

Dynamische Simulationsumgebung für ORC-Prozesse

Schweizer ORC-Symposium 2014

Adrian Rettig, Ulf Christian Müller

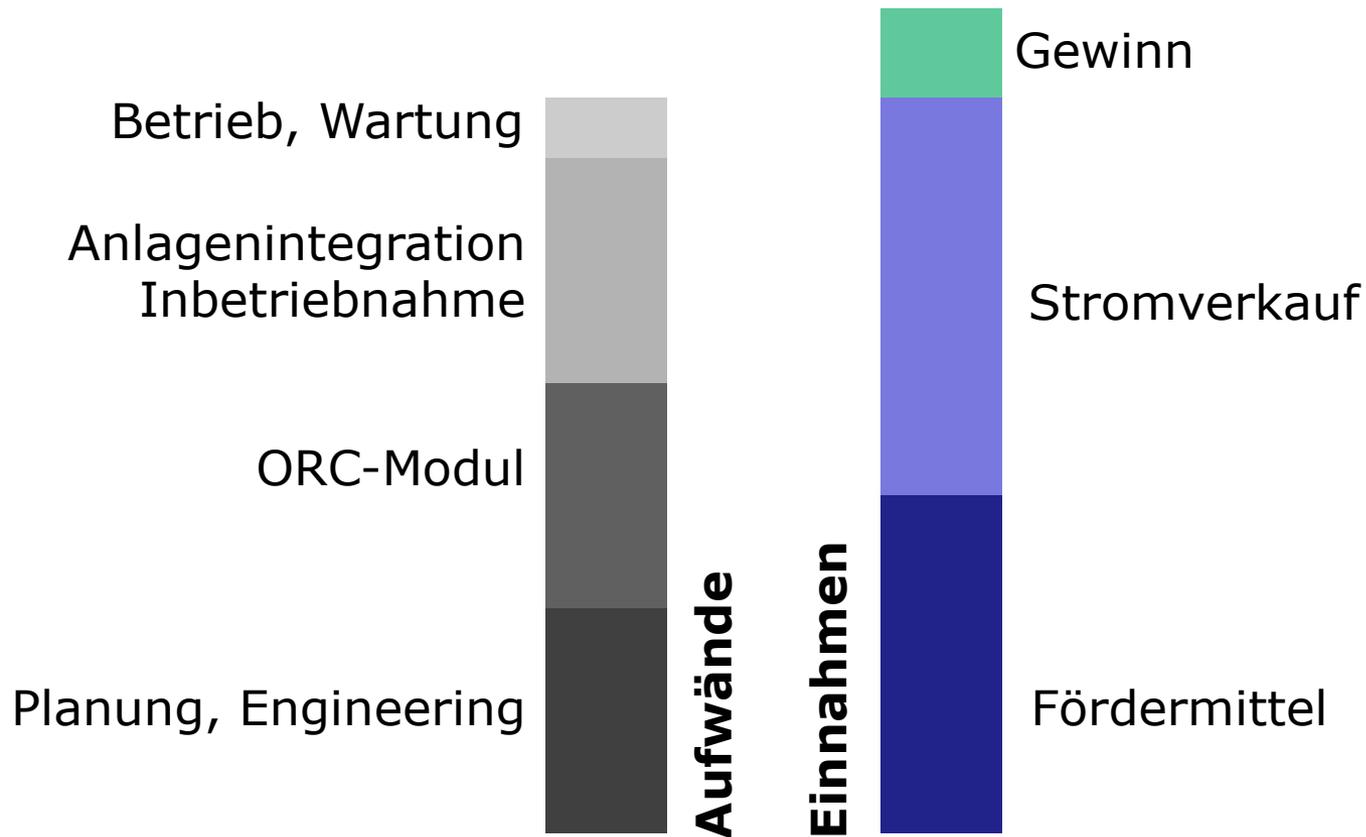
Inhalt

- Ausgangslage
- Physikalisch basierte Rechenmodelle
- Anwendungsbeispiele
- Ausblick

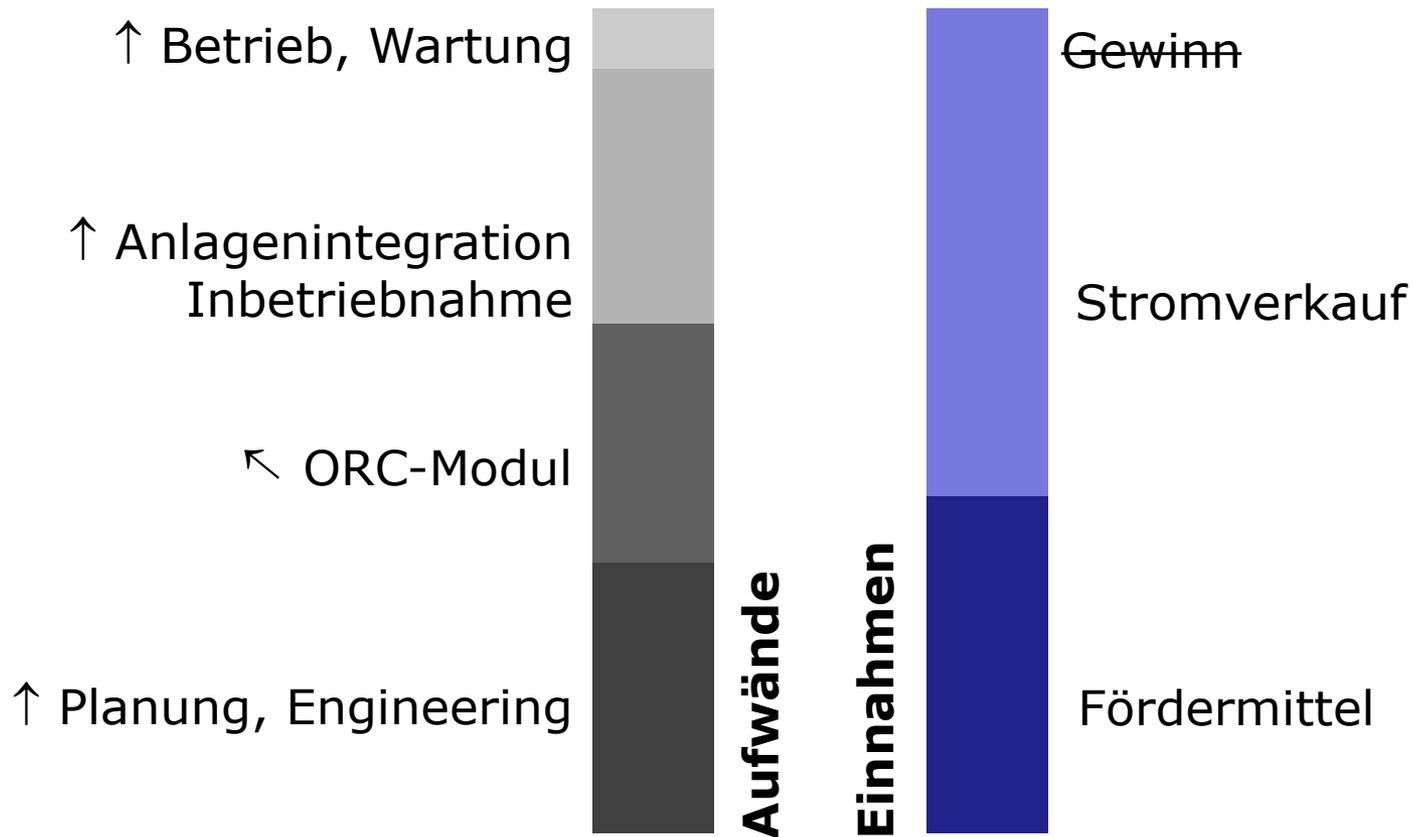
Ausgangslage

- Rund 10 ORC-Anlagen in Betrieb
- Hart an der Grenze zur Wirtschaftlichkeit
- Förderinstrumente
 - KEV für Erneuerbare Energien
 - Wettbewerbliche Ausschreibung für ind. Abwärmenutzung
- Wo liegt das Problem?

