung deiner SW-basierten Lösung

- Erarbeitung einer Steuerung/Regelung auf Basis der relevanten Parameter (Konzept)
- Programmierung einer Steuerung
- Programmierung einer Visualisierung

- **Optimale Platzierung von Speichern in Stromverteilnetzen (Campus Pfarrkirchen / Home Office)**

Durch den starken Ausbau von Erneuerbaren Energien sowie der Integration von Elektromobilität in das Stromsystem wird insbesondere das Verteilnetz stark belastet. Eine Möglichkeit lokale Engpässe und Probleme in der Spannungshaltung zu beheben ist die Platzierung von netzdienlichen Speichern. Im Rahmen dieser Arbeit soll:

- Eine Übersicht über Verteilnetzmodelle erstellt werden
- Mit Hilfe der Software PyPSA typische Verteilnetze für ländliche Regionen erstellt werden
- Die Platzierung von Speichern in Szenarien evaluiert und für verschiedene Situationen optimiert werden
- Idealerweise können aus den Simulationen generische Regeln für die Platzierung ermittelt werden

- **Weiterentwicklung von Energiesystemmodellen (Campus Pfarrkirchen / TC Freyung/ Home Office)**

Im Rahmen der Dekarbonisierung von Regionen und ganzer Länder ist es wichtig zu verstehen wie einzelne Maßnahmen im Energiesystem wirken bzw. welche Maßnahmen den größten Effekt bei möglichst geringen Kosten bringen. Hierzu werden Energiesystemmodelle eingesetzt und damit den Entscheidungsträgern ein wichtiges Werkzeug bereitgestellt. An der TH Deggendorf wird mit den Modellen Calliope und PyPSA gearbeitet. Im Rahmen dieser Arbeit sollen modelltechnische Erweiterungen und Verbesserungen implementiert werden. Mögliche Themenbereiche hierbei sind:

- In Energiesystem der Zukunft werden Verbraucher immer stärker auch aktive Rollen einnehmen und z.B. flexibel auf Schwankungen im Strompreis oder Knappheiten im Netz reagieren können. Beispiele hierfür könnten Elektroautos oder Wärmepumpen sein. In dieser Arbeit sollen verschiedene Möglichkeiten für die Umsetzung flexibler Lasten evaluiert und verglichen werden bevor dann die Implementierung eines Ansatzes erfolgt. Anschließend können beispielhafte Anwendungen simuliert werden und die Möglichkeiten für die verbesserte Integration von Erneuerbaren Energie aufgezeigt werden.
- Ein anderes wichtiges Thema ist das User Interface. Auch bieten sich viele Möglichkeiten um ein Vereinfachung der Modellierung für Nutzer zu schaffen. So sollten in Zukunft Energiemodelle durch Drag and Drop automatisiert erstellt werden. Im Rahmen der Arbeit soll hier nach den wissenschaftlichen Erkenntnissen des Human Machine Interface
- Weitere arbeiten können auch im Bereich der Verbesserung von Schnittstellen sowie von Datenanalysen und Datenvisualisierung angeboten werden

- **Modellierung der Dekarbonisierung einer Region (Campus Pfarrkirchen / TC Freyung / Home Office)**

Mit Hilfe eines Energiesystemmodells (Calliope/PyPSA) sollen Möglichkeiten für die Dekarbonisierung einer Region aufgezeigt werden. Die Wahl einer Region ist hierbei zunächst flexibel und kann nach den Interessen der Studierenden erfolgen. Es können sowohl ganze Länder als auch Kommunen (z.B. Landkreis Rottal-Inn oder Landkreis Ebersberg, aber auch

andere) analysiert werden. Im Rahmen der Arbeit müssen zunächst Daten zu Potentialen für Erneuerbare Energien und bestehen Anlagen ermittelt werden. Außerdem gilt es die Energienachfrage in den verschiedenen Sektoren zu bestimmen. Nach Aufbau eines Basismodells für den Status Quo können in Szenarien verschiedene Dekarbonisierungspfade bestimmt und berechnet werden. So können z.B. Strategien mit starkem Ausbau von Photovoltaik und Elektromobilität mit anderen Optionen verglichen werden. Für jede mögliche Strategie sollen die Vor- und Nachteile aufgestellt werden und diese insbesondere im Hinblick auf Ihre Kosten verglichen werden sowie den Eingriff in die Landschaft verglichen werden.

# Fakultät Naturwissenschaften und Wirtschaftsingenieurwesen

Prof. Dr. Michael Drexl

- **Branch-and-Price-Based Heuristics for Vehicle Routing Problems with Trailers**

Vehicle Routing Problems (VRPs) and their numerous variants are amongst the most studied combinatorial optimization problems. This is due to their practical relevance in transport logistics as well as to the challenges their solution poses from a mathematics and a computer science point of view.

An extension commonly encountered in real-world applications is the consideration of trailers. VRPs with trailers have received increasing interest from the scientific community in recent years, and research in this field is gaining momentum.

