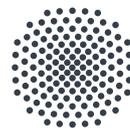


Eine vergleichende Studie

Softwarelösungen für das Energiemanagement von morgen



2016 Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Kfm. Alexander Sauer
M. Sc. Sebastian Weckmann
Dipl.-Wi.-Ing. (FH) Fabian Zimmermann



Universität Stuttgart
Institut für Energieeffizienz
in der Produktion EEP

Herausgeber:

Institut für Energieeffizienz in der Produktion EEP
Universität Stuttgart
Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart
www.eep.uni-stuttgart.de

Autoren:

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Kfm. Alexander Sauer (Hrsg.),
M. Sc. Sebastian Weckmann,
Dipl.-Wi.-Ing. (FH) Fabian Zimmermann

Redaktion:

Dr. Birgit Spaeth, Viola Willig M.A.

Juni 2016

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	IV
Abbildungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis	VI
1 Einleitung	7
2 Methodik	8
3 Einfluss der globalen Megatrends auf die Ressource Energie	9
3.1 Globale Megatrends	9
3.2 Trends im Energiesystem	11
3.3 Energiestrategische Positionierungsfelder des Unternehmens	12
3.4 Potenzialfelder	13
3.5 Resultierende Anforderungen an Softwarelösungen	14
4 Anforderungen an Unternehmen durch Industrial Smart Grids	16
4.1 Industrial Smart Grid	16
4.2 Energiespezifische Produktionsplanung und -steuerung	16
4.2.1 Energiesensitive Produktionsplanung	18
4.2.2 Energiesensitive Produktionssteuerung	18
4.3 Resultierende Anforderungen an Softwarelösungen	19
5 Ansätze des Energiemanagements	21
5.1 Energiemanagementsystem	21
5.2 Energiemanagement-Softwarelösungen	22
6 Funktionsanalyse Energiemanagement-Softwarelösungen	24
6.1 Produktionstyp und Energiemedien	27
6.1.1 Produktionstyp	27
6.1.2 Energiemedien	27
6.2 Datenerfassung	28
6.3 Datenverwaltung	30
6.4 Datenverarbeitung	33
6.4.1 Energieorientierte Produktionsplanung und -steuerung	33
6.4.2 Visualisierung von Energiedaten	36
6.5 Reporting	37
7 Zusammenfassung und Bewertung	38
8 Literaturverzeichnis	40
9 Anhang	42
9.1 Berücksichtigte EMS-Systeme	42
9.2 Berücksichtigte MES-Systeme	43
9.3 Beispielhafte Detailauswertung einer Softwarelösung	44

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Methodische Vorgehensweise	8
Abbildung 2: Megatrends Industrie in Anlehnung an Ludovico et al. 2013	9
Abbildung 3: Trends im Energiesystem	11
Abbildung 4: Energiestrategische Positionierungsfelder des Unternehmens	12
Abbildung 5: Potenzialfelder	13
Abbildung 6: Anforderungen aus der Trendanalyse	15
Abbildung 7: Energetische Bausteine im Industrial Smart Grid	16
Abbildung 8: Integration des Faktors Energie in die hierarchische Produktionsplanung und -steuerung	17
Abbildung 9: Demand Side Management Aktivitäten, von der Energieeffizienz bis zum Real-Time Demand Response (in Anlehnung an Samad und Kiliccote 2012)	19
Abbildung 10: Systemanforderungen für Energiemanagement-Softwarelösungen durch Industrial Smart Grids ...	20
Abbildung 11: PDCA Zyklus auf Basis DIN EN ISO 50001	21
Abbildung 12: Energiemanagement-Softwarefunktionen zur Unterstützung des KVP der DIN ISO 50001	22
Abbildung 13: Automatisierungspyramide und damit verbundene Planungsebenen (Pickert & Partner 2010)	23
Abbildung 14: Struktureller Aufbau der Software-Funktionsanalyse	25
Abbildung 15: Durch MES-Software unterstützte Fertigungstypen	27
Abbildung 16: Durch EMS-Software unterstützte Energiemedien	28
Abbildung 17: Durch MES-Software unterstützte Energiemedien	28
Abbildung 18: Durch EMS-Software unterstützte Datenerfassung	29
Abbildung 19: Durch MES-Software unterstützte Datenerfassung	29
Abbildung 20: Datenverwaltung EMS	31
Abbildung 21: Datenverwaltung MES	32
Abbildung 22: Planung und Steuerung EMS-Software	34
Abbildung 23: Planung und Steuerung MES-Software	34
Abbildung 24: Visualisierung EMS-Software	36
Abbildung 25: Visualisierung MES-Software	37
Abbildung 26: Reporting EMS-Software	37

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Beispieltabelle für die Bewertung	26
Tabelle 2: Anforderungsbewertung in der Datenerfassung	30
Tabelle 3: Anforderungsbewertung Datenverwaltung	33
Tabelle 4: Anforderungsbewertung in der Datenverarbeitung	35
Tabelle 5: Bewertungsübersicht der EMS- und MES-Softwareanalyse auf Basis eines Industrial Smart Grid	39

1 Einleitung

Das Thema Energiemanagement gewinnt vor dem Hintergrund steigender und volatiler Energiepreise sowie der zunehmend schwankenden Bereitstellung von Energie in der Industrie weiter an Bedeutung. Unternehmen stehen im globalen Wettbewerb und sind gezwungen ihre Produktivität kontinuierlich zu steigern. Schwankende sowie steigende Energiepreise werden zu einem Kostenrisiko und rücken die Energieproduktivität damit in den Fokus vieler Unternehmen.

Entscheidend für ein erfolgreiches und nachhaltiges Energiemanagement ist es, zukünftige Herausforderungen frühzeitig zu identifizieren und Synergieeffekte technologie- und marktbezogen bestmöglich zu nutzen. Energie wird hierbei nicht als allein-stehender Faktor betrachtet, sondern vielmehr als Teil eines komplexen Systems aus Produktionsfaktoren, das es zu optimieren gilt.

Mit zunehmender Variabilität des Faktors Energie für die industrielle Produktion werden auch Smart-Grid-Lösungen in der Produktion relevant und erschließen den Bereich des Industrial Smart Grid (ISG). ISGs eröffnen innovative Möglichkeiten, um Lösungen für die Bereiche Versorgungssicherheit, Energieeffizienz und Vernetzung auf energetischer Ebene zu schaffen. ISGs können in diesem Zusammenhang zu einem wichtigen Schlüssel für die Bewältigung zukünftiger Herausforderungen und Trends in der industriellen Energieversorgung werden.

Mit zunehmender Bedeutung der Energieproduktivität in der Industrie steigt auch die Zahl der Energiemanagement-Softwarelösungen sowie die unterschiedlichen Ansätze in der Systemlösung. Die richtige Softwarelösung für ein Unternehmen zu finden, ist ein komplexer Prozess, der sowohl die Unternehmenshistorie und -gegenwart als auch die zukünftige Entwicklung des Unternehmens auf strategischer und operativer Ebene beinhaltet. Dieser Prozess ist sehr stark unternehmensbezogen und muss individuell durchgeführt werden. Besonders wichtig ist es daher, Entscheidungsgrundlagen auf dem Stand der Technik im Energiemanagement sowie auf Entwicklungstrends in der Industrie und dem Energiesystem aufzubauen und in Wettbewerbsvorteile umzuwandeln.

Ziel dieser Studie ist es, Entwicklungstrends in der industriellen Produktion und Entwicklungstrends im Energiesystem zu erfassen und darauf aufbauend Energiemanagement-Softwarelösungen (EMS-Softwarelösungen) und Manufacturing-Execution-System-Softwarelösungen (MES-Softwarelösungen) mit Energiefunktionalität gegenüberzustellen. Dabei soll aufgezeigt werden, in welchen Bereichen Entwicklungsbedarf bei Softwarelösungen besteht und welche Bereiche heute bereits Entwicklungstrends von morgen abdecken.

Die berücksichtigten Systeme sind im Anhang aufgelistet, ebenso wie das Schema der detaillierten Auswertung. Die detaillierte Auswertung der jeweiligen Systeme sind auf der Homepage des EEP zum Download verfügbar (www.eep.uni-stuttgart.de).

2 Methodik

Die methodische Vorgehensweise der Studie wird in vier Schritte untergliedert (Abbildung 1). Im ersten Schritt der Studie erfolgt eine Trendanalyse. Ausgehend von Megatrends in der Industrie und im Energiesystem werden drei mögliche energiestrategische Positionierungsfelder für Unternehmen abgeleitet. Anschließend werden daraus Potenzialfelder zur erfolgreichen Positionierung identifiziert.

Im zweiten Schritt werden auf Basis der in der Trendanalyse identifizierten Potenzialfelder Anforderungen an Energiemanagementsysteme von morgen entwickelt.

Im dritten Schritt erfolgt eine Darstellung des Themenfeldes des Energiemanagements.

Ausgehend von Energiemanagementsystemen nach DIN EN ISO 50001 werden die Systemansätze von MES- und EMS-Softwarelösungen im Bereich des Energiemanagements dargestellt.

Im vierten Schritt wird eine Funktionsanalyse vor dem Hintergrund der Trendanalyse sowie den abgeleiteten Anforderungen durchgeführt. Grundlage der Analyse ist jeweils ein Marktspiegel für EMS-Software der Energieagentur Nordrhein-Westfalen sowie ein Marktspiegel für MES-Software des MES D.A.CH Verbands. Die Softwareanalyse umfasst 79 EMS-Softwareanbieter und 39 MES-Softwareanbieter.

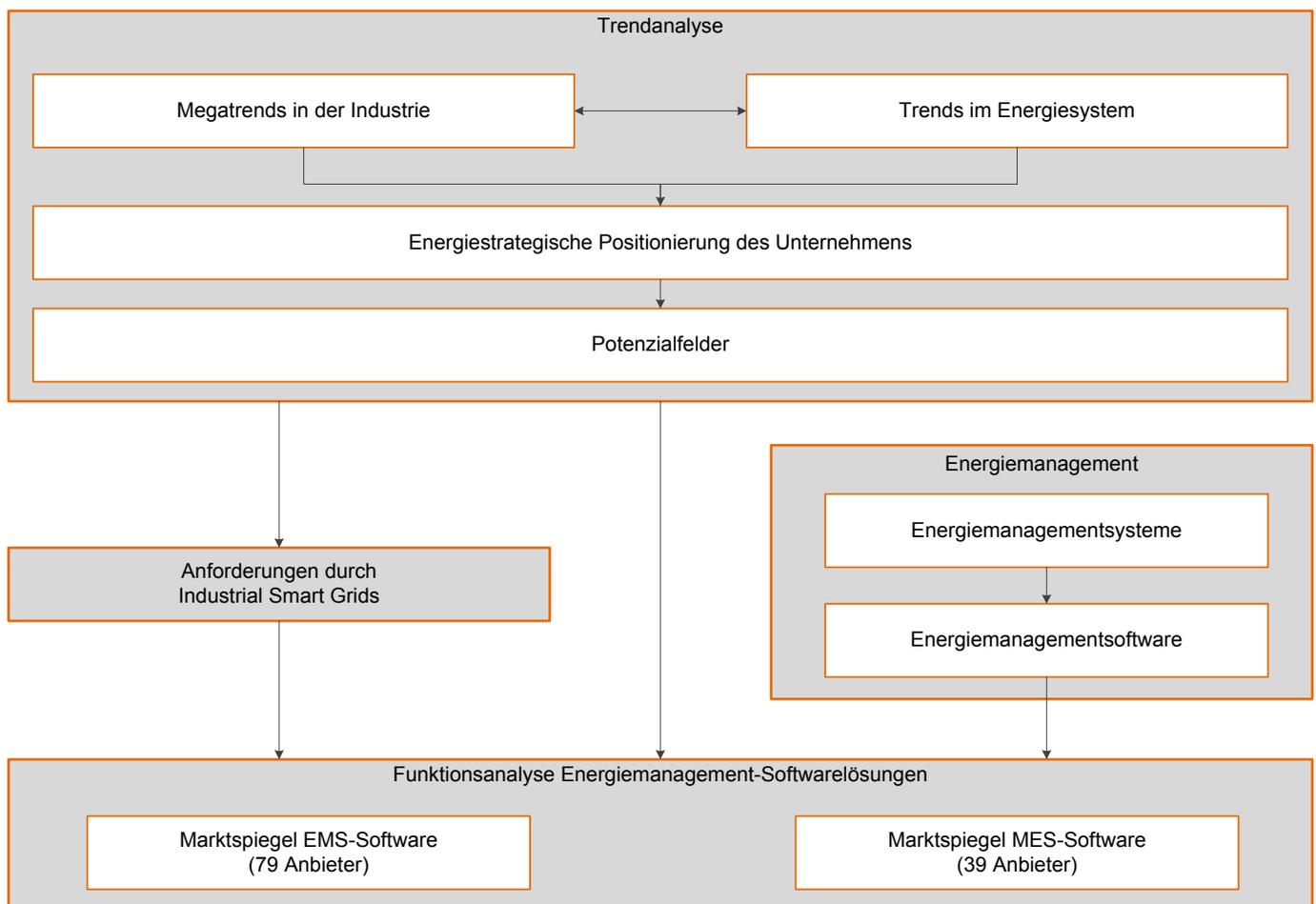


Abbildung 1: Methodische Vorgehensweise

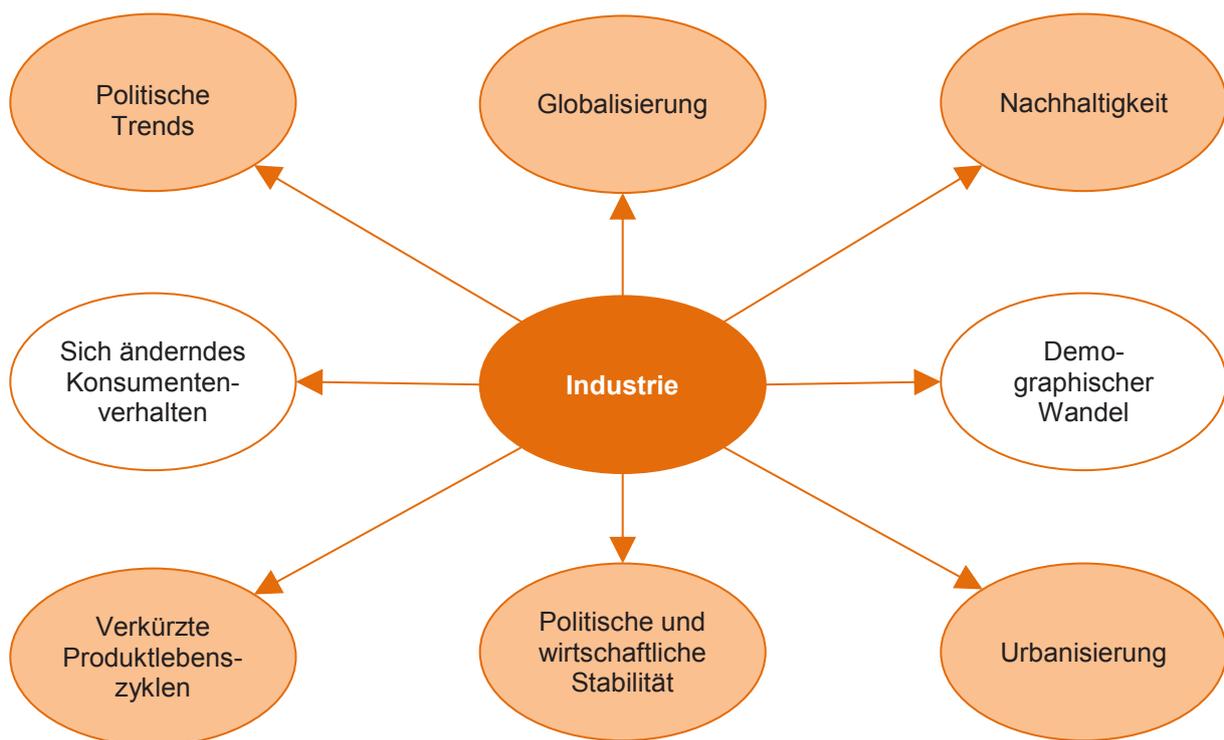
3 Einfluss der globalen Megatrends auf die Ressource Energie

Die globale Wirtschaft unterliegt stetigen Veränderungen. Ein Verständnis für die Dynamik und die Richtung der Veränderungen versetzt Unternehmen in die Lage, Strategien und Prozesse anzupassen, um das Risiko, welches durch wirtschaftliche Bewegungen entsteht, zu minimieren und Wettbewerbsvorteile zu generieren.

Im Folgenden werden ausgehend von globalen Megatrends der Industrie und Trends im Energiesystem energiestrategische Positionierungsfelder für Unternehmen identifiziert. Darauf aufbauend werden Potenzialfelder für Unternehmen ermittelt. Soweit möglich werden alle Trends in Bezug zum Faktor Energie gesetzt.

3.1 Globale Megatrends

Im Bericht der Vereinten Nationen „Emerging trends in global manufacturing industries“ werden acht Megatrends für die globale Industrie identifiziert (Ludovico et al. 2013) (Abbildung 2). Die Megatrends sind in diesem Zusammenhang nicht unabhängig voneinander zu betrachten, sondern bilden vielmehr ein Spannungsfeld, in dem sich die Industrie bewegt.



Legende: Trends
 Trends mit Energiebezug

Abbildung 2: Megatrends Industrie in Anlehnung an Ludovico et al. 2013

Sich änderndes Konsumentenverhalten

Durch allgemeinen Wohlstand und steigendes Einkommen, insbesondere in den Entwicklungsländern, wird es zukünftig zu einem Anstieg des Konsums kommen. Zusätzlich wird sich das Verbraucherverhalten dahingehend verändern, dass die Konsumenten immer mehr individualisierte Produkte und Dienstleistungen fordern, woraus sich neue Herausforderungen für Produktentwicklung und Produktionssysteme ergeben.

