

ORC-Turbine als Beitrag zu flexiblen Nahwärmesystemen

Carsten Wolff, Jörn Strumberg, Mathias Knirr, Tobias Pallwitz, Klaus-Peter Priebe, Andre Heim, Matthias Linnemann, Jadran Vrabec

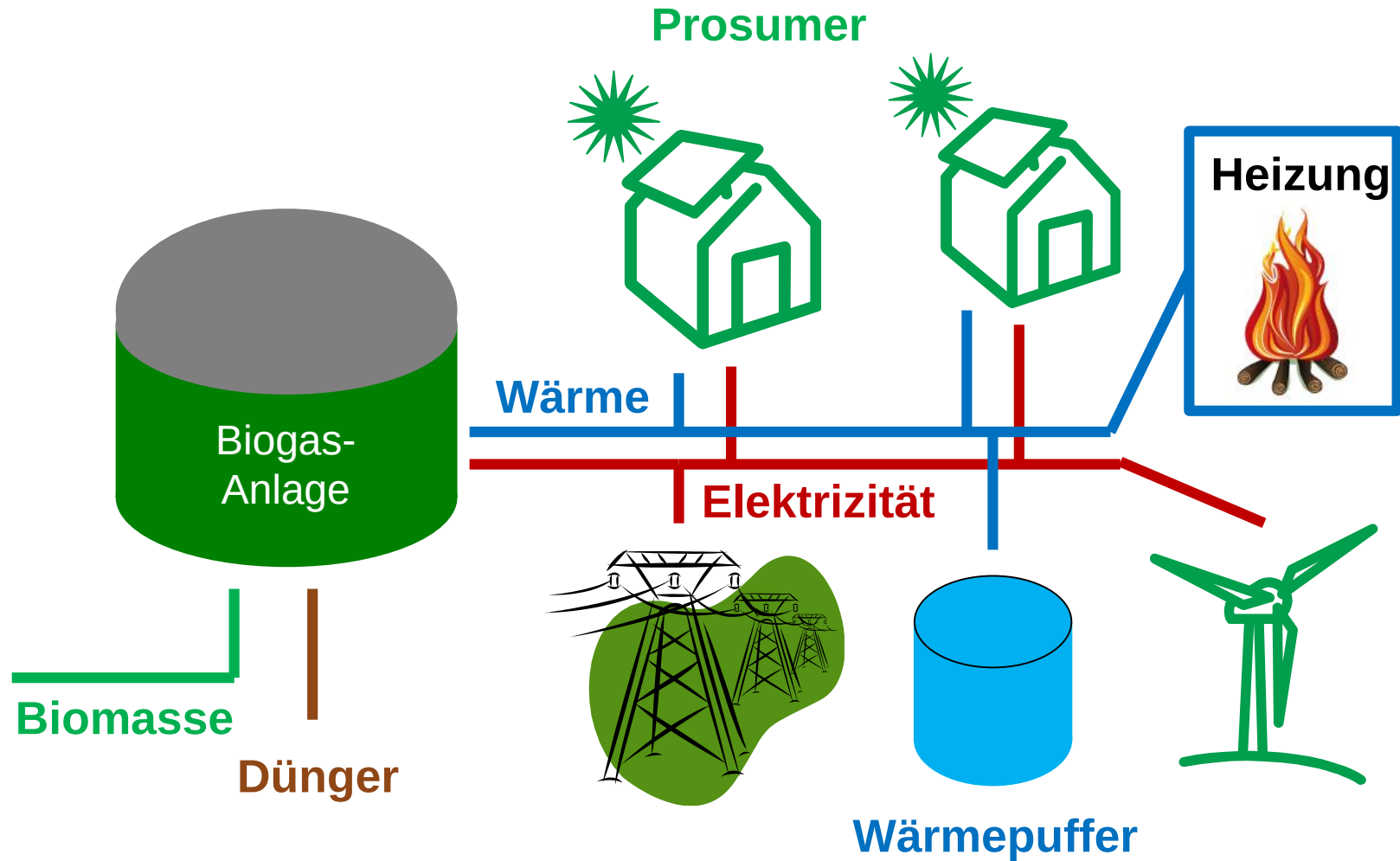
- Einführung
- Anforderungen von Bioenergiesystemen
- ORC-Turbine
- Regelung und Systemarchitektur
- Zusammenfassung und Ausblick

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Bioenergieregionen



Herausforderungen der Systemfähigkeit:

- Ausgleich zwischen Strom- und Wärmeführung
 - Schnelles Hoch- und Herunterfahren des Leistung
 - 2 bzw. 3 Nutzungen für Biogas (Wärme, Strom, Gas)
 - Umwandlung Wärme in Elektrizität (und umgekehrt)
 - Speicherung von Wärme, Gas, *Elektrizität (teuer)*
 - Bedarf steuern, Produktion regeln
- ⇒ Intelligente Produzenten und Konsumenten im Systeme
- ⇒ Vernetzen und Regeln/Optimieren des Systems

ZIM ORC Projekt (2014-2016)

■ Partner:



UNIVERSITÄT PADERBORN
Die Universität der Informationsgesellschaft



- Universität Paderborn => Thermodynamik der Turbine
- smart mechatronics GmbH => Regelung
- Lütkemüller GmbH => Anlagenbau
- Fachhochschule Dortmund
=> Elektrotechnik, Steuerungstechnik und Software

■ Goals:

- Zweistufiges System mit NT und HT Turbine
 - Demonstrationsanlage an einem Biogas-BHKW
- Gefördert vom BMWi im ZIM-Programm

Gefördert durch:

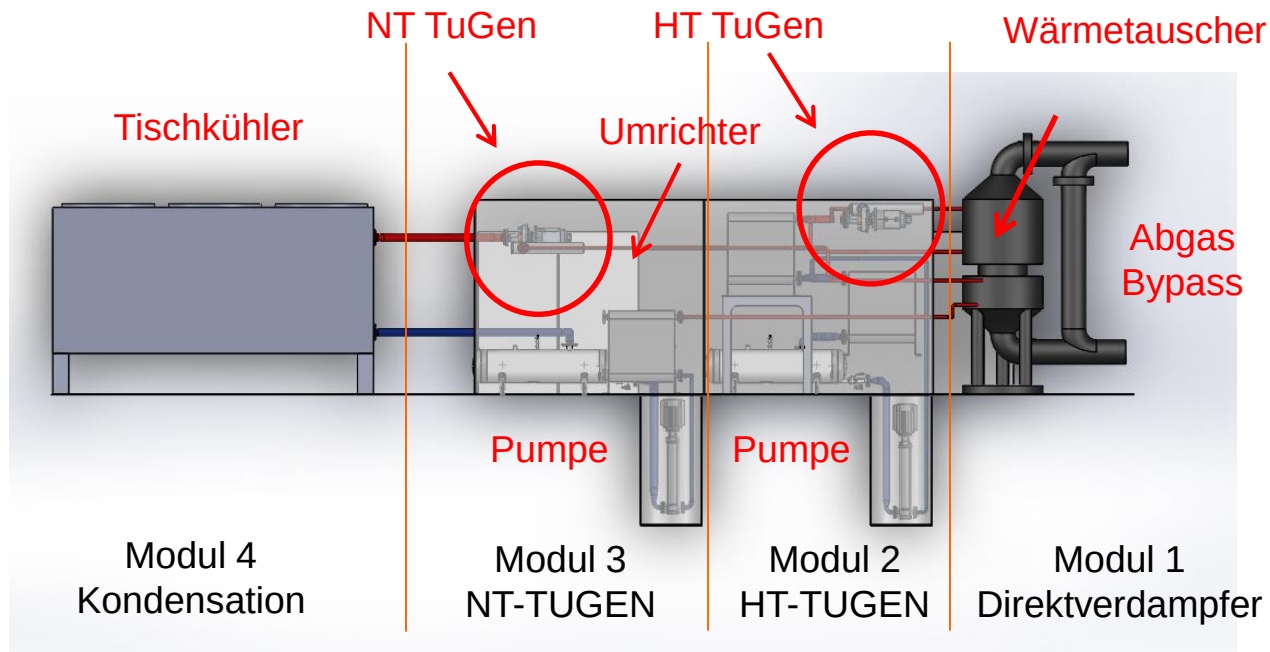


Bundesministerium
für Wirtschaft
und Technologie

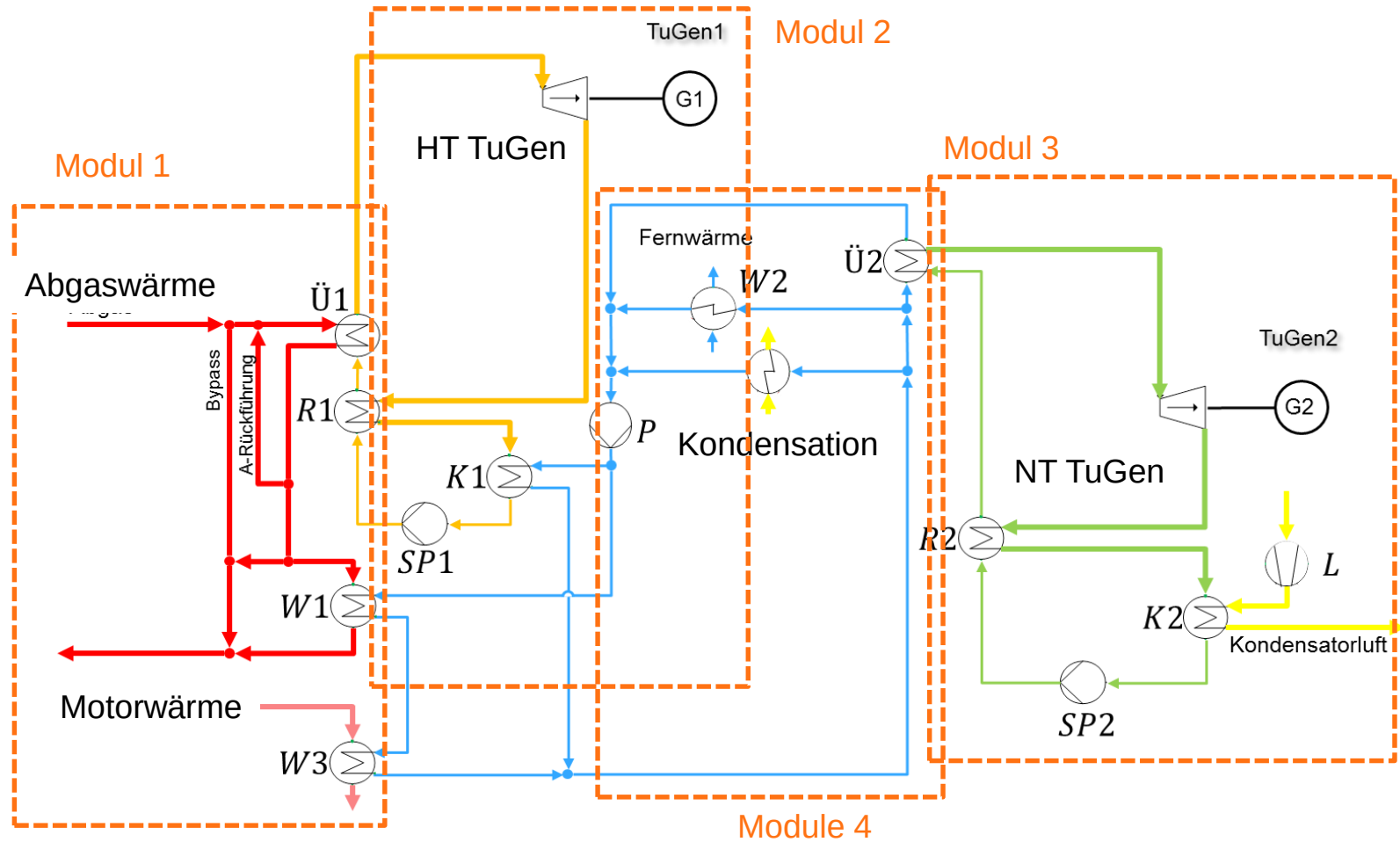
aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Container-size Heat2Power Converter: 2-stufige Organic Rankine Cycle Turbine