Branch-and-price is a very effective method for the exact solution of many types of VRPs. The approach has also been applied successfully as a heuristic.

The aims of the project are (i) to develop branch-and-price algorithms with heuristic pricing for different types of VRPs with trailers, and (ii) to provide highly efficient implementations able to solve real-world instances close to optimality.

Prerequisites: serious interest in mathematical optimization; willingness and ability to program in C++.

- **Integrated Flexible Open-Shop Scheduling and Synchronized Routing of Automated Guided Vehicles**

Machine scheduling problems deal with the temporal assignment of jobs to machines under different types of constraints, most notably precedences. There is a huge number of different problem variants, most of which are motivated by real-world applications, and the scientific literature on scheduling problems is vast.

One extension of standard scheduling problems is the consideration of automated guided vehicles (AGVs) for moving items between machines. In certain environments, more than one AGV may or must be used to move a single item from one machine to another. This requires the synchronization of the AGVs in space and time.

The aims of the project are (i) to develop mathematical models and heuristic algorithms for representing and solving such problems and (ii) to implement selected heuristics and solve real-world instances.

Prerequisites: serious interest in mathematical optimization; willingness and ability to program in C++.

## **Prof. Dr. Florian Flossmann**

- **Weiterentwicklung eines bestehenden Bat-Detector-Protoyps (auf Basis eines Raspberry-Pi) mit automatischer Rufklassifikation auf Basis künstlicher Intelligenz**
  - Hardwareentwicklung: Ultraschallmikrofon und Vorverstärker
  - Hardwareentwicklung: Breitband-Ultraschall-Lautsprechersystem
  - Softwareentwicklung in Python: (Weiter-)Entwicklung von Architekturen für geeignete Neuronale Netze
  - Softwareentwicklung in Python: (Weiter-)Entwicklung von Filteralgorithmen für Audio-Vorverarbeitung
  - Softwareentwicklung in Python: (Weiter-)Entwicklung von GUI-Programmen zur automatisierten Verarbeitung grosser Audiodateien und zum Trainieren/Konstruieren neuronaler Netze
  - Softwareentwicklung in Java: (Weiter-)Entwicklung einer Android-App zur Aufnahme und Verarbeitung von Ultraschallsignalen

## **Prof. Raimund Förg**

- **Automatisierung eines atmosphärischen Plasmabeschichtungsprozesses & Erzeugung von funktionalen Schichten auf dreidimensionalen Körpern aus Metall und Hochleistungspolymeren**
  - Optimierung des bestehenden Systems
    - Integration des Plasmagenerators in ein steuerbares Koordinatenportal mit geschlossener Umgebung
    - Optimierung und Automatisierung der Medienzufuhr (Pulver)
  - Beschichtung von 2D- und 3D-Substraten (Metalle, Hochleistungspolymere)
    - Abscheidung von Siliziumcarbid/-nitrid, Kupfer
    - Aluminiumoxid
    - Schichtaufbringung mit Interlayer-Struktur
    - Vergleich von N<sub>2</sub> und O<sub>2</sub>- Plasmabeschichtung
  - Charakterisierung der Schichten
    - Morphologie
    - Materialzusammensetzung
    - Schichtdickenmessung
    - Zugversuche
    - Impedanzmessung der Kupferschichten
    - Wedge-/Ballbonden auf Kupfer
  - Anfertigung eines Prototyps
    - Konstruktion eines additiv zu fertigenden Bauteils
    - Design eines Schaltkreises
    - Aufbringung der leitenden/nichtleitenden Schichten mit dem optimierten Plasmasystem
    - Aufbringung von Bauelementen und Funktionstests



## Prof. Dr. Gerald Fütterer

- **Light Sheet Mikroskop-Interferometer: Optische Messung von Ladungsträgern (Projekt: LA-Mik)**
  - Aufbau des Prototyp Mikroskops, CAD benötigt, Ausgangsdesign vorhanden
  - Implementierung der Bilderfassung, Anpassung/Erstellung, open source measurement, Python basiert, u.a. Kamerasteuerung, Python, Matlab, Octave
  - Implementierung eines vorhandenen Optik-Layouts in die Optik-Design-Software
  - Zemax, optional
  - Durchführung an der TH Deggendorf, nicht geeignet f. Herzschrittmacher
- **Planflächenmessung resistent gegen Vibrationen und mit geringer Messunsicherheit (Projekt: WGP-Fizeau)**
  - Aufbau Planflächen-Messplatz, Fizeau Interferometer mit wire grid polarizer, Optik vorhanden
  - Konstruktion Mechanik, Ausgangsdesign vorhanden, ergänzen
  - Aufbau Beleuchtungs-Strahlengang
  - Software zur Bilderfassung CMOS Kamera, open source measurement, Python basiert, anpassen
  - Implementierung Messauswertung nach GUM, Fehlertrennverfahren, Octave oder Python
  - Durchführung am Technologie Campus Teisnach

## Prof. Dr. Mathias Hartmann

- **Prozess-Monitoring 3D-Druck**

Der 3D-Druck als hoch variables, werkzeugloses Fertigungsverfahren zur Darstellung komplizierter Bauteilgeometrien hat über wenige Jahre eine hohe Durchdringung insbesondere im Bereich Ersatzteilbeschaffung erfahren. Der Einsatz dieser Technologie für hochperformante Kunststoffprodukte in Medizin- sowie Luft- und Raumfahrttechnik wird derzeit behindert durch mangelnden Reifegrad von Systemen zur Erfassung, Kontrolle und Sicherstellung der Bauteilqualität.

