

# Entwicklung eines Instrumentariums zur Analyse überbetrieblicher Energiemanagementkonzepte

Michael Frank<sup>1</sup>, Wolf Fichtner<sup>1</sup>, Martin Wietschel<sup>1</sup> und Otto Rentz<sup>1</sup>

## 1 Einleitung

Vor dem Hintergrund der Liberalisierung des Elektrizitätssektors und der damit einhergehenden Öffnung der Märkte besteht die Notwendigkeit, den Einsatz umweltschonender Energieversorgungssysteme zu gewährleisten. Potentiale zur Reduktion der Emissionsbelastung eröffnet u.a. die Nutzung der in der Industrie anfallenden Abwärme. Aufgrund der eingeschränkten Nutzungsmöglichkeiten bei betriebsinternen Lösungen bedarf es hierzu oftmals überbetrieblicher Vernetzungen.

## 2 Ausgangslage und Problemstellung

In einem vom BMBF geförderten Projekt werden am IIP mögliche Formen der zukünftigen Ausgestaltung der Energieversorgung mehrerer energieintensiver Industrieunternehmen im Karlsruher Rheinhafengebiet analysiert. Aufgrund der Altersstruktur einzelner Kessel und Turbinen sowie aufgrund des Anstiegs des Energiebedarfs durch Produktionserweiterungen ergeben sich für diese Unternehmen Änderungen im Bereich der Energieversorgung. Neben der Errichtung von neuen Energiebereitstellungsanlagen sowie der Möglichkeit der nachträglichen Vernetzung besteht die Option der Nutzung von Kapazitäten von Versorgungsunternehmen, die nur zum Teil ausgelastet sind. Schließlich sollen auch Optionen des liberalisierten Elektrizitätsmarkt wie bspw. Bezug von Dritten oder über einen Spotmarkt betrachtet werden.

Aus der Vielzahl verschiedener Möglichkeiten soll unter ökonomischen Kriterien die optimale Konfiguration zur zukünftigen Energieversorgung unter Berücksichtigung vorgegebener ökologischer Ziele bzw. Standards ermittelt werden. Dazu ist eine adäquate Abbildung aller Energieumwandlungsanlagen sowie der Energieverteilung zu gewährleisten, wobei Daten zur Charakterisierung dieser Anlagen benötigt werden. Während zur Ermittlung der technischen und ökonomischen Kenngrößen für bestehende Anlagen auf Meßwerte, Betriebserfahrungen, Abrechnungen u.ä.

---

<sup>1</sup> Universität Karlsruhe, Institut für Industriebetriebslehre und Industrielle Produktion (IIP), Hertzstraße 16, D-76187 Karlsruhe, Tel.: 07 21/608-44 60, Fax: 07 21/75 89 09

zurückgegriffen werden kann, sind diese Daten für zukünftige Optionen i.d.R. nicht auf dem nötigen Aggregationsniveau verfügbar. Außerdem sind zum Auffinden einer optimalen Struktur des Energiesystems wichtige zeitliche Aspekte zu berücksichtigen, wie bspw. der zeitliche Verlauf des Energiebedarfs aller Energienachfrager und die durch die begrenzte Speicherkapazität der betrachteten Energieformen bedingte Simultanität von Energieangebot und -nachfrage.

### 3 Methodische Vorgehensweise

Eine Modellierung mit Flow-Sheeting-Simulations-Programmen, die auf thermodynamischen Modellen basieren und schon seit längerer Zeit mit Erfolg bei der verfahrenstechnischen Auslegung von Prozessen eingesetzt werden, bietet die Möglichkeit der adäquaten Abbildung der technischen Prozesse bei gleichzeitig großer Flexibilität bezüglich der zu variierenden Betriebs- und Prozeßparameter (Lohe/Futterer 1995). Durch den Einsatz von *Aspen Plus* (Aspen 1994), einen von der Firma ASPEN TECH entwickelten sequentiell-modularen Prozeßsimulator zur Ermittlung der Energie- und Massenbilanzen komplex verschalteter Prozesse, kann insbesondere die Berücksichtigung der spezifischen Gegebenheiten erreicht werden, wie bspw. der Dampfauskopplung aus einer Turbine auf verschiedenen Druckniveaus.

Im Rahmen des Projektes werden mit Hilfe von *Aspen Plus* Daten für zukünftige Optionen auf dem nötigen Aggregationsniveau bereitgestellt, die als Eingangsgrößen für ein System zur Analyse der optimalen Konfiguration der zukünftigen Energieversorgung im betrachteten Gebiet verwendet werden. Dabei wird auf das disaggregierte Energie- und Stoffflußmodell PERSEUS zurückgegriffen, das sich als methodisches Instrumentarium zur Analyse komplexer Energiesysteme und zur Ermittlung optimaler Strategien bewährt hat (Rentz et al. 1998). Mit Hilfe des Modells lassen sich alle Prozesse auf der Energieerzeugungs- und der Energienachfrageseite mit Hilfe von linearen Input-Output-Relationen unter Berücksichtigung der zuvor bestimmten z.T. ganzzahligen Parameter bzw. Variablen darstellen, wobei die verschiedenen Prozesse durch Energie- und Stoffflüsse miteinander verbunden sind.

Auf der energetischen Nachfrageseite wird für alle Prozesse der zeitliche Verlauf des Energiebedarfs mit Hilfe von Lastganglinien approximiert. Dabei wird ein Jahr innerhalb des Betrachtungszeitraumes durch charakteristische Tage modelliert, die in mehrere Zeitintervalle unterteilt sind.

Aufgrund der großen zeitlichen Disaggregation, der Dauer des Betrachtungszeitraumes und der Vielzahl der Anlagen im PERSEUS-Modell ergeben sich Optimierungsprobleme mit bis zu mehreren hundert ganzzahligen Variablen und jeweils mehreren tausend Zeilen und Spalten. Bei der Lösung des Optimierproblems auf PCs haben sich die kommerziell verfügbaren Solver OSL und CPLEX bewährt, wobei das gemischt-ganzzahlige LP-Problem mit Hilfe eines Branch-and-Bound-Verfahrens gelöst wird.

**Literaturverzeichnis**

Aspen (1994): Aspen Plus™ Getting Started, Cambridge/MA

Rentz, O. et al. (1998): Contracting als Instrument zur umweltorientierten Unternehmensführung im liberalisierten Energiemarkt, PAÖ-Abschlußbericht, Karlsruhe

Lohe, B., Futterer, E. (1995): Stationäre Flowsheet-Simulation, in: Schuler, H. (Hrsg.): Prozeßsimulation, Weinheim