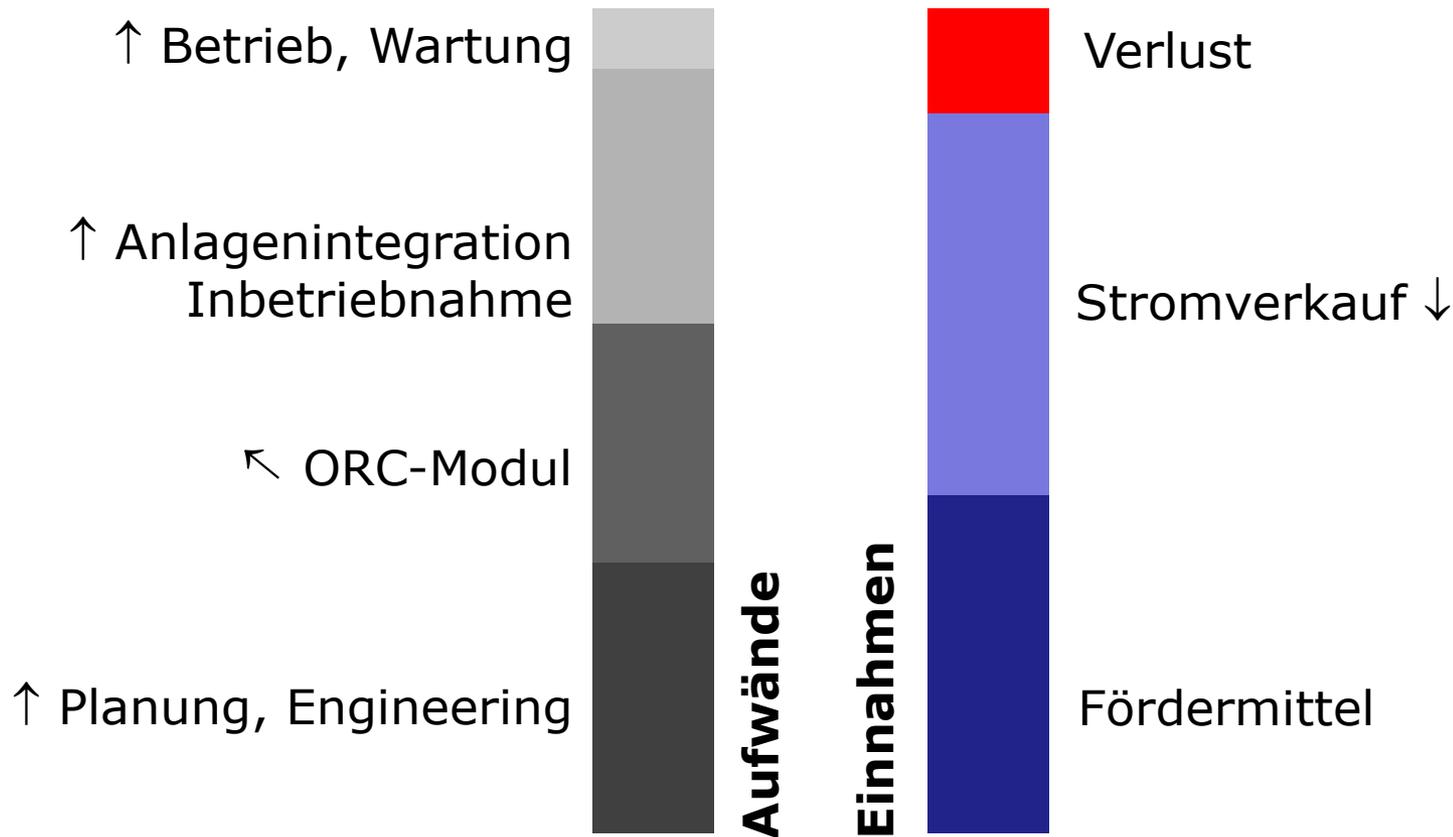
Planung



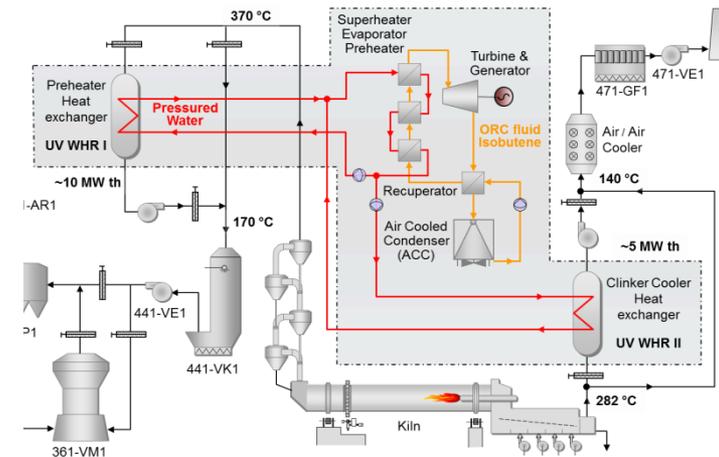
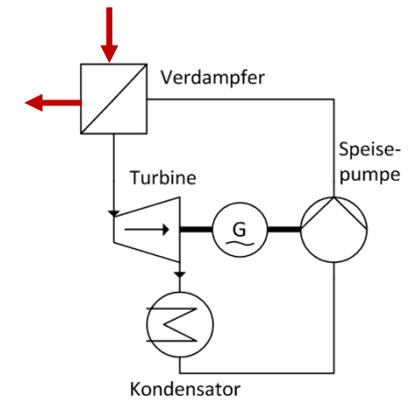
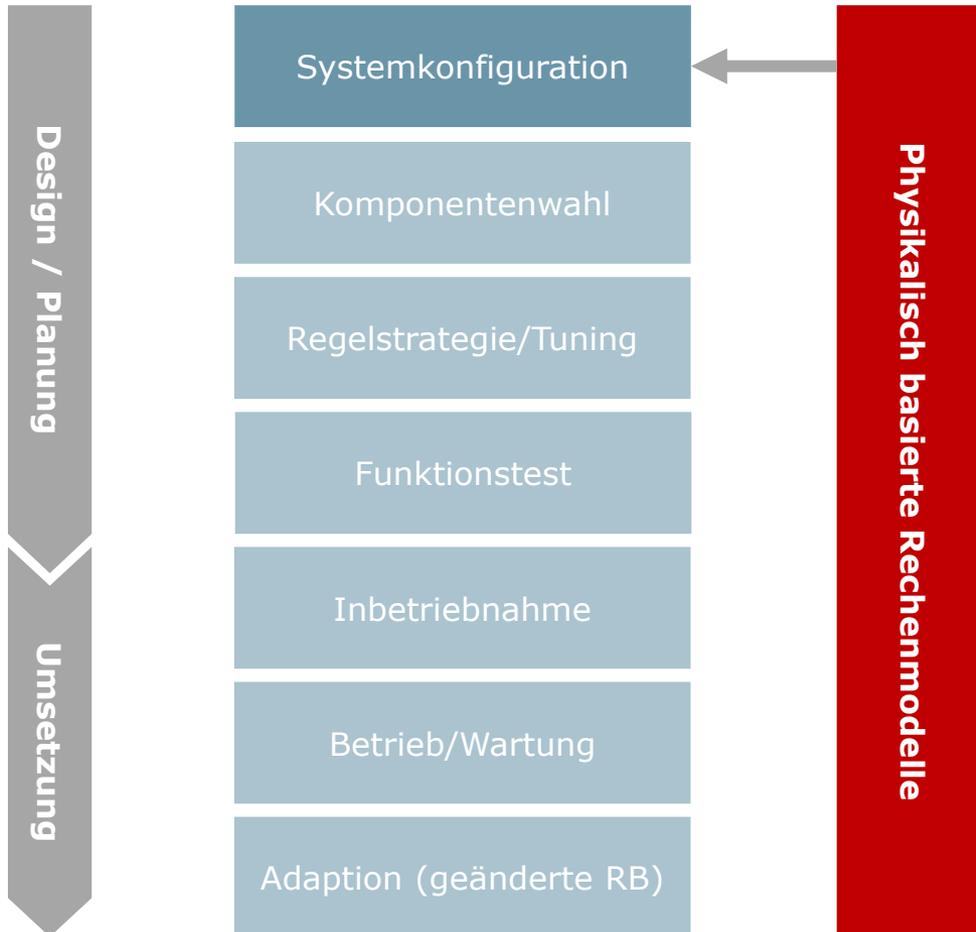
Realität



