

## Lastmanagement

# Energieorientierte Produktionsplanung – Chancen für produzierende Unternehmen

Die Energiewende birgt nicht nur Risiken in Form steigender Strombezugskosten. Richtig aufgestellt, bieten sich Unternehmen mittelfristig Möglichkeiten, ihre Energiekosten zu senken. Dies zeigt ein kürzlich gestartetes Forschungsprojekt des Fraunhofer IPT in Kooperation mit Industriepartnern. Ziel des Projekts ist die Berücksichtigung flexibler Energietarifstrukturen in der betrieblichen Produktionsplanung.

Mit ihrem Grün- und Weißbuch hat die Bundesregierung eine Diskussion über die Weiterentwicklung des Strommarkts angestoßen. Zur Diskussion stehen ein flexibler Strommarkt 2.0 und ein Kapazitätsmarkt. Unabhängig davon wird sich der Strommarkt in Deutschland mittelfristig deutlich ändern. Neben steigenden Bezugskosten etablieren sich neue Maßnahmen zum Betrieb der Stromnetze. Auf dem Weg zu Smart Grids entwickeln und testen Netzbetreiber und Stromanbieter daher flexible Stromtarife und neue Lastmanagementprogramme, um die volatile Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Energien besser ausgleichen zu können. Es ist damit zu rechnen, dass solche Tarife und Programme immer öfter auch produzierenden Unternehmen angeboten werden. Neben drohenden Strafzahlungen für hohe Lastspitzen bietet sich Unternehmen so auch die Chance, ihre Energiekosten durch Bonuszahlungen oder durch günstigere Einkaufspreise für Strom und Lastspitzen zu reduzieren.

### Forschungsprojekt eMES

Damit Unternehmen und vor allem der Mittelstand von dieser Entwicklung profitieren können, ist eine energieorientierte Produktionsplanung und -regelung notwendig. Mit der Lösung der damit verbundenen informationstechnischen Herausforderungen befasst sich das Forschungsprojekt eMES (FKZ: 01IS14025A-D), das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen der Fördermaßnahme »KMU-innovativ: IKT« gefördert wird. Außer dem Fraunhofer Institut für Produktionstechnologie (IPT) sind die Unternehmen MPDV Mikrolab GmbH (Entwicklung von Manufacturing-Execution-Systemen – MES) und Berg GmbH (Energiesmesstechnik und Lastmanagement) am Projekt beteiligt.

Als energieintensiv produzierender Validierungspartner für den Prototypen bringt die Ziegel- und Betonwerke August Lücking GmbH & Co. KG ihre Erfahrungen im Bereich lastspitzenoptimierter Produktion ein.

Ziel des Projekts ist die Berücksichtigung flexibler Energietarifstrukturen in der betrieblichen Produktionsplanung. Dies soll durch folgende Maßnahmen erreicht werden.

### Glättung des Tageslastbands und Minimierung von Lastspitzen

Im Projekt werden exemplarisch die produktionseitigen Voraussetzungen sowie wirtschaftliche Einsatzbedingungen von drei möglichen Tarifstrukturen untersucht, die bereits heute Unternehmen angeboten werden (*Bild 1*). In Unternehmen mit registrierender Leistungsmessung (RLM) setzt sich der Strompreis aus Arbeits- und Leistungspreis zusammen. Letzterer bestimmt sich aus der höchsten gemessenen Lastspitze in einem bestimmten Zeitraum. Vor diesem Hintergrund ist das erste Optimierungsziel die Glättung des Tageslastbands durch die Minimierung von Lastspitzen.

