

BETRIEBSOPTIMIERUNG +

Wie gekoppelte Optimierungsansätze

Flexibilität aufzeigen & Effizienzpotentiale nutzbar machen

Sophie KNÖTTNER (AIT), Anton BECK (AIT), Daniel HALMSCHLAGER (TU Wien), René HOFMANN (TU Wien)

19. November 2020

Webinar "*Dekarbonisierung der Industrie*"

Betriebsoptimierung neu gedacht! – Nutzung sämtlicher Abwärmepotentiale und Flexibilitäten



Herausforderungen für die Industrie



Beitrag zu den Klimazielen

- » Energie einsparen
- » Emissionen reduzieren
- » Effizienz erhöhen

EFFIZIENZ

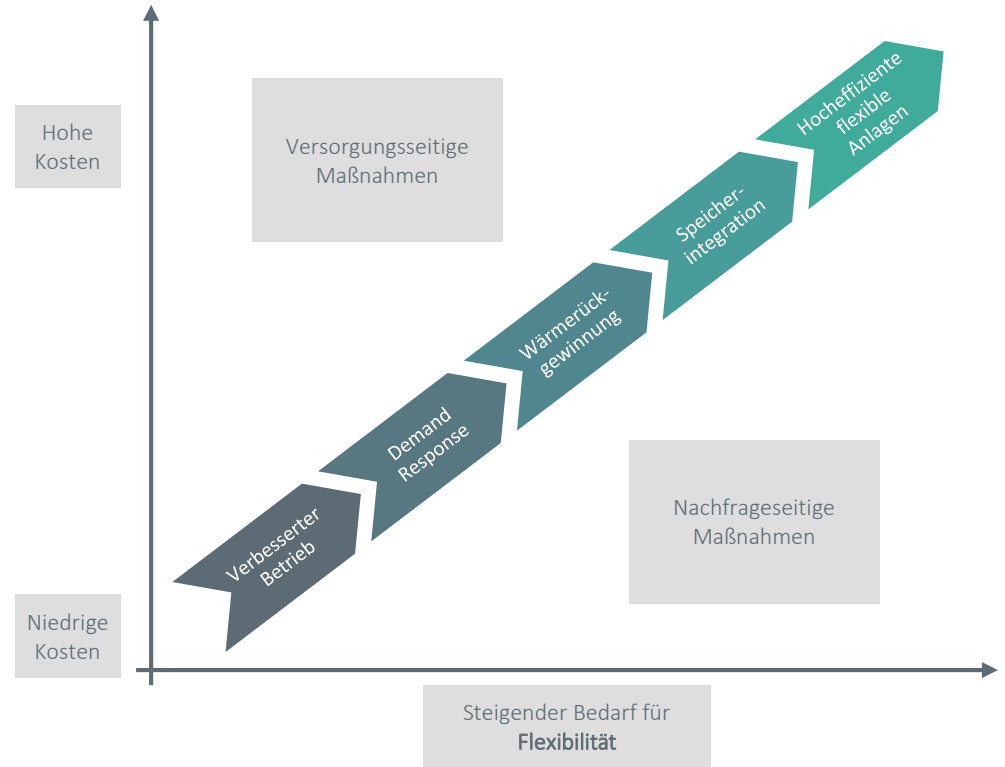


Wettbewerbsfähigkeit

- » Industry 4.0
- » Flexibler Betrieb & Produktion

FLEXIBILITÄT

Source



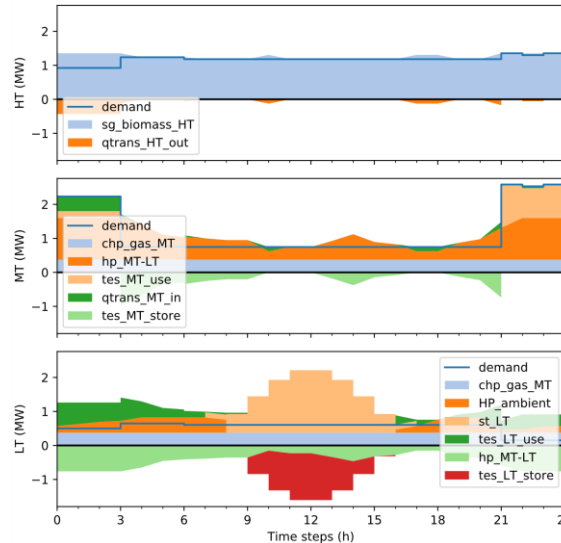
BETRIEBSOPTIMIERUNG

- » **Anwendung**
 - » Elektrische Kraftwerkseinsatzplanung
 - » Energieversorgung
 - » Fernwärme & Haushalte
 - » Industrie