Demographischer Wandel

Ein starker Wandel in der demographischen Struktur führt zu einem starken Wandel der Arbeiterschaft. In den Industrienationen ist mit einer zunehmenden Alterung der Belegschaft zu rechnen. In den Entwicklungsländern führt ein starker Zuwachs der Mittel- und Oberschicht zu einer Verschiebung der Absatzmärkte. Für die Industrie heißt das, dass sich die Arbeitsbedingungen an die älter werdende Belegschaft und die geringere Anzahl an Arbeitskräften anpassen muss.

Globalisierung

In Bezug auf ein produzierendes Unternehmen ist einer der wichtigsten Aspekte der Globalisierung die Fragmentierung der Produktion. Heute werden die Produkte in mehreren Stufen an unterschiedlichen Standorten in verschiedenen Ländern hergestellt, bevor sie in der Endproduktion bzw. Montage sind. Durch diese Fragmentierung wurden viele Produktionsstätten in Niedriglohnländer verlagert, während die Industriestaaten das Know-how bzw. die Produktentwicklung beibehalten haben. Die daraus entstandenen globalen Wertschöpfungsketten haben die Integration der Entwicklungsländer erleichtert. Diese üben mittlerweile enormen Wettbewerbsdruck auf die traditionell starken Länder aus. Durch Investitionen und das dazugewonnene Know-how spielen sie eine bedeutende Rolle als globaler Wettbewerber und Lieferant.

Neben der globalen Vernetzung auf Unternehmensebene findet zudem eine stärker werdende Vernetzung auf länderpolitischer Ebene statt. So wurde beispielsweise auf der UN-Klimakonferenz im Jahr 2010 das Zwei-Grad-Ziel anerkannt und verabschiedet. Das Ziel ist die globale Erwärmung auf zwei Grad gegenüber dem Niveau vor der Industrialisierung

zu begrenzen (Christensen 2012). Teil dieses Ziels ist die Umstellung auf eine regenerative Energieversorgung.

Nachhaltigkeit

Die nachhaltige Herstellung von Produkten bekommt eine immer größere Bedeutung, da der gesellschaftliche Druck und ein möglicher Wettbewerbsvorteil durch die Nachhaltigkeit steigen. Dabei erstreckt sich die Nachhaltigkeit über den gesamten Produktlebenszyklus, d. h. von der Produktentwicklung über die Produktion bis zum Recycling.

Eine nachhaltige Energieversorgung durch regenerative Energien ist vor allem in Deutschland Teil des Klimaschutzes. Das bedeutet, dass Treibhausgase sowohl bei der Energieerzeugung als auch im produzierenden Gewerbe reduziert werden müssen (Krewitt et al. 2006)

Politische Trends

Ein wettbewerbsfähiger Produktionssektor wird auch weiterhin eine hohe Priorität in vielen Ländern haben. Da die bereits etablierten Nationen mit Verlusten von Produktionsstätten zu kämpfen haben, investieren Regierungen in Forschungs- und Entwicklungsprogramme, um als Standort bzw. Markt attraktiv zu bleiben.

Ein politisches Projekt in Deutschland, welches das Energiesystem betrifft, ist die Energiewende. Die Ziele der Energiewende sind der Ausstieg aus der Atomenergie bis zum Jahr 2022, ein stetiger Ausbau der erneuerbaren Energien, die Steigerung der Energieeffizienz und der Klimaschutz durch Reduktion der Treibhausgasemissionen (Umweltbundesamt 2014).

Politische und wirtschaftliche Stabilität

Eng verknüpft mit den politischen Trends ist die politische und wirtschaftliche Stabilität. Sie wird in drei Bereiche aufgeteilt. Die Bereiche sind Konflikte bzw. Kriege, Terrorismus & Sicherheit und Naturkatastrophen.

Konflikt- und Kriegsgebiete können negative Auswirkungen auf die Unternehmensabläufe oder Beziehungen zu Zulieferern haben. Zusätzlich können solche Konflikte den Transport der Güter stören.

Ähnliches gilt für das Thema Terrorismus. Durch Terrorismus werden die Sicherheitsbedenken der Länder immer größer.

Um dem Terrorismus entgegen zu treten, investieren die Regierungen mehr Geld in Verteidigungs- und Sicherheitsindustrie.

Dagegen werden Naturkatastrophen immer latente Bedrohungen für die Menschheit darstellen. Sie können die Lieferketten der Unternehmen beeinflussen und stören, ebenso können Produktionsstätten beschädigt und der Versand verzögert werden.

Sowohl durch Konflikte und Kriege als auch durch Terrorismus oder Naturkatastrophen kann es zu Störungen und Problemen bei der Energieversorgung kommen. Daher ist auch die wirtschaftliche und politische Stabilität ein wichtiger Faktor für die Energieversorgung insbesondere in Bezug auf Netzstabilität und Versorgungssicherheit.

Urbanisierung

Die Abnahme der Bevölkerung in Kleinstädten und in ländlichen Räumen hat zur Folge, dass immer mehr Menschen in den großen Metropolen leben. Gemäß den Vereinten Nationen lebt bereits heute mehr als die Hälfte der weltweiten Bevölkerung in Städten. Im Jahr 2050 werden es laut den Vereinten Nationen 72 % der Bevölkerung sein.

Die Urbanisierung kann sowohl Vor- als auch Nachteile für die Gesellschaft bringen. Zu den Vorteilen zählen das Vorantreiben von Innovationen durch die Urbanisierung, die Verbesserung der Zusammenarbeit und eine gleichmäßigere Verteilung des Wohlstands in der Gesellschaft. Andererseits kann die Urbanisierung auch zu einer Verschlechterung der Lebensqualität, zu großen Umweltschäden und zu sozialen und politischen Spannungen führen. Städte mit stark zunehmender Bevölkerung stehen vor der Herausforderung die Nahrungs-, Wasser- und Energieversorgung in gleichem Tempo auszubauen. Daher wirkt sich die Urbanisierung auch auf die Ressourceneffizienz aus (Shell Int. BV 2014).

Vor diesem Hintergrund wird die Versorgungssicherheit zu einem zunehmend wichtigen Faktor in der Industrie.

Verkürzte Produktlebenszyklen

Das Verhalten der Konsumenten wird immer schnelllebig. In immer kürzeren Zeitabständen werden Produkterneuerungen oder -neuheiten erwartet. Das setzt flexible Versorgungsketten und schnelle technologische Fortschritte voraus.

3.2 Trends im Energiesystem

In Bezug auf das Energiesystem sind insbesondere die Globalisierung, die Nachhaltigkeit, die politischen Trends in Verbindung mit der politischen und wirtschaftlichen Stabilität und die Urbanisierung relevant. Im Energiesystem können drei große Trends identifiziert werden, die sowohl untereinander als auch zu den globalen Megatrends in Beziehung stehen (Abbildung 3).

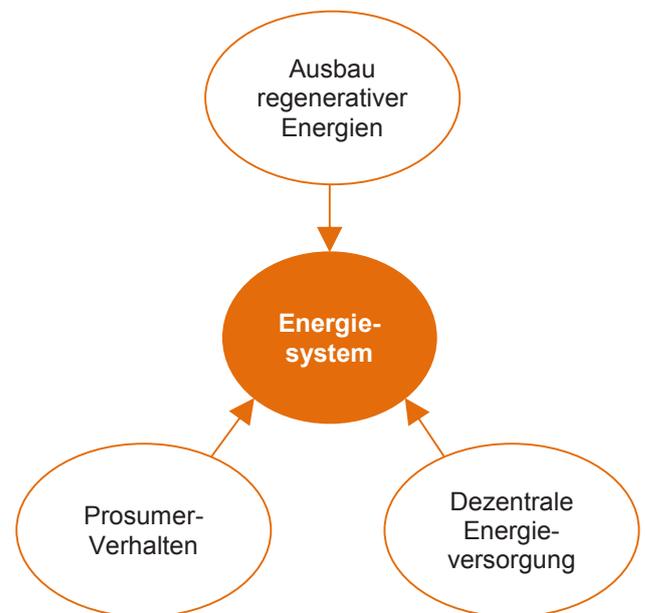


Abbildung 3: Trends im Energiesystem

Ausbau regenerativer Energien

Der Ausbau regenerativer Energien wird weltweit durch die Klimaschutzziele und in Deutschland zusätzlich über die Energiewende gefördert. Die EU hat bereits 2007 beschlossen, dass der Anteil an erneuerbaren Energien (Strom, Wärme, Kraftstoffe) am Brutto-Endenergieverbrauch der EU-Staaten bis 2020 auf 20 % steigen soll. Für Deutschland ist ein Anteil von 18 % bis 2020 gegenüber 2000 festgesetzt. Bis 2030 sollen 30 %, bis 2040 45 % und bis 2050 50 % erreicht werden (Umweltbundesamt 2015).

Dezentrale Energieversorgung

Die Energieversorgung wird sich von einer zentralen Versorgung über wenige Kraftwerke hin zu einer dezentralen Versorgung über viele regenerative Anlagen entwickeln. Eine dezentrale Erzeugungsanlage ist gemäß § 3 Nr. 11 EnWG „eine an das Verteilernetz angeschlossene verbrauchs- und lastnahe Erzeugungsanlage“ (Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz 2005). Die Boston Consulting Group geht davon aus, dass die dezentrale Energieversorgung bis 2020 in Europa einen Anteil an der installierten Gesamtkapazität von 40 % erreichen wird (The Boston Consulting Group 2010).

Prosumer-Verhalten

Die Umstellung auf regenerative Energie führt dazu, dass Unternehmen als Verbraucher vermehrt eigene Anlagen zur Energieproduktion aufbauen. So können sie ihre selbst produzierte Energie nutzen und die überschüssige Energie speichern oder in das Netz einspeisen. Personen oder Unternehmen, die gleichzeitig Konsument und Produzent sind, werden Prosumer genannt (Springer Gabler Verlag 2015d). Ein weiterer Vorteil der Eigenenergieerzeugung und -nutzung ist, dass die Unternehmen ihre Versorgungssicherheit besser regeln können.

3.3 Energiestrategische Positionierungsfelder des Unternehmens

Ausgehend von den globalen Megatrends in der Industrie und den Trends im Energiesystem können sich Unternehmen im Bereich des Energiebezugs, der Energieeffizienz und der Energieflexibilität positionieren (Abbildung 4).

Energieeffizienz beschreibt das Verhältnis von energetischem Input und Output. Sie ist in allen Unternehmensbereichen ein wichtiger Faktor mit dem Ziel Prozesse energetisch zu optimieren. Grundlage für die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen ist die Erfassung des Ist-Verbrauchs, auf dessen Basis ein Soll-Ist-Vergleich der Daten durchgeführt wird. Das Ziel ist es, zu bewerten wie effizient die Energie genutzt wird.

Im Zuge des sich verändernden Konsumentenverhaltens von Massenware hin zu individualisierten Produkten wird die Produktion zukünftig flexibel auf Kundenwünsche reagieren müssen.

Damit einher geht die flexible Nutzung von Energie.

Flexibilität eines Unternehmens spiegelt sich auch in der Energiebetrachtung wieder. In Folge der vermehrten Erzeugung von Energie durch regenerative Quellen und der Individualisierung der Produkte muss die Produktion nicht nur in der Lage sein sich auf individuelle Kundenwünsche einzustellen, sondern auch auf Schwankungen in der Energieerzeugung. Es müssen Ausweichmöglichkeiten wie etwa Energiespeicher oder eine eigene Energieproduktion bei Energieengpässen geschaffen werden.

Der Energiebezug wird in Zukunft eine zentralere Rolle spielen. Es wird weiterhin zu Schwankungen an der Energiebörse kommen, da die Erzeugung von Energie durch regenerative Quellen nicht genau prognostiziert werden kann. Entsprechend wirkt sich der Energiebezug zu Zeiten, an denen der Energiepreis niedrig ist, positiv auf die Energiekosten der Unternehmen aus.

Ebenso kann man die aus der Eigenerzeugung gewonnene Energie zu Niedrigpreis-Zeiten speichern und die benötigte Energie extern günstig zukaufen. Als positiver Nebeneffekt lässt sich bei vollen Speichern ein zusätzlicher Ertrag erzielen, indem Energieüberschüsse am Regelenergiemarkt verkauft werden.



Die Abbildung 4: Energiestrategische Positionierungsfelder des Unternehmens

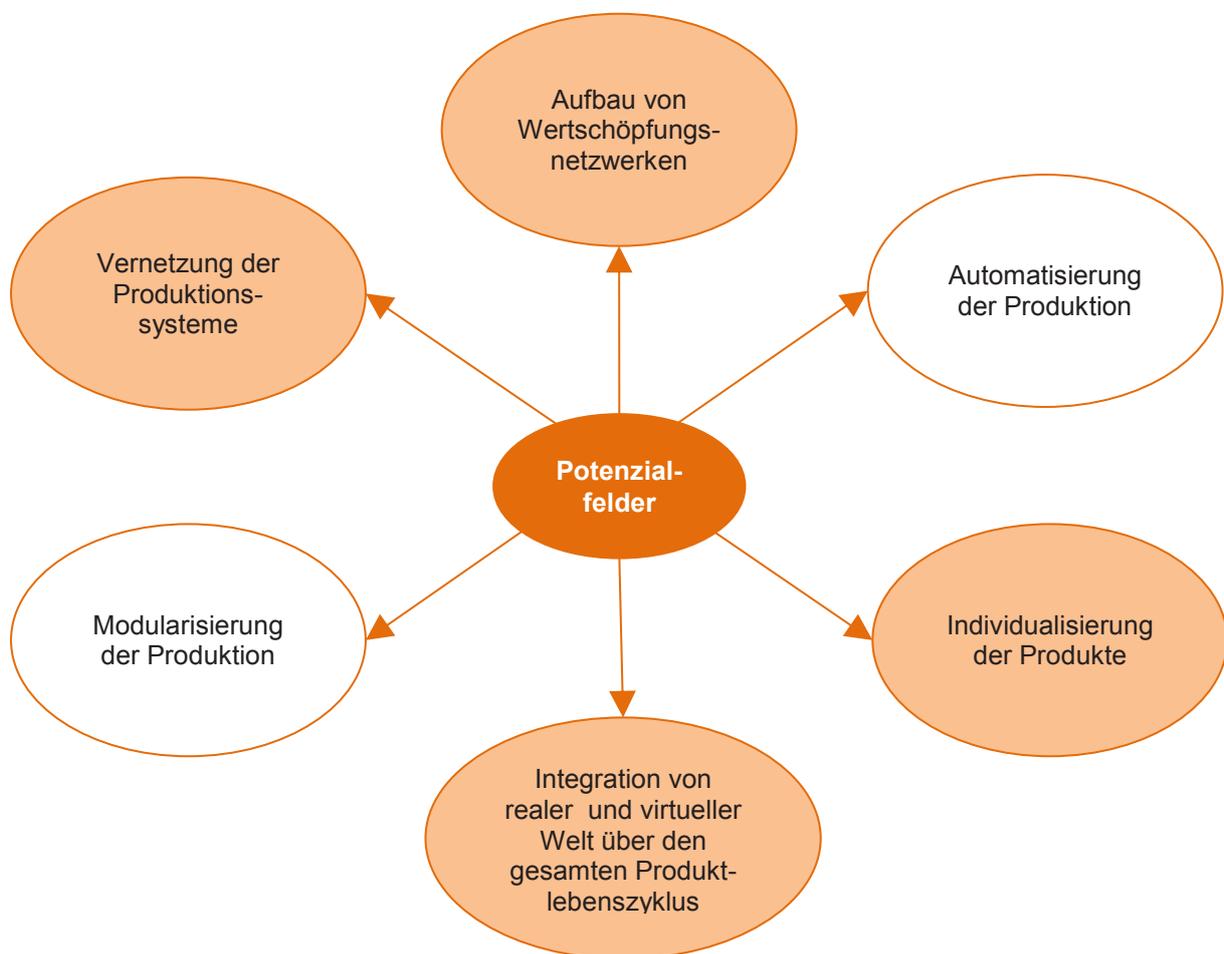
3.4 Potenzialfelder

Auf Basis der energiestrategischen Positionierungsfelder lassen sich Potenzialfelder ableiten (Abb. 5). Die sechs Potenzialfelder finden sich in Deutschland auch unter dem Begriff „Industrie 4.0“ wieder.

Die Potenziale Automatisierung und Modularisierung werden nur am Rande betrachtet, da diese für das Energiemanagement eine untergeordnete Rolle spielen. Die Automatisierung der Produktion ist keineswegs ein neuer Trend.

Vielmehr dauert der Automatisierungstrend seit geraumer Zeit an und erfindet sich immer wieder neu. Eng damit verknüpft ist die Modularisierung der Produktion. Wichtige Voraussetzung für die Modularisierung ist die Festlegung von Standards (Bundesministerium für Bildung und Forschung 2013).

Im Folgenden werden die weiteren vier strategischen Erfolgspotenziale (Aufbau von Wertschöpfungsnetzwerken, Individualisierung der Produkte, Integration von realer und virtueller Welt über den gesamten Produktlebenszyklus und die Vernetzung der Produktionssysteme) in Bezug zur Energie näher dargestellt.



- Legende:  Potenzialfelder
 Potenzialfelder mit Energiebezug

Abbildung 5: Potenzialfelder

Aufbau von Wertschöpfungsnetzwerken

Durch die Vernetzung produktionsrelevanter Prozesse über Unternehmensgrenzen hinweg können Wertschöpfungsnetzwerke gebildet werden. Diese Vernetzung wird auch horizontale Integration genannt. Das Ergebnis der Integration ist, dass aus den einzelnen Prozessen kontinuierlich Daten erhoben werden, die eine flexible Steuerung ermöglichen. Somit können Produktionsprozesse schnell an Marktentwicklungen wie zum Beispiel Energiepreise angepasst werden (Bundesministerium für Bildung und Forschung 2013).

Individualisierung der Produkte

Auf Seiten der Nachfrage wünschen Kunden zunehmend individualisierte Produkte. Produzierende Unternehmen stehen vor der Herausforderung, hohe Kosten für individualisierte Produkte abzudecken. Ziel ist, dass die Produktion auf individualisierte Kundenwünsche reagieren kann und das zu möglichst niedrigen Mehrkosten (Bundesministerium für Bildung und Forschung 2013).