### Aktive Nutzung von Schwachlastzeiten

Nach geltendem Energiewirtschaftsgesetz (EnWG § 40,3) müssen Stromver-

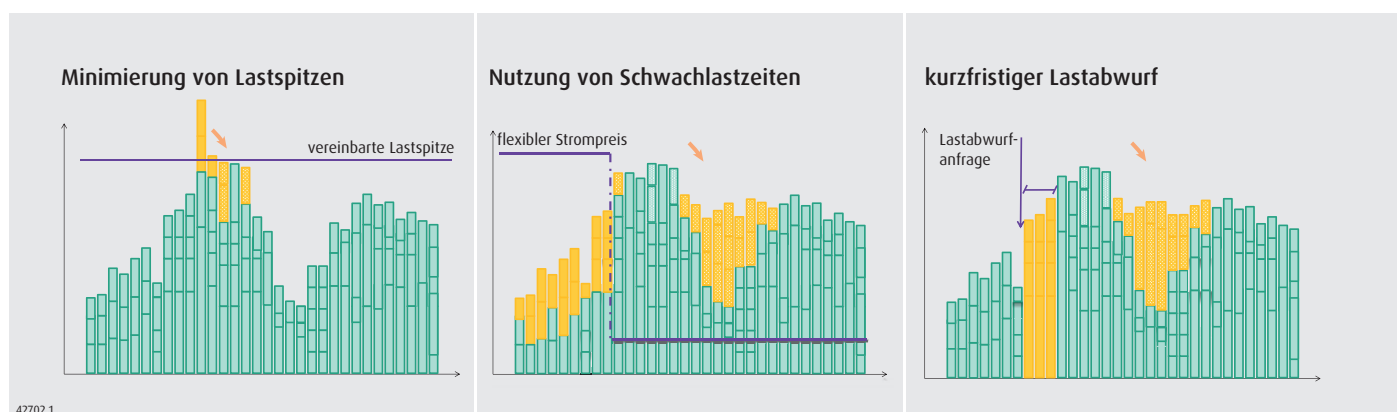


Bild 1. Im Forschungsprojekt untersuchte Tarifstrukturen

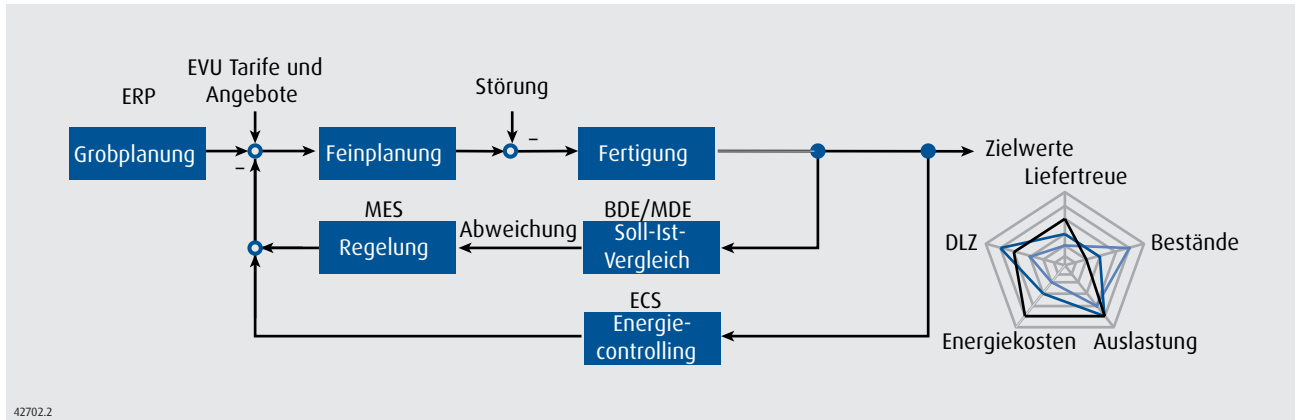


Bild 2. Konzeptdarstellung des Energieregelleitungsprozesses

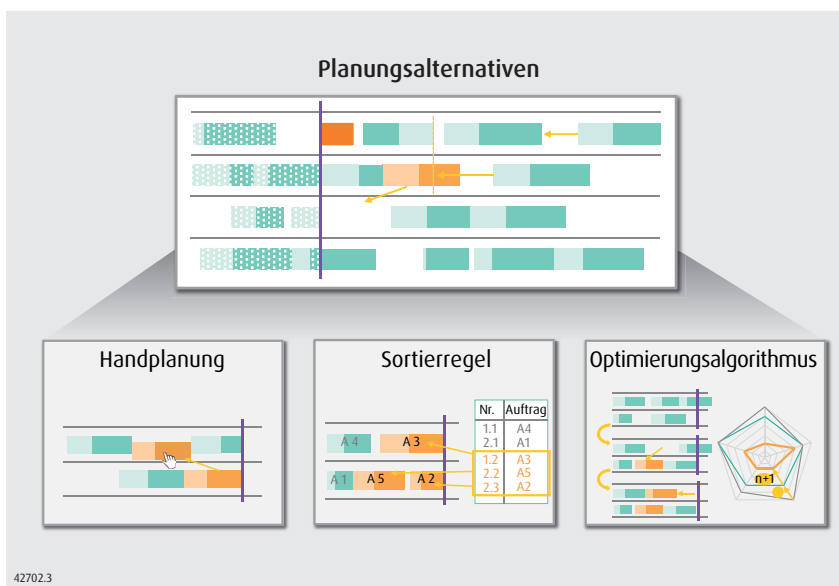


Bild 3. Planungsalternativen

sorger ab dem Jahr 2011 auch variable Strompreise anbieten. Tageszeitabhängige Tarife »belohnen« die Stromabnahme in Zeiten hoher Energieeinspeisung (Energieangebot) mit niedrigen Strompreisen, während die Preise bei hoher Nachfrage steigen. Als zweites Optimierungsziel wurde deshalb die aktive Nutzung von Schwachlastzeiten festgelegt.

#### Direkter Produktionseingriff in Form eines kurzfristigen Lastabwurfs

Die ambitionierteste Ausbaustufe flexibler Energietarife ist der kurzfristige Lastabwurf. Dieser wird von Energieversorgungsunternehmen angefordert, um das Stromnetz zu stabilisieren. Dabei ist eine kurze Reaktionszeit notwendig. Dies setzt einen direkten Regeleingriff auf die Unterversorgung des lastabnehmenden Unternehmens voraus. Bei welchen Unternehmen und zu welchen Konditionen ein direkter Produktionseingriff in Form eines kurzfristigen Lastabwurfs

sinnvoll ist, untersucht die dritte Fragestellung.

#### Einbindung in vorhandene IT-Architektur

Zur Beantwortung dieser Fragen wird ein Prototyp zur energieorientierten Planung und Regelung von Prozessketten in der Produktion entwickelt, der in ein bestehendes MES integriert werden kann. Dieser erstellt eine energieoptimierte Intraday-Auftragsplanung und greift im Sinne eines Energieregelleitungsprozesses bei definierten Abweichungen in Echtzeit in die Produktion ein (Bild 2). Abweichungen können außer Maschinenstörungen auch Lastprofile sein, die vom Energiedatenerfassungssystem (ECS) an die Planungsinstanz zurückgemeldet werden und sich stark von den in der Planungsphase modellierten Energieprofilen unterscheiden. Mögliche Anpassungen des ursprünglichen Planungsszenarios werden dabei