- » **Abgebildete Anlagencharakteristika**

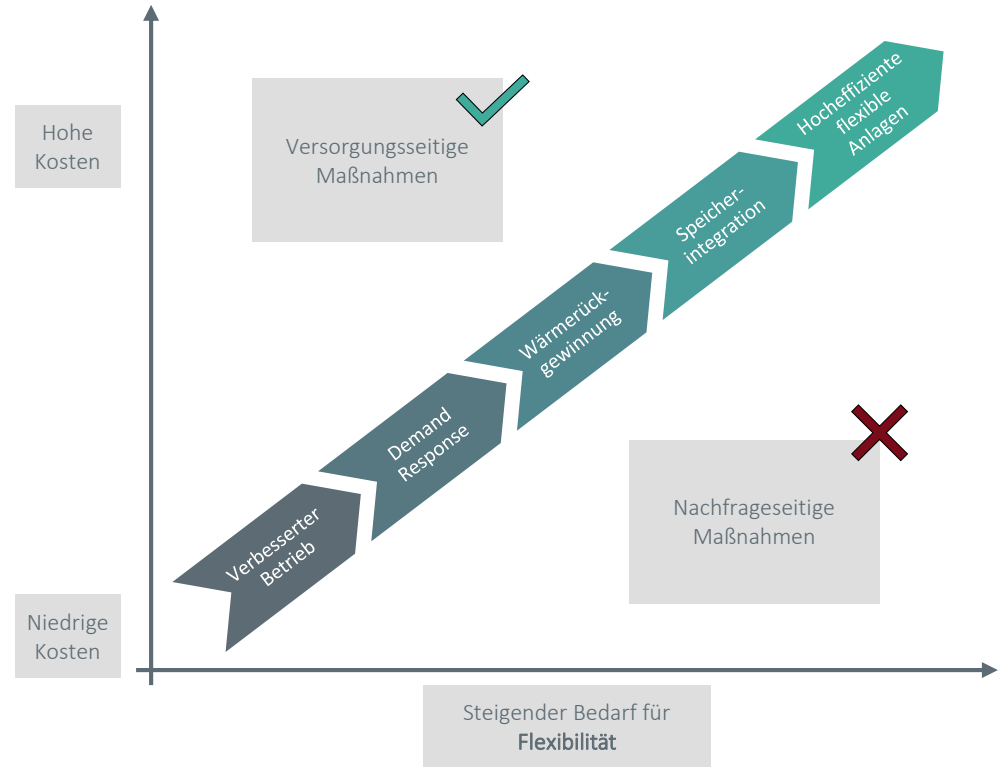
- » Maximale Erzeugungsleistung
- » Teillastbereiche und -verhalten
- » Wirkungsgrade
- » Lastwechselcharakteristik
- » Minimale Lauf- / Stillstandzeiten

- » **Input** Profile & Anforderungen
- » **Output** Trajektorien für Anlagenbetrieb
- » **Methodik** Mathematische Programmierung, MILP¹⁾



¹⁾ MILP
Mixed-Integer
Linear Programming

Source: Halmshlager et al. (2020): Combined Optimization for Retrofitting of Heat Recovery and Thermal Energy Supply in Industrial Systems. Applied Energy Symposium: MIT A+B. August 12-14, 2020