Mit zunehmender Individualisierung und damit verbundenen Produktvariationen ändert sich der Bedarf der Ressource Energie. Zur Schaffung von Kosten- und Energietransparenz sind Energiedaten auf Produktebene notwendig.

Integration von realer und virtueller Welt über den gesamten Produktlebenszyklus

Das Zusammenspiel von realer und virtueller Welt über den gesamten Produktlebenszyklus ist ein wichtiger Faktor auf dem Weg zur Industrie 4.0. In der virtuellen Welt haben alle Objekte ein digitales Abbild (Modell). Die reale Welt charakterisiert sich durch das Lösen von Problemen und das Treffen von Entscheidungen. In der Umsetzungsstrategie Industrie 4.0 wird für die Integration beider Welten eine produktionstechnische Modellierungstheorie für den Maschinen- und Anlagenbau entwickelt (BITKOM, VDMA, ZVEI 2015).

Durch die Verschmelzung von realer und virtueller Welt ist es unter anderem möglich, dass Unternehmen Teil eines virtuellen Kraftwerks werden. Prosumer hingegen haben die Möglichkeit ein eigenes virtuelles Kraftwerk aufzubauen.

Vernetzung der Produktionssysteme

Die Vernetzung der Produktionssysteme wird auch vertikale Integration der IT-Systeme genannt. Die Verknüpfung aller IT-Systeme auf unterschiedlichen Hierarchieebenen eines Produktionssystems ist das Ziel (BITKOM, VDMA, ZVEI 2015).

Dadurch wird es zu einer Verschmelzung der Ebenen in der Automatisierungspyramide kommen (Abbildung 13). In diesem Zusammenhang wird auch der durchgängige und automatische Energiedatenfluss über die Hierarchieebenen der Produktionssysteme zu einer Notwendigkeit.

3.5 Resultierende Anforderungen an Softwarelösungen

Anhand der Trendanalyse ergeben sich unterschiedliche Systemanforderungen an die Energiemanagement-Softwarelösungen (Abbildung 6). Die Systemanforderungen an die Energiemanagement-Softwarelösungen sind durch die energiestrategischen Positionierungsfelder und Potenzialfelder untergliedert.

Energieflexibilität erfordert die Datenerfassung auf Prozessebene und die Vernetzung von Produktionsprozessen. Dies ist die Grundlage für den Aufbau von Wertschöpfungsnetzwerken. Produktbezogene Energiedaten ermöglichen die Individualisierung der Produkte und damit einhergehender Produktvariationen.

Die Optimierung der Energieeffizienz erfordert zusätzlich zu den genannten Potenzialfeldern die Vernetzung der Energiedaten mit der Produktionsplanung und -steuerung. Daraus ergibt sich die Vernetzung der Produktionssysteme. Eine Schnittstelle zum Energiemarkt sowie ein virtuelles energetisches Abbild der Produktion dienen der Integration von realer und virtueller Welt über den gesamten Produktionslebenszyklus.

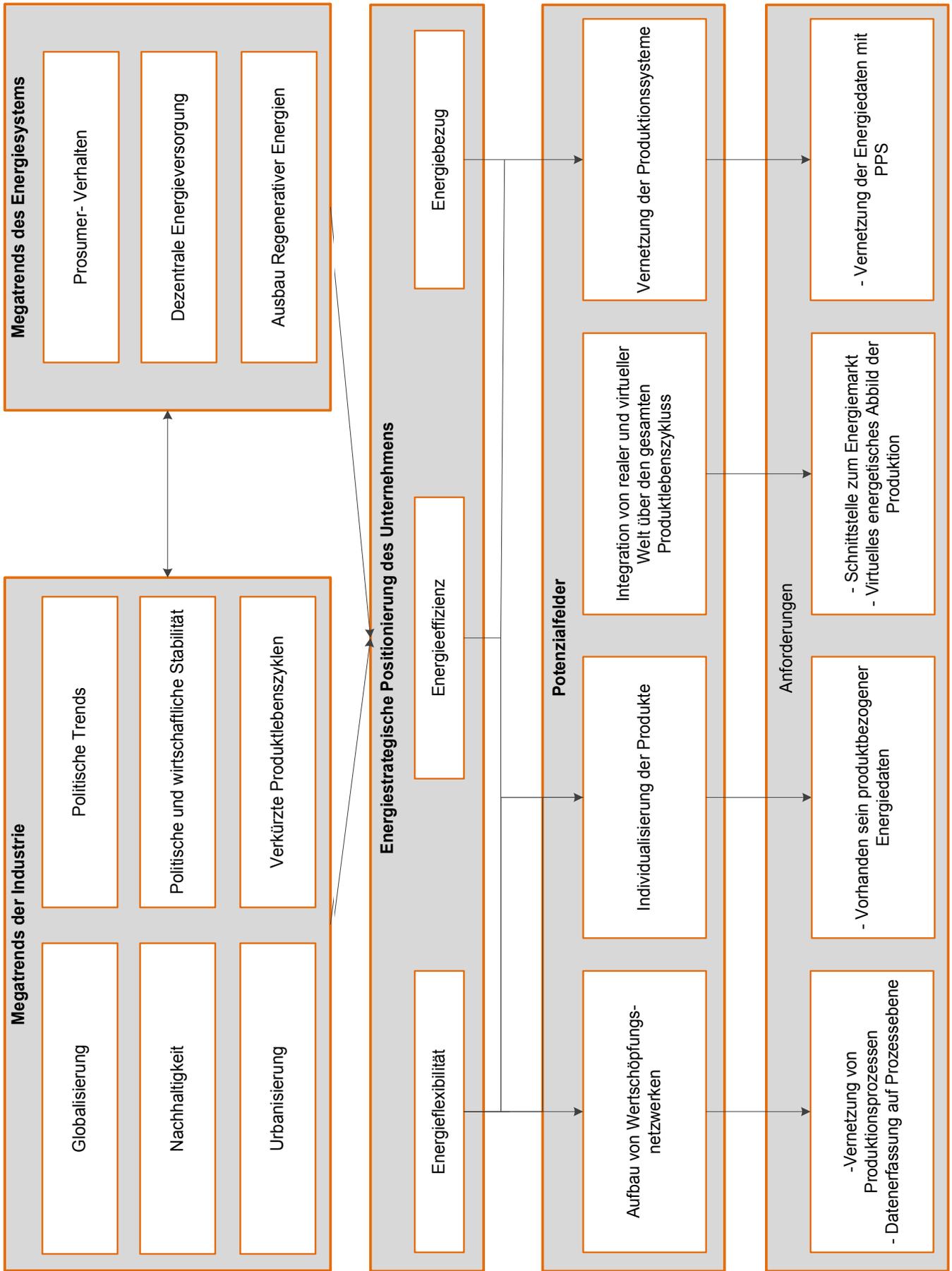


Abbildung 6: Anforderungen aus der Trendanalyse

4 Anforderungen an Unternehmen durch Industrial Smart Grids

Smart Grids bieten das Potenzial, Herausforderungen im Energiesystem, wie den Zuwachs erneuerbarer Energien, die Dezentralisierung der Energieerzeugung sowie den zunehmenden Wechsel von reinen Verbrauchern hin zu Prosumern zu meistern (vgl. Kapitel 3.2).

„Das konventionelle Elektrizitätsnetz wird zu einem Smart Grid, wenn es durch Kommunikations-, Mess-, Regel- und Automatisierungstechnik sowie Automatisierungskomponenten aufgerüstet wird. Im Ergebnis bedeutet „smart“, dass Netzzustände in „Echtzeit“ erfasst werden können und die Möglichkeit zur Steuerung und Regelung der Netze besteht, so dass die bestehende Netzkapazität tatsächlich voll genutzt werden kann“ (Bundesnetzagentur 2011).

Smart Grids reduzieren den Ausbau der Versorgungsinfrastruktur und erhöhen die Versorgungssicherheit im Energiesystem. Netzzustände des Verteilnetzes können besser nachvollzogen werden und das Netz kann lokal gesteuert werden.

4.1 Industrial Smart Grid

Mit zunehmender Bedeutung des Faktors Energie für die industrielle Produktion werden auch Smart-Grid-Lösungen in der Produktion relevant und erschließen den Bereich des Industrial Smart Grid. Das ISG eröffnet die Entwicklungspotenziale Vernetzung, Automatisierung und das Verschmelzen von realer und virtueller Welt in Bezug auf die Komponente Energie. Es ermöglicht eine steigende Integration von regenerativer Energieerzeugung, eine Erhöhung der Versorgungssicherheit, eine Reduktion der Energie- und Infrastrukturkosten und eine Verminderung der Abhängigkeit vom Versorgungsnetz.

Grundsätzlich können im ISG vier energetische Bausteine unterschieden werden (Abbildung 7). Dazu gehören die Eigenenergieerzeugung, die Energiebeschaffung, die Energiespeicherung und die Produktion als Energieverbraucher.

Das Industrial Smart Grid hat die Aufgabe die Bezugs- und Verbrauchsgruppen zu balancieren mit dem Primärziel, die Produktion reibungslos und kosten optimal zu betreiben.

Der Schlüssel zum Erreichen des Primärziels liegt in der Integration der Variablen Energie in die Produktionsplanung und Steuerung (PPS). In diesem Zusammenhang wandelt sich der Faktor Energie von einer Konstanten hin zu einer dynamischen Variablen in der Produktionsgleichung.

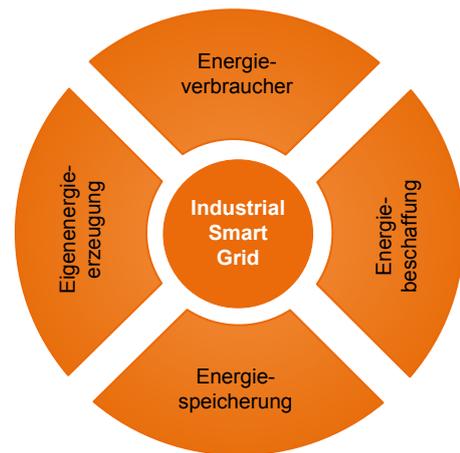


Abbildung 7: Energetische Bausteine im Industrial Smart Grid

4.2 Energiespezifische Produktionsplanung und -steuerung

„Die Produktionsplanung und -steuerung, als Teilbereich des operativen Produktionsmanagements, hat für die wirtschaftliche Gestaltung und den reibungslosen Ablauf der Produktionsprozesse zu sorgen“ (Springer Gabler Verlag 2015b). Das Konzept der hierarchischen Produktionsplanung und -steuerung zerlegt das Gesamtproblem der PPS in Teilprobleme auf unterschiedlichen Planungsebenen (Switalski 1989). In Abhängigkeit der wirtschaftlichen Gewichtung der Variablen Energie fließt diese in die Optimierungsgleichungen der Teilprobleme ein (Abbildung 8.)

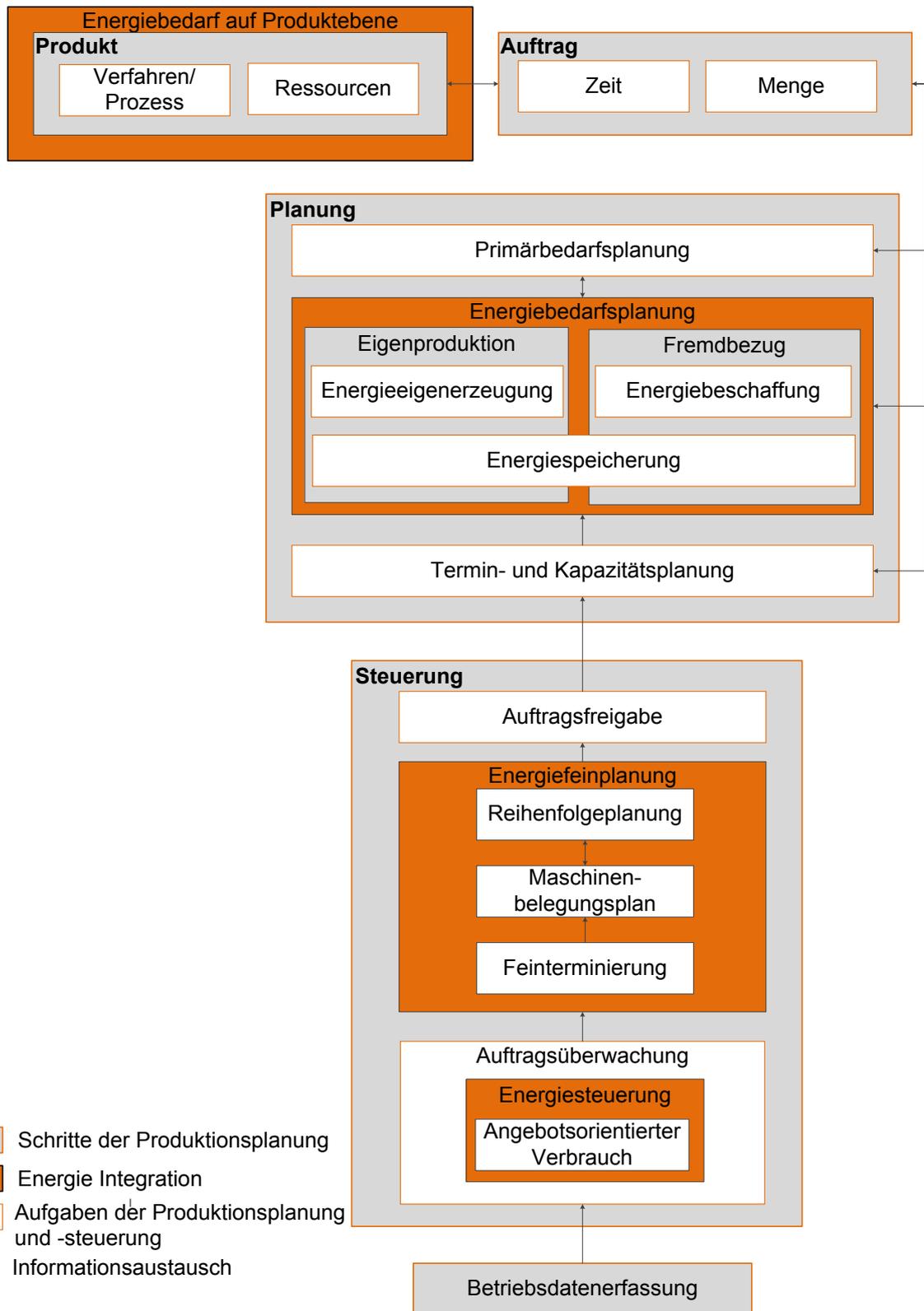


Abbildung 8: Integration des Faktors Energie in die hierarchische Produktionsplanung und -steuerung

4.2.1 Energiesensitive Produktionsplanung

Während im Rahmen der Primärbedarfsplanung die in der Planungsperiode herzustellenden Mengen der Produkte festgelegt werden, werden im Rahmen der Sekundärbedarfsplanung die für die Herstellung des Primärbedarfs benötigten Ressourcen kalkuliert. Basierend auf der Sekundärbedarfsplanung schließt die Termin- und Kapazitätsplanung die Planungsphase ab. Die langfristige Sicherung der Ressource Energie erfolgt in der Sekundärbedarfsplanung z. B. für einen Zeitraum von 1-3 Monaten (Abbildung 8).

Obwohl Lagerrestriktionen schon in der Primärplanung betrachtet werden, werden Energiespeicher, die als „Energiefabrik“ fungieren, erst in der Sekundärplanung aufgenommen. In diesem Zusammenhang können die aus der Materialwirtschaft abgeleiteten Sicherungsziele auch auf die energetische Ressourcenplanung übertragen werden. Die energetische Planung muss eine ausreichende Qualität, Quantität, Flexibilität und Wirtschaftlichkeit der Ressource Energie gewährleisten. Des Weiteren muss gewährleistet sein, dass die Energie in Abhängigkeit der Kapazitätsplanung in ausreichender Menge zur Verfügung steht. In der Planung wird zwischen Eigenenergieerzeugung und dem Fremdbezug der benötigten Energie unterschieden. Energiespeicher hingegen werden bereichsübergreifend eingeplant.

4.2.2 Energiesensitive Produktionssteuerung

Im Rahmen der Steuerungsphase wird der Planungszeitraum z.B. auf 1-2 Wochen reduziert und es erfolgt die Freigabe der Produktionsaufträge, deren Starttermin in diesen Planungshorizont fällt.

Sind für die einzelnen Produktionsschritte bislang nur grobe Start- und Endtermine definiert, werden in der Ablaufplanung die genauen Termine für die Produktionsstufen des Produktionssystems festgelegt. Im Rahmen der Auftragsüberwachung wird auf Basis von Betriebsdaten der Produktionsablauf im Hinblick auf die Planeinhaltung überwacht.

Ziel der Energiefeinplanung ist es innerhalb der von der Energiebedarfsplanung vorgegebenen Rahmenbedingungen eine bestmögliche Feinplanung vorzunehmen. In diesem Zusammenhang können sowohl die Reihenfolgeplanung, der Maschinenbelegungsplan und die Feinterminierung vor dem Hintergrund eines kostenorientierten Nutzungszeitraums und Spitzenlastmanagements energetisch optimiert werden (Abbildung 9). Für einen kostenorientierten Nutzungszeitraum besteht die Herausforderung darin, die Produktion so zu organisieren, dass hohe Energieverbräuche zu Tageszeiten, Wochentagen oder gegebenenfalls saisonbedingter geringer Energienachfrage im Netz verlagert werden. Des Weiteren kann durch eine geschickte Reihenfolgeplanung und Feinterminierung Spitzenlast im Betrieb, wie das parallele Hochfahren mehrerer Produktionsanlagen, vermieden werden.

Mithilfe der Plandaten wird in der Auftragsüberwachung die Produktion überwacht. In dieser Phase wird der aktuelle Energieverbrauch mit dem geplanten Energieverbrauch abgeglichen. Störungen des Betriebsablaufs erfordern eine Anpassung der Energieplanung. Des Weiteren kann die im Produktionsablauf bestehende Flexibilität dazu genutzt werden, kurzfristig auf Preissignale aus dem Energiemarkt und dem Angebot der Energieeigenproduktion zu folgen. In Abhängigkeit von der Reaktionsgeschwindigkeit wird zwischen Day-Ahead und Real Time Demand Response unterschieden.