im Sinne eines betriebswirtschaftlichen Optimums analysiert und gegebenenfalls verworfen. Damit können Unternehmen beispielsweise bewerten, wann das kurzfristige Verschieben energieintensiver Fertigungsschritte in Schwachlastzeiten wirtschaftlich ist.

Das Gesamtsystem umfasst außer den softwareseitigen Funktionen auch die Hardwarechnittstellen zu den Messeinrichtungen und Maschinen sowie die Datenbankanbindungen zu ERP- beziehungsweise ECS-Systemen. Das System verbindet damit maschinennahe Energiemesssysteme mit der zentralen Produktionsablaufplanung und -überwachung und fungiert so als Leitstand. Dieser wird zur Validierung beim Unternehmen Lücking in die bestehende Maschinensteuerung und -überwachung integriert und getestet.

In produzierenden Unternehmen sind MES-Systeme das Bindeglied zwischen übergeordneten ERP-Funktionen und der Maschinenebene. Sie transformieren mittel- und langfristige Auftragsplanung in die tagesspezifischen Fertigungsaufträge einzelner Maschinen unter Berücksichtigung zahlreicher Restriktionen wie Personalkapazität sowie Maschinen- und Werkzeugverfügbarkeit. Der Produktentstehungsprozess wird dabei in einzelne Arbeitsgänge untergliedert, die jeweils einem Prozessschritt entsprechen. Meist werden MES-Systeme in Unternehmen ausschließlich zum Prozessmonitoring oder zur manuellen Planung von Aufträgen auf Maschinen eingesetzt, wobei die Planungsparadigmen durch die Erfahrung und das Wissen der Mitarbeiter geprägt sind. Eine Produktionsplanung auf Basis von Algorithmen, die mehrere Zielgrößen beziehungsweise deren Wechselwirkungen berücksichtigt, ist nur in den wenigsten Unternehmen vorhanden.