Am Technologie Campus Hutthurm wird deshalb an einer Prozess-Monitoring-Plattform für das Fused-Deposition-Modeling (FDM) zur Erfassung von Druckparametern geforscht (z.B. Düsentemperatur, Plattformtemperatur, Temperaturverteilung im Druckobjekt, etc.), um Vorhersagen über die Druckqualität treffen zu können. In diesem Zusammenhang sind folgende Arbeitspakete zu bearbeiten:

- Erstellung eines Programms zur Generierung eines dreidimensionalen Wärmebildes aus Einzelaufnahmen für die Zuordnung der Temperaturhistorie zu jedem "Voxel" des Druckobjekts.
- Zusammenführung und Zuordnung aller verfügbaren Sensordaten (Bauraumtemperatur, Bauraumfeuchte, Druckbetttemperatur, Düsentemperatur, Bauteiltemperatur, ...) in ein gemeinsames digitales Modell des Bauteils mit hinterlegter Prozess-Parameter-Matrix (vollständiges Prozessmodell aus Prozess-Monitoring).
- Sensor-Integration in Druckobjekt (Structural Health Monitoring + Prozess-Monitoring).

- **Entwicklung eines beheizten Multifunktionswerkzeugs zur Fertigung von CFK-Bauteilen**

Kohlefaserverstärkte Composite werden mit höchsten mechanischen Anforderungen für die Luft- und Raumfahrt oder für den Automobilbereich hergestellt. Dabei werden Fasern oder vorimprägnierte Fasermatten („Prepregs“) in eine Form gelegt und mit Druck und Temperatur beaufschlagt. Nach einer definierten Aushärtezeit können die CFK-Bauteile der Form entnommen werden.

Für die CFK-Prototypenfertigung am Technologiecampus Hutthurm wird ein beheiztes und universell einsetzbares Werkzeug benötigt. Folgende Projektbausteine sind dazu geplant:

- Auslegung Werkzeugkonzept.
  - Erstellung eines Lastenheftes; Anforderungen an das Werkzeug.
  - Definition der Form (Platte, Norm-Prüfwerkzeug, einfacher Demonstrator); modularer Aufbau und Auslegung zur Einbringung von zwei Harzsystemen; ein- oder beidseitiges Werkzeug wünschenswert.
  - Materialauswahl (Metall, CFK, Glas).
  - Konzept für die Wärmeeinbringung (elektrische Heizung, Infrarot, ggf. kombiniert); Implementierung der Temperatursteuerung.
  - Konzept für den Öffnungs- und Schließmechanismus.
  - Ausarbeitung der Arbeitsschritte und ggf. Berücksichtigung von Sicherheitsaspekten.
  - Konstruktion mit Festigkeits- bzw. Steifigkeitsnachweis.
- Simulation des Werkzeuges bzw. von Fertigungskonzepten unter Aufbau eines ersten Moduls.
- Fertigung, Inbetriebnahme und Validierung des vollständigen Werkzeugkonzepts; Fertigung von Prototypen.

- **Untersuchung des Eigenspannungszustandes in Faserverbundmaterialien**

Faserverbundbauteile werden im Entwurf oft überdimensioniert, da bei Einwirkungen häufig auf eine maximale Belastung ausgelegt wird und auch auf der Widerstandsseite Unsicherheiten und Toleranzen bezüglich Material- sowie Fertigungsqualität eingerechnet werden. Gerade bei höherwertigen Bauteilen (z.B. größere Faserverbundbauteile), die sicherheitsrelevant sind und auf Extrembelastungen ausgelegt werden, welche nur selten oder bedingt eintreten, führt dies zu reduzierten kalkulierten Lebenszeiten.

Am Technologie Campus Hutthurm wird in diesem Zusammenhang an der Erfassung, Abbildung und Vorhersage des infolge von Fertigungsprozessen hervorgerufenen Eigenspannungszustandes von CFK-Bauteilen geforscht.

Die aufgeführten Arbeiten stellen einzelne Teilprojekte dar, die grundsätzlich separat bearbeitet werden können, jedoch thematisch aufeinander aufbauen. Es besteht die Möglichkeit, die Teilprojekte im Rahmen einer 1,5-jährigen Tätigkeit als inhaltlich geschlossenes Projekt zu bearbeiten.