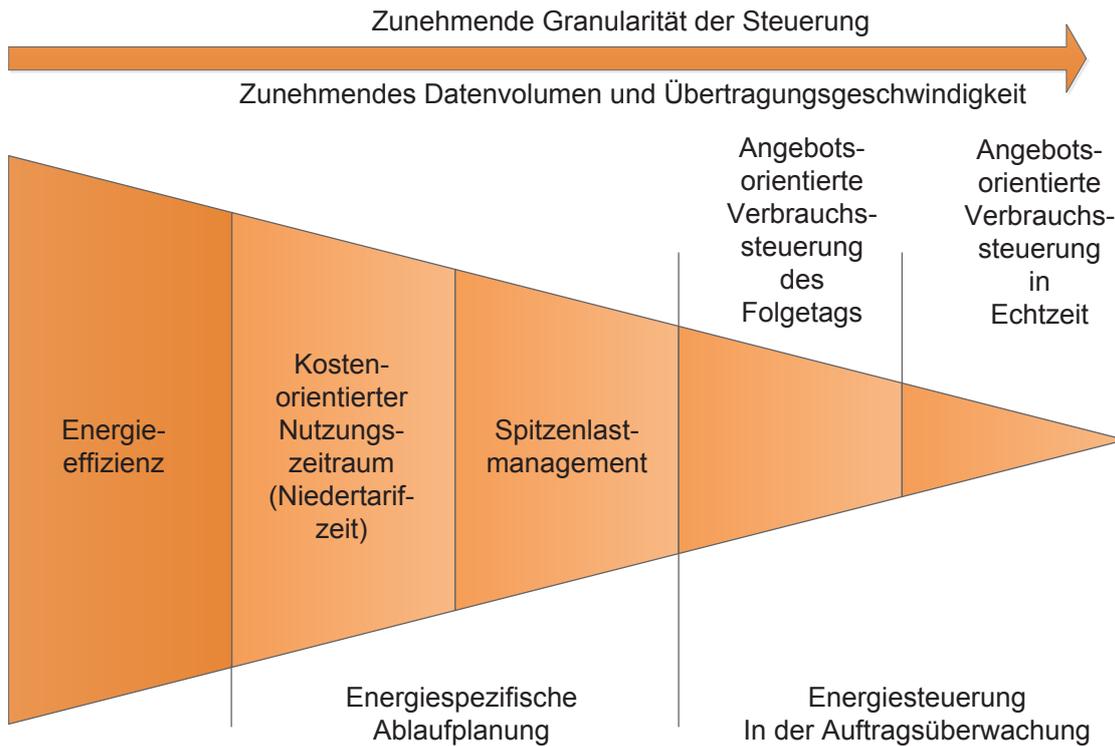


Abbildung 9: Demand Side Management Aktivitäten, von der Energieeffizienz bis zum Real-Time Demand Response (in Anlehnung an Samad und Kiliccote 2012)

4.3 Resultierende Anforderungen an Softwarelösungen

Die Anforderungsdefinition vor dem Hintergrund einer Energiemanagement-Softwareanalyse lässt sich in drei Bereiche gliedern. Dabei wird zwischen grundlegenden Systemanforderungen, planungsspezifischen Systemanforderungen und steuerungsspezifischen Systemanforderungen unterschieden (Abbildung 10).

Die grundlegenden Systemanforderungen bilden die Basis für das Management eines Industrial Smart Grids. Um die Teilbereiche Eigenenergieerzeugung, Energiespeicherung, Energiebeschaffung und den Energieverbrauch in der Produktion in einem Smart Grid zu verbinden und energieoptimal zu planen und zu steuern, müssen planungs- und steuerungsspezifische Daten aus den Teilbereichen im System erfasst, verwaltet, vernetzt und verarbeitet werden.

Planungsspezifische Systemanforderungen basieren auf der Integration der Variablen Energie in die Produktionsplanung. Verbunden mit einer zunehmenden Fluktuation in der Energiebereitstellung wird

die Planung komplexer und mit zunehmender Dauer der Planungsintervalle sinkt die Planungssicherheit. Prognose- und Simulationsmodelle des Energiebedarfs und der Energiebereitstellung können dabei helfen, die Planungssicherheit zu erhöhen.

Vergleichbar zur Planung basieren die steuerungsspezifischen Systemanforderungen auf der Integration der Variablen Energie in die Produktionssteuerung. Die Dauer der benötigten Datenerfassungsintervalle nimmt in gleichem Maße ab, in dem die Steuerungsgranularität zunimmt. Im Rahmen einer angebotsorientierten Steuerung in Echtzeit sind auch Echtzeitdaten als Steuerungsgrundlage notwendig. Eine besondere Herausforderung in der Steuerungsphase stellt das Lastmanagement dar. Hier gilt es, das Spitzenlastmanagement in das Energiemanagement zu integrieren.

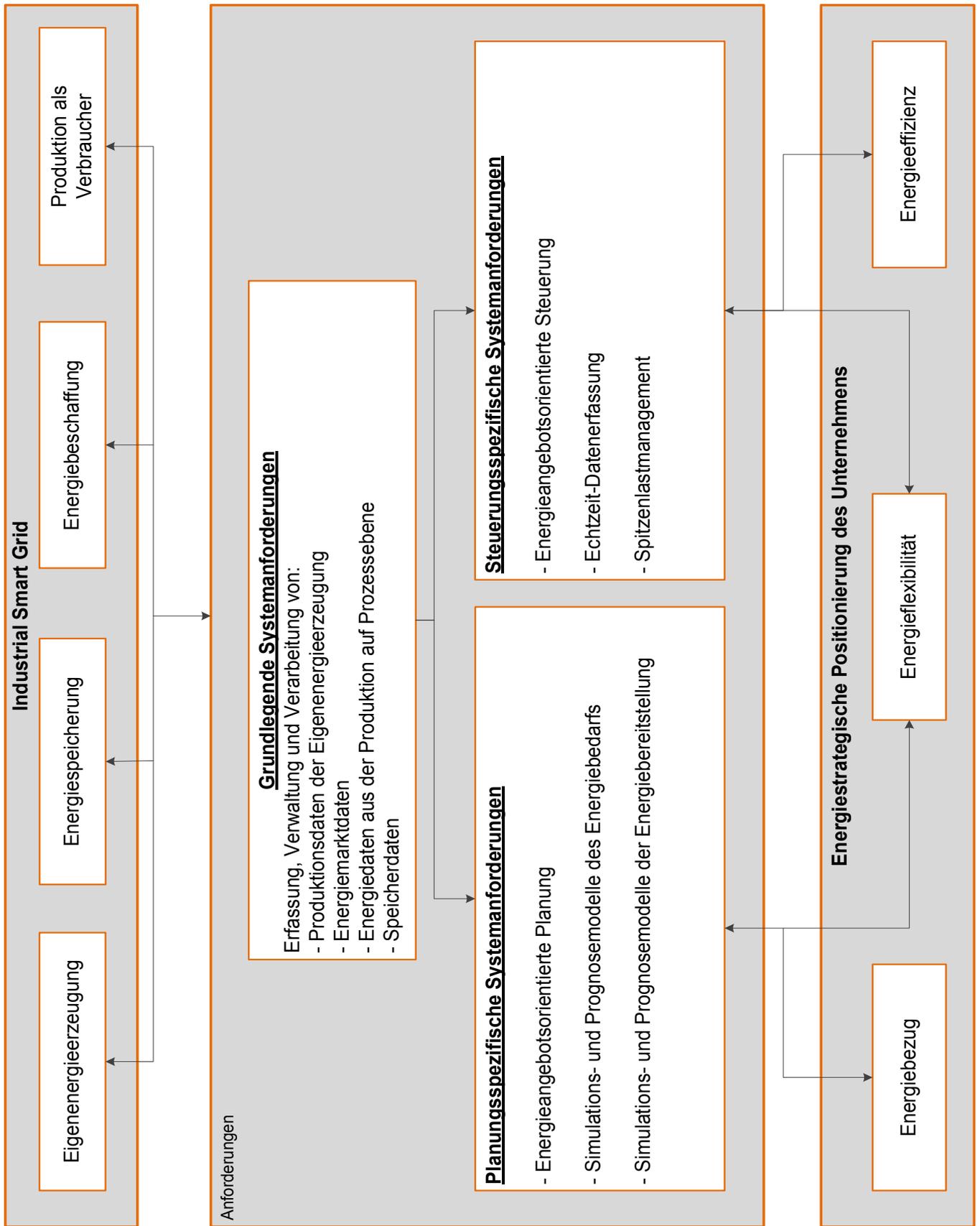


Abbildung 10: Systemanforderungen für Energiemanagement-Softwarelösungen durch Industrial Smart Grids

5 Ansätze des Energiemanagements

Mit Einführung der Norm DIN EN ISO 50001 „Energiemanagementsysteme – Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung“ im Jahr 2011 existiert eine global gültige, sektorübergreifende Norm, die Unternehmen bei dem Aufbau eines systematischen Energiemanagements leitet und unterstützt.

„Energiemanagement ist die Kombination aller Maßnahmen, die bei einer geforderten Leistung einen minimalen Energieeinsatz sicherstellen. Es bezieht sich auf Strukturen, Prozesse und Systeme sowie auf menschliche Verhaltensweisen und -änderungen“ (Springer Gabler Verlag 2015a).

Ziel des Energiemanagements ist es, spezifische Energieziele zu definieren, Energieverbräuche transparent zu machen und den Energieverbrauch kontinuierlich zu senken. Daraus resultierend soll die Energieproduktivität nachhaltig im Unternehmen gesteigert werden.

5.1 Energiemanagementsystem

Ein Energiemanagementsystem identifiziert und quantifiziert alle relevanten Energieströme in einem Unternehmen und ermöglicht somit eine möglichst hohe Verbrauchs- und Kostentransparenz.

„Ein Energiemanagementsystem bildet Gesamtheit aller miteinander zusammenhängender oder interagierender Elemente zur Einführung einer Energiepolitik und strategischer Energieziele, sowie Prozesse und Verfahren zur Erreichung dieser strategischen Ziele“ (DIN EN ISO 50001; DIN EN ISO 50001).

Auf Basis der erfassten Energieströme können sowohl strategische als auch operative Entscheidungen im Bereich der Energieeffizienz getroffen werden. Im Kern basiert die Energiemanagement Norm DIN EN ISO 50001 auf dem PDCA-Zyklus (Plan-Do-Check-Act). Der PDCA-Zyklus ist ein kontinuierlicher Verbesserungsprozess (KVP) und integriert das Energiemanagement in Form eines dynamischen Kreislaufs in das Tagesgeschäft der Unternehmen (Abbildung 11).

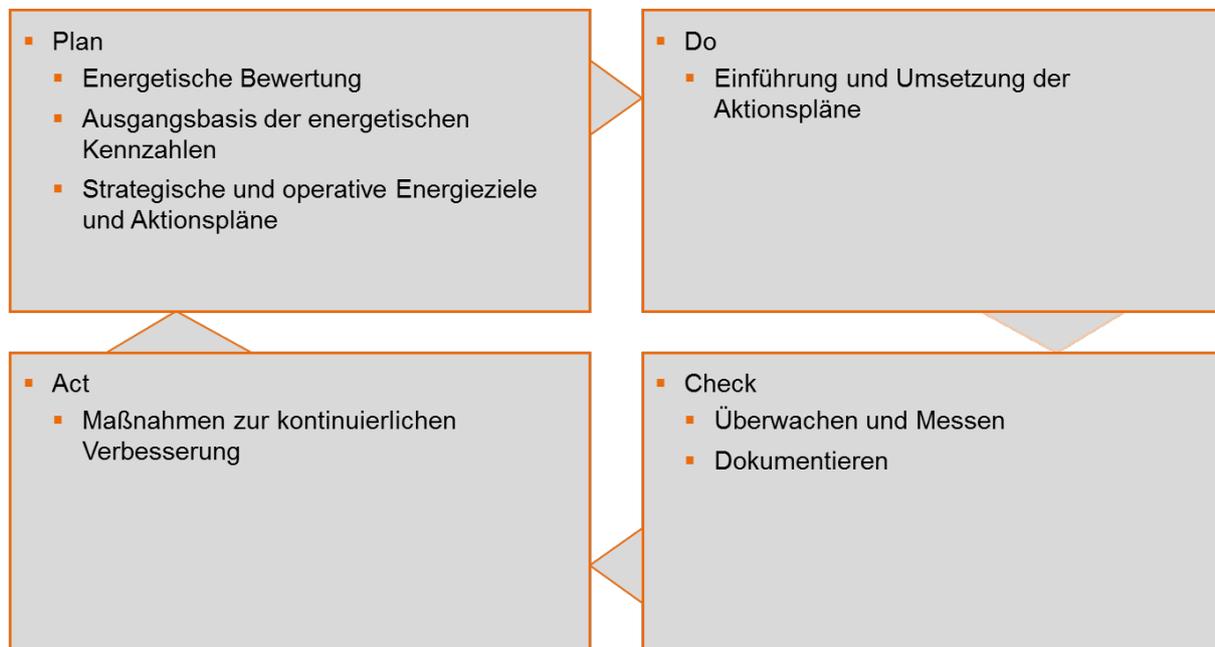


Abbildung 11: PDCA Zyklus auf Basis DIN EN ISO 50001

5.2 Energiemanagement-Softwarelösungen

Die Komplexität, Größe und Dynamik vieler Unternehmen macht eine softwaregestützte Lösung des Energiemanagements unabdingbar. Softwarelösungen sind dabei in der Lage, den KVP der DIN EN ISO 50001 zu dokumentieren und zu automatisieren (Abbildung 12). Dabei können die entsprechenden Softwarelösungen grundsätzlich alle vier Phasen des KVP abbilden. Abbildung 12 zeigt in diesem Zusammenhang die potentiellen Softwarefunktionen innerhalb der Phasen des KVP auf.

Plan: In der Planungsphase können die energetische Ausgangsbasis sowie die strategischen und operativen Energieziele und Aktionspläne im System dokumentiert und verwaltet werden.

Die Softwarelösungen dienen in der Planungsphase der Datenverwaltung.

Do: In der Umsetzungsphase können die umgesetzten Maßnahmen im System dokumentiert werden. Die Softwarelösungen unterstützen in der Umsetzungsphase die Datenverwaltung.

Check: In der Kontrollphase können Energiedaten im System erfasst, verwaltet und verarbeitet werden. Des Weiteren unterstützen die Systeme das energiebezogene Berichtswesen, indem innerhalb der Software Berichte generiert werden können, die auf die Energieziele und Aktionspläne abgestimmt sind.

Act: In der Handlungsphase können Maßnahmen zur kontinuierlichen Verbesserung im System dokumentiert werden. Die Softwarelösungen unterstützen in der Handlungsphase die Datenverwaltung.

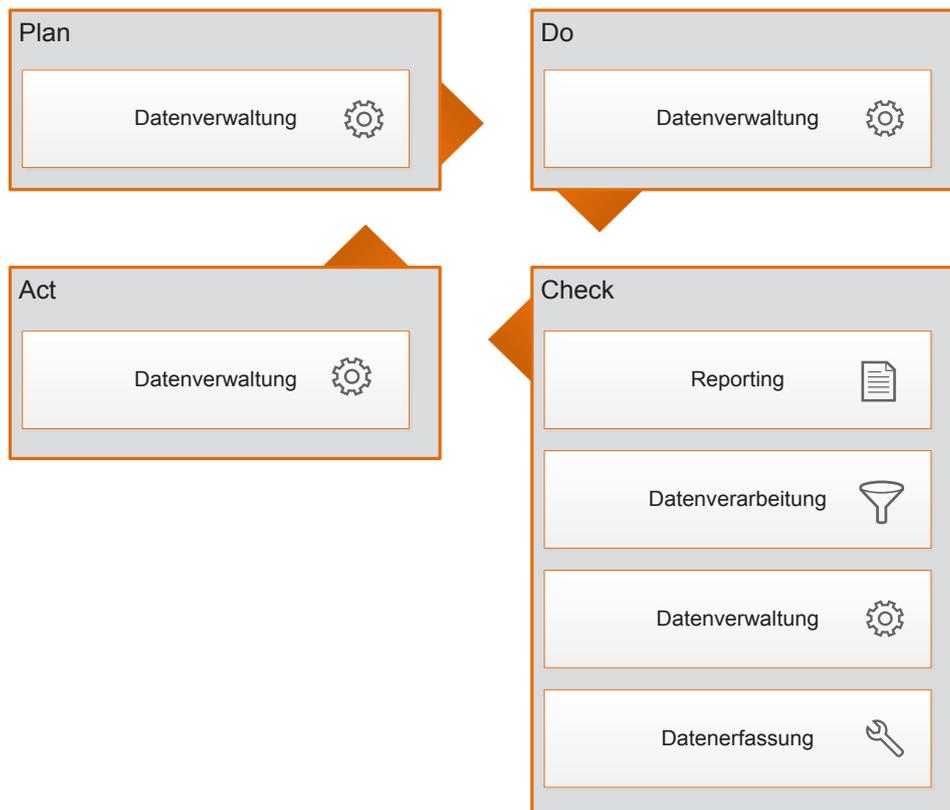


Abbildung 12: Energiemanagement-Softwarefunktionen zur Unterstützung des KVP der DIN ISO 50001

Neben den EMS-Softwarelösungen werden zunehmend MES-Softwarelösungen mit Energiefunktionalitäten auf Basis der DIN EN ISO 50001 entwickelt.

„Manufacturing Execution Systems (MES) werden seit einigen Jahren intensiv diskutiert und kommen in produzierenden Unternehmen in praxisgerecht umgesetzten Konzepten nun zunehmend zum Einsatz. Als Bindeglied zwischen den Maschinensteuerungen und den Systemen der Unternehmensleitebene sorgen MES-Konzepte sowohl für die vertikale als auch für die horizontale Integration in der Fertigungsleitebene und schaffen so die Voraussetzungen für die unterschiedlichsten Planungs-, Verwaltungs-, und Optimierungsaufgaben“ (Mussbach-Winter et al. 2013).