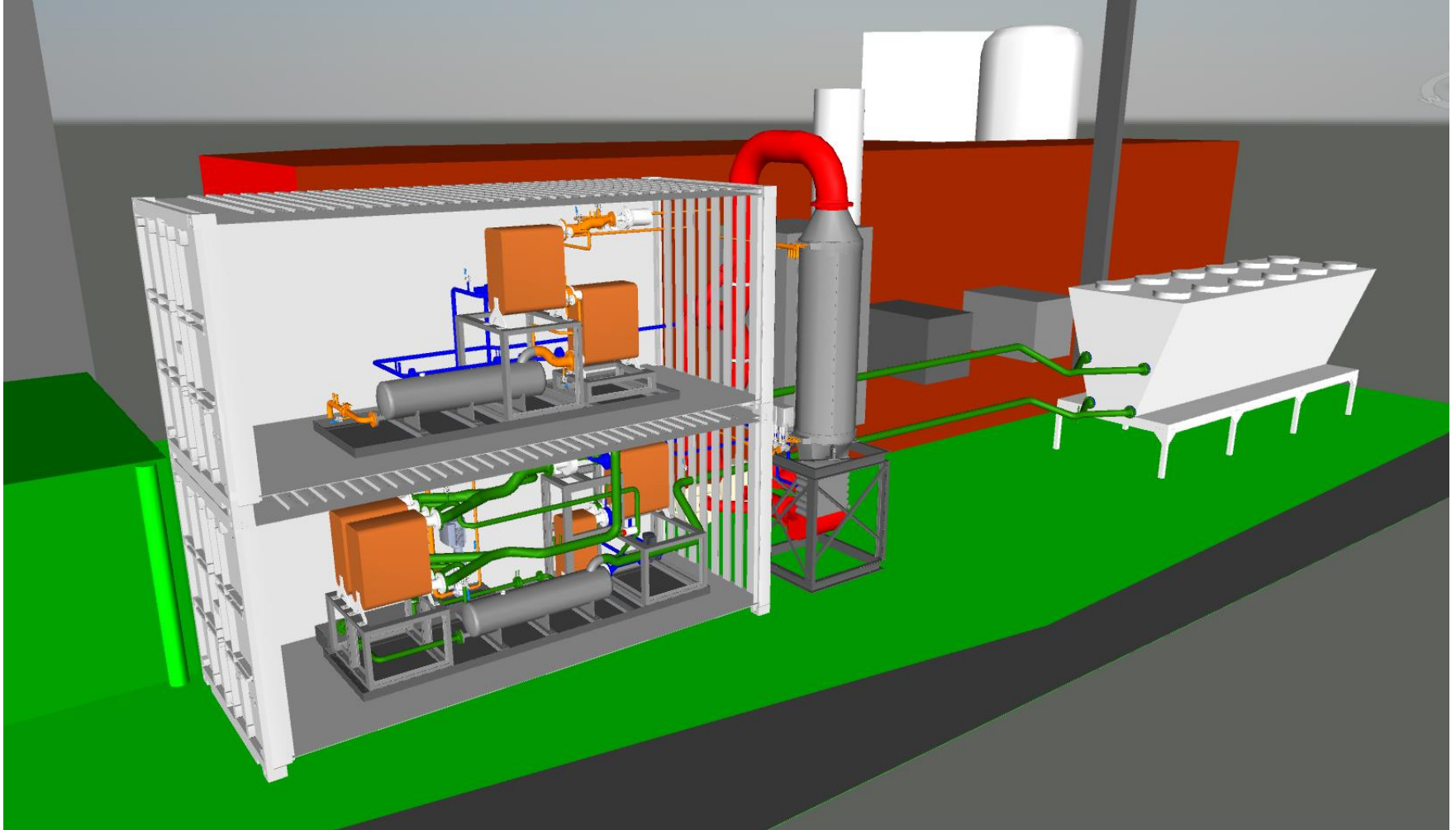
Smarte ORC Turbine



Kennzahlen:

Schätzung der elektrischen Leistung			
Nutzwärme HT	kJ/s	245,69	
Temperatur Verdampfer	K	495	
Temperatur Kondensation	K	308	
Mechanische Leistung (Turbine)	kW	66,30	
Nutzwärme NT	kJ/s	365,55	
Temperatur Verdampfer	K	85	
Temperatur Kondensation	K	30	
Mechanische Leistung (Turbine)	kW	30,78	
Elektrische Leistung HT (netto)	kW	53,673	
Elektrische Leistung NT (netto)	kW	21,522	
Gesamte elektrische Leistung (netto)	kW	75,19	