Realität

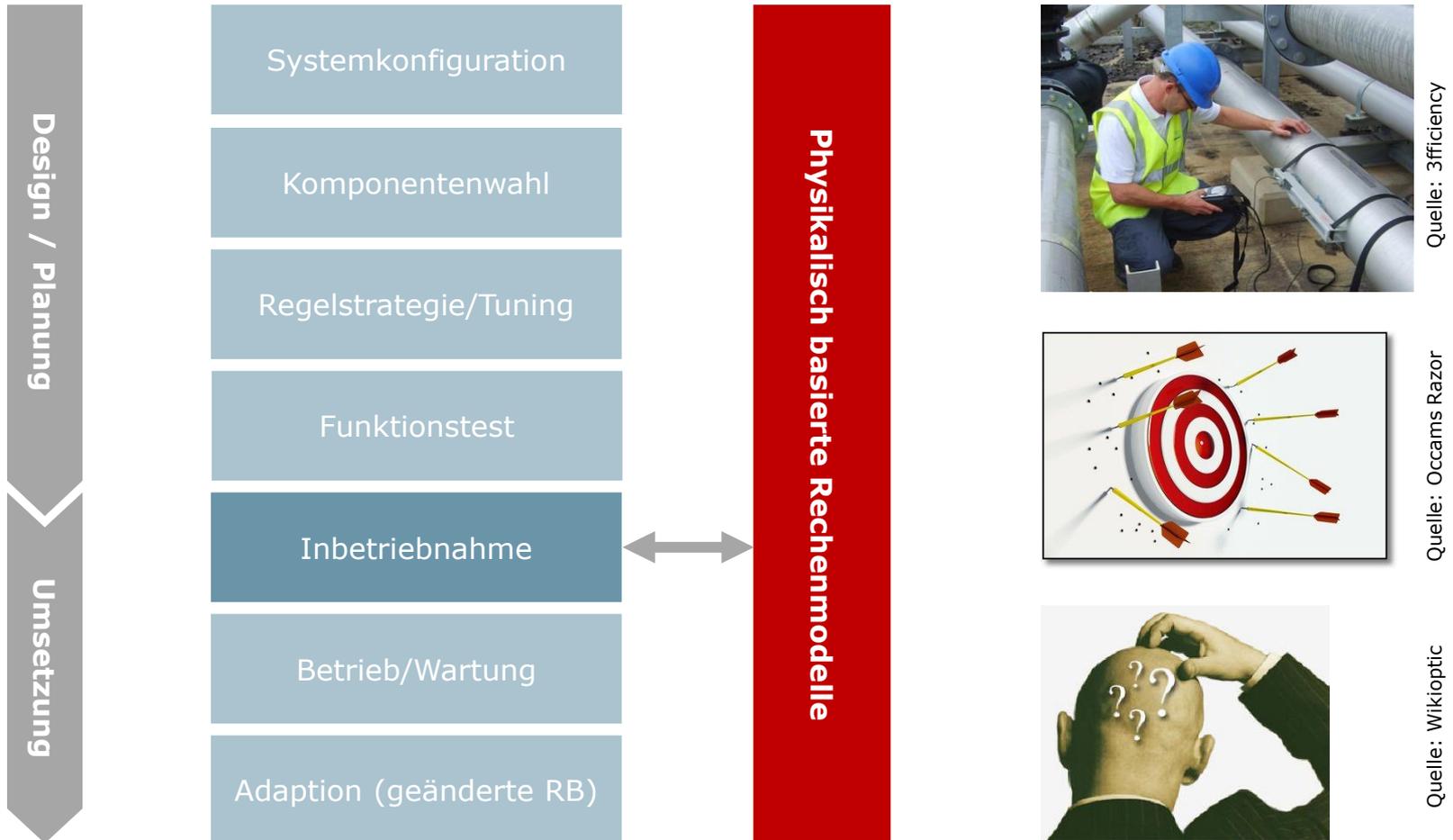


Einsatz physikalisch basierter Rechenmodelle

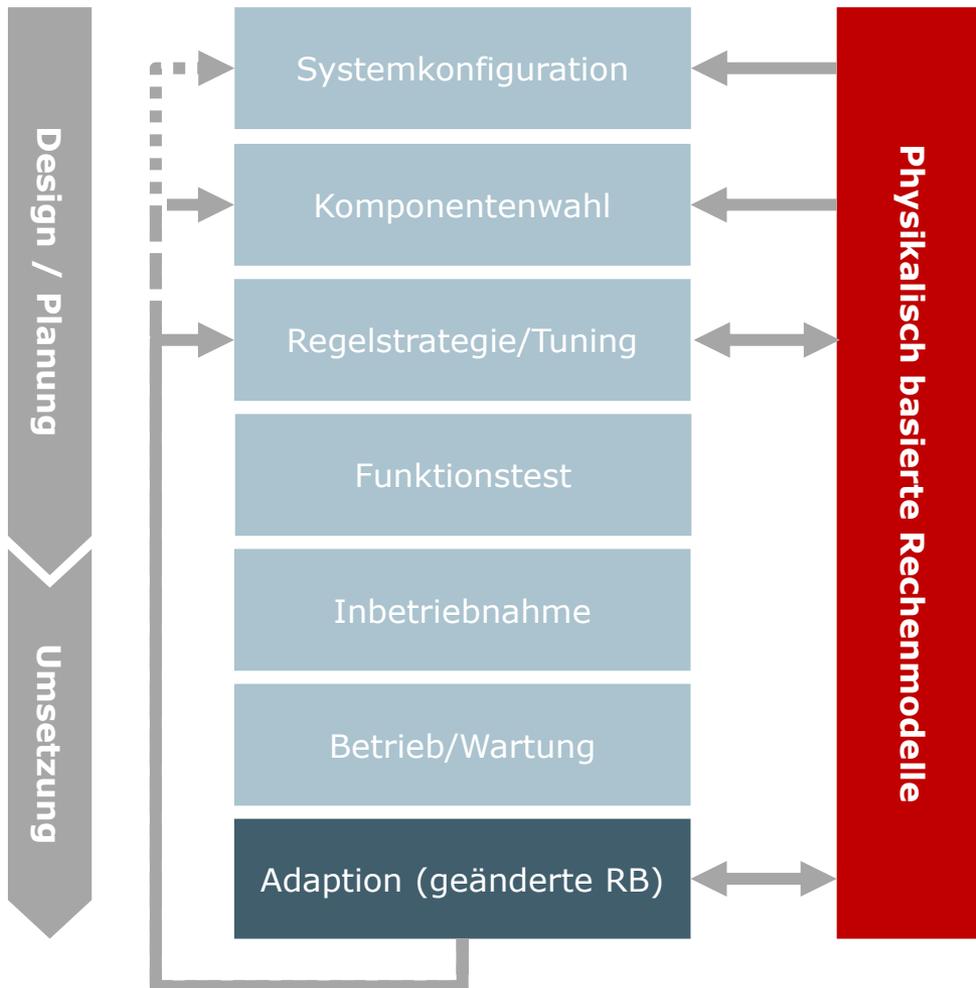


Quelle: Holcim

Einsatz physikalisch basierter Rechenmodelle



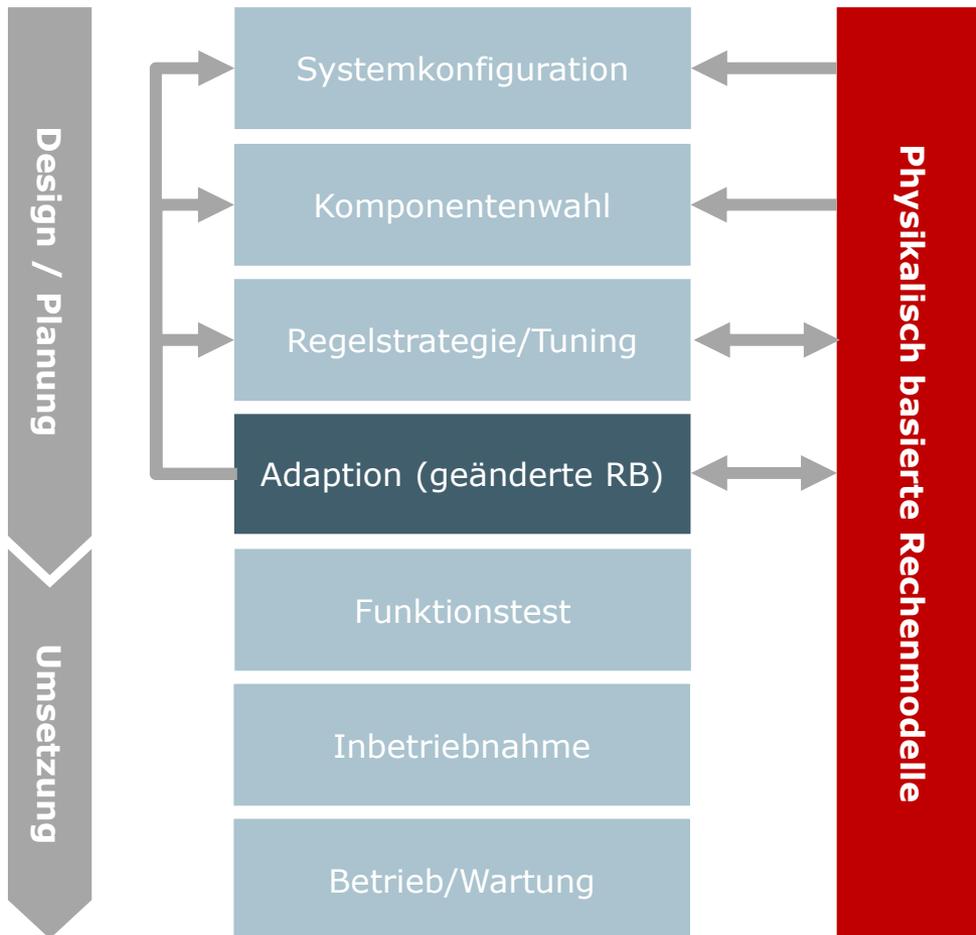