- Sondierung und Bewertung von Modellierungsansätzen.
- Werkstoffcharakterisierung bzw. Parametrisierung von Materialmodellen.
- Validierung mittels experimenteller Methoden.

## **Prof. Dr. Maria Kufner**

- **Aufbau und Validierung eines miniaturisierten, optischen Oberflächenwellenspektrometers**

Mitarbeit an den Arbeitspaketen:

- Ankopplung von Glasfasern an einen integriert optischen Mikrochip/GRIN-Linse
- Anregung von definierten Oberflächenwellen auf einem Substrat
- Justierung und Validierung eines integriert optischen Interferometers
- Optische Messung von Oberflächenwellen auf einem Substrat durch das miniaturisierte Oberflächenwellen-Spektrometer
- Interpretation der aufgenommenen Spektren

## **Prof. Dr. Roland Platz**

- **Assess Model Form Uncertainty in Passive and Active Vibration Isolation**

This work considers a simple one mass oscillator subject to passive and active vibration isolation for application in various structural dynamic systems such as trusses or suspension legs under variable mechanical loading. In this context, passive means that the vibration isolation behavior only depends on preset inertia, damping, and stiffness properties. Active means that additional controlled forces change and adapt the damping properties to enhance the vibration isolation behavior.

To assess model form uncertainty, non-probabilistic optimization based framework and a probabilistic Bayesian inference based framework using Gaussian Processes will be developed to validate mathematical models that describe the passive and active vibration isolation behavior. The assessment discloses the mathematical models' uncertainty in the functional relations between model parameters and state variables as well as the scope and complexity that are either unknown, incomplete, inadequate or unreasonable. This work allows a direct comparison between the uncertainty in passive and active vibration isolation.

## **Prof. Dr.-Ing. Andrey Prihodovsky**

- **Numerische Simulation von Zerspanungsprozessen**

- Aufbau von FEM-Modellen zur zeiteffizienten Berechnung von Eigenspannungen und Bauteilverzug bei spanender Bearbeitung
- Auslegung von Versuchsplänen und Durchführung numerischer Experimente
- Auswertung und Analyse der Berechnungsergebnisse
- Validierung der Simulation
- Software: MSC.Marc/Mentat, MATLAB

- **Numerische Simulation von additiven Fertigungsprozessen**

- Aufbau thermo-mechanischer Modelle zur zeiteffizienten Simulation von additiven Fertigungsprozessen wie Laser-Pulver-Auftragschweißen (LMD) und Draht-Auftragschweißen (WAAM) zur Vorhersage von Bauteileigenschaften, Eigenspannungen und Verzügen
- Auslegung von Versuchsplänen und Durchführung numerischer Experimente
- Auswertung und Analyse der Berechnungsergebnisse
- Validierung der Simulation
- Software: MSC.Marc/Mentat, MATLAB

- **Untersuchung und Charakterisierung von Werkstoffsystemen für die hybride Fertigung von Urform Werkzeugen mittels LMD (Laser Metal Deposition)**

- Erstellen eines Versuchsplans
- Konstruktion von Probekörpern
- Aufbau von Proben bei Industriepartner
- Erforschung der idealen Prozessparameter und Materialkombinationen für den LMD-Prozess
- Präparation und metallographische Untersuchung der Proben (Mikroskopie, Ätzen, Härtemessung, Spektroskopie)
- Mechanische Charakterisierung von Proben durch Zug- und Biegeversuche mit optischem Dehnungsmesssystem (GOM Aramis)
- Abgleich der Ergebnisse mit numerischer Simulation
- Software: Siemens NX, MatLab

- **Untersuchung und Charakterisierung des Ermüdungsverhaltens von laser-additiv hergestellten Teilen mittels experimenteller und numerischer Simulation**

- Identifikation der Einflussparameter für die Ermüdungseigenschaften
- Recherche zum Stand von Wissenschaft und Technik
- Auslegung von Probekörpern und Erstellung eines Versuchsplans
- Durchführung und Auswertung experimenteller Versuche
- Numerische Abbildung des Materialverhaltens
- Numerische Simulation und experimentelle Validierung
- Software: Hyperworks, FEMFAT, Netfabb

Die additive Fertigung hat sich für Unternehmen als wichtige Herstellungsmethode herausgestellt, um Produktentwicklungen kürzer und Produktionen dynamischer zu gestalten.

Aus Sicht der mechanischen Eigenschaften, lassen sich diese auf Grund des Herstellungsprozesses für additiv gefertigte Teile nur bedingt vorhersagen. Dies gilt insbesondere für die Ermüdungseigenschaften, was die breite Anwendung der Technologie für bestimmte Bereiche erschwert. Im Rahmen des Themas soll eine Vorgehensweise entwickelt werden, die es ermöglicht auf Basis experimenteller Versuche und numerischer Simulation die mechanischen Eigenschaften additiv gefertigter Teile vorherzusagen.