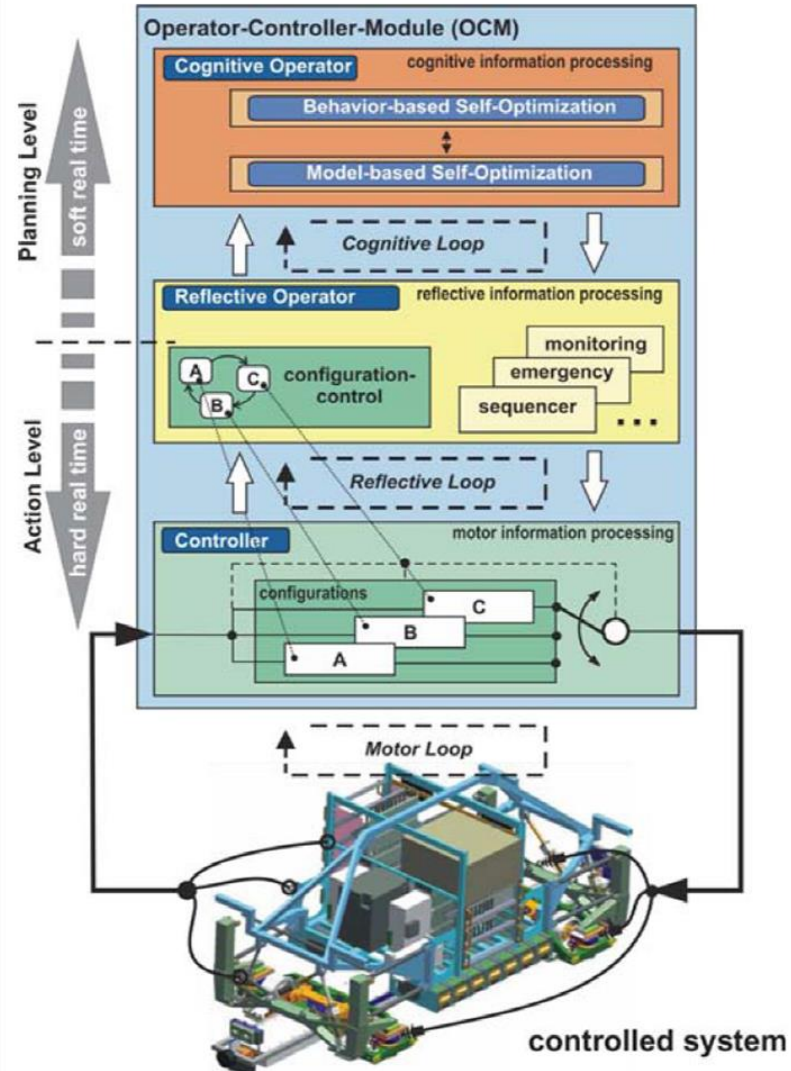
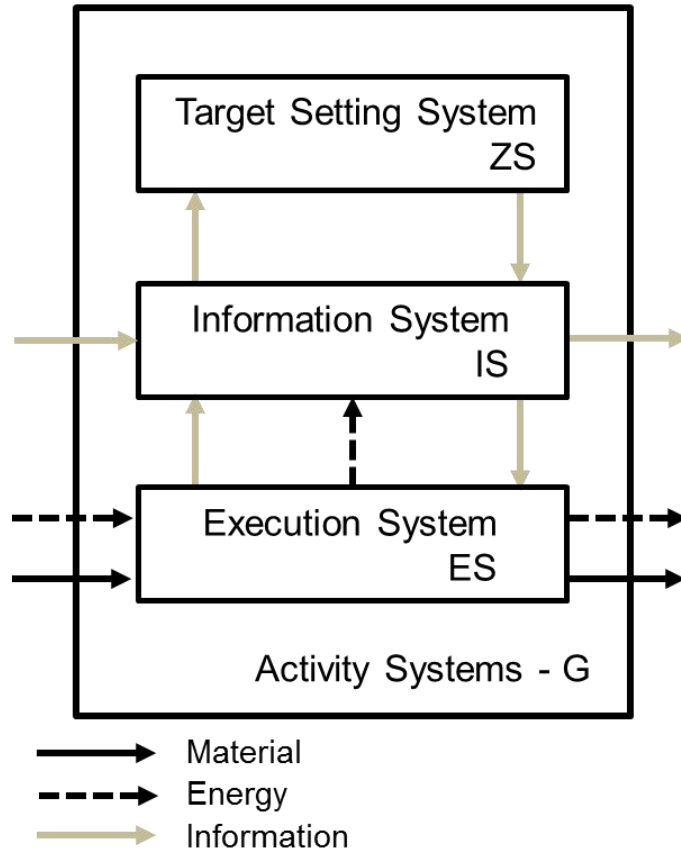
Smarte ORC Turbine



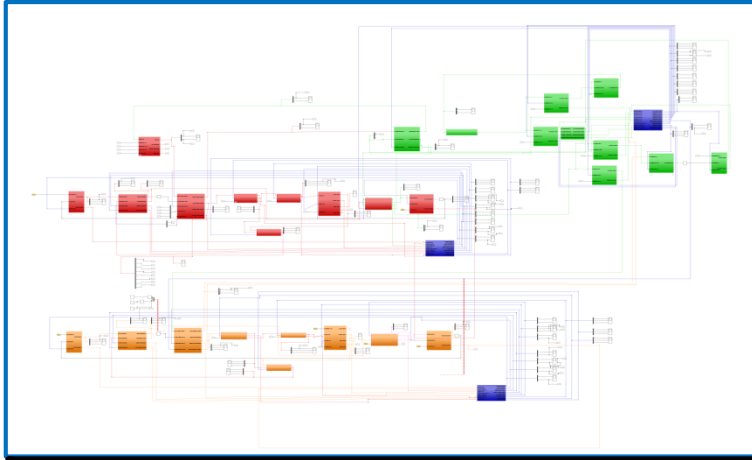
Anforderungen an ein smartes ORC System:

- Flexible Stromproduktion (und Wärmenutzung) aufgrund mehrerer effizienter Arbeitspunkte für unterschiedliche Wärmeprofile, Temperaturen und Strombedarfe
- Schneller Wechsel zwischen den Arbeitspunkten mit gesicherter (thermodynamischer) Systemstabilität
- Intelligentes Steuer-, Regel- und Planungskonzept mit Schnittstellen zur Energiemanagement- und Smart-Grid-Systemen (Systemfähigkeit)
- Modulares System mit vollständiger Automatisierung der Regelungs- und Wartungssysteme

Operator Controller Module



Exaktes, aber komplexes Modell



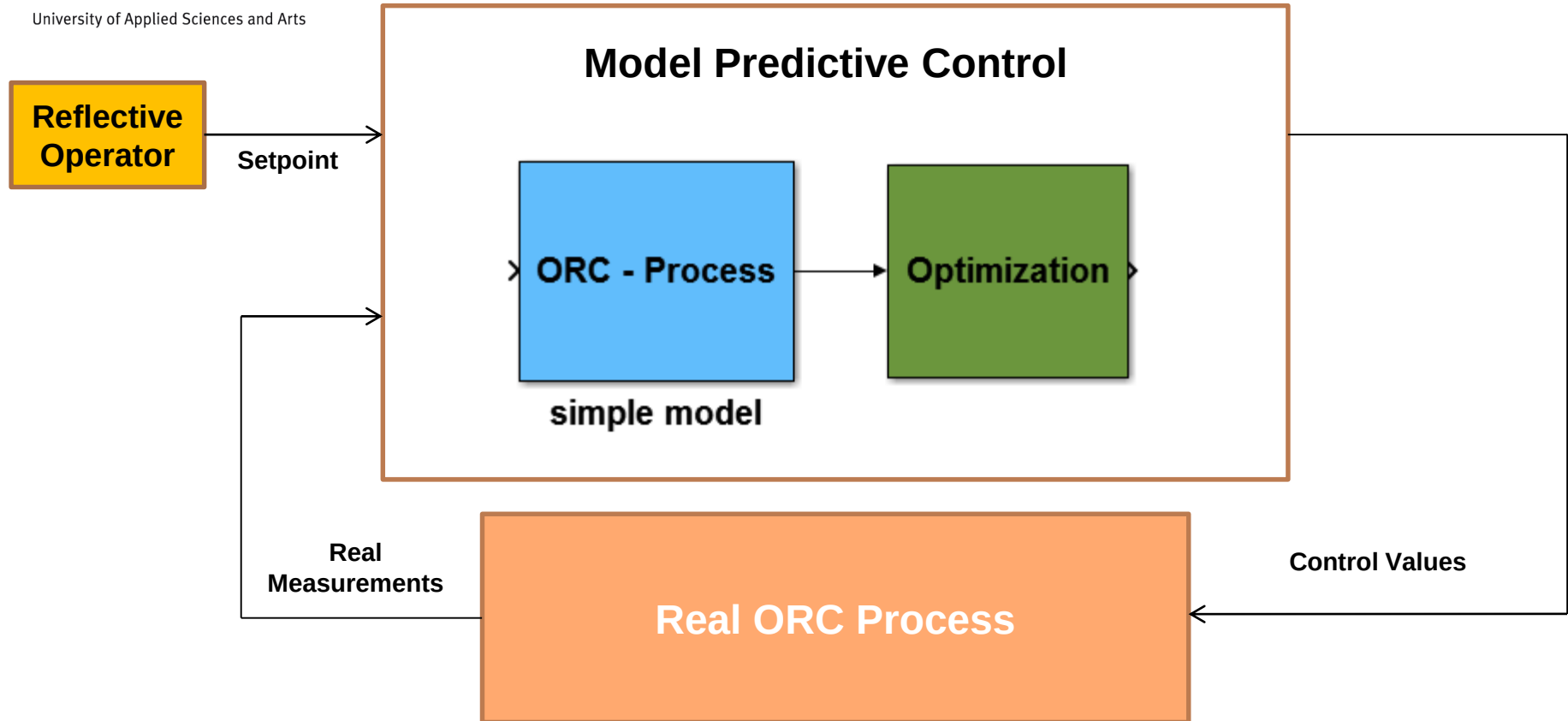
**vereinfachtes
Modell**

- Neuartiges System => wenig reale Messdaten verfügbar
- Stattdessen: genaues dynamisches Systemmodell