MES-Systeme sind in der digitalen Unternehmensstruktur zwischen ERP-Systemen (Enterprise Resource Planning) und Prozessleitebene angeordnet (Abbildung 13). ERP-Systeme bilden das Informationsrückgrat der unternehmensweiten Planung.

Sie decken in der Regel Funktionen in den Bereichen Vertrieb, Einkauf, Material-/Termin- und Kapazitätsplanung, Produktion, Logistik, Lagerhaltung sowie After Sales ab (Mussbach-Winter et al. 2013).

In MES-Systemen erfolgt die Feinplanung der Produktionsaufträge. Randbedingungen der Planung sind dabei sowohl Daten der Grobplanung, als auch Informationen aus der Leit- und Steuerungsebene.

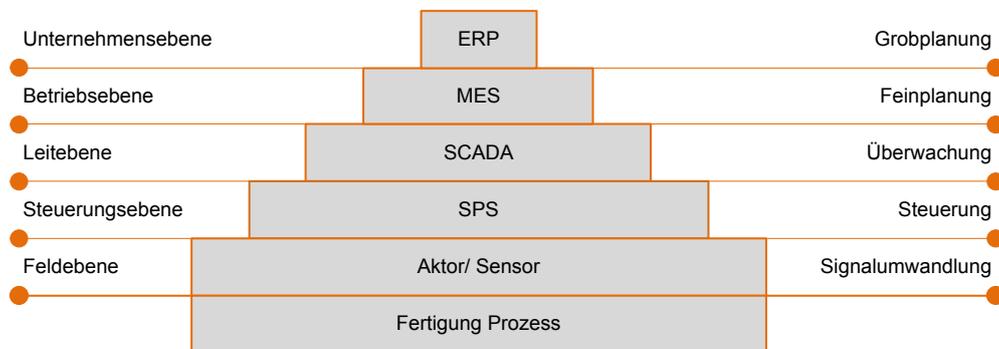


Abbildung 13: Automatisierungspyramide und damit verbundene Planungsebenen (Pickert & Partner 2010)

Die VDI Richtlinie 5600 – Fertigungsmanagementsysteme definiert aus aufgabenorientierter Sicht folgende Funktionen für MES-Systeme (VDI Richtlinie 5600):

- Feinplanung und -steuerung
- Betriebsmittelmanagement
- Materialmanagement
- Personalmanagement
- Datenerfassung
- Leistungsanalyse
- Qualitätsmanagement
- Informationsmanagement

Ein Trend in der Entwicklung von MES-Systemen geht in die Richtung, Energiemanagement in die Systemarchitektur zu integrieren (Sontow et al. 2013). MES-Systeme bieten dabei den Vorteil, das Energiemanagement direkt in den Planungs- und Steuerungsprozess der Produktion einzubinden. In diesem Zusammenhang können Verbrauchswerte nicht nur ressourcenbezogen analysiert werden, sondern mit Daten aus Betriebsmittelmanagement, Materialmanagement oder Qualitätsmanagement verknüpft werden. Daraus lassen sich Rückschlüsse ziehen, welche Fertigungsschritte besonders energieintensiv sind und welche Maßnahmen ergriffen werden können, um den Energieverbrauch zu reduzieren.

6 Funktionsanalyse Energiemanagement-Softwarelösungen

Mit zunehmender Bedeutung des Themas Energiemanagement in der industriellen Produktion wächst auch der Markt der Softwarelösungen. Die bestmögliche Lösung für ein spezifisches Unternehmen zu finden, ist ein komplexer Prozess. Innerhalb dieses Prozesses müssen die Anforderungen des Unternehmens mit den Funktionalitäten der Softwarelösungen abgeglichen werden. Für EMS-Software hat die Energieagentur Nordrhein-Westfalen einen Marktspiegel erstellt, der wichtige Funktionalitäten der Softwarelösungen übersichtlich und kompakt darstellt (EnergieAgentur.NRW 2015). Für die Integration des Energiemanagements in MES-Systeme hat der MES D.A.CH Verband einen speziellen Marktspiegel zum Thema Energiemanagement herausgebracht (MES D.A.CH und HIR.GmbH 2013). Weiterhin wurde das Thema Energie in den funktionsübergreifenden Marktspiegel integriert (MES D.A.CH / HIR.GmbH 2014).

Strukturell orientiert sich die Funktionsanalyse an den Softwaresystemebenen, die sich auf Basis der Anforderungen im Energiemanagement ableiten lassen. So stehen im besonderen Fokus der Analyse die in den Systemen abgebildeten Produktionstypen und Energieformen, die Energiedatenerfassung, die Energiedatenverwaltung, die energiebezogene Datenverarbeitung und das energiebezogene Reporting. Die beiden Ebenen Schnittstellen sowie System und Technik werden in der Analyse nicht abgebildet. Schnittstellen sowie System und Technik sind entscheidende Entwicklungsfragen im Zuge einer zunehmenden Digitalisierung der Produktion. Sie sind technische Voraussetzungen für eine Systemintegration in die Softwarestruktur eines Unternehmens. Der strukturelle Aufbau der Funktionsanalyse basiert auf den Softwareanforderungen aus Kapitel 3.5 und 4.3 (Abbildung 14).

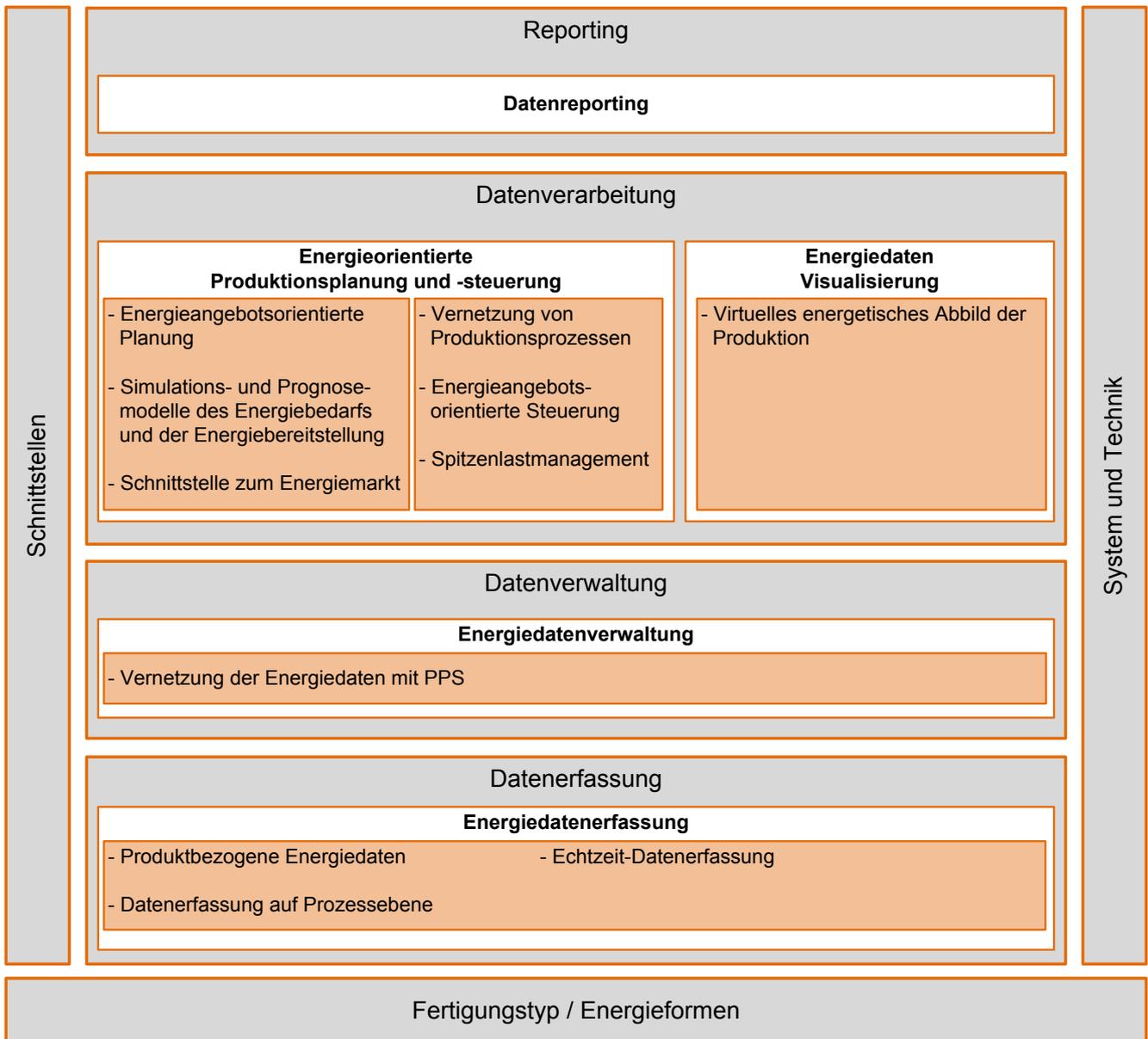


Abbildung 14: Struktureller Aufbau der Software-Funktionsanalyse

Jede Softwaresystemebene umfasst unterschiedliche Softwarefunktionalitäten, die in den jeweiligen Marktspiegeln getrennt für EMS-Software sowie MES-Software mit ihrer Ausprägung im Detail beschrieben werden. Die Ausprägung der Softwarefunktionalitäten wird bei EMS-Software durch „Ja“, „Nein“ und „k.A. – keine Antwort“ beschrieben. Bei MES-Software wird zwischen „Eigenes System“, „Partnerprodukt“, „Eigenes Systeme und Partnerprodukt“ und „k.A.“ differenziert.

In der Funktionsanalyse werden den entwickelten Anforderungen Softwarefunktionalitäten zugeordnet, die eine Teillösung der Anforderungen ermöglichen. Dabei wird der Erfüllungsgrad sowohl für EMS- als auch MES-Software auf ein Erfüllen oder Nicht-Erfüllen reduziert.

MES

$$\text{Erfüllt} = \begin{cases} \text{Eigenes System} \\ \text{Partnerprodukt} \\ \text{Eigenes Systeme und Partnerprodukt} \end{cases}$$

Nicht Erfüllt = *k. A.*

EMS

Erfüllt = *Ja*

$$\text{Nicht Erfüllt} = \begin{cases} \text{Nein} \\ \text{k. A.} \end{cases}$$

Der prozentuale Anteil der EMS- bzw. MES-Systeme, die ein Kriterium erfüllen, wird in Form eines Kreisdiagramms dargestellt. Wird eine Anforderung durch mehrere Kriterien definiert, so wird der Grad der Anforderungserfüllung als Durchschnitt der prozentualen Erfüllungsgrade der einzelnen Kriterien gebildet (Tabelle 1).

Im Anhang werden die einzelnen Softwarelösungen detailliert aufgeschlüsselt.

Tabelle 1: Beispieltabelle für die Bewertung

Anforderung	Kriterium EMS	Bewertung	Kriterium MES	Bewertung
Anforderung 1	Kriterium 1		Kriterium 1	
	Kriterium 2		Kriterium 2	

	Gesamtbewertung		Gesamtbewertung	
Anforderung 2	~	~	~	~
	Gesamtbewertung	∅ Kreisdiagramme	Gesamtbewertung	∅ Kreisdiagramme
.
.
.

6.1 Produktionstyp und Energiemedien

Die vom jeweiligen System unterstützten Produktionstypen sowie Energiemedien sind Basisanforderungen für Energiemanagement-Software, die den Analysekorridor auf der Suche nach einer passenden Systemlösung eingrenzen.

6.1.1 Produktionstyp

Die Differenzierung nach unterschiedlichen Produktionstypen ist besonders für Systeme relevant, die in den Planungs-, Steuerungs- oder Prognoseprozess einer Produktion eingreifen (Springer Gabler Verlag 2015c). MES-Software bietet gegenüber EMS-Software den Vorteil direkt in den Planungs-, Steuerungs- oder Prognoseprozess der Produktion eingreifen zu können.

Der jeweilige Produktionstyp wird durch die im Unternehmen produzierten Produkte und die damit verbundenen Produktionsprozesse vorgegeben. Für MES-Software wird im Marktspiegel zwischen kontinuierlicher Prozessfertigung, Batchfertigung und diskreter Fertigung unterschieden. In der kontinuierlichen Prozessfertigung werden keine abzählbaren Einheiten produziert, sondern Gase oder Flüssigkeiten, die kontinuierlich fließen. In der Batchfertigung wird eine größere Erzeugnismenge hergestellt, begrenzt durch das Fassungsvermögen eines Betriebsmittels. Die diskrete Fertigung beschreibt hingegen die Produktion abzählbarer Produkte.

Die Hälfte aller abgebildeten MES-Systeme decken dabei sowohl kontinuierliche Prozessfertigung, Batchfertigung als auch diskrete Fertigung ab. Die höchste Abdeckrate innerhalb der einzelnen Fertigungstypen zeigt sich dabei in der diskreten sowie in der Batchfertigung (Abbildung 15).

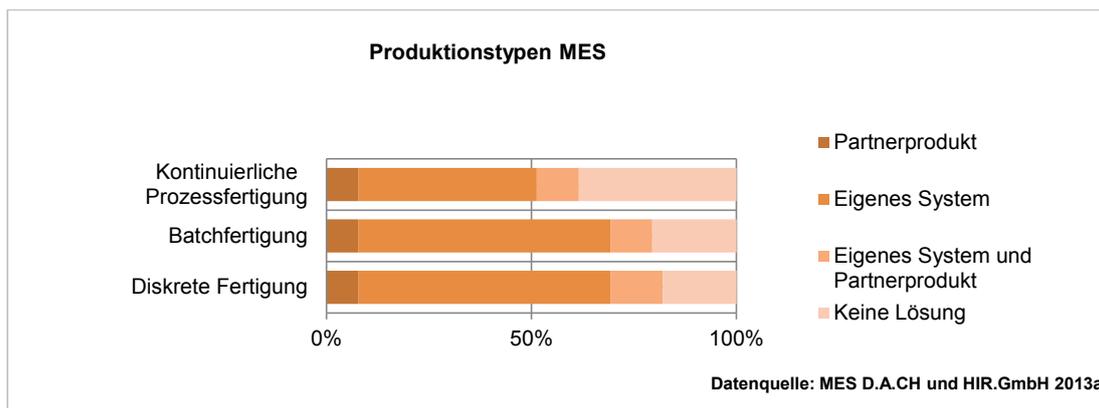


Abbildung 15: Durch MES-Software unterstützte Fertigungstypen

6.1.2 Energiemedien

Um ein vollständiges Energiemanagement zu betreiben, ist es Grundvoraussetzung, die für das Unternehmen relevanten Energiemedien in der Energiemanagementsoftware abzubilden. Nahezu alle EMS-Softwarelösungen sind in der Lage, beliebige Energiemedien im System zu erfassen und mit zusätzlichen Attributen zu belegen (Abbildung 16).

Auf Seite der MES-Lösungen sind 72 % der Systeme in der Lage, flüssige Medien, Kälteenergie, Wärmeenergie, gasförmige Medien und Strom im System zu verwalten (Abbildung 17). Strom wird dabei von allen MES-Softwarelösungen abgedeckt, wobei die übrigen Energiemedien eine Abdeckungsrate im Bereich von 77 % aufweisen (Abbildung 17).

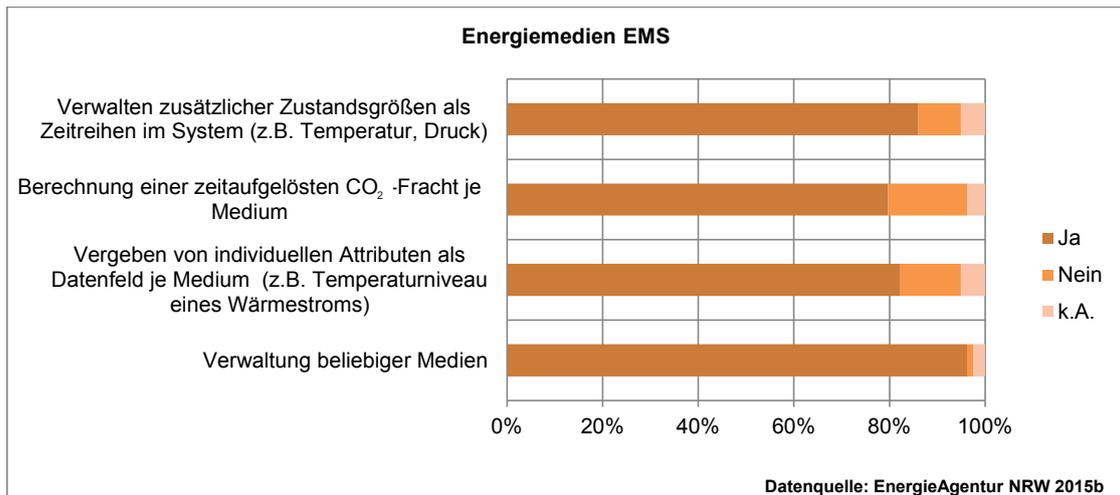


Abbildung 16: Durch EMS-Software unterstützte Energemedien

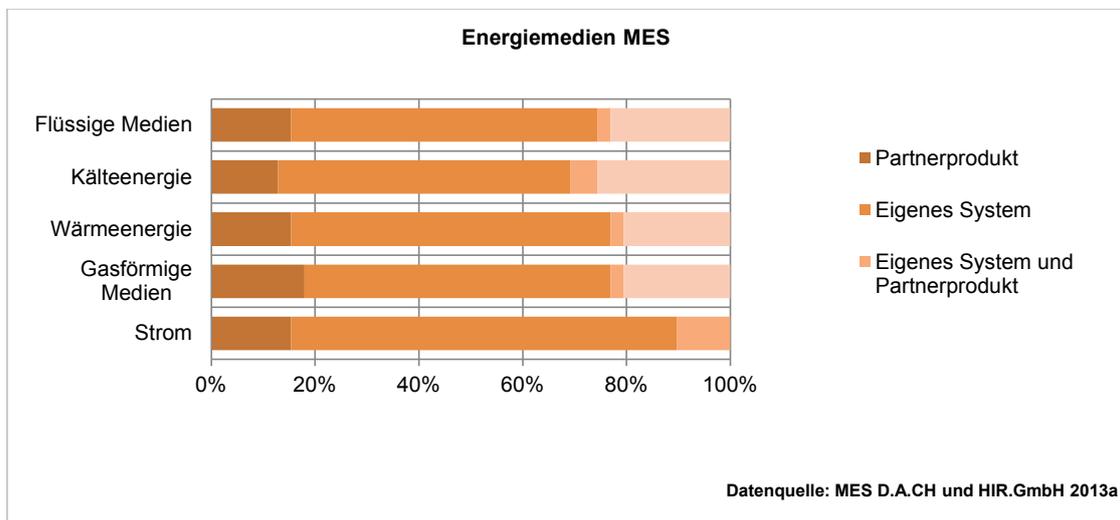


Abbildung 17: Durch MES-Software unterstützte Energemedien

6.2 Datenerfassung

Um eine Produktion auf energetischer Ebene zu steuern, zu planen, zu visualisieren und zu überwachen, ist die Datenerfassung Voraussetzung für Qualität und Genauigkeit. Mit zunehmender Flexibilität in der Produktion verkürzen sich Planungs- und Steuerungsintervalle und somit auch Messintervalle. Zudem erzeugt eine steigende Digitalisierung der Produktion eine steigende Zahl von Messpunkten. Produktionsdaten werden dabei am Beispiel der Automatisierungspyramide in Feldebene, Leitebene oder Steuerungsebene abgegriffen (vgl. Abbildung 13).