Einsatz physikalisch basierter Rechenmodelle



Suboptimal!

- Eingeschränkter H.spielraum
- Viele Randbedingungen vorgegeben

Einsatz physikalisch basierter Rechenmodelle

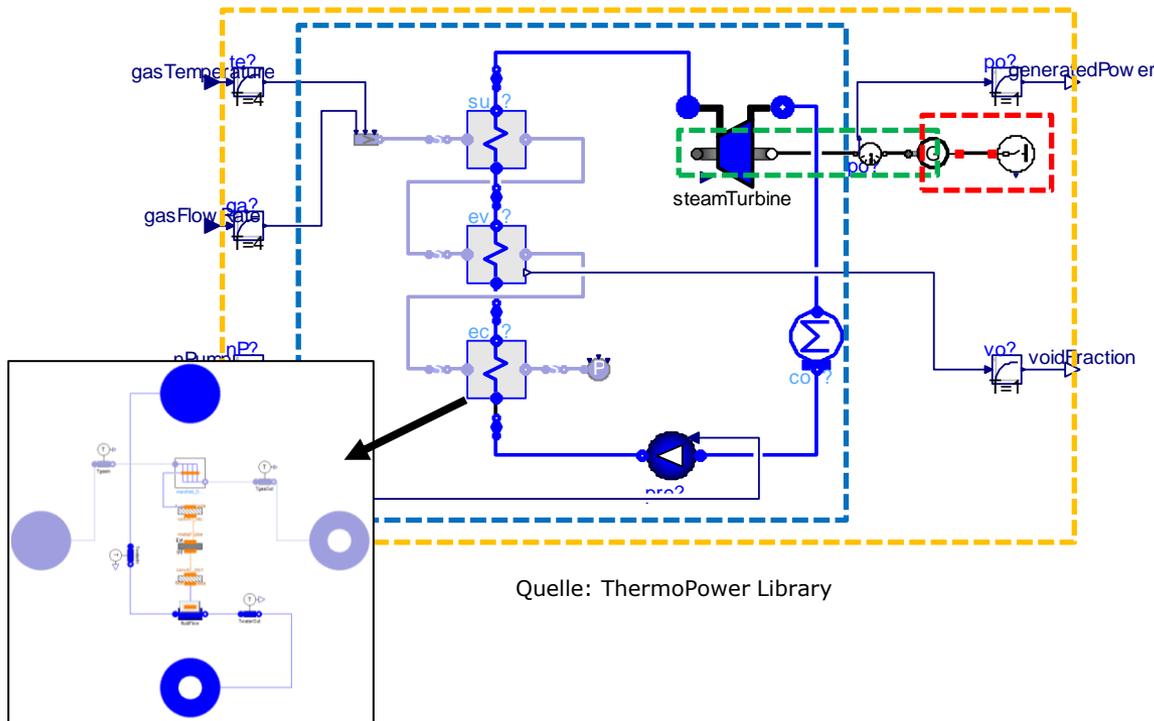


Vorteilhaft!

