

# Energie-Wissensmanagement in der flexiblen Fabrik

## Langfristiger Mehrwert an der Schnittstelle zwischen Industrie 4.0 und Strommarkt 2.0

Antje Bruhnke, Informationslogistik, FIR an der RWTH Aachen<sup>1</sup>;  
Marco Roscher, Energiemanagement, FIR an der RWTH Aachen<sup>2</sup>

Abstract. Energie-Wissensmanagement (EWIMA), also die Anreicherung energierelevanter Daten um nutzenstiftendes Wissen, stellt einen kritischen Entwicklungspfad auf dem Weg zum automatisierten Energiemanagement (EM) der intelligenten Fabrik dar. EWIMA beschreibt Wissensmanagement als Basis für zielgerichtete Entscheidungen im effizienten EM produzierender Unternehmen. Erst die Kombination von intraorganisationalem Wissen und externen Energieinformationen bietet die Grundlage für Energieeffizienz und zukunftsorientierte Planungsprozesse auf dem Weg zur Automatisierung.

### 1. Wissen in Zeiten der Energiewende und Digitalisierung

Die Begriffswelt um die beiden Hauptschlagworte Industrie 4.0 und Smart-Service-Welt schließt sowohl Themenstellungen vernetzter und flexibler Produktionsprozesse und Wertschöpfungsketten als auch digital veredelte und in innovativer Weise miteinander verknüpfte intelligente Dienstleistungen mit ein [Aca14]. Die Szenarien für die Transformation zum digitalen Unternehmen reichen bis hin zu Visionen der intelligenten Fabrik, in der individuelle Einzelkonfigurationen höchsteffizient ergonomisch, ökonomisch und ökologisch gefertigt werden und jeder Schritt des Auftragsprozesses transparent verfolgt werden kann. Dies schließt ausdrücklich auch den nachhaltigen Einsatz verschiedener teils endlicher Energieträger im Produktionsbetrieb mit ein. Unter dem Oberbegriff der Energiewende erfährt das Thema Nachhaltigkeit in Deutschland derzeit große gesellschaft-

<sup>1</sup> Campus-Boulevard 55, 52074 Aachen; E-Mail: antje.bruhnke@fir.rwth-aachen.de, Tel.: +49 241 47750-520

<sup>2</sup> Campus-Boulevard 55, 52074 Aachen; E-Mail: marco.roscher@fir.rwth-aachen.de, Tel.: +49 241 47750-511

liche Beachtung. Mit den Hauptzielen Ausstieg aus der Atomenergie bis 2022, Steigerung der Energieeffizienz, Klimaschutz durch Reduktion der Treibhausgasemissionen sowie der stetige Ausbau der erneuerbaren Energien hat die Energiewende starke Auswirkungen auf das Energiesystem im Allgemeinen und somit auch auf die Industrie als verbrauchsintensivster Sektor [UBA14, UBA15].

Im betrieblichen Energiemanagement erfolgt die vorausschauende, organisierte und systematische Koordinierung der Beschaffung, Wandlung, Verteilung, Nutzung und Rückgewinnung von Energie mit dem Ziel sämtlichen ökonomischen und ökologischen Anforderungen gerecht zu werden [VDI07]. Dabei bleiben auch im Zuge der Energiewende und Digitalisierung die klassischen übergeordneten Ziele für industrielle Produktionsprozesse weiterhin bestehen d.h. die Maximierung der Ausbringungsmenge bei gegebenem Ressourceneinsatz (Ressourcenproduktivität) bzw. die Minimierung der eingesetzten Ressourcen bei festgelegter Produktionsmenge (Ressourceneffizienz) bilden auch heute die Leitplanken der Produktionsregelung [Aca13].

Die Digitalisierung der Produktion, also die nahtlose Verbindung und die wie selbstverständliche Zusammenarbeit der physischen Realwelt mit ihrem digitalen Gegenstück, versprechen zukünftige Produktivitätssteigerungen von bis zu 30%. Die Digitalisierung des betrieblichen Energiemanagements wird die automatisierte, situationsbezogene und wertschöpfungsnetzwerkübergreifende Optimierung der Transformationsprozesse ermöglichen. Dabei erlauben autonome dezentrale Echtzeitsysteme die Produktion im laufenden Produktionsbetrieb stetig hinsichtlich Ressourcen- und Energieverbrauch oder geringerer Emissionen zu optimieren, indem sie selbstständig sämtliche relevanten Informationen aus verteilten heterogenen Quellen pro-aktiv zur Entscheidungsfindung nutzen.

