

# FLEXIBILISIERUNG DES STROMVERBRAUCHS IN FABRIKEN

**Dennis ATABAY\***, **Rita DORNMAIR\***, **Prof. Dr. Thomas HAMACHER<sup>1</sup>**,  
**Fabian KELLER\* & Prof. Dr.-Ing. Gunther REINHART<sup>2</sup>**

## Motivation

Die Erzeugung elektrischer Energie in Deutschland wandelt sich von der zentralen Erzeugung in Großkraftwerken hin zu vermehrter Erzeugung in kleinen dezentralen Anlagen, die ihre Energie aus erneuerbaren Quellen beziehen. Gründe dafür sind der beschlossene Ausstieg aus der Kernenergie, die Verknappung von fossilen Energieträgern und international gesetzte Klimaschutzziele.

Die erneuerbare Stromerzeugung erfolgt in Deutschland besonders durch die Nutzung von Windenergie und Solarstrahlung und unterliegt damit einer starken Abhängigkeit von Wetterbedingungen und Tageszeiten. Da die Einspeisung sehr stark fluktuiert und elektrischer Strom in seiner Form nicht wirtschaftlich gespeichert werden kann, kommt es zu starken örtlichen und zeitlichen Diskrepanzen von Erzeugung und Verbrauch.

Eine Maßnahme zur örtlichen Entkopplung ist daher der Ausbau des Stromnetzes, damit der Transport des Stroms vom Ort der Erzeugung zum Ort des Bedarfs jederzeit gewährleistet werden kann. Die zeitliche Entkopplung von Erzeugung und Verbrauch ist durch Speicher realisierbar. Dies geschieht in großem Maßstab durch den Einsatz von Pumpspeicherwerken, welche den elektrischen Strom in Form von potenzieller Energie von Schwachlastzeiten in Spitzenlastzeiten verlagern. Obwohl der Einsatz von Pumpspeicherwerken derzeit kaum rentabel ist, wird der Bedarf an Speichern in Zukunft wieder aktuell werden, da die Nutzung erneuerbarer Energien und damit eine von der Last unabhängige Stromproduktion weiter zunehmen werden. Neben der Entkopplung von Erzeugung und Verbrauch im Erzeugungssektor bietet das Lastmanagement eine weitere Möglichkeit zur Integration des erneuerbar erzeugten Stroms. Zusätzlich zur Anpassung der Nachfrage elektrischer Energie im Haushaltssektor an das vorhandene Angebot verspricht insbesondere das produzierende Gewerbe mit Lastverschiebung und möglicher Eigenerzeugung als Kleinerzeuger im Stromsystem Potenziale.

Der Forschungsverbund „FOREnergy – Die energieflexible Fabrik“ hat zum Ziel, technische Lösungen und Möglichkeiten darzulegen, den Strombedarf produzierender Unternehmen an das Angebot anzupassen und so die Integration erneuerbarer Energien in die Stromversorgung weiter zu fördern.

## Flexible Tarifstruktur

Unternehmen werden eine flexible Produktion nur einführen, wenn sie daraus einen wirtschaftlichen Vorteil ziehen können. Dafür müssen allerdings durch den jeweiligen Energieversorger entsprechende Anreize zum Lastmanagement geschaffen werden. Hierzu bedarf es flexibler Stromtarife, die über die Grenzen des Terminmarktes, des Spotmarktes und der Regelleistungsmärkte hinausgehen. Eventuell müssen sogar Tarife geschaffen werden, die nur an bestimmten Orten gelten. Damit verbunden sind variable Preisstufen, welche abhängig vom Tag und der Tageszeit die Verbraucher zur Steuerung ihrer Stromabnahme motivieren soll. Dabei sollen mittel- bis kurzfristige Anpassungen der einzelnen Stufen ermöglichen, die Nutzung der erneuerbaren Energie möglichst effektiv zu gestalten. Falls dem Energieversorger im Rahmen des Versorgungsvertrags die Möglichkeit des direkten, kurzfristigen Eingriffs in den Strombezug von Fabriken und Betrieben in seinem Versorgungsgebiet gegeben wird, muss dies möglich sein, ohne den Produktionsablauf nachhaltig zu stören. Zur Entwicklung eines

---

<sup>1</sup> Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik, Technische Universität München, Arcisstr 21, 80333 München, +49 89 289-28311 bzw. -28308, +49 89 289-28313, dennis.atabay@tum.de bzw. rita.dornmair@tum.de, www.ewk.ei.tum.de

<sup>2</sup> Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik (IWU), Projektgruppe Ressourceneffiziente mechatronische Verarbeitungsmaschinen (RMV), Beim Glaspalast 5, 86153 Augsburg, +49 821 56883 91, +49 821 56883 50, fabian.keller@iwu.fraunhofer.de, www.iwu.fraunhofer.de/rmv

solchen Tarifs werden Hindernisse bei der Umsetzung durch gegebene Regularien überprüft und soweit möglich bewertet.