→ Simulation nahe an den erwarteten realen Werten

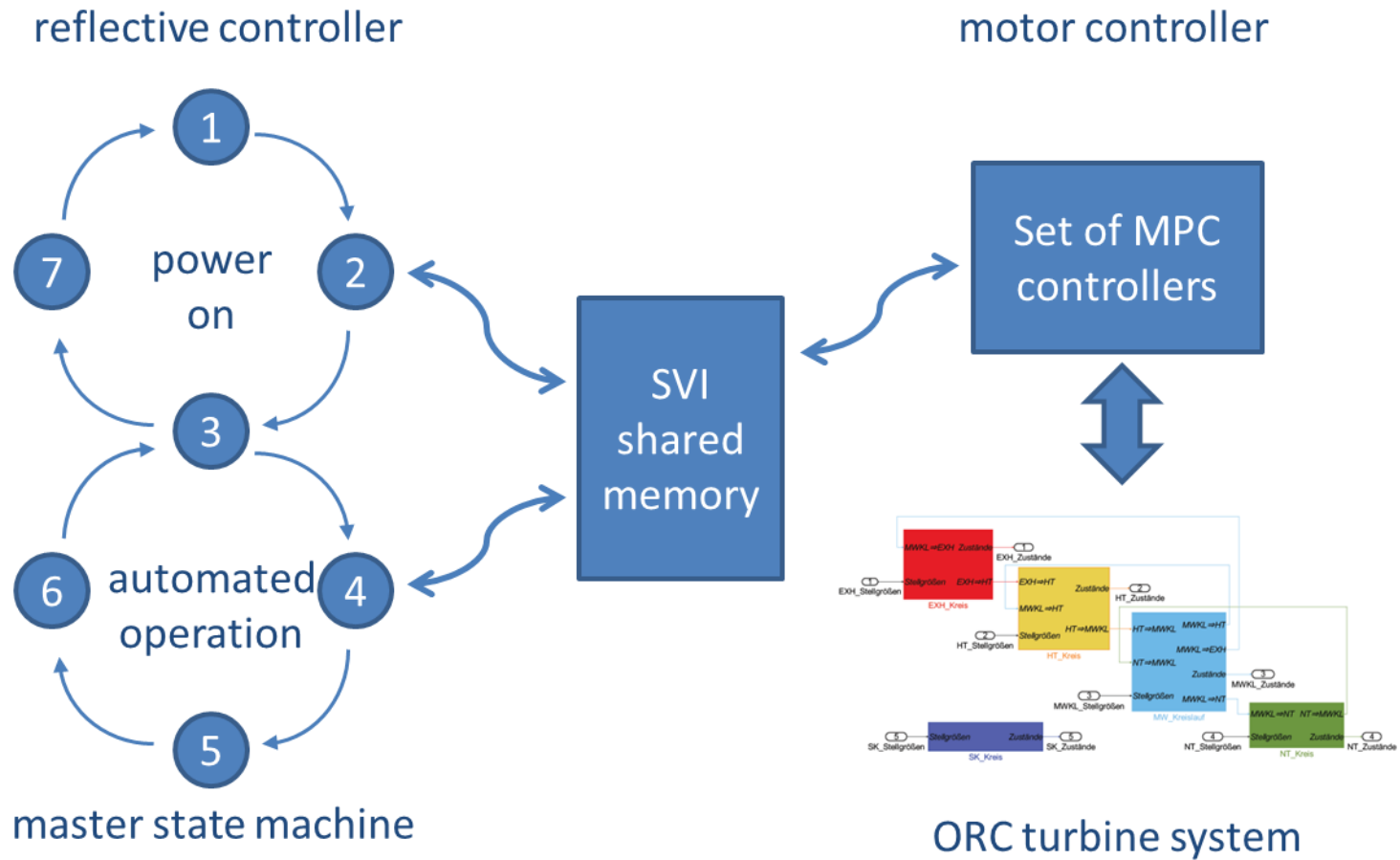
- Geringe Rechenleistung der SPS:
 - ▶ vereinfachtes Modell

Reglerentwicklung

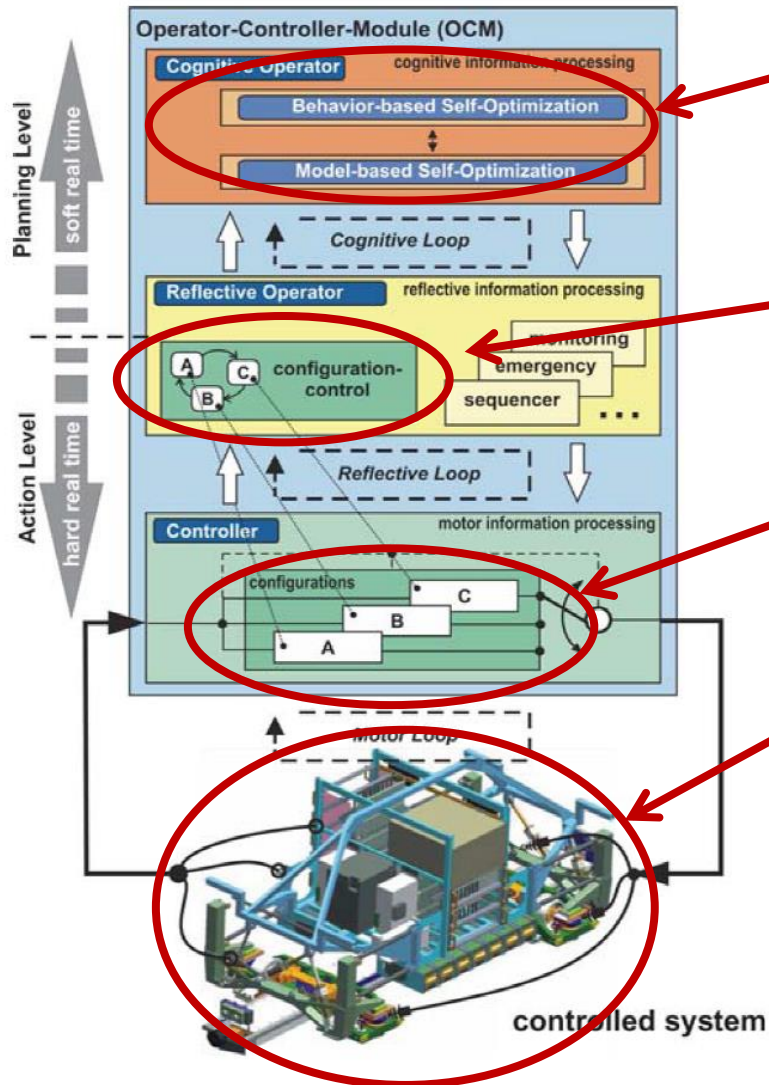


- **Strongly coupled nonlinear Multi Input Multi Output System**
 - ▶ Too complex for simple PID → Model Predictive Control (MPC)
- **MPC generates optimized control values based on simulation**