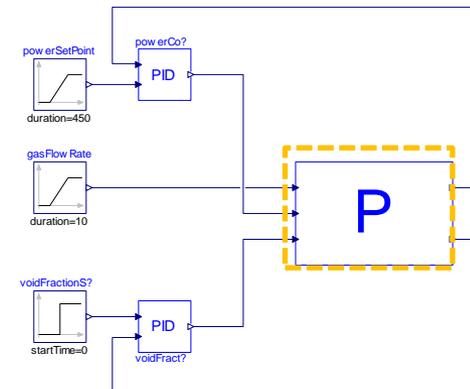
- Antizipation versch. Szenarien
- Einfacherer Eingriff in Design-/Planungsphase

Modelica als flexible Simulationsplattform

- Objektorientierte Modellierungssprache
- Multi-Domain



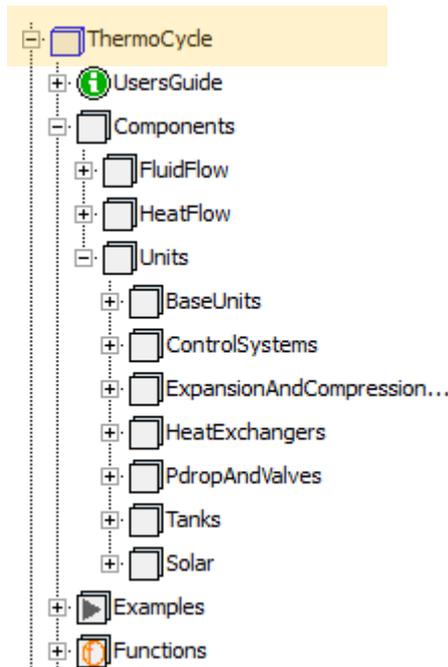
Thermo-Fluid Domain
Mechanical Domain
Electrical Domain
Modular, hierarchisch



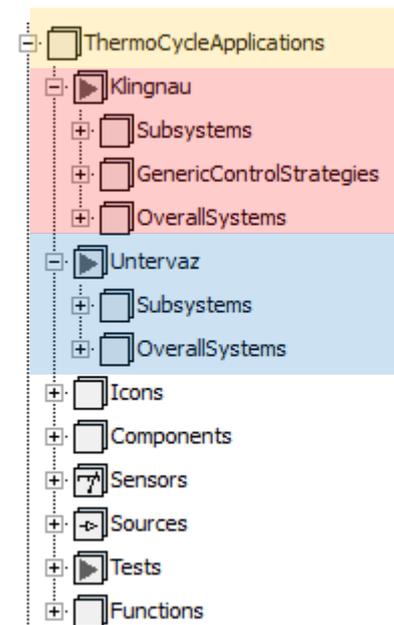
Modellierung von verschiedenen Referenzanlagen

- Basis ThermoCycle-Bibliothek der Universität Liège
- Ziel: Datenbank validierter Anlagen(-komponenten)