## **Prof. Christine Wünsche**

- **Aufbau eines digitalen Zwillings eines Polierverfahrens**

Ziel ist es, die Form und die Rauheit auf Sondermaterialien im Polierprozess zu verbessern. Mittel zum Zweck soll dabei die Optimierung des Polierbelags werden.

Aufgaben:

- Experimentelles Eingrenzen des Parameterfeldes durch Polierversuche
- Erarbeiten eines physikalischen Modells
- Übertragen des physikalischen Modells in eine Simulation.

Das Thema wird in Zusammenarbeit mit einem Industriepartner durchgeführt (Hersteller von wissenschaftlichen Lasern). Die Versuche sollen am TC Teisnach Optik stattfinden.

# Fakultät Maschinenbau und Mechatronik

Prof. Giuseppe Bonfigli und Prof. Robert Mnich

## • Aufbau und Validierung eines Workflows zur Entwicklung von Radialpumpen

An der Fakultät für Maschinenbau und Mechatronik wird der Aufbau eines Workflows zur Untersuchung und Optimierung von Radialpumpen vorangetrieben. In der Aufbauphase stehen sowohl experimentelle als auch numerische Arbeitspakete zur Verfügung. Für die numerische Themen wären Kenntnisse in C++ und/oder Python von Vorteil.

Experimentelle Themen

- Aufbau eines Prüfstandes für kleine Radialpumpen
- Aufbau der automatisierten Datenerfassung
- Validierung des Prüfstandes
- Optimierung der Geometrie des Schaufelrades und des Gehäuses der Pumpe
- Vermessung von Kennfeldern

Numerische Themen (CFD) unter Verwendung von open-source Software:

- Testen unterschiedlicher Strategien zur Vernetzung des Laufrads
- Durchführung von Simulationen und Validierung
- Aufbau und Simulation eines vollständigen Modells mit Laufrad und Diffusor

## • Kopplung von 1-d und 3-d Methoden zur numerischen Simulation thermo-hydraulischer Systeme

- Numerische Simulation von thermo-hydraulischen Systemen kerntechnischer oder konventioneller Kraftwerken.
- Anwendung eindimensionaler Simulationsprogramme (System Thermo Hydraulic, STH) und Finite-Volumen Programmen zur räumlich aufgelösten Simulation komplexer Strömungsvorgänge (Computational Fluid Mechanics, CFD).
- Entwicklung und Implementation einer neuartigen Strategie zur effizienten Kopplung von STH und CFD Programmen.
- Validierung der gekoppelten Methode durch Vergleich der Simulationsergebnisse mit experimentellen Ergebnissen aus dem Verbundprojekt EASY (Buchholz et al. (2017)) und mit anderen geeigneten experimentellen Daten.

# Fakultät Angewandte Informatik

## Prof. Marcus Barkowsky

- **Detektion von Augenbewegungen in Virtual Reality durch EEG Signale**
  - Durchführung subjektiver Experimente mit Probanden
  - Vorverarbeitung der EOG und EEG Daten, z.B. durch Beamforming Analyse
  - Extraktion relevanter Augenbewegungen durch Machine-Learning, z.B. neuronale Netze, CNN, DNN, GAN
  - Bonus: Detektion von korrelierten Signalen, z.B. Akkommodations- und Vergenzsystem, P300, ...
- **Hochschullehre mit XR-Systemen**
  - Entwicklung von Test-Szenarien für die Lerneffizienzmessung mit Augmented und Virtual Reality Systemen
  - Entwicklung eines Frameworks zur Evaluation
  - Konzeption neuer didaktischer Methoden in der XR
  - Evaluierung mit Probanden
- **Entwicklung hybrider Videoqualitätsmessverfahren für Telekonferenzsysteme**
  - Extraktion von Daten aus Videobitströmen
  - Automatisierte Charakterisierung von dekodierten Videosequenzen
  - Verständnis des menschlichen visuellen Systems
  - Aufbau einer Datenbank mit subjektiv evaluierten Testsequenzen und/oder Testszenarien für Video-Konferenzsysteme
  - Machine Learning zur Prädiktion der subjektiven Bewertungen durch Verknüpfung der Videobitstromdaten und der automatisierten Charakterisierung

## Prof. Berl

- **Empfehlungserzeugende KI in der Prescriptive Maintenance**

Unser Alltag wird immer intensiver durch technische Systeme begleitet, wie etwa das Smartphone. Die Herstellung dieser Geräte benötigt aber oft kostspielige und rare Materialien, wie seltene Erden. Daher ist es im Sinne der Nachhaltigkeit wünschenswert, die Lebensdauer dieser Geräte zu verlängern. Indirekt proportional zu einem früheren Ausfall durch falschen Umgang, kann ein schonender Umgang zu einer merklich verlängerten Lebenszeit führen. Viele Nutzer wissen aber nicht, wie Sie die technischen Systeme schonend bedienen. Diese Problematik findet sich auch bei Lithium-Ionen Akkumulatoren in Elektrofahrzeugen. Fahrer sind sich meist nicht bewusst, dass ihre Fahrweise zu Schäden in den Akkumulatorzellen führen können.