## **Energieflexible Planung und Steuerung**

Die Produktionsplanung und -steuerung nimmt eine zentrale Rolle bei der Abwicklung von Aufträgen in der Produktion ein und beeinflusst maßgeblich das Stromverhaltensverhalten einer Fabrik. Ergebnisse der Planungsläufe werden meist in Form von Maschinenbelegungsplänen in die Produktion weitergegeben und dort umgesetzt. Dabei besitzt jede Maschine und jeder Auftrag ein individuelles Energiebedarfsprofil. Aktuell planen Betriebe jedoch ihren Bedarf an elektrischer Energie lediglich in Form eines Spitzenlastmanagements, also einer Glättung ihres Gesamtenergiebedarfs, ohne einer energieangebotsorientierten Lastverschiebung. Diese legt bewusst Spitzenlasten in geeignete Zeitpunkte, um einen Stromüberschuss am Markt zu nutzen bzw. Zeitpunkte von Stromknappheit zu meiden. Ein flexibles Lastmanagement optimiert daher Aufträge an den Maschinen nach ihrem Einfluss auf den Gesamtlastgang und nach einem prognostizierten Energieangebot des Energieversorgers. Die Basis dazu bildet ein Konzept zur Integration von Energiekennwerten in den Arbeitsplänen, welche in der Produktionsplanung und -steuerung hinterlegt sind. Darüber hinaus werden Strategien zur Beeinflussung des Lastgangs der Produktion in der Planungsperiode für die Optimierung angewandt. Damit wird erreicht, dass das Produktionsprogramm sowie die Termin- und Kapazitätsplanung im Rahmen der gegebenen Flexibilität derartig angepasst werden kann, dass sich der von der Produktion benötigte Strombedarf einer Lastgangprognose anpasst. Einen weiteren innerbetrieblichen Freiheitsgrad bilden die dezentrale Energieerzeugung sowie Energiespeichersysteme.

## **Fabrikeigene Energiespeicher**

Der zukünftige Nutzen des Ausbaus von Speichern zum Erreichen des politischen Ziels, in Deutschland den Anteil der regenerativen Energien in der Stromerzeugung bis zum Jahr 2050 auf 80% zu erhöhen, wurde bereits in mehreren Studien gezeigt. Hierbei können dezentrale Speicher auf Verteilnetzebene eingesetzt werden, um die derzeit nicht für die Rückspeisung des Stroms zum Übertragungsnetz ausgelegten Netze zu entlasten und so trotz höherer Kosten im Vergleich zu zentralen Großspeichern einen Beitrag zur Erreichung dieses Ziels leisten.

Im Gegensatz zu direkt am Netz betriebenen, dezentralen Energiespeichern, können Speicher innerhalb einer Fabrik zusätzlich zur Teilnahme am Strommarkt weitere Aufgaben erfüllen. So ist es möglich, diese parallel zur Reduktion von Lastspitzen im Betrieb einzusetzen, um die Leistungsbezugskosten zu reduzieren. Hier zeigen erste Ergebnisse eines Speichereinsatz Optimierungsmodells, dass die zu erzielende Kosteneinsparungen eines idealen Speichers innerhalb einer Fabrik mit flexiblem Stromtarif bei richtiger Dimensionierung deutlich größer sein können, als die erzielbaren Gewinne des allein am Strommarkt eingesetzten Speichers.

Werden Speicher zusammen mit eventuell vorhandenen dezentralen Erzeugern in die Produktionsplanung- und Steuerung integriert, kann deren Betrieb zusammen mit dem Produktionsablauf zur Anpassung des Lastverlaufs an ein vom Versorger vorgegebenes Signale (z.B. Strompreis) angepasst werden. Hier soll im weiteren Verlauf untersucht werden, ob durch den kombinierten Einsatz des Speichers in der Fabrik zur Lastspitzenreduktion, Eigenbedarfserhöhung und Lastverschiebung, eine Investition in dezentrale Speicher wirtschaftlich darstellbar ist.

## **Zusammenfassung**

Der Ausbau der erneuerbaren Energien stellt eine große Herausforderung für den Strommarkt dar. Konventionelle Tarifstrukturen sind mittelfristig zu überdenken, um die künftig volatile Bereitstellung von Strom effektiv zu vermarkten. Als ein Lösungsbaustein bietet die Energieflexible Fabrik eine Möglichkeit auf Verbraucherseite den Bedarf zu steuern, um damit der wachsenden Schwankungen im Stromnetz zu begegnen.