Ein unerlässlicher Zwischenschritt auf dem Weg zur intelligenten flexiblen Fabrik ist daher die Dokumentation und das Management von Informationen. In der digitalen Fabrik tauschen Menschen und Maschinen nicht mehr lediglich Informationen untereinander aus, sondern teilen und mehren das gemeinsame Wissen mit dem Ziel produktiver arbeiten zu können (Wissensarbeit). Für die richtigen Entscheidungen und Maßnahmen hin zur Automatisierung sind der Rückgriff auf Erfahrungen und die Begleitung durch Wissensträger im Unternehmen der entscheidende Erfolgsfaktor. Nur durch die syntaktische, semantische und pragmatische Dokumentation von Wissen

für Mensch und Maschine gleichermaßen nimmt die Vision der intelligenten Fabrik langsam Gestalt an.

## 2. Informationslogistik für das Energie-Wissensmanagement

Es existieren verschiedene Treiber für betriebliches Energiemanagement. Neben ökonomischen Druck zur Kostenreduzierung durch Vermeidung ineffizienter und verschwenderischer Prozesse veranlassen politische Vorgaben, soziale und ökologische Ansprüche Unternehmen dazu sich immer stärker mit der Thematik auseinanderzusetzen. Dabei steht zu Beginn jeder Betrachtung zunächst die Ermittlung des Ist-Zustandes. Unternehmen versprechen sich zu diesem Zeitpunkt Antworten auf die Fragen wie viel Energie, zu welchem Zeitpunkt, an welchem Ort zu welchem Zweck eingesetzt worden ist zu erlangen. Intelligente Zähler und Messgeräte auf Komponenten-, Maschinen-, Fertigungslinien- oder Fabrikebene liefern in Abhängigkeit der zugrunde liegenden Anforderungen an die Granularität einen kontinuierlichen Datenstrom verschiedener physikalischer Messwerte. In der Praxis ist zu beobachten, dass schon alleine das Messen/Monitoring von Energieverbräuchen zu Energieeinsparungen führt, da es mit einer allgemeinen Sensibilisierung für das Thema Energieeffizienz einhergeht. Getreu dem Motto was man messen kann, kann man auch steuern werden sämtliche Messwerte als Grundlage für die Analyse herangezogen. Der Abgleich der Messwerte mit Erfahrungswissen bzw. der Vergleich verschiedener Messwerte miteinander (Benchmarking) offenbart weitere Prozessverbesserungen (Best practice) und erlaubt durch Modellierung die Diagnose monokausaler und teilweise auch multikausaler Wirkzusammenhänge. Für die Prognose im Zuge der Energieeinsatzplanung ist die Anwendung optimierender und heuristischer Verfahren bereits verbreitet. Heuristiken erlauben dabei eine zeitkritische Entscheidungsfindung auf Basis von begrenztem Wissen und bilden heute den bevorzugten Lösungsweg für Echtzeitanalysen.

Für die Evolution existierender Energieinformationssysteme zu autonomen cyber-physischen Systemen mit der Fähigkeit zur Selbstorganisation in verteilten miteinander kollaborierenden Subsystemen bedarf es der Anwendung neuerartiger Verfahren für das Energiemanagement auf Basis künstlicher Intelligenz wie Expertensysteme, Multi-Agentensysteme, Neuronale Netze etc.

Energie-Wissensmanagement (kurz EWIMA) stellt das Bindeglied zwischen energierelevanten Daten und nutzenstiftendem Wissen in einem Expertensystem dar.

Der Ansatz des Energie-Wissensmanagements sieht vor, dass zunächst energierelevante Daten erfasst und in ein von Mensch und Maschine interpretierbares Format überführt werden, um anschließend um Kontextinformationen angereichert und von Wissensträgern um entscheidungskritische Informationen und Erfahrungswissen erweitert zu werden. Das Energie-Wissensmanagement beschreibt das Wissensmanagement als Basis für zielgerichtete Entscheidungen im effizienten Energiemanagement produzierender Unternehmen. Erst die Kombination von intraorganisationalem Wissen und teils externer Energieinformationen bietet eine nachhaltige Grundlage für langfristige Energieeffizienz und zukunftsorientierte Planungsprozesse auf dem Weg zur Automatisierung.

Energie-Wissensmanagement im eigenen Unternehmen sieht mehrere Informationskomponenten vor.

### **Betriebliches Energiemanagements**

Zur Realisierung eines Energie-Wissensmanagements gehört die Integration des Energiemanagements in existierende Systeme, beispielsweise zur Erfassung und Bewertung detaillierter Zustände der Produktionsfaktoren.