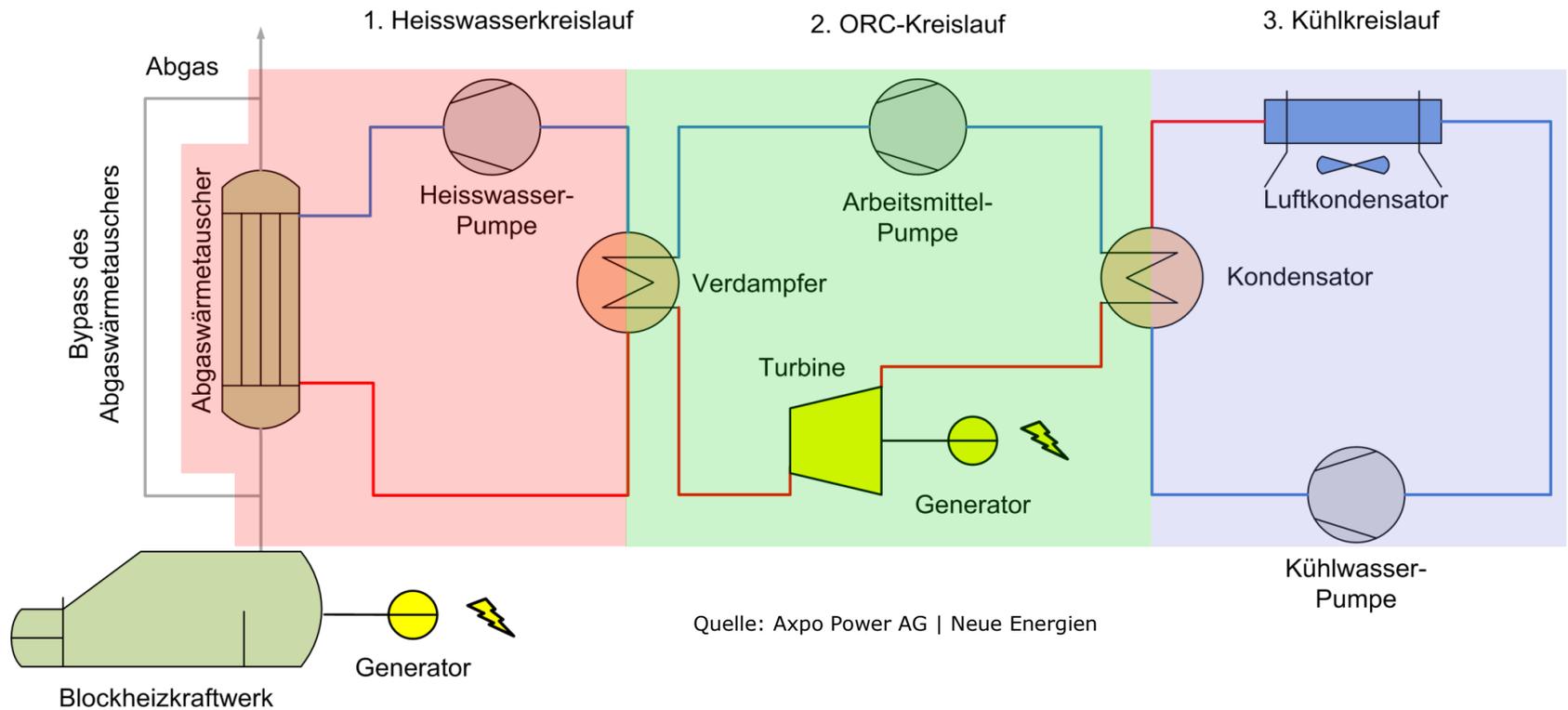
ThermoCycle



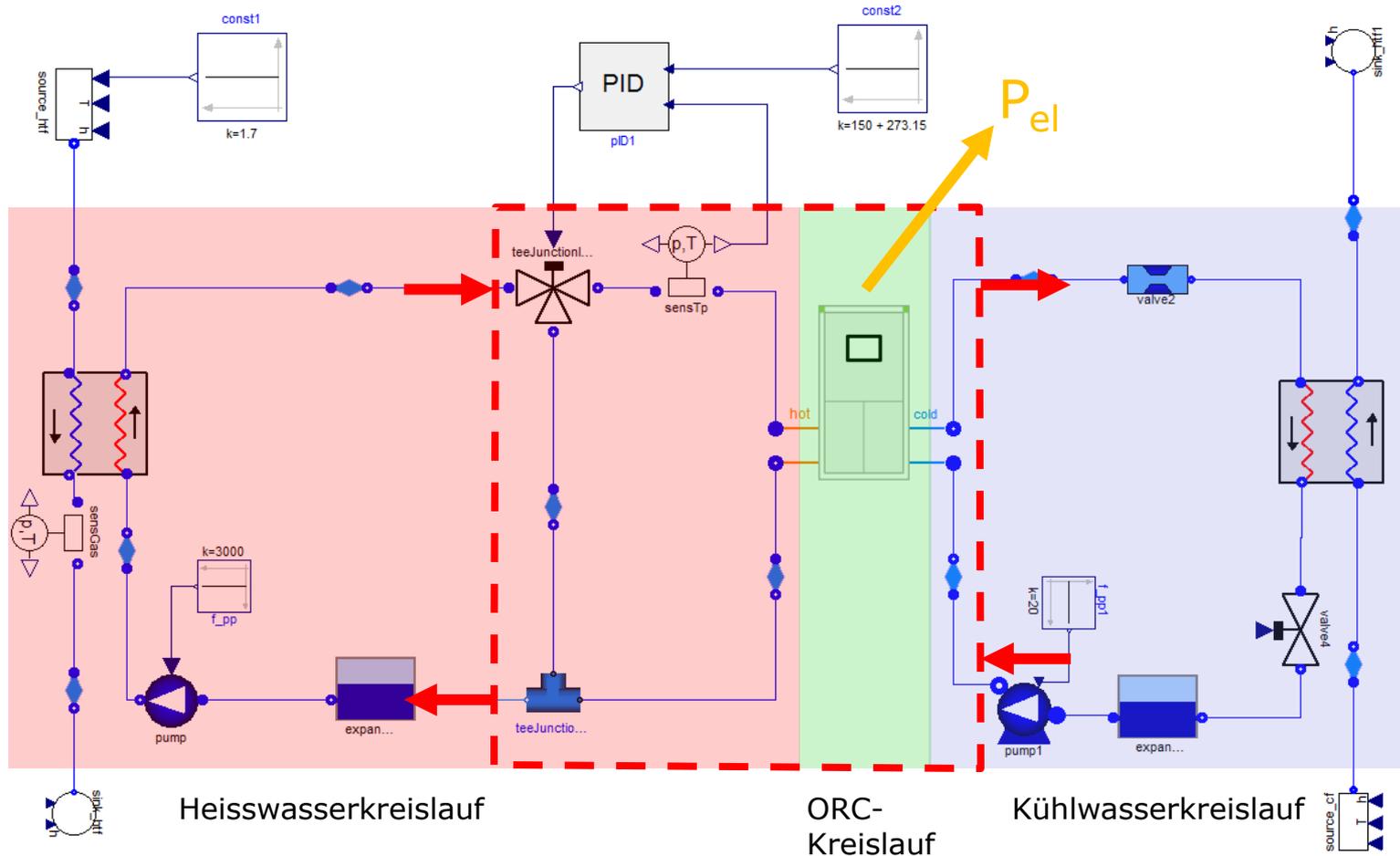
ThermoCycleApplications



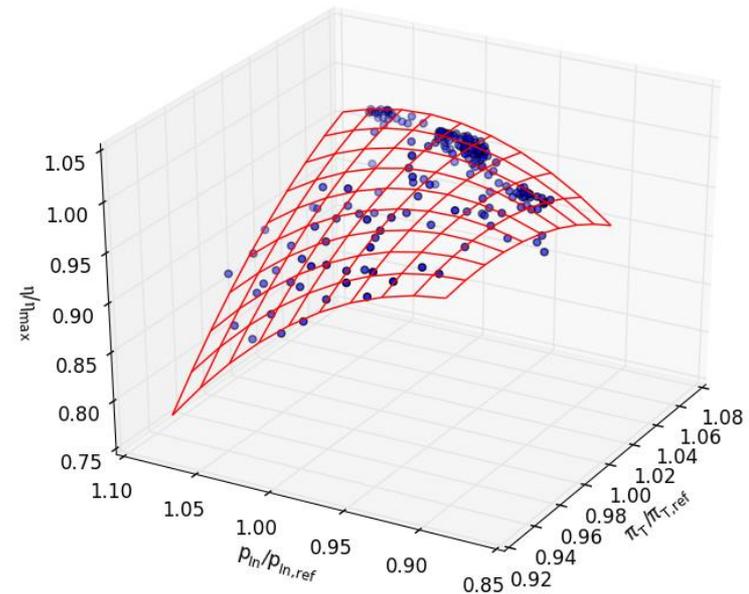
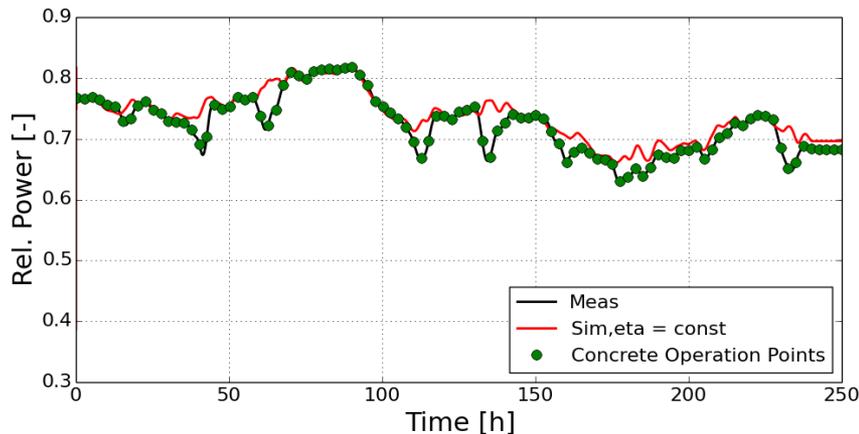
Beispiel Biogas-BHKW



Modellierung mit ThermoCycle (Gesamtsystem)

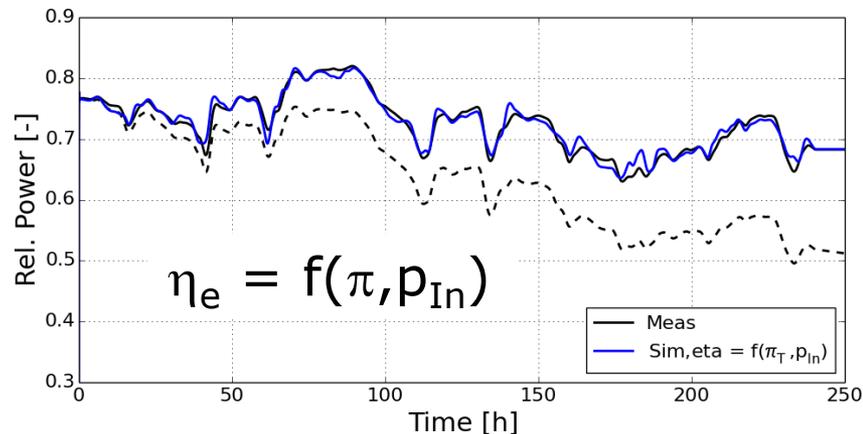
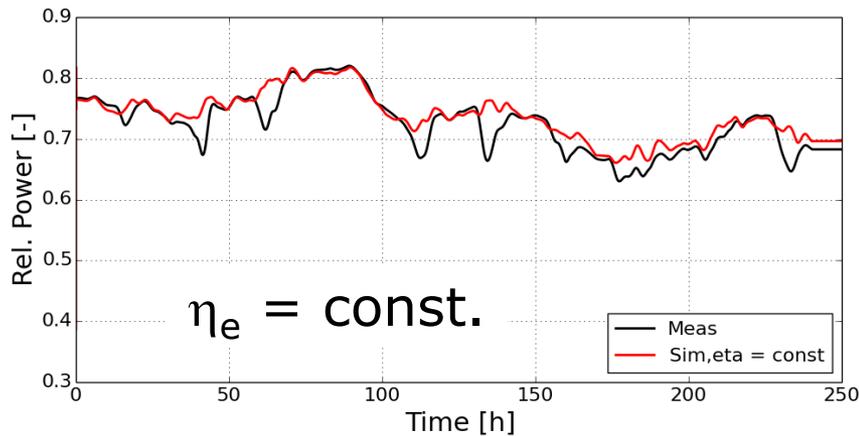