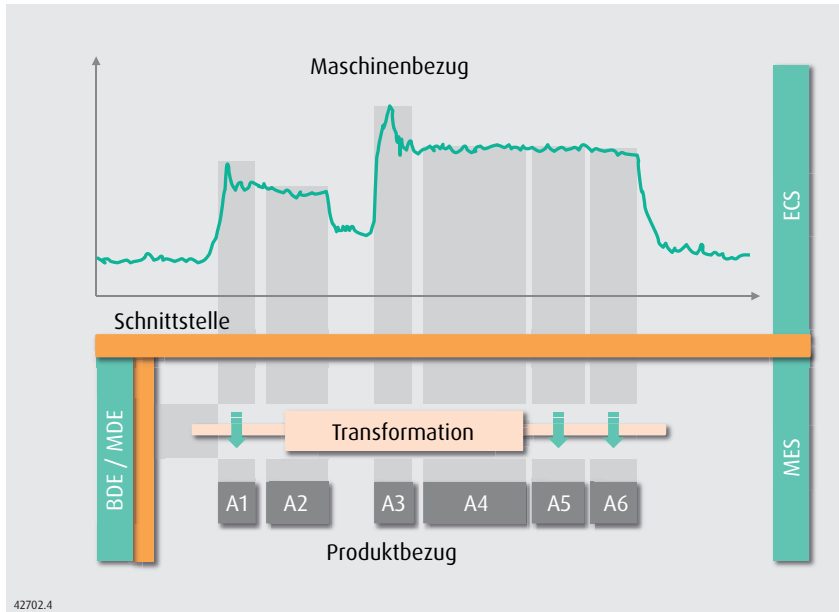


Bild 4. Transformation produktbezogener Energieprofile

Für eine energieorientierte Produktionsplanung ist dies jedoch – unabhängig von den flexiblen Tarifstrukturen – notwendig, da sich durch die energetisch motivierte Verschiebung einzelner Fertigungsaufträge beispielsweise auch der Personaleinsatz, die Maschinenauslastung und die Durchlaufzeit der Produkte ändern. Um das betriebswirtschaftliche Optimum abzubilden, werden im Projekt die klassischen Zielgrößen der Produktionslogistik um die zusätzliche Komponente Energiekosten erweitert.

### Skalierbares Vorgehen für Unternehmen

Es ist vorgesehen, dem Anwender ein mehrstufiges, skalierbares Planungswerkzeug an die Hand zu geben (Bild 3),

um den gegenwärtigen Stand der Produktionssteuerung vieler Unternehmen zu berücksichtigen. Das Planungswerkzeug umfasst neben automatisierten Planungsalgorithmen auch einfachere Sortierregeln und lässt eine manuelle Planung zu. Dabei werden dem Anwender die energetischen Auswirkungen seiner Planung in Echtzeit als prognostiziertes Lastband dargestellt.

### Durchgängige Transparenz und Anpassbarkeit als zentrale Herausforderungen

Die sich aus der Transformation des Energiemarkts ergebenden Anforderungen an das System sind zum einen eine vernetzte Produktion, die sich flexibel unterschiedlichen Rahmenbedingungen anpasst und

kurzfristige Änderungen sowohl zulässt als auch abbilden kann. Hier gibt es viele Anknüpfungspunkte zur aktuellen Diskussion über Industrie 4.0. Um auf strompreisbestimmende Faktoren wie Lastspitzen in der Produktion reagieren zu können, sind zum anderen Transparenz, kurze Reaktionszeiten und Regelkreise erforderlich. Dazu sind Produktionsbereiche zu analysieren, die sich für einen direkten Produktionseingriff eignen, und über die Installation von Messtechnik (Stromzähler, Datenlogger) zu qualifizieren.

Darauf aufbauend ergeben sich weitere Anforderungen, die als Lastenheft für die zu entwickelnde integrierte Hard- und Softwarelösung dokumentiert wurden:

- minutengenaue, maschinenbezogene Energiedatenerfassung
- intelligente Stromzähler (Smart Meter)
- flächendeckende energetische Transparenz der Produktionsumgebung
- Zuordnung produktspezifischer Lastprofile auf Arbeitsgangebene
- echtzeitbezogene Datenverfügbarkeit und Statusinformationen aus der Produktion
- vollständige Stammdatenbasis.