Auf Seiten der EMS-Software ermöglichen 90 % der Softwarelösungen den Anschluss mobiler Geräte zur Verbrauchsdatenerfassung. 42 % der Softwarelösungen bieten einen beliebigen Mindestzyklus in der Onlinedatenerfassung.

Alle im Marktspiegel abgebildeten MES-Software-Lösungen besitzen die Funktionalität, Daten automatisch in Echtzeit zu erfassen (Abbildung 19). 74 % der MES-Softwaresysteme können Daten manuell, periodisch und mobil erfassen.

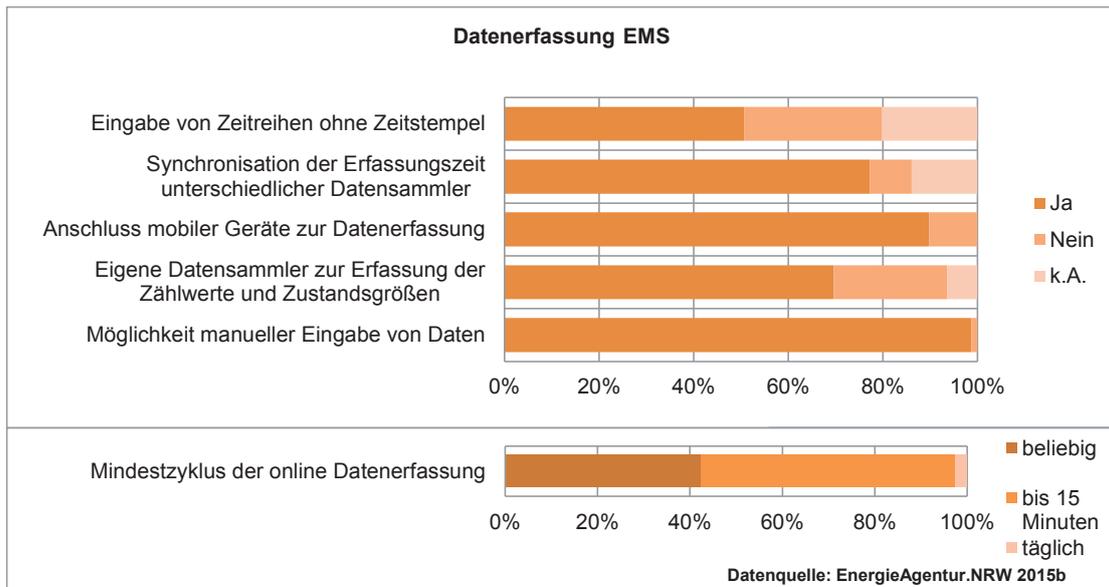


Abbildung 18: Durch EMS-Software unterstützte Datenerfassung

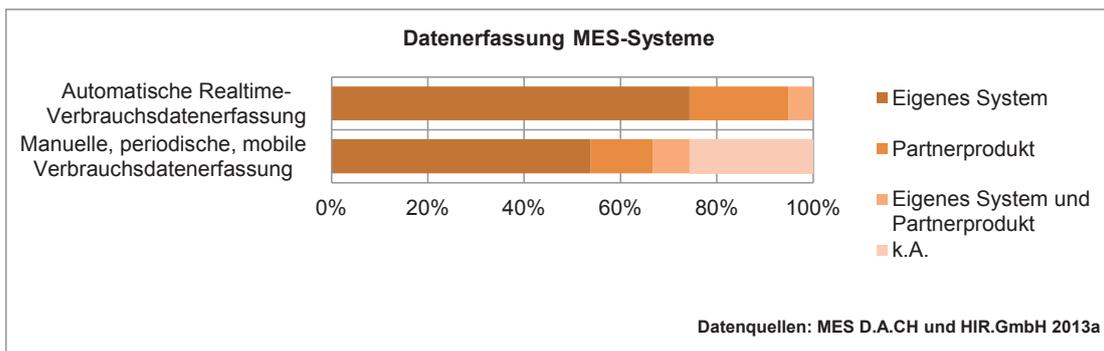


Abbildung 19: Durch MES-Software unterstützte Datenerfassung

Für den Anwendungsfall des Industrial Smart Grid schaffen Energiedaten auf Werksebene keine ausreichende Transparenz und Steuerungsgrundlage. Vielmehr sind Energiedaten auf Prozessebene notwendig (Tabelle 2). MES-Softwarelösungen bieten aufgrund ihrer Einbindung in die Automatisierungspyramide bessere Voraussetzungen, um Prozessdaten automatisiert zu erfassen. Sowohl EMS- als auch MES-Softwarelösungen bieten die Möglichkeit mobil erfasste Daten zu integrieren.

Das Datenerfassungsintervall wird durch die Planungs- und Steuerungsgranularität vorgegeben. Die Steuerungsgranularität hängt dabei sowohl von den Produktionsanforderungen als auch von Schwankungen im Energieangebot und den damit verbundenen Demand-Side-Management-Aktivitäten ab. Die vollständige Potenzialausschöpfung aller Steuerungsebenen erfordert die automatische Erfassung von Realtime-Daten (Tabelle 2).

Tabelle 2: Anforderungsbewertung in der Datenerfassung

Anforderung	Kriterium EMS	Bewertung	Kriterium MES	Bewertung
Erfassung von Produktionsdaten der Eigenenergieerzeugung	-	-	-	-
Erfassung von Speicherdaten	-	-	-	-
Erfassung von Energiemarktdaten	-	-	-	-
Erfassung von Energiedaten aus der Produktion auf Prozessebene	-	-	Automatische Realtime-Verbrauchsdatenerfassung	●
	Anschluss mobiler Geräte zur Datenerfassung	●	Manuelle, periodische, mobile Verbrauchsdatenerfassung	●
		●		●
Echtzeit-Datenerfassung	-	-	Automatische Realtime-Verbrauchsdatenerfassung	●
		-		●

6.3 Datenverwaltung

Datenverwaltung bezeichnet den Bereich der Organisation und Speicherung von Daten. Die Grundfunktionen umfassen das Lesen, Erzeugen, Ändern, Löschen und Speichern von Daten. Weitere Funktionen regeln beispielsweise die Verwaltung von Benutzern und deren Zugriffsrechte (Lucke et al. 2014).

Im Sinne des KVPs der DIN EN ISO 50001 müssen nicht nur Messwerte, sondern auch Einsparstrategien, Aktionspläne und Kennzahlen im System verwaltet werden.

Sowohl MES-Software als auch EMS-Software sind in der Lage, die in der DIN EN ISO 50001 geforderte Datenverwaltungsfunktionalität abzudecken.

Mit zunehmendem Detaillierungsgrad in der Energiedatenerfassung muss auch die Zuordnung der Messpunkte im selbigen Detaillierungsgrad in der Softwarelösung abbildbar sein. Eine exakte Zuordnung der Messwerte zu Prozessen, Fertigungsmaschinen oder Aufträgen bringt entscheidende Informationen für die Zuordnung von Energiedaten und der damit verbundenen Identifikation von Optimierungspotenzialen eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses (Abbildung 20). Obwohl in beiden Systemen Messpunkte mit Objektdaten beschrieben werden können, bieten MES-Softwarelösungen die direkte Verknüpfung der Energiedaten mit detaillierten Daten aus der Produktionsplanung und -steuerung (Abbildung 21).

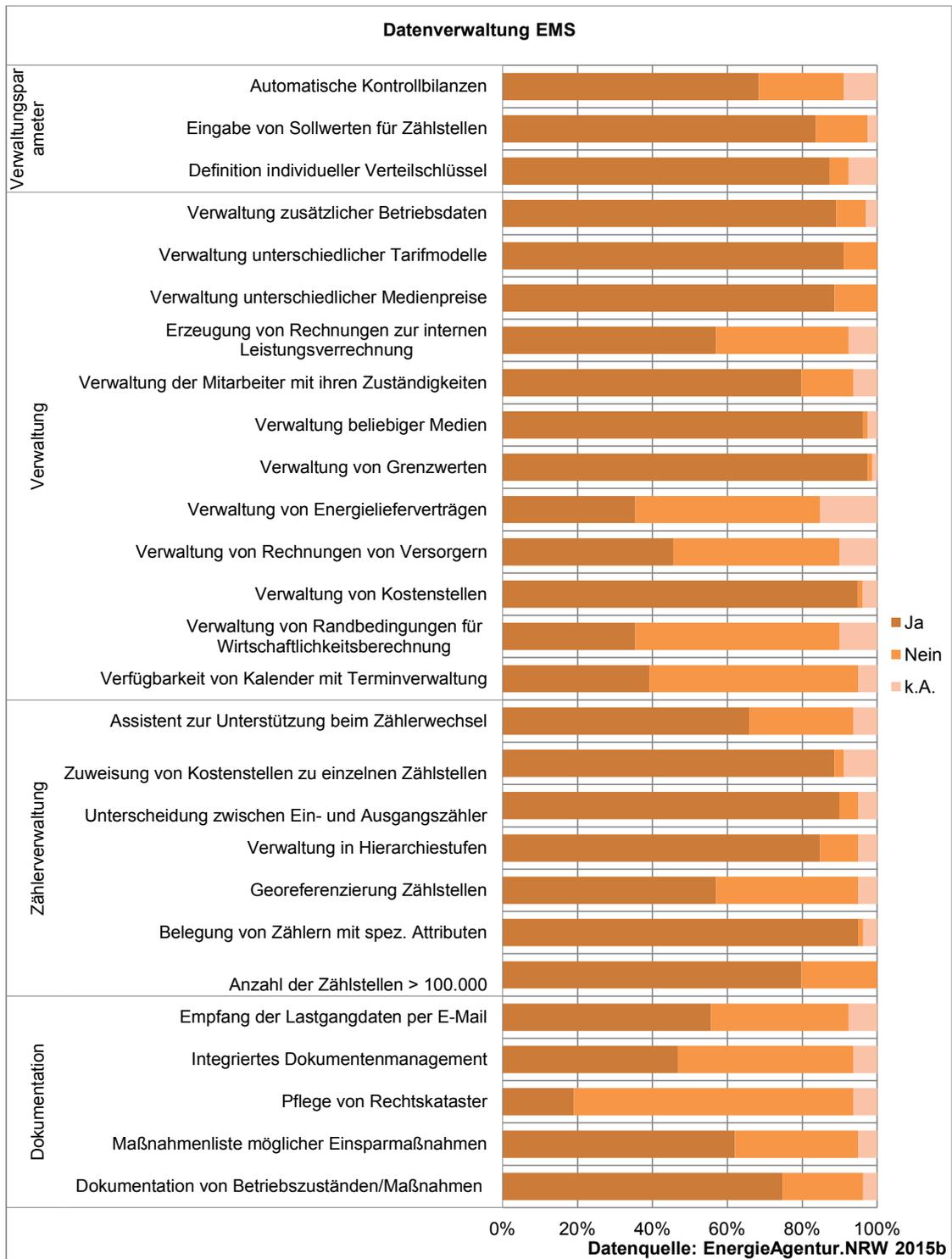


Abbildung 20: Datenverwaltung EMS

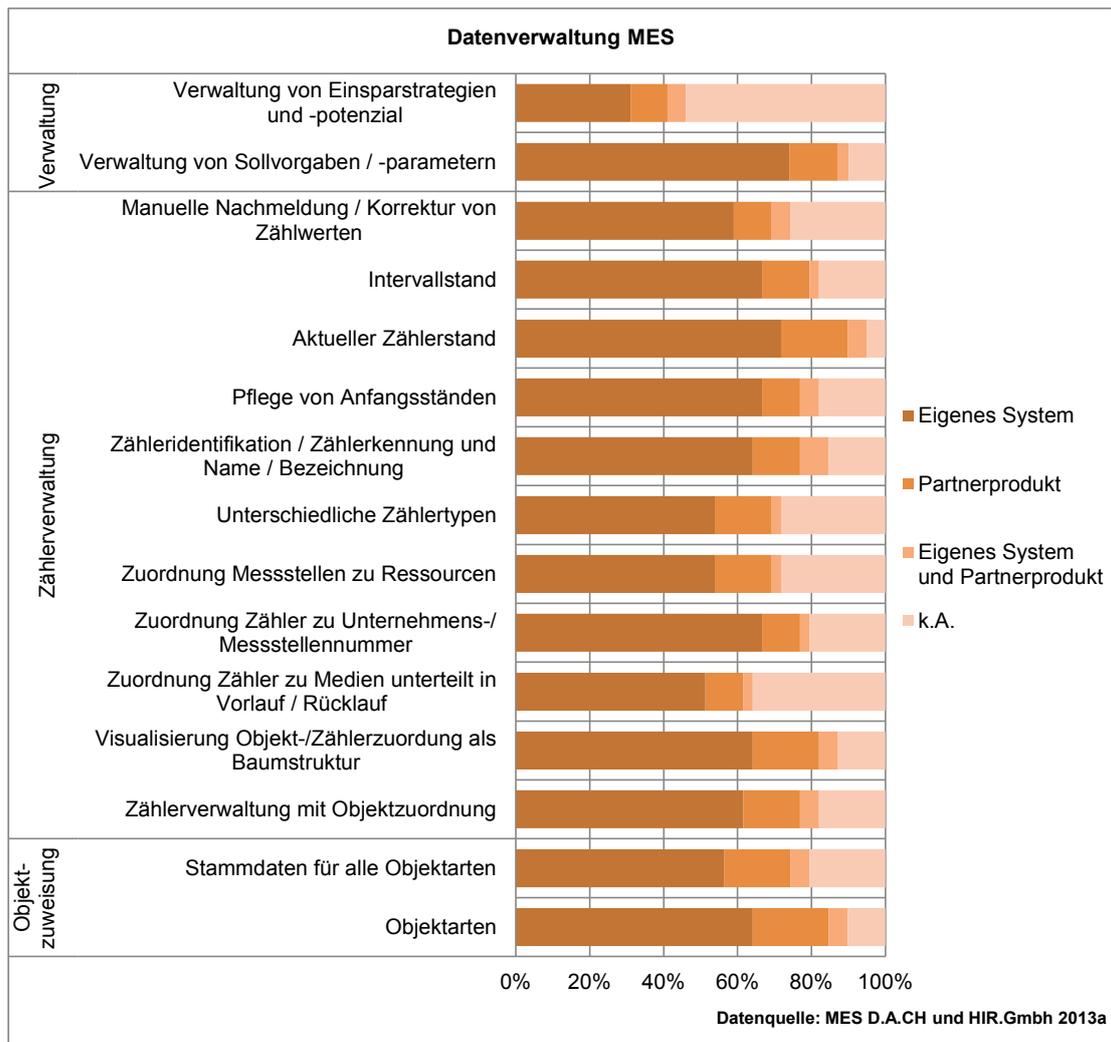


Abbildung 21: Datenverwaltung MES

Die Verwaltung von Produktionsdaten der Eigenenergieerzeugung spielt eine wichtige Rolle für die Umsetzung eines ISG. Ebenso ist die Verwaltung von Speicherdaten nicht zu vernachlässigen. Zu beiden Anforderungen ist es nicht möglich, aus den Kriterien der Marktspiegel eine Bewertung vorzunehmen.

EMS-Softwarelösungen bieten die Möglichkeit zur Verwaltung von Energielieferverträgen und unterschiedlichen Tarifmodellen.

Sowohl EMS- als auch MES-Softwarelösungen sind in der Lage, Energiedaten aus der Produktion auf Prozessebene zu verwalten. Dadurch dass MES-Softwarelösungen die Verbindung zwischen Maschine und Unternehmensleitebene bilden, ist der Erfüllungsgrad der Anforderung höher zu bewerten.

Tabelle 3: Anforderungsbewertung Datenverwaltung

Anforderung	Kriterium EMS	Bewertung	Kriterium MES	Bewertung
Verwaltung von Produktionsdaten der Eigenenergieerzeugung	-	-	-	-
		-		-
Verwaltung von Speicherdaten	-	-	-	-
		-		-
Verwaltung von Energiemarktdaten	Verwaltung von Energielieferverträgen		-	-
	Verwaltung unterschiedlicher Tarifmodelle		-	-
				-
Verwaltung und Vernetzung von Energiedaten aus der Produktion auf Prozessebene	Verwaltung zusätzlicher Betriebsdaten		Zuordnung Messstellen zu Ressourcen	
	-	-	Zählerverwaltung mit Objektzuordnung	

6.4 Datenverarbeitung

Im Bereich der Datenverarbeitung liegen enorme Entwicklungspotenziale sowohl in der energieorientierten Produktionsplanung und -steuerung als auch in der Visualisierung von Energiedaten.