Ergebnis mit konst. Expanderwirkungsgrad



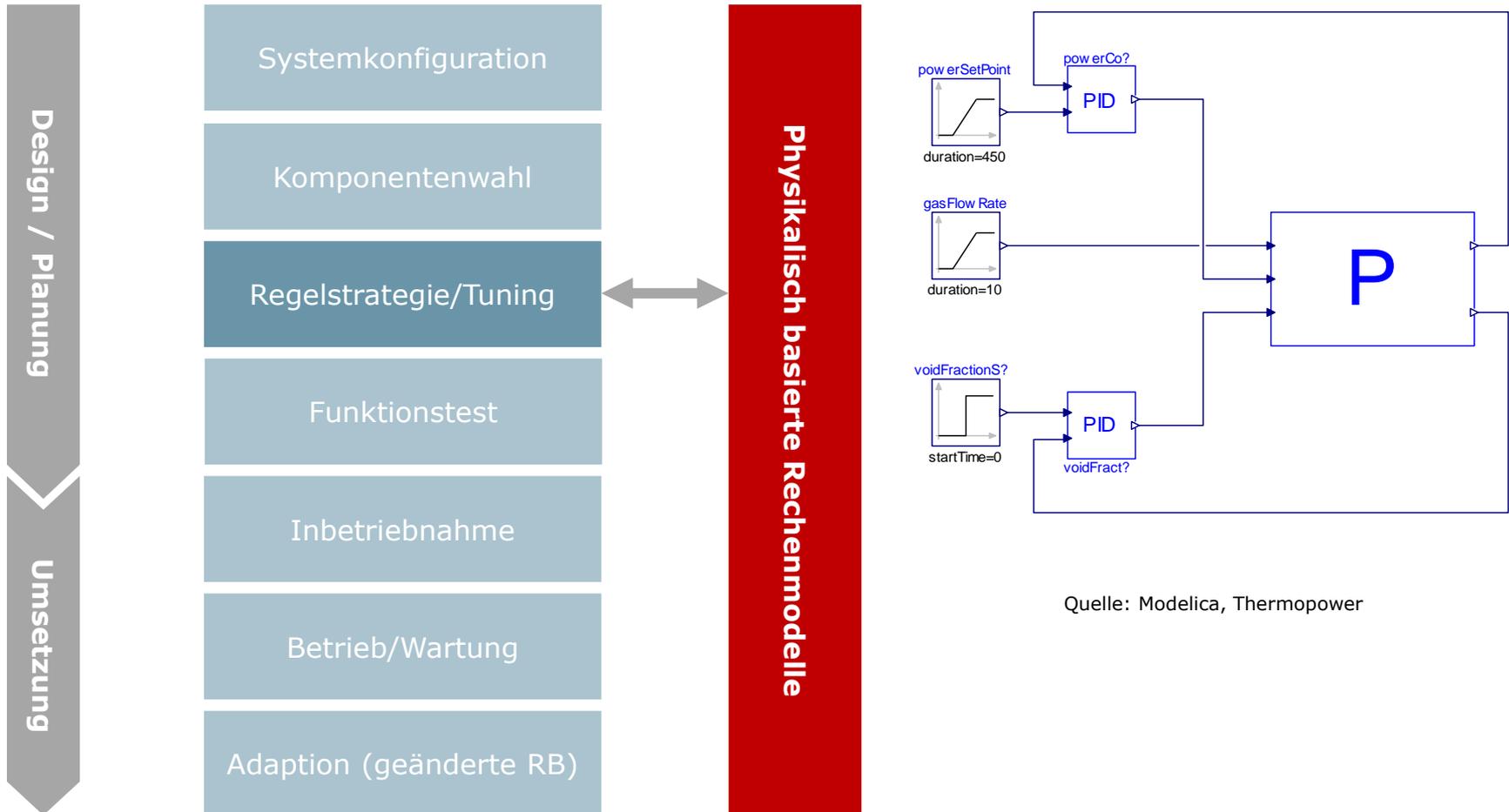
- Set von konkreten Betriebspunkten
- Stationäre Rechnungen
- Expanderwirkungsgrad anpassen bis Leistung korrekt
- Expanderkennfeld erstellen

Bessere Wiedergabe mit Hilfe von Wirkungsgradcharakteristik



- Kalibrierte Modelle für
- Ertragsprognosen
 - Monitoring
 - «Ursachenforschung»

Testen verschiedener Regelkonzepte



Vergleich verschiedener Regelkonzepte

Konzept 1

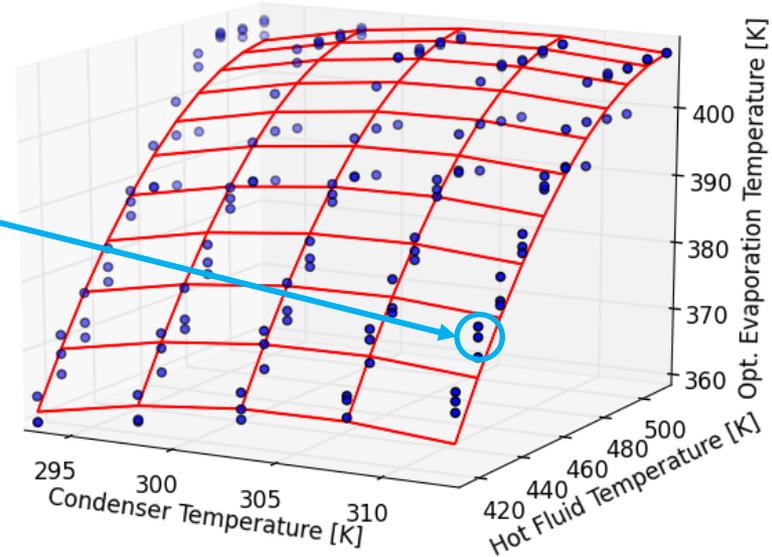
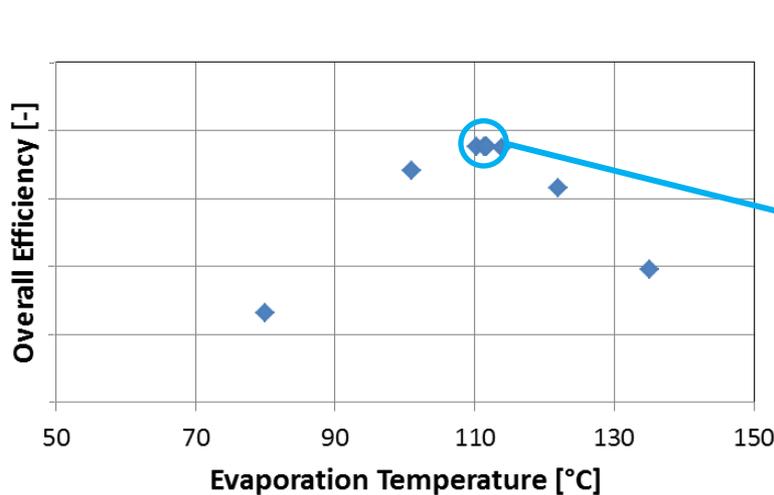
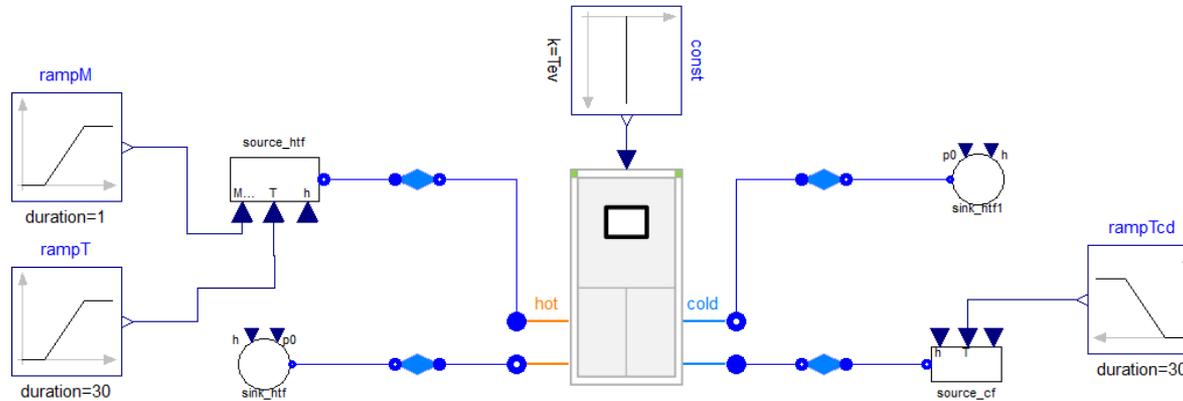
- Konstante Verdampfertemperatur T_{ev} (130 °C)

Konzept 2

- Analog Untersuchung Liège [1]
- T_{ev} anpassen, so dass optimaler Gesamtwirkungsgrad
- Wie muss T_{ev} vorgegeben werden?

