

## PhD#3: Betriebsführungskonzepte mit Integration von Speichern zur Lastflexibilisierung der energieintensiven Industrie

---

### Eckdaten:

Zuordnung zu Organisation:	E 302-3 - Institut für Energietechnik und Thermodynamik, Fachbereich Industrielle Energiesysteme
Zuordnung zu Kompetenzfeldern:	Mathematische Optimierung, Modellierung und Simulation von thermodynamischen Systemen, Reglerentwicklung, (datengetriebene Modellierung)
Erstbetreuer:	Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. René HOFMANN
Zweitbetreuer:	Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Markus HAIDER
PhD-Tutor:	Dipl.-Ing. Martin KOLLER

---

### Beschreibung der Ausgangssituation / Description of the initial situation

In energieintensiven Produktionsbetrieben sind in den letzten Jahren zusätzliche Herausforderungen entstanden: Die fluktuierenden Energiepreise und zunehmend auch limitierende Netzauslastungen erschweren eine konventionelle Planung von Produktion, Energiebedarf bzw. Lieferung überschüssiger Energie. Zusätzlich liegt in natürlich gewachsenen Betrieben meist eine heterogene Landschaft von Technologien mit entsprechenden Insellösungen für die Regelung und Optimierung vor. Mit diesen Strukturen ist einerseits ein hochdynamischer Betrieb technisch oft gar nicht möglich, andererseits ist die Erreichung eines globalen wirtschaftlichen und ökologischen Optimums im Betrieb nicht gesichert. Neben neuen lastflexiblen Prozessführungen durch neuartige Technologien ist vor allem eine Betriebsoptimierung einer energieintensiven Industrieanlage notwendig.

*Energy-intensive production facilities face new challenges: The fluctuating energy prices and limited traffic loads hamper conventional planning of production, energy demand and the delivery of excess energy. Growing plants have a heterogeneous landscape of technologies and often unique solutions for control and optimization. These structures make a highly dynamic operation technically impossible. Achieving a global economic and environmental operational optimum is not certain. Not only is a new more flexible energy supply process necessary, but also an operation optimization to utilize the full capacity and flexibility of an industrial plant.*

### Forschungsvorhaben und Ziele / Intention and goals

Betriebsführungskonzepte mit Integration von Speichern zur Lastflexibilisierung der energieintensiven Industrie bieten folgende Lösungen:

- Zum einen werden aktuelle, neuartige, über den Stand der Technik hinaus entwickelte Technologien (P2H, Wärmepumpen, thermische Speicher), die innerhalb des Versorgungsprozesses eine Verschiebung bzw. Speicherung von thermischer und elektrischer Energie erlauben, modelliert und simuliert. Damit wird die Anwendung neuer Betriebsarten erst überhaupt möglich.
- Zum anderen werden moderne Optimierungsansätze (mixed-integer linear programming, thermal unit commitment problem) angepasst und erweitert, welche sowohl Echtzeitfähigkeit (Laufzeitsystem) zur Umgebung (Elektrizitätsmarkt, Fernwärme) als auch globale Optimalität innerhalb des Energieversorgungsprozesses garantieren und im direkten Zusammenhang mit dem PhD-Thema#2 koppeln (kooperativ-hierarchische modellprädiktive Regelung).
- Im Rahmen der Arbeit soll ein vereinfachtes Gesamtmodell der Anlage für die Einsatzoptimierung sowie dynamische Komponentenmodelle erstellt werden.

In einer Simulationsphase werden die Modelle angepasst und Schnittstellen entwickelt. Die Optimierung sowohl für einzelne Prozessabschnitte (Energieversorgung) als auch für die übergeordnete Echtzeit-Anbindung an die Umgebung (Regelenergiemarkt, Fernwärme) ist ein weiterer Kernbestandteil.

Demand-Side-Management concepts with integration of thermal energy storages for the flexibilization of the energy intensive industry provide following solutions:

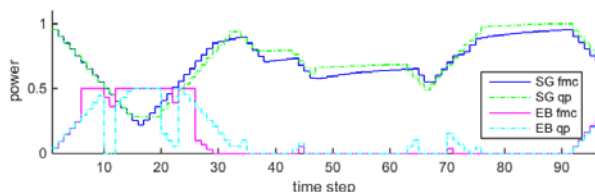
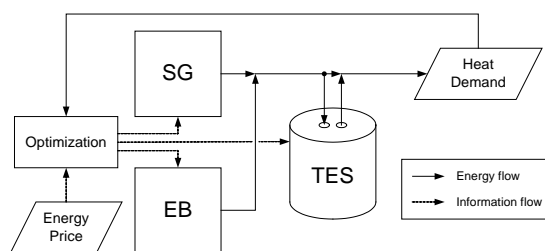
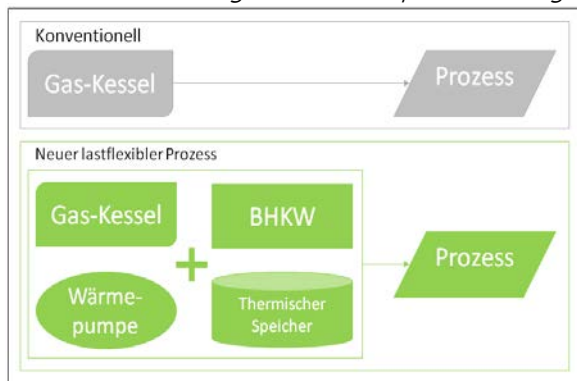