Das Ziel des betrieblichen Energiemanagements ist die Optimierung der energierelevanten Prozesse von Beschaffung über Produktion bis zum Absatz [Kaho]. Durch ein Energiemanagementsystem kann eine kontinuierliche Überwachung und Bewertung der Energieleistung und Energieeffizienz eines Unternehmens erfolgen. Dieser Prozess muss auf messbaren Energiedaten und daraus abgeleiteten Energieleistungskennzahlen basieren.

Die bloße Aufzeichnung sämtlicher Energieflüsse macht die Identifikation von Einsparpotenzialen möglich und hilft bei kontinuierlicher Überwachung des Verbrauchs. Steigende Energiekosten und die verstärkte gesellschaftliche Wahrnehmung zum Thema Energieeffizienz setzen heute und in Zukunft Anreizpunkte für das strategische Energiemanagement in Unternehmen.

## Kontextinformationen aus der Produktionsumgebung

Für ein effizientes Energiemanagement ist der Einbezug von Kontextinformationen unerlässlich. Dies betrifft die Betriebsdatenerfassung und Maschinenzustände einerseits und die Entwicklung von Kommunikations- und Logikbausteinen zur Verarbeitung der erfassten Daten andererseits. Die Informationen aus dem Energiemanagementsystem betrachtet im Kontext der Produktionsumgebung ermöglichen die Identifizierung von Einsparpotenzialen und somit die Ableitung von Maßnahmen für das innerbetriebliche Energiemanagement. Produktionsübergreifende, statische Faktoren finden hierbei genauso Berücksichtigung wie dynamische Zustands- und Bewegungsdaten des Produktes selbst.

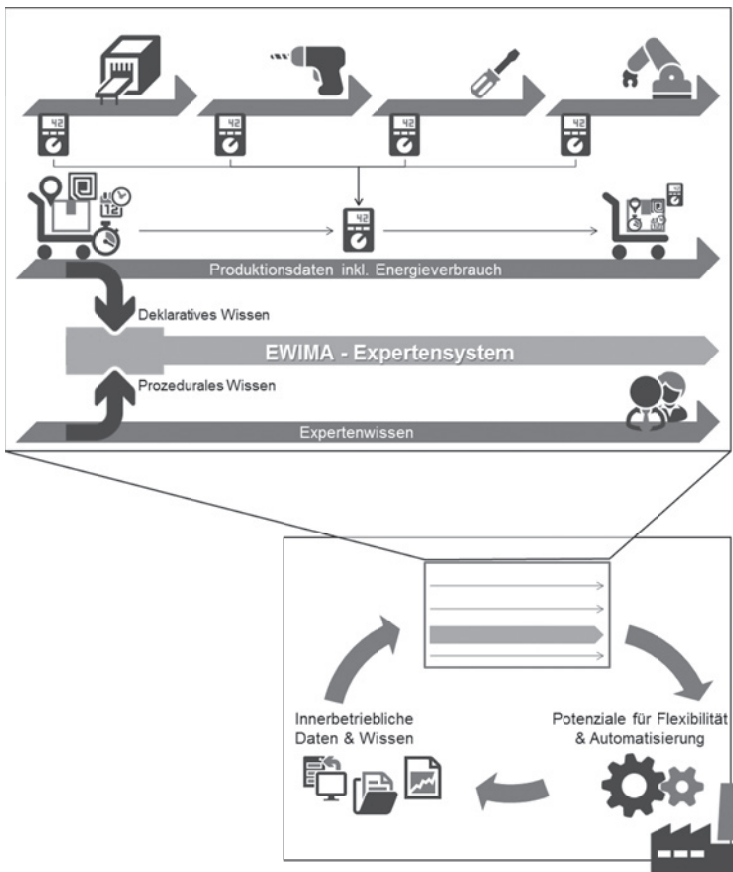


Abb. 1: Konsolidierung von betrieblichen Informationen und Expertenwissen

### **Dokumentation entscheidungskritischer Faktoren und Konsolidierung in der EWIMA-Schablone**

Die benannten Komponenten entfalten erst in nachhaltig dokumentierter Form einen Mehrwert für das Unternehmen. Die EWIMA-Schablone bietet hierfür eine strukturierte Dokumentationsvorlage, die einerseits der Wissensrepräsentation dient, andererseits die Voraussetzung für den Informationsaustausch mit anderen Unternehmen bis hin zur intelligenten Vernetzung in kollaborativen Verbänden bildet. In der Schablone wird eine kombinierte Form der Wissensrepräsentation umgesetzt: die deklarative und die prozedurale Wissensrepräsentation [Karo, Stoo8]. Als deklaratives Wissen werden im Zusammenhang von Energie-Wissensmanagement die Energiedaten selbst und kontextbezogene Informationen verstanden. Dies können neben technischen Daten aus der Produktionsumgebung auch Informationen über Zeit, Ort oder beispielsweise das Wetter sein. Das prozedurale Wissen bildet die Verknüpfungen der Daten ab und beschreibt, wie die Informationen zur Anwendung kommen. Es geht dabei nicht nur um Wissen von Zusammenhängen und das Abbilden von Diagnosen, sondern auch um das strategische Wissen, welches sich ein Energieexperte erst im Laufe der Zeit aneignen kann. Aus dieser Wissensbasis lassen sich Regeln und Maßnahmen ableiten, die das Energiemanagement bestimmen.