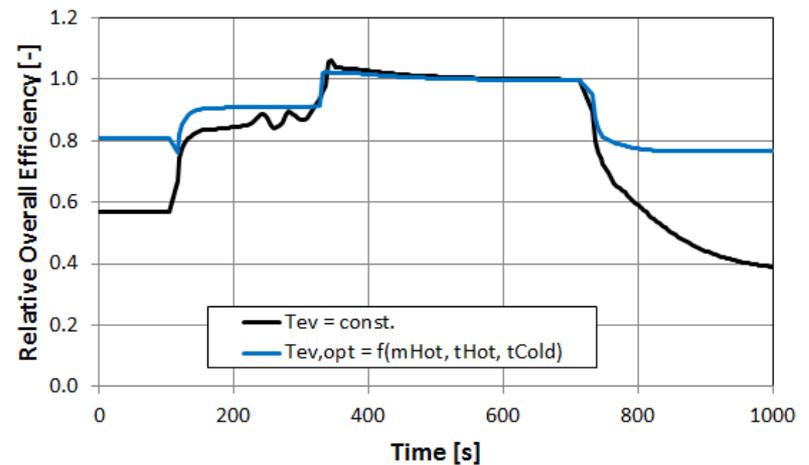
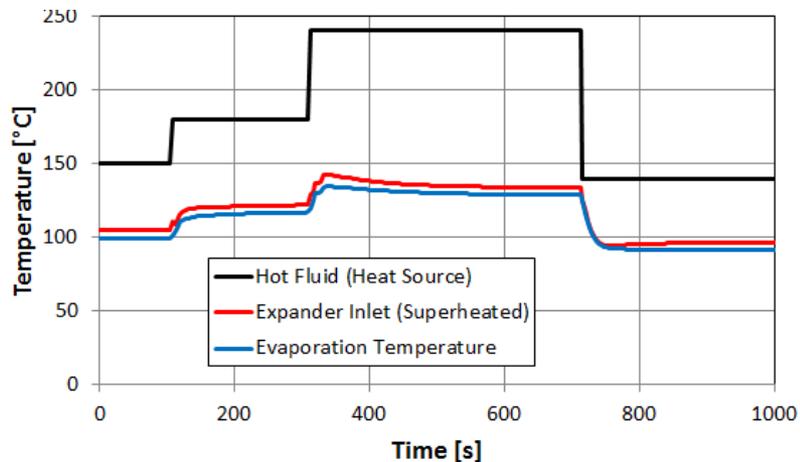
[1] Dynamic modeling and optimal control strategy of waste heat recovery Organic Rankine Cycles, S. Quoilin, R. Aumann, A. Grill, A. Schuster, V. Lemort, H. Spliethoff, Applied Energy, Volume 88, Issue 6, June 2011

Regelkonzept 2 (Optimierungsschritt)



Vergleich Regelkonzept 1 & 2

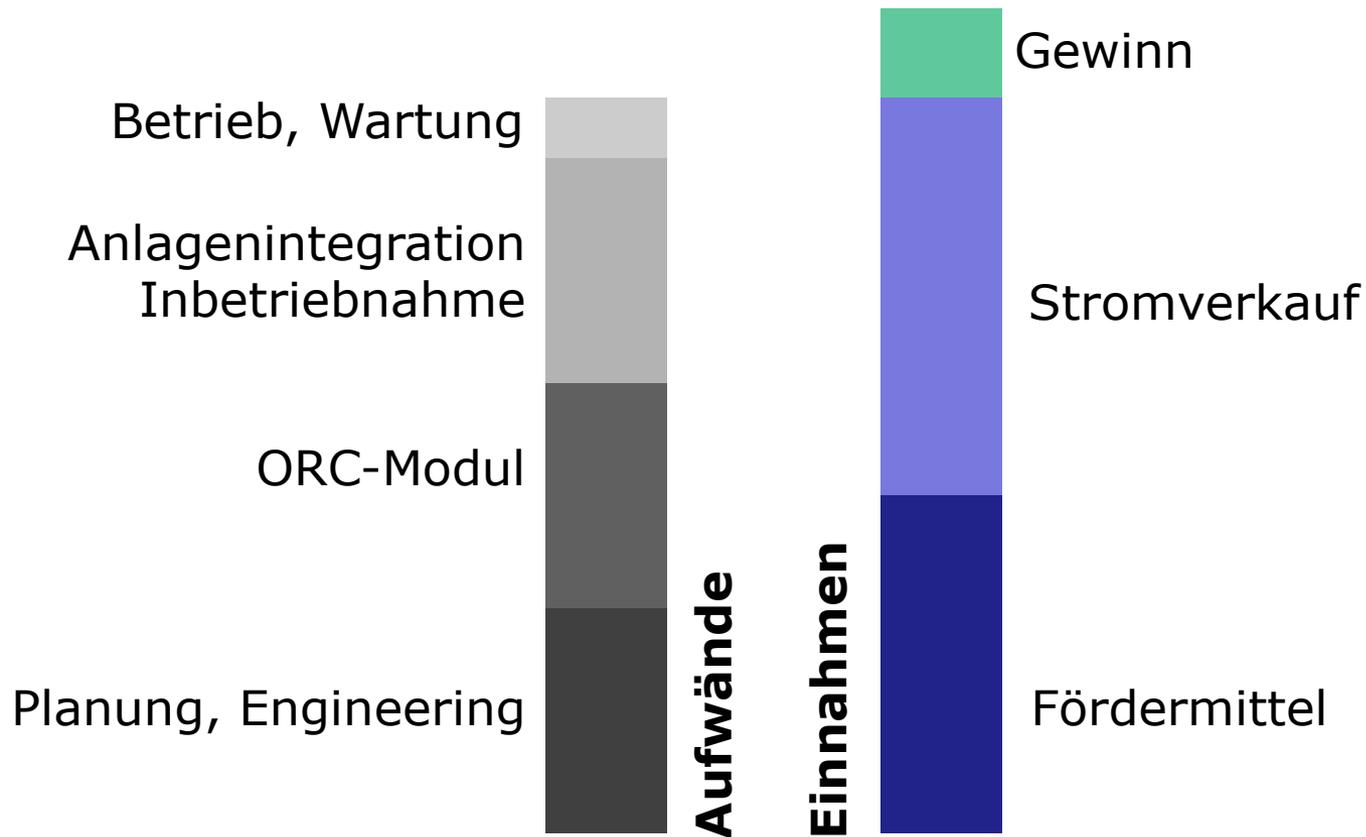
- Konzept 2: T_{ev} ändert in Abhängigkeit der Randbedingungen
- Konzept 2 vs. 1: Verbesserte Teillastwirkungsgrade



Fazit

- Simulationsumgebung zur Analyse von Anlagen funktioniert
- Nutzbar als virtueller Prüfstand
- Einsatzbreite und Leistungsfähigkeit steigt mit der Abbildung weiterer Komponenten & Konfigurationen
- Wichtiger Baustein zur wirtschaftlichen Abwärmennutzung

Ausblick



Ausblick