Operator Controller Module



“Smartification Process”



8. Möglichkeitsraum für Planungsebene

9. Schnittstellen für Planungsdaten

6. Rule Engine aufsetzen

7. Regeln für Arbeitspunktwechsel anlegen

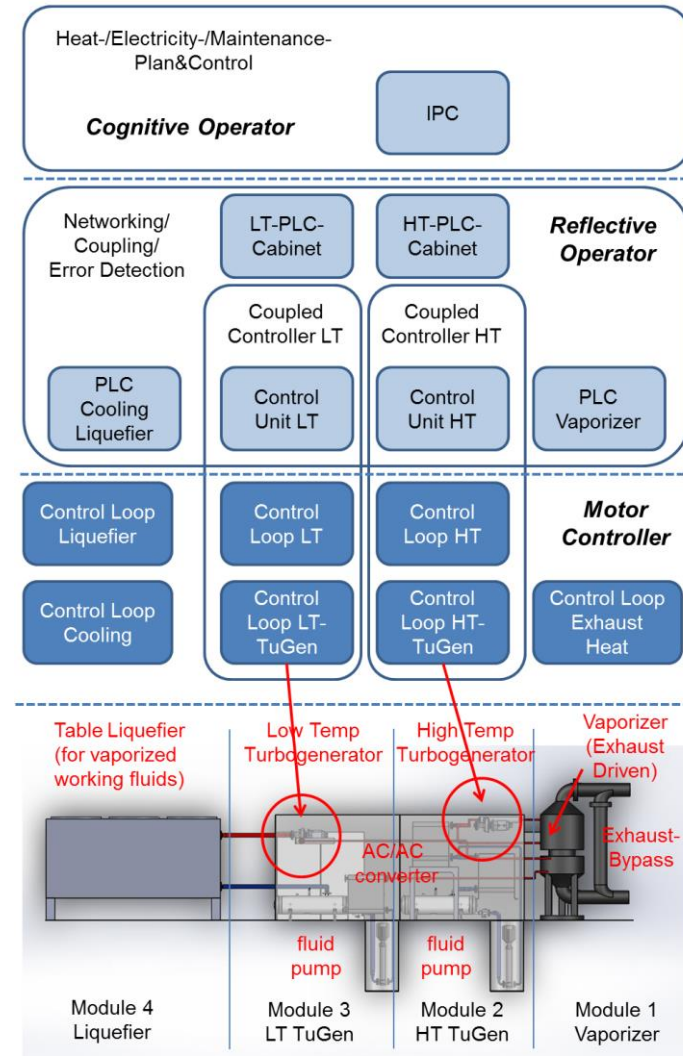
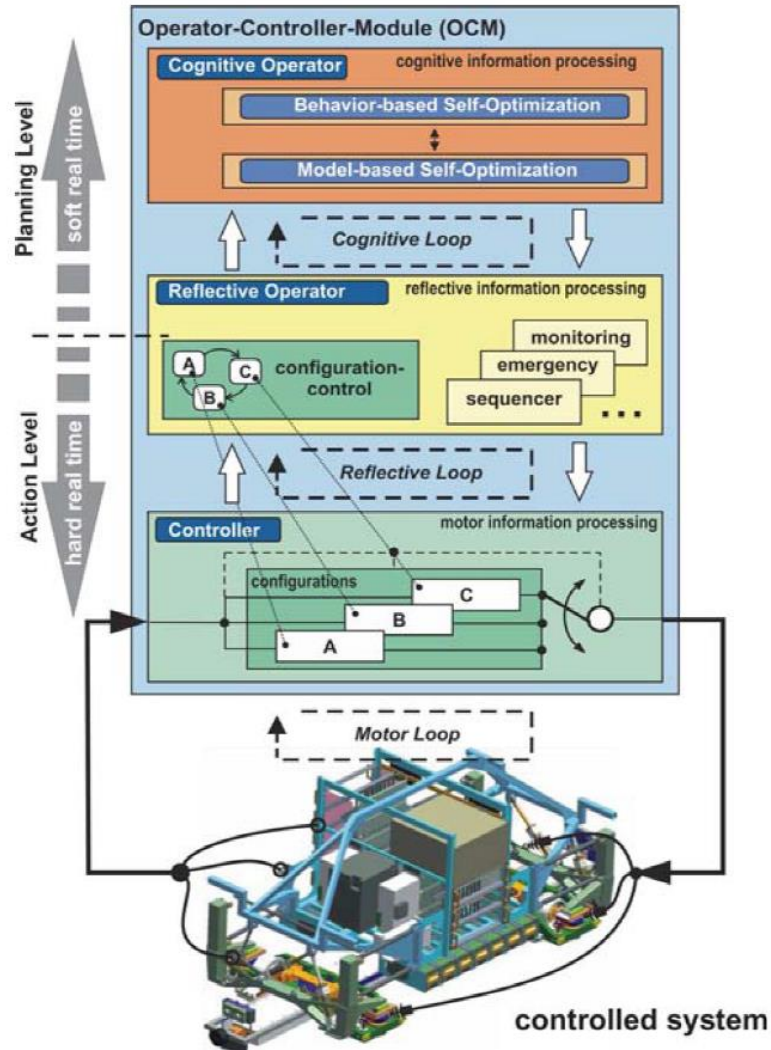
4. Regler auslegen