GRUNDLAGENFORSCHUNG



Sustainability IN Flexibly Operated
reNewable Industrial Energy Systems

» **Projektleitung**



» **Partner**



» **LOI Geber**



- » Schnaitl Brauerei
- » evon Automatisierungstechnik
- » ILF Ingenieurbüro

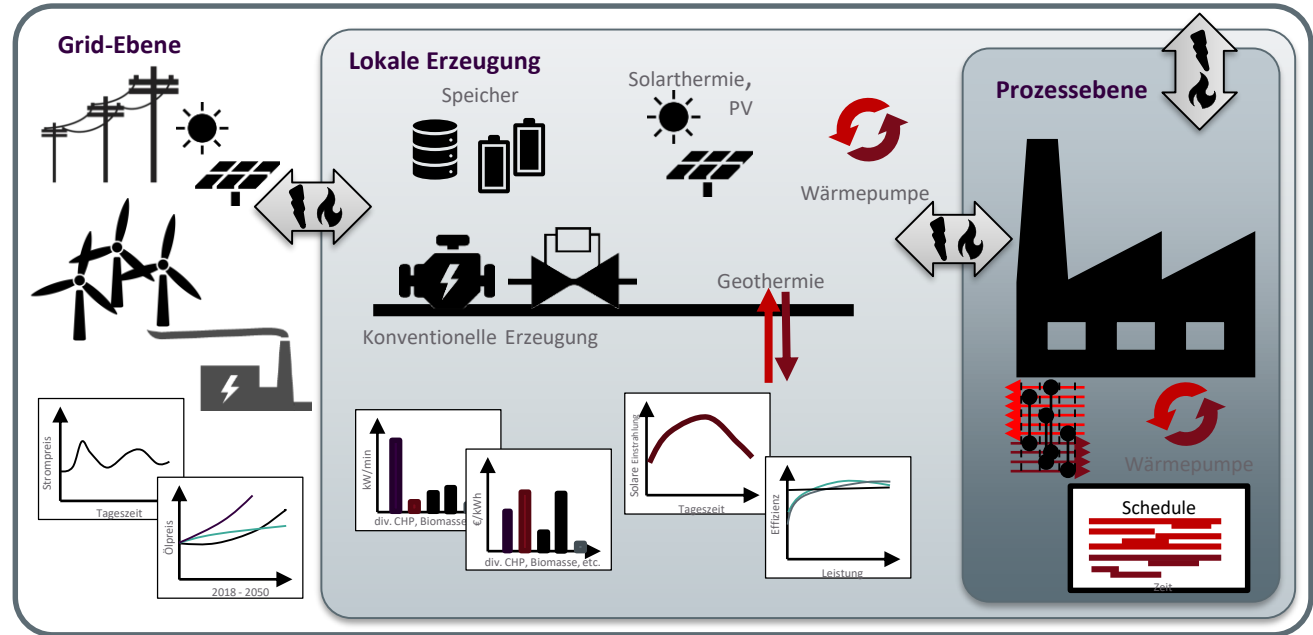
» **Förderinstitution**



- » [Link zur Projektbeschreibung: FFG](#)
- » [Link zur Projektbeschreibung: KLIEN](#)

GEKOPPELTE OPTIMIERUNG

- » Prozess- & Versorgungsebene
- » Gemeinsame Optimierung von Versorgungsanlagen & Wärmerückgewinnung



WEITERE OPTIMIERUNGSANSÄTZE

- » **Design: Versorgungsebene** – Anlagen zur Versorgung der Prozesse
 - » **Input** Fixe **Verbrauchs-** und Preisprofile
 - » **Output** Optimale Anlagengröße
 - » **Methodik** Oft MILP, ähnlich Betriebsoptimierung bzw. oft gekoppelt

- » **Design: Prozessebene** – Anlagen zur Wärmerückgewinnung
 - » **Input** **Kälte- und Wärmebedarf** einzelner Prozessschritte
 - » **Output** Kombination von Strömen, Anlagengröße für Wärmerückgewinnung
 - » **Methodik** MINLP oder linearisierte MILP

- » **Scheduling: Prozessebene** – Ablaufplan für Prozessschritte
 - » **Input** Prozessspezifische Daten (Dauer, **Energiebedarf**, Verknüpfungen, Einschränkungen)
 - » **Output** **Fahrplan für Prozessschritte**
 - » **Methodik** Oft MILP

VORTEILE DURCH KOMBINIERTE ANSÄTZE

Am Beispiel der Speicherintegration

» Fragestellung

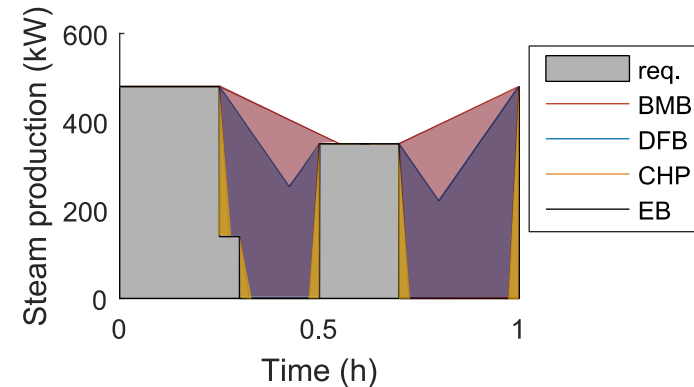
- » Wie gelingt die kostenoptimale Integration eines thermische Speichers (TES)?