Abbildung 1: Optimierungsmodellansatz am Beispiel einer Energieversorgung (SG) mit Elektrodenheizkessel (EB) und thermischen Speicher (TES) und Kopplung des Produktionsprozesses mit dem Energiemarkt

sondern eröffnen auch neue Geschäftschancen im internationalen Umfeld. So können Industrieunternehmen, durch die Flexibilisierung ihrer Energieversorgung und KWK-Anlagen, zukünftig am Regenergiemarkt teilnehmen und damit neue Umsätze generieren. Es profitieren davon auch Industrieanlagenplaner und -bauer, Regelungsexperten sowie Hersteller von Hochtemperaturwärmepumpen und thermischen Speichern.

The PhD results and their subsequent adaption for the energy-intensive industry not only enhance industrial energy efficiency and the share of renewable energy, but also open up new international business opportunities. The improved flexibility of energy supply allows industrial companies to participate in the balancing energy market, generating new revenues. Industrial plant designers and manufacturers, process managers and manufacturers of high-temperature heat pumps and thermal energy storages also benefit from new business opportunities.

#### Literatur in diesem Zusammenhang / Publications in this context

- [1] Eller, D., Integration erneuerbarer Energien mit Power-to-Heat in Deutschland, DOI 10.1007/978-3-658-10561-7, Springer Fachmedien Wiesbaden 2015.
- [2] Energie, Österreichs und Kraft-Wärme-Kopplung (KWK), Standortbestimmung und Ausblick.
- [3] Österwind, A., Piechta, R., Anfahr-optimierung, Schnellstart & Flexibilisierung der GuD-Anlage im Kraftwerk Emsland, VGB Kongress KW 2015, Wien 9-10.9.2015.

- On the one hand technologies that allow a load shifting or storage of thermal and electrical energy in the production process are modelled and simulated. This allows for new operating modes (heat pumps, thermal storage, P2H measures).

On the other hand modern optimizations (mixed-integer linear programming, thermal unit commitment problem) will be customized and extended, which are capable of integrating environment data (e.g. electricity market, district heating) in real-time as well as guaranteeing the optimization of the energy supply process and directly related to the PhD topic #2 (cooperative-hierarchical model predictive control).

- Within the scope of this PhD a simplified overall plant model for operation optimization as well as dynamic component models will be investigated and developed.

- In a simulation phase, the models and interfaces are adapted. The optimization of the individual processes (power supply) as well as the superordinated real-time connection to the environment (balance energy market, district heating) is another core research topic.

This will increase energy efficiency and profitability, thereby securing Austria's status as an innovation leader and industrial location.

Die in der PhD-Arbeit angestrebten Ergebnisse sowie deren nachfolgende Erweiterung für die Anwendung in der energieintensiven Industrie steigern nicht nur die industrielle Energieeffizienz sowie den Anteil erneuerbarer Energie,

- [4] A. Dittmann, R. Kretschmer, C. Liebmann and M. Schwarzenberg, Ruths-Speicher mit Gegendruckturbine im Fernheizwerk-Teil 2. Beispiel Fernheizwerk Bad Elster, EuroHeat & Power, vol. 44, (10): pp. 29-35, 2015.
- [5] Hönings, N., Hornig, N. und Steinbach, S., Anforderungen und Einsatz dezentraler Kraftwerke im veränderten Strommarkt, VGB PowerTech 7/2014.
- [6] Schuller, S., Power2Heat - Erste Betriebs-und Einsatzerfahrungen, Fernwärmeforum, 2015.
- [7] Alobaid, F. et al., A comparative study of different dynamic process simulation codes for combined cycle power plants - Part A: Part loads and off-design operation, Fuel, Volume 153, pp 692-706, 2015.
- [8] Porzio, G.F. et al., Process integration in energy and carbon intensive industries: An example of exploitation of optimization techniques and decision support, Applied Thermal Engineering, Volume 70, Issue 2, pp. 1148-1155, 2014.
- [9] Stift, F. et al., Model based Optimization of a Combined Biomass-solar Thermal System, Energy Procedia, Volume 48, pp 681-688, 2014.
- [10] Nadir, M. und Ghenaïet, A., Thermodynamic optimization of several (heat recovery steam generator) HRSG configurations for a range of exhaust gas temperatures, Energy, Volume 86, pp 685-695, 2015.
- [11] Bundesgesetzblatt, Energieeffizienzpaket Bund, <http://www.bmwf.wg.at/EnergieUndBergbau/Energieeffizienz/Documents/Bundes-Energieeffizienzgesetz>
- [12] BMWF, Kerninhalte des Energieeffizienzgesetzes, <http://www.bmwf.wg.at/EnergieUndBergbau/Energieeffizienz/Documents/Kerninhalte%20des%20EEFFG>
- [13] IEA Technology Roadmap - Energy storage, 2014.
- [14] F&E-Fahrplan, Energieeffizienz in der energieintensiven Industrie, 2014.