6.4.1 Energieorientierte Produktionsplanung und -steuerung

Wichtige Ziele der PPS nach Schenk et al. 2014 liegen in den Bereichen:

- hohe Termintreue (und Mengentreue)
- optimale Kapazitätsauslastung
- kurze Durchlaufzeiten
- minimale Kapitalbindung
- niedrige Lager- und Werkstattbestände
- hohe Flexibilität
- Kostenminimierung

Eine energieorientierte Produktionsplanung kann vor allem von einer hohen Flexibilität der Produktion profitieren und in Abhängigkeit des Energiepreises Vorteile im Bereich der Kostenoptimierung generieren. Sowohl EMS- als auch MES-Softwarelösungen unterstützen auf Basis ihrer Funktionalitäten eine energieorientierte Produktionsplanung und -steuerung (Abbildung 22, Abbildung 23).

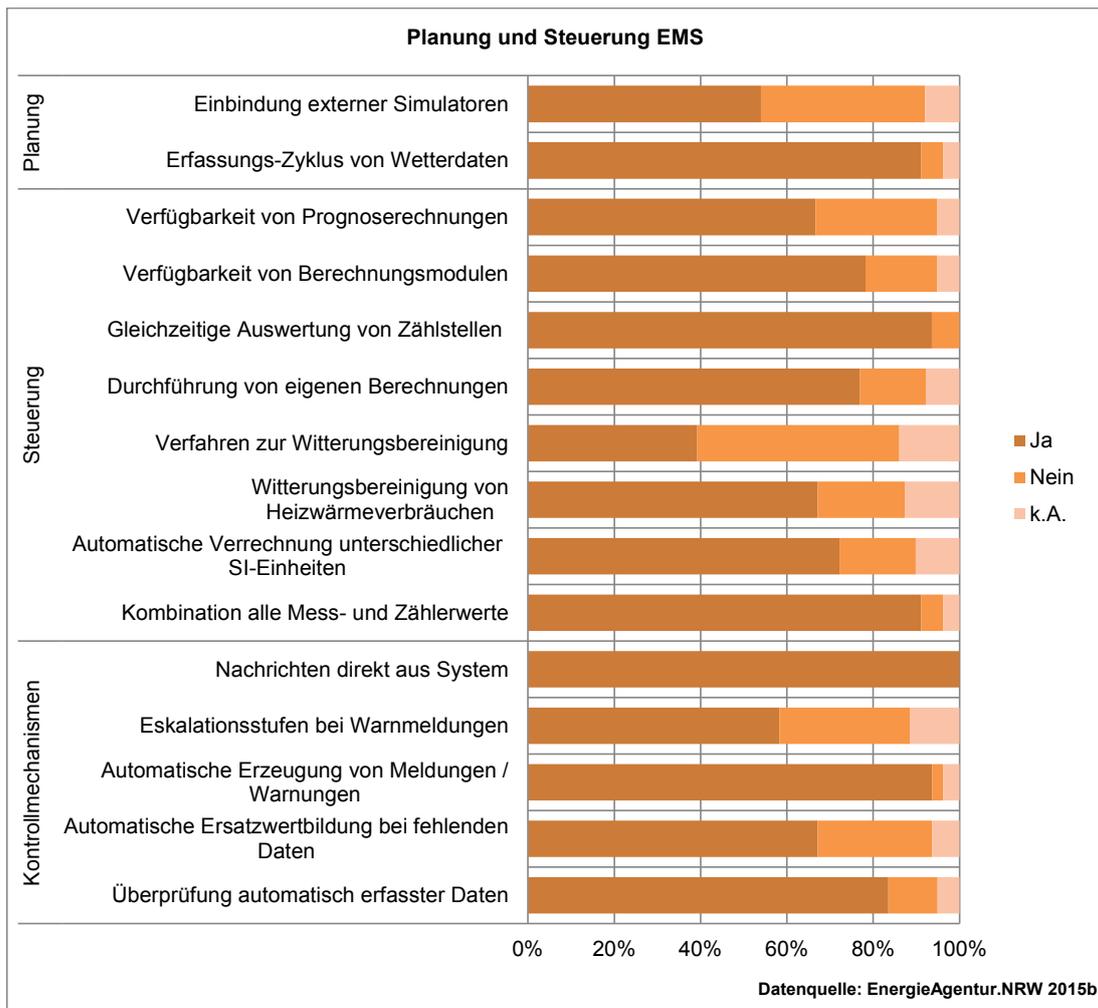


Abbildung 22: Planung und Steuerung EMS-Software

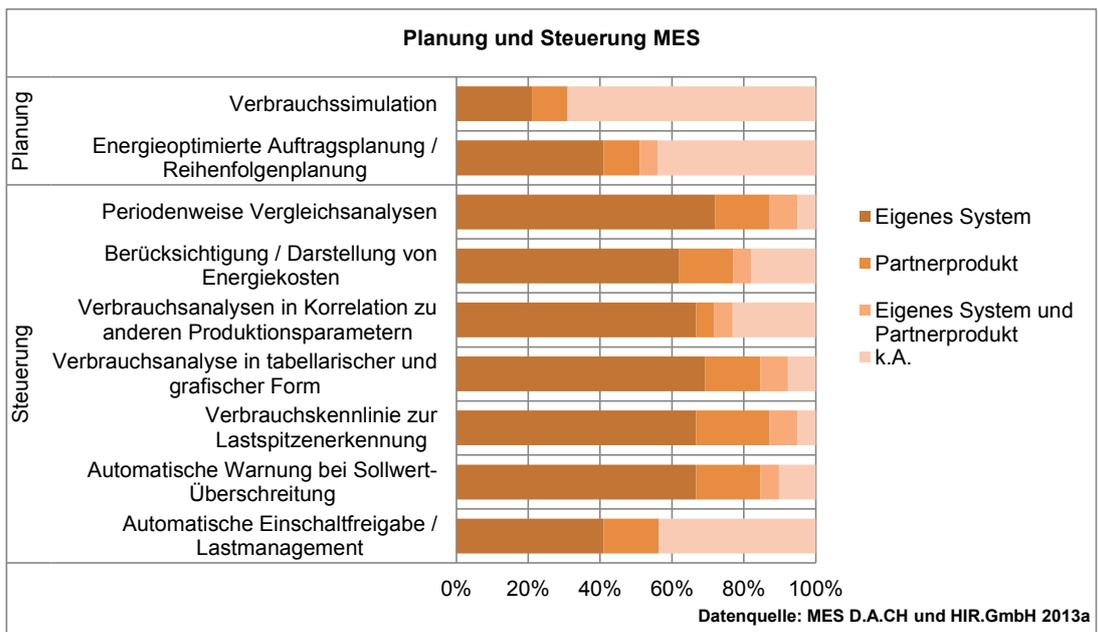


Abbildung 23: Planung und Steuerung MES-Software

MES-Softwarelösungen verarbeiten Energiemarktdaten vor dem Hintergrund einer automatischen Einschaltfreigabe im Lastmanagement (Tabelle 4). In diesem Fall wird auf Basis von Marktsignalen die Last in der Produktion automatisiert gesteuert.

MES-Software bietet aufgrund ihrer Einbindung in die Produktionsfeinplanung und -steuerung ein Sprungbrett für die Integration energieorientierter Produktionsplanung und -steuerung (Tabelle 4). Mit dem Faktor Energie wird die Produktionsplanung jedoch um eine weitere Variable erweitert und somit komplexer.

Im Zuge des Zusammenspiels von realer und virtueller Welt können Verbrauchssimulationen in Abhängigkeit der Energiekosten den Planungsprozess unterstützen. Sowohl EMS- als auch MES-Softwarelösungen bieten entsprechende Funktionalitäten.

Von Verbrauchskennlinien zur Lastspitzenerkennung hin zu einem automatisierten Lastmanagement bilden MES-Softwarelösungen ausreichende Funktionalitäten für ein Spitzenlastmanagement ab.

Tabelle 4: Anforderungsbewertung in der Datenverarbeitung

Anforderung Allgemein	Kriterium EMS	Bewertung	Kriterium MES	Bewertung
Verarbeitung von Produktionsdaten der Eigenenergieerzeugung	Verfahren zur Witterungsreinigung		-	-
	Erfassungs-Zyklus von Wetterdaten		-	-
				-
Verarbeitung von Speicherdaten	-	-	-	-
				-
Verarbeitung von Energiemarktdaten	-	-	Automatische Einschaltfreigabe / Lastmanagement	
Anforderung Planung	Kriterium EMS	Bewertung	Kriterium MES	Bewertung
Energieangebotsorientierte Planung	-	-	Energieoptimierte Auftragsplanung / Reihenfolgenplanung	
Simulations- und Prognosemodelle des Energiebedarfs	Einbindung externer Simulatoren		Verbrauchssimulation	
Simulations- und Prognosemodelle der Energiebereitstellung	Einbindung externer Simulatoren		-	-
				-

Anforderung Steuerung	Kriterium EMS	Bewertung	Kriterium MES	Bewertung
Energieangebotsorientierte Steuerung	-	-	Energieoptimierte Auftragsplanung / Reihenfolgen-planung	
	-	-	Verbrauchsanalysen in Korrelation zu anderen Produktionsparametern	
	-			
Spitzenlastmanagement	Automatische Erzeugung von Meldungen / Warnungen		Automatische Warnung bei Sollwert-Überschreitung	
	-	-	Verbrauchskennlinie zur Lastspitzenerkennung	
	-	-	Automatische Einschaltfreigabe / Lastmanagement	
-				

6.4.2 Visualisierung von Energiedaten

Im Zusammenhang mit einer zunehmenden Komplexität in der Produktion, unterstützt die Visualisierung das greifbar Machen solcher komplexer Zusammenhänge. Kombiniert mit Anlagen und Prozessaufbau wird die Verknüpfung von Energiedaten mit zusätzlichen Produktionsfaktoren visualisiert und so eine Erschließung von Effizienzpotenzialen möglich.

Zwar können alle betrachteten EMS-Software-lösungen Energiedaten grafisch und/oder tabellarisch darstellen, jedoch können erst 37 % die Daten in einem Flussbildeditor abbilden (Abbildung 24). Im Bereich MES-Software wird die Visualisierung von Energiedaten verknüpft mit Prozessdaten schon von 90 % der Anbieter abgedeckt (Abbildung 25).

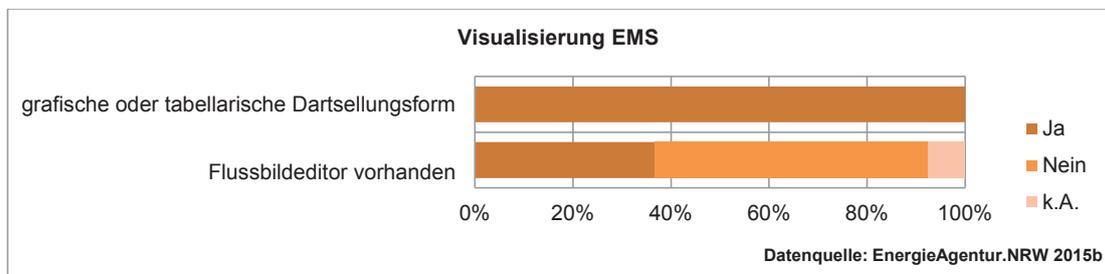


Abbildung 24: Visualisierung EMS-Software

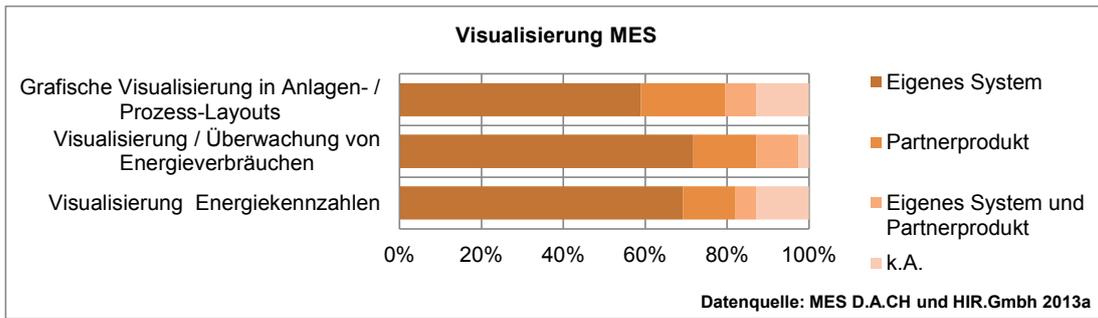


Abbildung 25: Visualisierung MES-Software

6.5 Reporting

Das Berichten energiebezogener Daten ist im KVP der DIN EN ISO 50001 verankert. Neben dem internen Reporting verpflichten sich viele Unternehmen dazu, Energiekennzahlen in Form eines Nachhaltigkeitsberichts zu veröffentlichen.

Sowohl MES-Software als auch EMS-Software besitzen die Funktionalität Energiedaten, Maßnahmen, Ziele und Aktionspläne im System zu verwalten und zu berichten.

EMS-Software bietet zusätzlich zu standardisierten Energieberichten über Reportgeneratoren die Möglichkeit, solche Berichte flexibel zu gestalten und zu individualisieren (Abbildung 26).

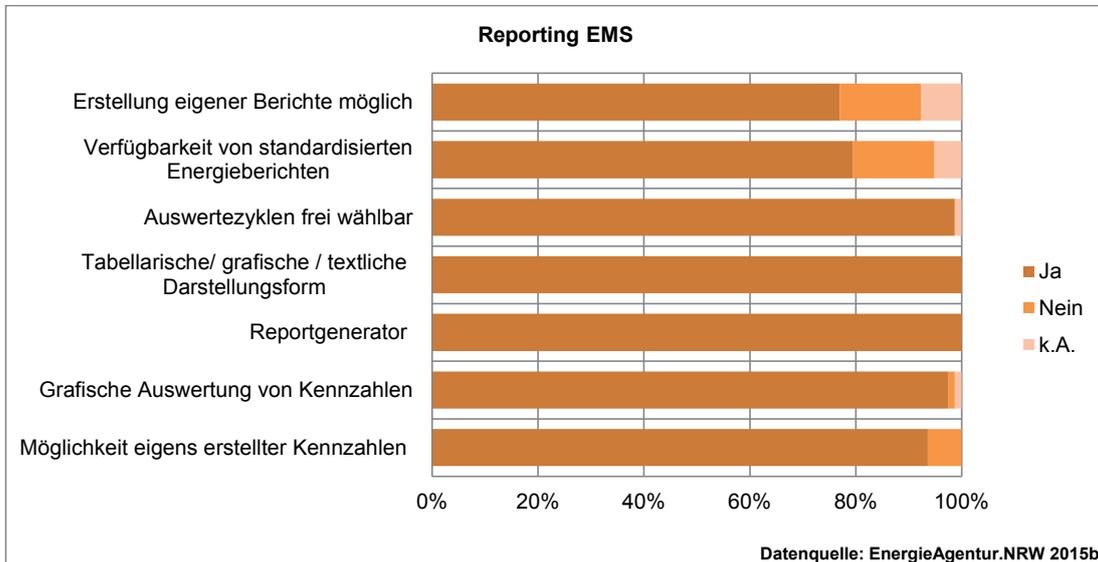


Abbildung 26: Reporting EMS-Software

7 Zusammenfassung und Bewertung

Ausgehend von globalen Megatrends in der Industrie und im Energiesystem lassen sich durch die energie-strategischen Positionierungsfelder eines Unternehmens in den Bereichen Energieeffizienz und Energieflexibilität Potenzialfelder für die Produktion ableiten.

Besonders die Vernetzung der Produktion sowie die Verschmelzung von virtueller und realer Welt bieten Chancen und Synergieeffekte, um die Detailschärfe im Energiemanagement zu erhöhen und Effizienzpotenziale zu identifizieren und zu erschließen.

Durch eine zunehmende Fluktuation und Dezentralisierung in der Energieerzeugung sowie den Wandel vieler Unternehmen vom Verbraucher hin zum Prosumer steigen die Bedeutung sowie die Dynamik von Energie als Variable der Produktionsgleichung. Dies macht es erforderlich, die Ressource Energie in die Produktionsplanung und -steuerung zu integrieren. Werden zusätzlich (regenerative) Eigenerzeugung und Energiespeicher verwendet, stehen Unternehmen vor Herausforderungen in der Netzkommunikation und -steuerung, um die Versorgungssicherheit der Produktion kostenoptimal zu gewährleisten. Eine Antwort auf diese Problematik bieten Smart Grids im Produktionsumfeld. Diese reduzieren zudem den Ausbau der Versorgungsinfrastruktur und bieten ein Potenzial, dass zu erheblichen Kosteneinsparungen führt.

Energiemanagement auf Basis der DIN EN ISO 50001 wird in Unternehmen traditionell von EMS-Softwarelösungen unterstützt. Mittlerweile integrieren zunehmend MES-Softwarelösungen Energiefunktionalitäten in ihre Systeme. Die Funktionsanalyse zeigt, dass sowohl EMS-Software als auch MES-Software großes Potenzial in einzelnen Funktionsebenen vor dem Hintergrund eines Industrial Smart Grids

aufweisen (siehe Übersicht in Tabelle 5). Im Bereich der Produktionstypen sowie Energiemedien bieten EMS- und MES-Software eine ausreichende Detailschärfe, um unterschiedliche Produktionstypen und Energiemedien im System abzubilden.

Im Bereich der Datenerfassung zeigt sich ein großes Potenzial auf Seiten der MES-Software. Hier können Daten in Echtzeit und auf Maschinenebene erfasst werden.

Im Bereich der Datenverwaltung weisen sowohl EMS- als auch MES-Software eine hohe Qualität auf und bieten die Möglichkeit, die nötigen Daten im System zu verwalten. Jedoch werden nicht alle betrachteten Funktionalitäten in den Systemen abgebildet.

Im Bereich der energieorientierten Produktionsplanung und -steuerung weisen MES-Softwaresysteme durch die Einbindung in die Produktionsfeinplanung und -steuerung große Potenziale für die Anwendung im Industrial Smart Grid auf. EMS-Software hingegen bietet bereits Lösungen für die Systemeinbindung von (regenerativer) Energieeigenerzeugung.