» Berücksichtigte Aspekte

- » Optimaler Betrieb von Anlagen mit unterschiedlichem Lastwechselverhalten
- » Optimale Wärmerückgewinnung
- » Bei sequentieller und simultaner Optimierung

Source: Hofmann et al. (2019): A simultaneous optimization approach for efficiency measures regarding design and operation of industrial energy systems. In: Computers & Chemical Engineering 128, S. 246–260. DOI: 10.1016/j.compchemeng.2019.06.007.

Basisfall + Betriebsoptimierung:



BMB	Biomass boiler	CHP	Combined heat and power unit
DFB	Direct fired boiler	EB	Electric boiler

VORTEILE DURCH KOMBINIERTE ANSÄTZE

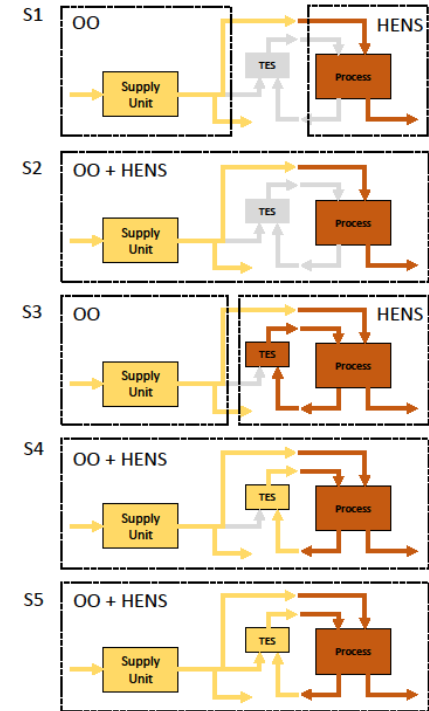
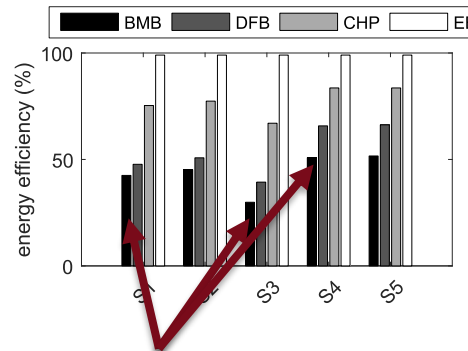
Am Beispiel der Speicherintegration

- » **S1** Sequentiell ohne TES
- » **S2** Simultan ohne TES
- » **S3** Sequentiell mit TES prozessseitig beladbar
- » **S4** Simultan mit TES prozessseitig beladbar
- » **S5** Simultan mit TES prozess- & versorgungsseitig beladbar

$$\eta = \frac{E_{\text{Dampf}}}{E_{\text{Brennstoff}}}$$



Speichernutzung
erhöht Effizienz




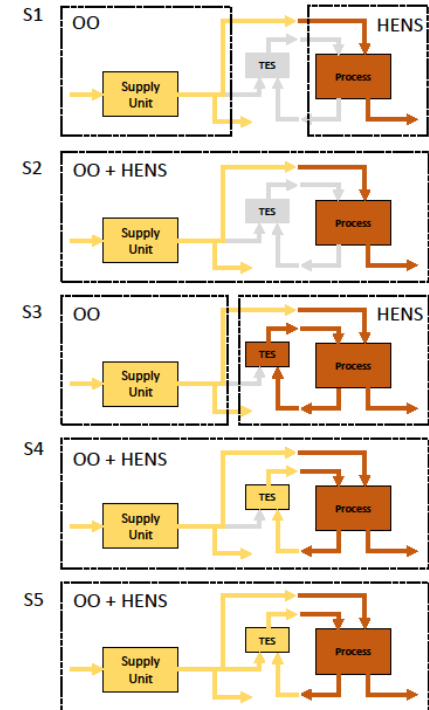
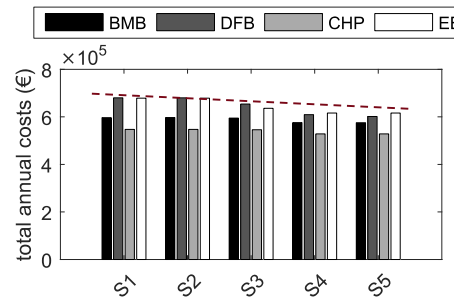
VORTEILE DURCH KOMBINIERTE ANSÄTZE