Abbildung 1 visualisiert die Konsolidierung der genannten Komponenten im Expertensystem. Daten, Informationen, Wissen und Maßnahmen, die für das innerbetriebliche Energiemanagement strukturiert festgehalten werden, ermöglichen die Ableitung von Potenzialen für die eigene Flexibilisierung bis hin zur Automatisierung. Auf diese Weise kann ein langfristig wirksames und nachhaltiges Energiemanagement entstehen.

## **3. Fazit und Ausblick**

Die in diesem Beitrag beschriebenen Ansätze sind Inhalt der aktuellen Forschung im Cluster Smart Logistik auf dem RWTH Aachen Campus. In der Demonstrationsfabrik Aachen erfolgen der Bau und die kontinuierliche Weiterentwicklung verschiedener Elektrofahrzeugprototypen. Die Produktion erfolgt unter realen Marktbedingungen mit dem Ziel Produktionsprozesse mit Referenzcharakter für die Umsetzung von Industrie 4.0 Anwendungsfällen zu liefern.

Im Kontext Energiemanagement wurde auf Basis des in der Demonstrationsfabrik Aachen bereits implementierten Energieinformationssystems ein Vorschlag für die Gestaltung eines empfehlungsbasierenden Lastmanagementsystems für die Industrie in die Normung eingebracht (DIN SPEC 91327) und im Zuge weiterer Aktivitäten stetig weiterentwickelt. Energieinformationssysteme sind soziotechnische Systeme, die menschliche und maschinelle Komponenten umfassen und zur optimalen Bereitstellung von Informationen und Kommunikation unternehmensintern und -übergreifend eingesetzt werden.

Das Wissensmanagement bekommt durch die Kopplung mit aktuellen Themen wie Industrie 4.0, cyberphysischen Systemen und Energiemanagement eine neue Wirkungsebene, die einen Erfolgsfaktor auf dem Weg zu Automatisierung und künstlicher Intelligenz darstellt. Dieses Forschungsfeld tangiert mehrere Forschungsdomänen. Aktuell werden allein in der Forschungsdisziplin Informationsmanagement viele Themen und Forschungsvorhaben entwickelt, die den Nutzen aus kollaborativer Intelligenz in Industrieinnovation übertragen wollen. Die enge Zusammenarbeit zwischen Forschung und Industrie ist für den Erfolg maßgeblich. Am Cluster Smart Logistik auf dem RWTH Aachen Campus wird dieser Ansatz daher nicht nur in gemeinsamen Projekten, sondern auch in einer räumlichen Gemeinschaft von Forschungsinstituten und Industrieunternehmen gefördert.

## Literatur

[Aca13] Arbeitskreis Industrie 4.0: Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Acatech, Berlin, 2013

[Aca14] Arbeitskreis Smart Service Welt: Smart Service Welt – Internetbasierte Dienste für die Wirtschaft. Acatech, Berlin, 2014

[Kal10] Kals, J.: Betriebliches Energiemanagement. Stuttgart: W. Kohlhammer, 2010

[Kar01] Karagiannis, Dimitris: Wissensmanagement: Konzepte der künstlichen Intelligenz und des Softcomputing. München, Oldenbourg Verlag, 2001

[Stoo8] Stock, W.: Wissensrepräsentation: Informationen auswerten und bereitstellen. Oldenbourg Verlag, 2008.

[UBA14] Umweltbundesamt: Ziele der Energiewende. <http://www.umweltbundesamt.de/daten/energiebereitstellung-verbrauch/ziele-der-energiewende>, 2014, zuletzt geprüft am 07.08.2015

[UBA15] Umweltbundesamt: Ziele der Energiewende. <http://www.umweltbundesamt.de/daten/energiebereitstellung-verbrauch/energieverbrauch-nach-energetraegern-sektoren>, 2015, zuletzt geprüft am 07.08.2015

[VDI07]. VDI 4602-1: Energiemanagement. Begriffe. Berlin: Beuth, 2007.