In diesem Bezug sind verschiedene Künstliche Intelligenz (KI) – Technologien zu evaluieren, die sich zur Erzeugung von optimalen Verwendungsratschlägen, d.h. Empfehlungen, eignen. Dabei sind Prototypen zu implementieren, die genau solche Ratschläge erzeugen – sowohl passend zur aktuellen Situation und näherer Zukunft, als auch zum Verwendungsmuster des Fahrers. Weiterhin sollen die Empfehlungen für Systeme angepasst werden, deren Fokus die Ladeplanung ganzer Fahrzeugflotten ist, um die Lebensdauer aller Akkumulatoren zu verlängern.

Inhalte der Arbeit während des Studiums:

- Bestimmung geeigneter KI-Technologien zur Erzeugung von Empfehlungen
- Implementierung prototypischer Empfehlungssysteme und Test anhand von realen Fahrdaten, Wetterprognosen und ggf. räumlichen Daten
- Ermittlung von Evaluationskriterien und Vergleich der Empfehlungssysteme hinsichtlich der Korrektheit der Empfehlungen, ihrer Eignung für spezifische Fahrsituationen und Nachvollziehbarkeit

- **Optimierungsverfahren für die Ladeplanung von elektrischen Fahrzeugen auf Firmen und Pendlerparkplätzen**

Durch den stetig wachsenden Fokus auf Nachhaltigkeit und ökologische Verträglichkeit steigt die Anzahl von Elektrofahrzeugen stark an. Dieser Anstieg führt aber auch zu einem erhöhten Energiebedarf durch das Aufladen der E-Fahrzeuge. Im speziellen auf Parkplätzen (Firma bzw. Pendler) führt dies zu einer außerordentlichen Belastung für das lokale Stromnetz. Um das Stromnetz nicht zu überlasten ist eine koordinierte Planung der Ladevorgänge notwendig. Diese Planung soll aber nicht nur dafür sorgen, dass das Stromnetz nicht überlastet wird, sondern soll idealerweise auch noch die Ladekosten minimieren oder die Nutzung von Eigenstrom/erneuerbaren Energien maximieren.

Die Durchführung der Arbeiten erfolgt im Rahmen des Projektes SmiLe am Hauptcampus der TH Deggendorf. Im Projekt wird eine Ladeplanoptimierung für Firmenparkplätze entwickelt. Hierbei wird versucht den Ladebedarf durch Mitarbeiter, Besucher, sowie Unternehmensfahrzeugen mit dem Energiebedarf der Firma und der Eigenstromerzeugung zu homogenisieren. Dies soll dazu führen, dass die Ladewünsche der E-Fahrzeugnutzer erfüllt werden, ohne dass das lokale Stromnetz des Unternehmens überlastet wird bzw. teure Lastspitzen erzeugt werden.

Inhalte der Arbeit im Studium:

- Für die Optimierung von Planungsproblematiken können verschiedene Verfahren genutzt werden. Hierzu sollen im ersten Teil des Studiums unterschiedliche Möglichkeiten zur Lösung des Optimierungsproblems recherchiert und analysiert werden.
- Darauf aufbauend sollen diese Verfahren anhand einer Simulation getestet werden. Hierfür muss eine geeignete Simulationsumgebung, sowie die Lösungsverfahren selbst implementiert werden (idealerweise in Java).
- Anschließend sollen die Lösungsverfahren evaluiert werden. Kriterien sind hierbei unter anderem die Rechenzeit, die Optimierungsgüte etc.

## **Prof. Wolfgang Dorner**

- **Aufbau von 5G Campusnetzen für industrielle Anwendungen**
  - Aufbau eines Campusnetzes und Inbetriebnahme
  - Erprobung unterschiedlicher Anwendungsszenarien z.B. Predictive Maintenance
  - Analyse kollaborativer und unternehmensübergreifender Ansätze
- **5G Relaisstation auf Basis eines Multikopter UAVs für Rettungseinsätze**
  - Aufbau eines Multikopters für einen stationären Einsatz (halten einer fixen Position)
  - Integration von Antenne und Kabelführung zu einer Bodenstation
  - Integration einer 5G Relaisstation
  - Entwicklung von Testsznarien für den Rettungsdienst und Erprobung

- **Aufbau eines 5G-Testbetts und Entwicklung von 5G-Anwendungen am TC Freyung**
  - Mitarbeit bei Aufbau, Inbetriebnahme und der Betreuung eines 5G Testbetts (5G-Core-Netz, Basisstationen und Messtechnik)
  - Entwicklung und Evaluierung von 5G Anwendungen (z. B. 5G-Anwendungen mit unbemannten Flugsystemen)
  