Am Beispiel der Speicherintegration

- » **S1** Sequentiell ohne TES
- » **S2** Simultan ohne TES
- » **S3** Sequentiell mit TES prozessseitig beladbar
- » **S4** Simultan mit TES prozessseitig beladbar
- » **S5** Simultan mit TES prozess- & versorgungsseitig beladbar

TAC = Invest + Energie

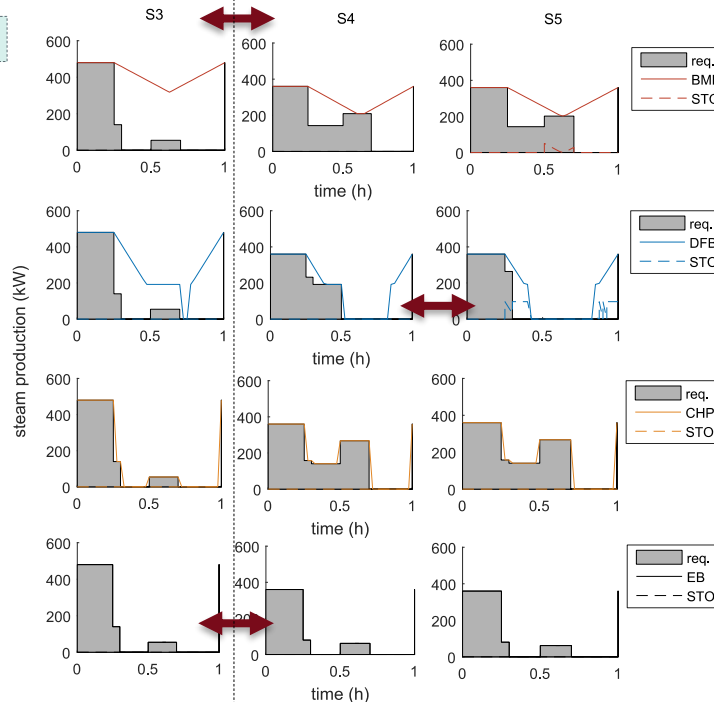
 Speichernutzung und simultane Optimierung reduzieren Kosten



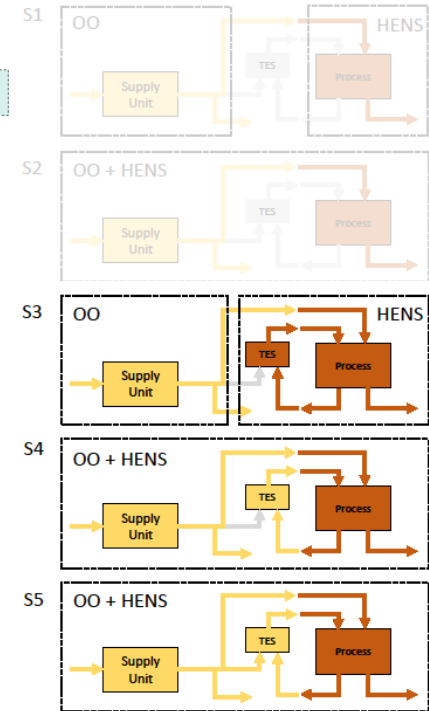
VORTEILE DURCH KOMBINIERTE ANSÄTZE

Am Beispiel der Speicherintegration

SEQUENTIELL



SIMULTAN



Lessons learned

Minimalbeispiel Speicherintegration

- » Weitere Effizienz- und Flexibilitätsoptionen nutzbar
- » Mehrwert an Information durch gekoppelte Optimierung
- » Effizienz und Flexibilität müssen anhand umfangreicher Kriterien beurteilt werden

Ausblick

- » Methode hat Potential für weitere Technologien und weitere Optimierungsprobleme
- » Effiziente mathematische Formulierung des Problems als **SCHLÜSSELFAKTOR**

Source

VIELEN DANK

SOPHIE KNÖTTNER,



19.November 2020