Zentrale Herausforderung im Projekt ist die Schaffung einer flächendeckenden Transparenz in der Produktionsumgebung. Um das unternehmensseitige Lastband auf Planungsseite angemessen modellieren zu können, ist von allen Arbeitsgängen ein energetisches Lastprofil anzulegen. Hierzu müssen zumindest die wichtigsten Verbraucher messtechnisch einzeln erfasst werden, weitere Verbraucher sollten am Anfang mit mobilen Messgeräten ausgemessen werden. Dies gilt vor allem für Maschinen und Anlagen, deren Energieverbrauch unabhängig vom jeweiligen Arbeitsgang relativ konstant ist. An dieser Stelle bietet es sich an, Produkte mit ähnlichem energetischen Lastprofil zu Produktgruppen zusammenzufassen. Da einzelne produktbezogene Energieprofile für alle anderen Produkte der Gruppe übernommen werden können, lässt sich dadurch der Aufwand deutlich reduzieren. Daneben sind im Sinne einer realitätsnahen Regelung Statusinformationen aus der Produktion über aktuell bearbeitete Aufträge und Störungen notwendig.

Die Energieprofile werden als zusätzliche Information neben den bereits vorhandenen Stammdaten der Aufträge im System hinterlegt. Umfasst das Produktportfolio des Unternehmens nur wenige Bauteile, können diese bei der Implementierung

Anzeige

13. Fachtagung Energie  
**Straßen- und Außenbeleuchtung 2015**  
3. bis 4. November 2015, Bonn

© Hans Brauer

Besuchen Sie uns unter:  
[www.strassen-aussenbeleuchtung.de](http://www.strassen-aussenbeleuchtung.de)

des Systems manuell eingegeben werden. Bei mehreren hundert Einzelprodukten mit jeweils mehreren Arbeitsgängen ist dies nicht mehr wirtschaftlich. Bei diesem Anwendungsfall erstellt die Software in einer mehrwöchigen Testphase während des Betriebs eigenständig produktbezogene Energieprofile, die aus der Verknüpfung kontinuierlicher Energiemessdaten mit den Statusinformationen der Fertigung erstellt werden (Bild 4).

#### Direkte Kosteneinsparungen und weitere Sekundäreffekte

In ersten Simulationen konnten durch den Einsatz energieorientierter Produktionsplanung die Lastspitzen um bis zu 25 % gesenkt werden. Für den Praxiseinsatz in Unternehmen ist es entscheidend, dass ein über den Energieregulierungsbereich geplantes Tageslastband auch zu einer Reduktion der gesamten Produktionskosten führt, da die Energiekosten nur eine Ziel-

größe des verwendeten Optimierungsalgorithmus sind.

Außer der Optimierung der Energiebezugs-kosten erhält der Anwender zudem Transparenz über seinen aktuellen Energieverbrauch, den er hinsichtlich möglicher Produktionsoptimierung analysieren kann. Steigt der Energieverbrauch bei der Produktion identischer Produkte beispielsweise im Laufe der Zeit, könnte dies auf einen zunehmenden Werkzeugverschleiß deuten. Mittelfristig können Unternehmen so Wartungsintervalle für die Maschinen bedarfsgerecht festlegen.

#### Zusammenfassung

Unabhängig von der endgültigen Entscheidung für oder gegen einen Strommarkt 2.0 wird sowohl von der Bundesregierung, der Wissenschaft und der Wirtschaft als auch von den Verbänden eine Flexibilisierung des Strommarkts ge-

fordert. Das vorgestellte System zur energieorientierten Produktionsplanung und -regelung trägt dazu bei, dass die sich hieraus ergebenden Potenziale für industrielle Stromabnehmer genutzt werden können. Durch eine höhere Transparenz über ihren Energieverbrauch können Unternehmen zudem weitere Effizienzpotenziale in ihrem innerbetrieblichen Energieeinsatz heben.



Johannes Kerkhoff M. Sc.,  
Wissenschaftlicher  
Mitarbeiter,  
Fraunhofer-Institut für  
Produktionstechnologie IPT,  
Aachen

>> [johannes.kerkhoff@ipt.fraunhofer.de](mailto:johannes.kerkhoff@ipt.fraunhofer.de)

>> [www.ipt.fraunhofer.de](http://www.ipt.fraunhofer.de)

42702

Anzeige



# SOFTWARE- VERSORGER

„Unsere Softwarelösung LIMA ist vom Energieversorger für Energieversorger. Denn wir haben sie selbst entwickelt. Entsprechend maßgeschneidert, praxistauglich und EVU-gerecht sind unsere LIMA-Lösungen. Das wissen auch unsere Stadtwerke-Kunden zu schätzen: Keines der inzwischen 80 Unternehmen ist je von LIMA wieder auf eine andere Software umgestiegen.“

Praxisnähe | Erfahrung | Augenhöhe | Problemlösung

Dr. Kirsten Frielingsdorf  
Seit 4 Jahren ein  
Teil der rhenag