- **Digital Signage Systeme in Museen - Neue Infrastrukturen für Multimedia in der Kulturvermittlung**
  - Aufbau eines Digital Signage Systems (DSS) bestehenden aus unterschiedlichen Multimediastationstypen
  - Anpassung von bestehender Open Source DSS auf den Anwendungsfall
  - Weiterentwicklung in Verbindung mit einem Content Management System zu einer Museumsplattform
  
- **Statistical package development in R:**
  - Development of full package including code, data, documentation, and tests
  - Writing in R language statistical applications developed initially in Mata code
  - Focus on the second and third generation of panel unit-root tests
  
- **Assessing the quality of OpenStreetMap data**
  - Development of indicators for data quality, including vandalism, missing details, and completeness
  - Generation of routines to automatically identify missing data based on external sources
  - Case study on two different locations (contexts)
  
- **Generation of industrial electrical energy demand profiles**
  - Collection of Data from Energy Intensive Industries including demand and characteristics of main production processes
  - Charakterisierung von Produktionssystemen und des damit verbundenen Energiebedarfs
  - Identification of common patterns among industries and generation of Standard profiles by sector or production processes
  
- **Public policy evaluation using text mining approaches**
  - Application of text-as-data techniques including: frequency analysis, co-occurrence analysis, topic modeling, and sentinel analysis.
  - Focus on the evaluation of public policy/security issues
  - Identification of the most relevant resources and application to a case study

## **Prof. Peter Faber**

- **Moderne Steuerung von industriellen Druckmaschinen**
  - Die Digitalisierung macht auch vor dem Druck nicht Halt. Moderne digitalisierte Druckanlagen z.B. zum Verpackungsdruck benötigen immer komplexere Steuerungen. In dieser Arbeit soll untersucht werden, inwieweit sich Teile der Steuerung durch moderne Techniken wie GPU-Unterstützung verbessert darstellen lassen.
  - Die Arbeit wird durch einen namhaften Druckmaschinenhersteller unterstützt.



## **Prof. Andreas Fischer**

### **• KI-gestützte Strukturanalyse von PDF Dokumenten**

Die KI-basierte Analyse von Dokumenten ist ein wesentlicher Baustein der Digitalisierung. Ein KI-gestütztes maschinelles Textverständnis ermöglicht es, manuelle Prozesse schneller und effizienter zu digitalisieren. Wesentlicher Baustein hierfür sind Systeme, welche die Struktur gegebener Texte automatisch erkennen können. In dieser Arbeit sollen bestehende Ansätze zur Textanalyse evaluiert und erweitert werden. Themenschwerpunkte sind insbesondere:

- Evaluation bestehender Texterkennungssoftware mit komplexen Dokumenten
- Optische Erkennung elementarer Textstrukturen (z.B. Absätze, Überschriften, Kopf- und Fußzeilen)
- Optische Erkennung erweiterter Textelemente (z.B. eingebettete Bilder, Grafiken, Tabellen)
- Digitale Rekonstruktion des Ausgangsdokuments

## **Prof. Patrick Glauner**

### **• Artificial Intelligence for Modern Home Care**

- Our project "DeinHaus 4.0" (YourHome 4.0) <<https://deinhaus4-0.de/start/>> aims to improve home care by analyzing real time data of residents. Insights from the data analyses can then be used to support residents. As an outcome, the elderly can live a healthier and safer life at home without the immediate need of moving to a care home.
- We are currently selecting the sensors that will soon be rolled out to 100 households.
- Research students can work on different case studies analyzing the collected data.
- Applicants should be familiar with the foundations of artificial intelligence and machine learning.

### **• Analyse und Vorhersage von Störungen in einem Fertigungswerk**

In der täglichen Arbeit eines Fertigungswerks fallen große Datenmengen an, die durch geschickte Verfahren im Kontext Data Analytics bzw. Künstliche Intelligenz zusätzliche Informationen über Prozesse, drohende Störungen oder allg. Kosten liefern können. Im Rahmen des Projekts sollen bereits vorhandene Daten aus verschiedenen Quellen aufbereitet und auf ihr Potential untersucht werden. Eine aktuell schon bestehende Cloud-Anwendung kann dazu als Data Lake eingesetzt werden. Je nach Datenqualität und -menge sollen verschiedene Verfahren zur Vorhersage von Ausfällen/Störungen (Predictive Maintenance) oder Erkennung von Anomalien untersucht werden und Empfehlungen für den produktiven Einsatz erarbeitet werden. Konkrete Datensätze und Anwendungsfälle werden dabei von verschiedenen Fertigungsabteilungen im Werk Teisnach von Rohde & Schwarz zur Verfügung gestellt. Das sind zum Beispiel:

- Senkung des gesamten Energieverbrauchs basierend auf den Messwerten von über 100 verbauten Stromzählern, Ableitung von plausiblen (Alarm-)Grenzwerten und Untersuchung von Möglichkeiten zur Erkennung von Anomalien, die auf mögliche Fehler hinweisen
- Untersuchung von nasschemischen Prozessen in Galvanik und Leiterplattenfertigung zur Verbesserung der Produktqualität, Untersuchung von verschiedenen Messgrößen und Gewichtung nach dem jeweiligen Einfluss, wenn möglich Vorhersage von Qualitätsproblemen
- Analyse von Sensorwerten zur Vorhersage von Störungen in kritischen Anlagen, evtl. auch die Auswahl von dazu geeigneten Sensoren und Messgrößen

## **Prof. Andreas Grzempa (Institut ProtectIT)**

- **Aufbau eines Penetration-Test-Systems für Industriesteuerungen mit Hilfe einer Sandbox von Kaspersky ICS Labs**

- Hintergrund: Immer mehr Steuerungssysteme werden durch Viren bzw. Mailware gezielt angegriffen; z.B. Stuxnet, aber auch der aktuelle Schadcode EMOTET führt immer wieder zu Produktionsausfällen wie z.B. bei der Firma Pilz im September (Hersteller von Sicherheitssteuerungen).
- Wir wollen am TC Teisnach ein ICS Cyber Lab aufbauen, in dem u.a. die Sandbox von Kaspersky ICS Labs integriert wird. Das ist eine virtuelle Maschine, in der Kaspersky aktuelle Viren einspielt, und mit der Steuerungssysteme direkt attackiert und getestet werden sollen.
- Aufgabe im Forschungsmaster: Aufbau der Sandbox in enger Kooperation mit Kaspersky, Integration verschiedener Steuerungssysteme und Entwicklung von Angriffsszenarien.

## **Prof. Thomas Limbrunner**

- **Analyse mehrerer aufeinander aufbauender Problemstellungen aus dem Anwendungsfeld Fahrerassistenz / autonomes Fahren / autonome Systeme, wie zum Beispiel**

- 1.) Evaluierung und Anbindung verschiedener Sensoren und Aktoren aus dem Themenspektrum Fahrerassistenz / Autonome Systeme an eine zentrale Recheneinheit (RADAR, Kamera, ...)**
- 2.) Aufbau und Untersuchung der Vernetzung verschiedener Komponenten (Sensoren und Aktoren) via Automotive Ethernet.**
- 3.) Entwurf erster Algorithmen zur Auswertung der akquirierten Daten in konventioneller Form oder mittels KI.**
  - Bei allen Themen wird die Forschungsk Kooperation mit einem Industriepartner angestrebt.
  - Die Bearbeitungen der Themenstellungen erfolgt im Labor Autonome Systeme / Fahrerassistenzsysteme (LAS / FAS) in Deggendorf
  - Kenntnisse in C / C++ Programmierung und MATLAB oder Python sind von Vorteil

## **Prof. Martin Schramm (Institut ProtectIT)**

- **Entwicklung von dezentral verteilten, autonom agierenden Agenten zur Korrelation von IT-Sicherheitsalarmen auf Basis von Anomalieerkennungsalgorithmen in IT-Netzwerken**

Die Erkennung von Anomalien in Netzwerken mittels Methoden des maschinellen Lernens ist heutzutage nicht mehr ausreichend. Weiterführende Verfahren werden benötigt auf IT-Sicherheitsvorfälle (z.B. Wurmausbreitung in Netzwerken) effizient, zeitnah und automatisiert reagieren zu können. Aus diesem Grund werden im Netzwerk platzierte Agenten benötigt, die die Zwischenergebnisse von Anomalieerkennungsalgorithmik weiterverarbeitet, um so "sicher" - ohne menschliche Interaktion - auf Vorfälle reagieren zu können. Wir bieten Ihnen im Rahmen unseres Instituts ProtectIT in einem kollegialen Umfeld an folgenden hoch innovativen Themen zur Erkennung, Abwehr und Reaktion von Cyberangriffen zu arbeiten:

- Nutzung vorhandener Forschung in den Teildisziplinen Anomalieerkennung, Alarmkorrelation und Intrusion Response
- Entwicklung eines Verfahrens zur Korrelation von Alarmen auf Basis von Anomalieerkennungsalgorithmik

- Ableitung relevanter KPIs im Umfeld der automatisierten Reaktion auf IT-Sicherheitsvorfälle
- Implementierung der Agenten in der Programmiersprache Python

## **Prof. Terezia Toth**

- **Aufeinander aufbauende Problemstellungen aus dem Bereich industrieller Automatisierung:**

- Sicherheitstechnik (mit vorhandenen Siemens SPS, TIA Portal und SICK Komponente: Recherche, Analyse, Konzept von Einsatzszenarien und Umsetzung)
- Simulation, Visualisierung (HMI Panel, Webserver)
- Kommunikation (SPS-SPS, OPC UA, MQTT, Mindsphere: Prototypische Umsetzungen und Vergleich)
- Security-Aspekte (Analyse der organisatorischen und technischen Risiken, Bewertung, Maßnahmen)