Im Bereich der Visualisierung bieten sowohl EMS-Software als auch MES-Software die Möglichkeit, relevante Energiedaten abzubilden. EMS-Software ist zusätzlich in der Lage die Daten mit Anlagen und Prozesslayouts zu verknüpfen.

EMS-Software weist durch die flexible Reportgestaltung besonders im Bereich des Reportings Stärken auf. Im Rahmen der zunehmenden Flexibilität in der Produktion muss auch die IT-Infrastruktur an Flexibilität gewinnen.

Tabelle 5: Bewertungsübersicht der EMS- und MES-Softwareanalyse auf Basis eines Industrial Smart Grid

Kategorien	Anforderung	Bewertung EMS	Bewertung MES
Produktionstypen	Keine neuen Anforderungen identifiziert		
Energiemedien	Keine neuen Anforderungen identifiziert		
Datenerfassung	Erfassung von Produktionsdaten der Eigenenergieerzeugung	-	-
	Erfassung von Speicherdaten	-	-
	Erfassung von Energiemarktdaten	-	-
	Erfassung von Energiedaten aus der Produktion auf Prozessebene		
	Echtzeit-Datenerfassung	-	
Datenverwaltung	Verwaltung von Produktionsdaten der Eigenenergieerzeugung	-	-
	Verwaltung von Speicherdaten	-	-
	Verwaltung von Energiemarktdaten		-
	Verwaltung und Vernetzung von Energiedaten aus der Produktion auf Prozessebene		
Datenverarbeitung	Allgemein		
	Verarbeitung von Produktionsdaten der Eigenenergieerzeugung		-
	Verarbeitung von Speicherdaten	-	-
	Verarbeitung von Energiemarktdaten	-	
	Anforderung Planung		
	Energieangebotsorientierte Planung	-	
	Simulations- und Prognosemodelle des Energiebedarfs		
	Simulations- und Prognosemodelle der Energiebereitstellung		-
	Anforderung Steuerung		
	Energieangebotsorientierte Steuerung	-	
	Spitzenlastmanagement		
	Anforderung Visualisierung		
	Keine neuen Anforderungen identifiziert		
Reporting	Keine neuen Anforderungen identifiziert		

- = keine Angabe in den Marktspiegeln

Es zeigt sich, dass sowohl EMS-Software als auch MES-Software Teilbereiche des Systems eines Industrial Smart Grid abdecken können. Obwohl beide Softwaregruppen große Potenziale aufweisen, kann das gesamte System derzeit noch von keiner

der untersuchten Softwarelösungen umfassend unterstützt werden. Die zukünftige Herausforderung wird darin liegen, die jeweiligen Funktionalitäten der Softwarelösungen zu verbinden, um Systeme wie ein Industrial Smart Grid zu steuern.

8 Literaturverzeichnis

DIN EN ISO 50001, 2011: Energiemanagementsysteme - Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung.

VDI Richtlinie 5600: Fertigungsmanagementsysteme. BITKOM, VDMA, ZVEI (2015): Umsetzungsstrategie Industrie 4.0. Ergebnisbericht der Plattform Industrie 4.0. Hg. v. BITKOM, VDMA, ZVEI. Online verfügbar unter http://www.plattform-i40.de/sites/default/files/150410_Umsetzungsstrategie_0.pdf, zuletzt geprüft am 01.05.2015.

Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (2005): § 3 Begriffsbestimmungen Nr. 11 Energiewirtschaftsgesetz. EnWG. Online verfügbar unter http://www.gesetze-im-internet.de/enwg_2005/_3.html, zuletzt geprüft am 26.05.2015.

Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hg.) (2013): Zukunftsbild „Industrie 4.0“. Online verfügbar unter https://www.bmbf.de/pub/Zukunftsbild_Industrie_40.pdf, zuletzt geprüft am 05.10.2015.

Bundesnetzagentur (2011): „Smart Grid“ und „Smart Market“. Eckpunktpapier der Bundesnetzagentur zu den Aspekten des sich verändernden Energieversorgungssystem. Hg. v. Bundesnetzagentur. Online verfügbar unter http://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen_Institutionen/NetzzugangUndMesswesen/SmartGridEckpunktepapier/SmartGridPapierpdf.pdf?__blob=publicationFile, zuletzt geprüft am 20.11.2015.

Christensen, John (2012): The Emissions Gap Report. Hg. v. United Nations Environment Programme UNEP. Online verfügbar unter https://unfccc.int/files/press/media_outreach/application/pdf/cop18__mw_emissions_gap_report.pdf, zuletzt geprüft am 26.05.2015.

EnergieAgentur.NRW (2015): EMS.marktspiegel. Hg. v. EnergieAgentur.NRW. EnergieAgentur.NRW. Online verfügbar unter <http://www.energieagentur.nrw.de/tools/emsmarktspiegel/>, zuletzt geprüft am 20.11.2015.

Krewitt, Wolfram; Nitsch, Jochaim; Langiß, Ole; Fishedick, Manfred (2006): Leitlinien für eine nachhaltige Energieversorgung. Hg. v. FVS. Online verfügbar unter http://www.fvee.de/fileadmin/publikationen/Themenhefte/th2006/th2006_01_04.pdf,

zuletzt geprüft am 26.05.2015.

Lucke, Dominik; Görzig, David; Kacir, Marvin; Volkmann, Johannes; Haist, Christoph; Sachsenmaier, Marco; Rentschler, Hannes (2014): Strukturstudie „Industrie4.0 für Baden-Württemberg“. Baden-Württemberg auf dem Weg zu Industrie 4.0. Hg. v. Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg und Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA. Online verfügbar unter http://mfw.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mfw/intern/Dateien/Downloads/Industrie_und_Innovation/IPA_Strukturstudie_Industrie_4.0_BW.pdf, zuletzt geprüft am 08.05.2015.

Ludovico, Alcorta; Carlos, López-Gómez; Mike, Gregory; Eoin, O’Sullivan; Afonso Carlos Corrêa, Fleury; Leonardo, Gomes (2013): Emerging Trends. In global manufacturing industries. Hg. v. UNIDO. Online verfügbar unter http://www.unido.org/fileadmin/user_media/Services/PSD/Emerging_Trends_UNIDO_2013.PDF, zuletzt geprüft am 20.11.2015.

MES D.A.CH; HIR.GmbH (2013): MES Marktspiegel Energiemanagement 2013. Hg. v. MES D.A.CH. MES D.A.CH. Online verfügbar unter <http://www.checkvision.de/portal/mesdach/checkliste/vcXu-0Wpg6wL3DiReFqjShAZ7HC63zk8u/MES-Marktspiegel-Energiemanagement-2013/>, zuletzt geprüft am 20.11.2015.

MES D.A.CH / HIR.GmbH (2014): MES Marktspiegel 2014 / 2015. Unter Mitarbeit von MES D.A.CH. Hg. v. MES D.A.CH. Online verfügbar unter <http://www.checkvision.de/portal/mesdach/checkliste/2GnC-8C0MhgZwtc4E4CLGIKpqvCT3bi47/MES-D-A-CH-Marktspiegel-2014-2015/>, zuletzt geprüft am 20.11.2015.

Mussbach-Winter, Ute; Wochinger, Thomas; Kipp, Rolf (2013): Marktspiegel Business Software MES - Fertigungssteuerung 2013/2014. 4., überarbeitete Auflage. Aachen: TROVARIT. Online verfügbar unter <http://www.worldcat.org/oclc/864648698>.

Pickert & Partner (2010): Das Ganze ist mehr als die Summe der Teile. Produktionslenkungsplan steuert Maschinen und Feldgeräte. Hg. v. Quality Engineering Online. Online verfügbar unter <http://www.qe-online>.

de/artikelarchiv/-/journal_content/56/12275/326472/
Das-Ganze-ist-mehr-als-die-Summe-der-Teile/,
zuletzt geprüft am 21.07.2015.

Schenk, Michael; Müller, Egon; Wirth, Siegfried
(2014): Fabrikplanung und Fabrikbetrieb. Methoden
für die wandlungsfähige, vernetzte und ressourcen-
effiziente Fabrik. 2., vollst. überarb. und erw. Aufl.
Berlin [u.a.]: Springer Vieweg.

Shell International BV (Hg.) (2014): Städte der
Zukunft. Ergänzung zu den New Lens-Szenarien.
Online verfügbar unter [http://s05.static-shell.com/
content/dam/shell-new/local/country/deu/downloads/
pdf/new-lenses-on-future-cities-german-2014.pdf](http://s05.static-shell.com/content/dam/shell-new/local/country/deu/downloads/pdf/new-lenses-on-future-cities-german-2014.pdf),
zuletzt geprüft am 26.05.2015.

Sontow, Karsten; Andreas, Kirsch; Jürgen, Kletti;
Georg, Peters; Burkhard, Röhrling; Thomas,
Wochinger (2013): MES Kompakt. Manufacturing
Execution Systems im Zeitalter von Industrie 4.0.
Competence Book Nr. 2. Unter Mitarbeit von Max
Herzogenrath. Hg. v. NetSkill AG (2).

Springer Gabler Verlag (Hg.) (2015a): Gabler
Wirtschaftslexikon, Stichwort: Energieman-
agement. Gabler Wirtschaftslexikon. Online
verfügbar unter [http://wirtschaftslexikon.gabler.de/
Archiv/1097117095/energiemanagement-v3.html](http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/1097117095/energiemanagement-v3.html),
zuletzt geprüft am 30.04.2015.

Springer Gabler Verlag (Hg.) (2015b): Gabler Wirt-
schaftslexikon, Stichwort: Produktionsplanung und
-steuerung. 10. Aufl. Online verfügbar unter [http://
wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/17918/produkti-
onsplanung-und-steuerung-v10.html](http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/17918/produktionsplanung-und-steuerung-v10.html), zuletzt ge-prüft
am 20.11.2015.

Springer Gabler Verlag (Hg.) (2015c): Gabler
Wirtschaftslexikon, Stichwort: Produktionstypen.
Online verfügbar unter [http://wirtschaftslexikon.
gabler.de/Archiv/13463/produktionstypen-v5.html](http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/13463/produktionstypen-v5.html),
zuletzt geprüft am 04.05.2015.

Springer Gabler Verlag (Hg.) (2015d): Gabler Wirt-
schaftslexikon, Stichwort: Prosumer. Gabler Wirt-
schaftslexikon. Online verfügbar unter [http://wirt-
schaftslexikon.gabler.de/Definition/prosumer.html](http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/prosumer.html),
zuletzt geprüft am 26.05.2015.

Switalski, Marion (1989): Hierarchische Produktions-
planung. Konzeption und Einsatzbereich. Heidelberg:
Physica-Verlag (Physica-Schriften zur Betriebswirt-
schaft, 25).

The Boston Consulting Group (2010): Energiebranche
im Umbruch: Stromproduktion wird zunehmend
dezentral. Online verfügbar unter [http://www.bcg.
de/documents/file58682.pdf](http://www.bcg.de/documents/file58682.pdf), zuletzt geprüft am
27.05.2015.

Umweltbundesamt (Hg.) (2014): Ziele der Energie-
wende. Online verfügbar unter [http://www.umwelt-
bundesamt.de/daten/energiebereitstellung-ver-
brauch/ziele-der-energiewende](http://www.umweltbundesamt.de/daten/energiebereitstellung-verbrauch/ziele-der-energiewende), zuletzt geprüft am
26.05.2015.

Umweltbundesamt (Hg.) (2015): Ausbauziele der
erneuerbaren Energien. Online verfügbar unter [http://
www.umweltbundesamt.de/daten/energiebereitstel-
lungverbrauch/ausbauziele-der-erneuerbaren-ener-
gien](http://www.umweltbundesamt.de/daten/energiebereitstellungverbrauch/ausbauziele-der-erneuerbaren-energien), zuletzt geprüft am 26.05.2015.

9 Anhang

9.1 Berücksichtigte EMS-Systeme

123SmartBusiness
ABB cpmPlus Energy Manager 4.2
ACOS ECS
ACRON 7.3
Advantage EMC Plus – Siemens AG Version 5
AENEA BOSS-System V3.09
AKROPOLIS
AKTIF dataService 4.0
Arkadon eco Smart Monitor 1.1
Axxerion Revision 1944
deZemVis
E-Controller 1.00.15
e-Gem 5.0
é.VISOR Web 3.7
E3CON. Das Energie-Transparenz-System 2.3
e3m 3.2
E58-SolarDATA Energiemanagement 3.6.11
EBSnet - myXEnergy 3G (V 2.0)
econ app 2.5
EDL EM 3.0
Efficio Version 1.4
Effizienz21-EMS
EIQ
Ekomm 4.5
EM-Control 5.2.0
emson 3.4
EnEffCo® – Basic 2.1
Energie Management System (EMS)
Energie-Management-System
EnergieDatenManagement EDM V 4.5
Energiekonto 4.0
EnergieMonitoring Software 2011
Energinet
ENerGO+ 1.3.0
ENerGo+ Version 1.5
EnergyControllingSystem 2.0.2
EnergyManager 1.08
EnergyWeb
ennovatis controlling 6.0
EPOS 2.2
eSight 2012.1
FirstMeter 6.2
FirstNet 6.2
FM-Tools 5.70
GridVis 5.0.0
IngSoft InterWatt
Logit V6.0
Manage Energy 2.1
My JEVIS 2.1
my-energiemanagement.eu V7.8
narz EMS 8.8
OPENenergy 2.0
PILOT green V3.2
PROCON-WIN 5.7
ProCoS 8.6
ResMa
robotron i*EDM Release 5
SAUTER EMS 2.5.3
SEKS (Stuttgarter EnergieKontrolSystem Verzion 2.1)
SETRON Powermanager V3.0
SIMATIC B.Data V5.3 SP1
SIMATIC powerrate (Option für SIMATIC WinCC) 4.0 SP1
skems
SMARTENVISUAL / SMARTENANALYTICS
SOL Connect Energy Manager
Struxure Ware Energy Operation Informationsanalyse-
modul Energy Operation 2.4
SWK Energie Controlling Online (ECO) 1.13
SynergyVision (Energy Edition) 1.0
TeBIS 2.6
TIPLUX auf CD
VADEV 5.1.7.0
visual energy 4
WA-EM04 und Watch16Comm
WEBENCON 4.2 (Stand 05/2014)
WEBfactory i4Energy 5.0
Wilken ENERGY und Wilken ERP 4.x
Wiri Tec Energiemanagement
Wonderware In Touch & Wonderware System
Plattform 10.1 bzw 3.1
zenon 6.51

9.2 Berücksichtigte MES-Systeme

AMS MES-CI
autinityMES
bisoft
DaPros-EnMs
DESC
e-limit
EcoEMOS Energy
Energy Control Pack (ECP)
enviso solutionkit
Epicor Energy Management
FabEagle
FAS Energie
Gefasoft Legato
gfos.MES
gesco EnMS
Greentrac – die smarte Energiemanagementlösung
HYDRA
INCLUDIS.energy
INCLUDIS.energy
INDEV EnMS
InfoCarrier ®
InFrame Synapse MES
InQu.MES
iMES Energie- und Medienabrechnungssystem
Legato® – skalierbares MES / Leitsystem
Linerecorder
MDE Maschinendatenerfass., Energiedatenerfass.
MES-System FASTEC 4 PRO
Pilot [TPM]
OPDwin MES
Plant IT
Proficy Plant Applications
PSImetals Energy
ResMa – Der Ressourcenmanager
SAP
SENSOMaster Energy
S K E M S – S&K Energie Monitoring Software
sphinx open online
SYNCOS MES

9.3 Beispielhafte Detailauswertung einer Softwarelösung

Fima: Beispiel AG

Reporting	
Möglichkeit eigens erstellter Kennzahlen	Ja
Grafische Auswertung von Kennzahlen	Ja
Gleichzeitige Auswertung von Zählstellen	Ja
Art von Reportgenerator	<ul style="list-style-type: none"> • Interner Report-Generator • Externer Report-Generator • extern über Excel
Darstellungsform der Daten innerhalb eines Berichts	<ul style="list-style-type: none"> • grafisch als Dauerlinie • grafisch als kumulierte Darstellung • grafisch als x-y-Plot • grafisch als zeitlicher Lastgang • tabellarisch • textlich als kumulierter Wert • textlich als statistischer Wert (Min, Max, Mittelwert)
Auswertezyklen frei wählbar	Ja
Verfügbarkeit von standardisierten Energieberichten	Ja
Erstellung eigener Berichte möglich	Ja
Durchführung von eigenen Berechnungen innerhalb der Berichte	Ja
Berechnungsmodule, um von Verbrauch auf Emissionen schließen zu können	Ja
Verfügbarkeit von Prognoserechnungen	Ja
Planung	
Verwaltung zusätzlicher Betriebsdaten	Ja
Einbindung externer Simulatoren	Ja
Demand Side Management	
Erfassungszyklus von Wetterdaten	bis 15 Minuten
Verwaltung unterschiedlicher Medienpreise	Ja, historisiert
Verwaltung unterschiedlicher Tarifmodelle	<ul style="list-style-type: none"> • Ja, zeitabhängig • Ja, verbrauchsabhängig
Visualisierung	
Darstellungsform der Messwerte innerhalb Programmoberfläche	<ul style="list-style-type: none"> • als x-y Plot (z.B. Gasverbrauch über Außenlufttemperatur), • als Ampeln (Grenzwertkontrolle) • als zeitlicher Lastgang • in tabellarische Form • mehrere Größen je Diagramm sind möglich
Flussbildeditor vorhanden	Ja
Datenverwaltung	
Dokumentation von Betriebszuständen/Maßnahmen	Ja
Maßnahmenliste möglicher Einsparmaßnahmen	Ja
Automatische Verrechnung unterschiedlicher SI-Einheiten	Ja
Verfügbarkeit von Kalender mit Terminverwaltung	Ja
Verwaltung von Randbedingungen für Wirtschaftlichkeitsberechnung	Ja
Pflege von Rechtskataster	Ja
Integriertes Dokumentenmanagement	Ja
Empfang der Lastgangdaten per E-Mail	Ja
Verwaltung von Kostenstellen	Ja
Verwaltung von Rechnungen von Versorgern	k.A.
Erzeugung von Rechnungen zur internen Leistungsverrechnung	Ja