5. Rekonfiguration & Parametrierung einbauen

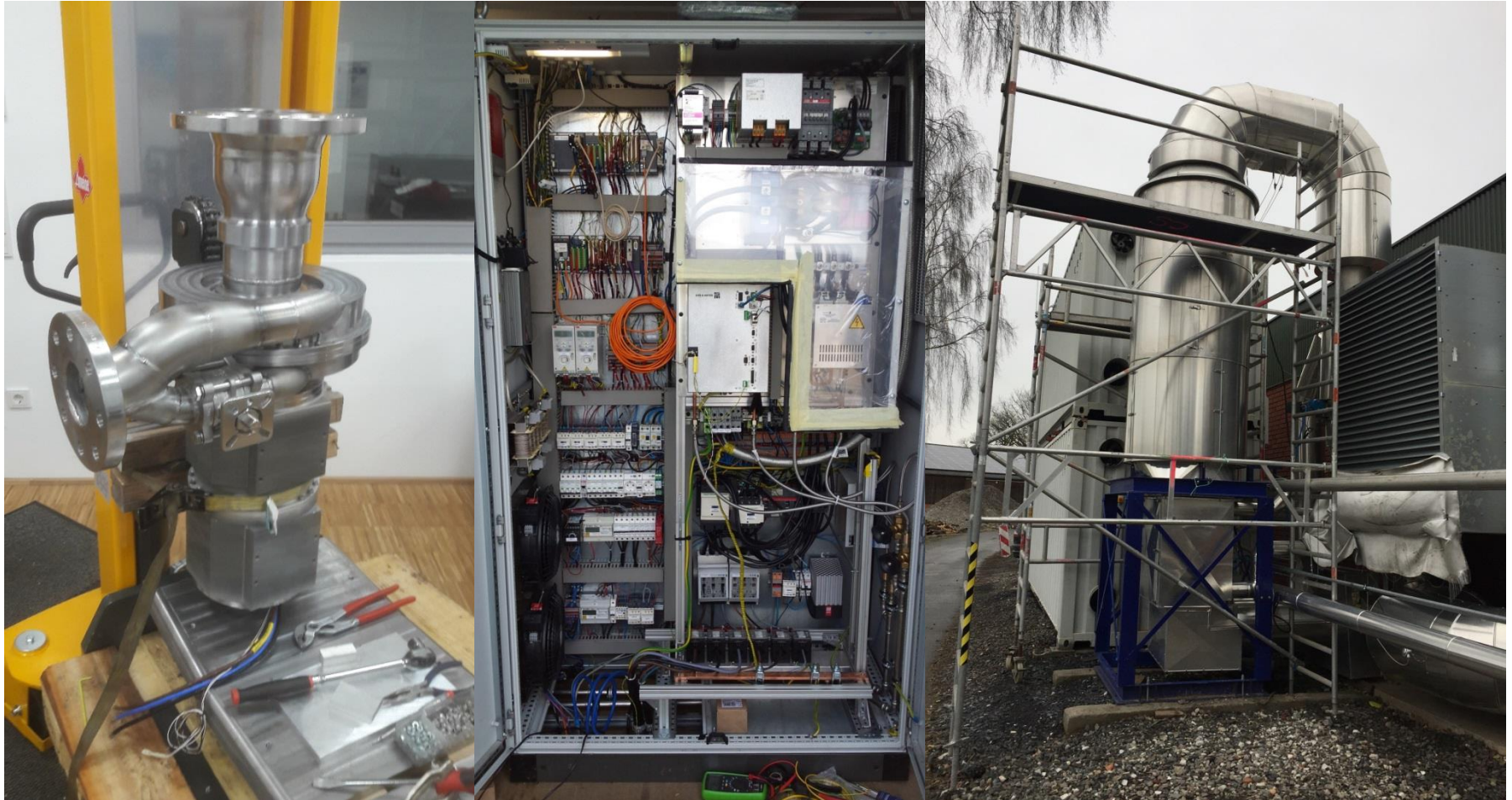
1. Physikalisch-technisches System mit Freiheitsgraden/Flexibilität

2. Systemmodell entwickeln

3. Aktuatoren & Sensoren hinzufügen



Demonstratoranlage



Ergebnisse und weitere Arbeiten:

- *Smarte ORC Turbinen* sind sinnvolle Elemente smarter Energiesysteme, e.g. regionaler Bioenergiesysteme
- Methodik des *Mechatronics Systems Engineering* liefert die Werkzeuge zur “*Smartification*” von Energieerzeugungssystemen (wie ORC Turbinen)
- Der physikalische Prozess muss flexibel und regelbar gestaltet werden => Notwendigkeit von mathematischen Systemmodellen
- Operator Controller Module (OCM) liefert eine gute Rahmenarchitektur für smarte Systeme

- Nächste Schritte: Erprobung der ORC Anlage Bergkamen
- Nächste Schritte: Formalisierung des “*Smartification Process*” als Teil der Systems Engineering Methodik
- Nächste Schritte: Werkzeugunterstützung

Ergebnisse und weitere Arbeiten:

- *Regelbare Biogasanlagen* sind ein sinnvolles Element für Bioenergiesysteme
- Regelung ist aufgrund des unzureichenden Streckenmodells (Gärprozess) und der mangelhaften Online-Messtechnik schwierig
- Elektromechanische Lösung für Messvorgang ist wichtige Voraussetzung für weitere Schritte
- OCM dient als Rahmen für eine Regelbarkeit in Biogasanlagen
- Nächster Schritt: Einsatz weiterer Sensoren (z.B. NIRS) und Langzeittest in einer Biogasanlage
- Nächster Schritt: Formalisierung und Werkzeugunterstützung für den „Smartification Process“