

Informationstechnik für die Fabrik der Zukunft

Stand der Technik und Handlungsbedarf

Olaf Sauer, Fraunhofer IOSB Karlsruhe



Dr.-Ing. Olaf Sauer ist Stellvertreter des Institutsleiters des Fraunhofer IOSB und koordiniert die Arbeiten des Geschäftsfelds Automatisierung.

Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) ist eine Schlüsseltechnologie in der Fabrik der Zukunft im Sinne einer sog. ‚enabling technology‘. IKT ist für die Produktion ein Werkzeug, kein Selbstzweck. Zukünftig wird die Durchdringung der Fabriken und ihrer Produktionsanlagen mit IKT-Komponenten und deren selbständige Vernetzung zunehmen. Einige der Handlungsfelder sowie der Auswirkungen des zunehmenden IKT-Einsatzes werden in diesem Beitrag beschrieben.

IKT in der Fabrik der Zukunft muss die bekannten Ziele [1] unterstützen, z.B.:

- vom Kunden geforderte Qualität mit Auswirkungen auf robuste Produktionsprozesse,
- Geschwindigkeit und Zeit bezogen auf Innovationen, Durchlaufzeiten und Anlauf von Anlagen sowie
- wettbewerbsfähige Herstellkosten mit

Auswirkungen auf Investitionen in Anlagen und IT.

Diese Ziele sind auch als Restriktionen bei der Gestaltung von IT-Architekturen und -Systemen in Produktionsunternehmen zu verstehen. Aus diesen Restriktionen erklärt sich u.a., warum viele moderne Technologien, die sich im Konsumgütermarkt längst durchgesetzt haben, in der Produktion erst langsam Einzug halten, z.B. die Nutzung von ‚smart phones‘ oder 3D-Visualisierungen.

Neben dem bekannten Dreiklang aus Qualität, Zeit und Kosten ergeben sich neue Erfolgsfaktoren für die zukünftige Produktion [2], z.B. aufgrund von

- Wandlungsfähigkeit für viele neue Produktvarianten mit Auswirkungen auf Integration und Interoperabilität in der produktionsnahen IT,
- Echtzeitfähigkeit mit Auswirkungen auf die schnelle Bereitstellung benötigter Informationen an die berechtigten Nutzer,
- Netzwerkfähigkeit und damit die Erweiterung des Blickfelds von einem Unternehmen auf Verbünde von Standorten oder Firmen.

Außerdem ergeben sich Forderungen nach IT-Unterstützung über den kompletten Lebenszyklus von Produkt und Produktion sowie an die Integration der Produktions-IT in die Gesamt-IT-Architektur eines Unternehmens.

tektur von Informationstechnik in produzierenden Unternehmen entwickelt; eine der bekanntesten ist die Automatisierungspyramide (Bild 1). Aufgrund der zunehmenden Durchdringung mit Informationstechnik auf allen Hierarchieebenen der Fabrik kristallisiert sich heute heraus, dass die Informationsströme über alle Ebenen der Fabrik zunehmen und sich damit die Notwendigkeit eines neuen ‚Referenzmodells der industriellen Informationsarchitektur‘ [3] ergibt, das die drei Dimensionen vertikaler und horizontaler Integration sowie die Integration über den Lebenszyklus von Produktionsanlagen abbilden muss.

Beispielsweise ist in Bezug auf die Befähigung von produktionsnahen IT-Systemen zur durchgängigen Kommunikation in den drei genannten Dimensionen ihre systematische Verknüpfung mit Systemen der Digitalen Fabrik (Dimension Lebenszyklus) und der Automatisierungstechnik auf der Feldebene (Dimension vertikale Integration) erforderlich, und zwar zwingend unter Nutzung ebenenübergreifender Syntax und Semantik. Auch andere Autoren fordern diese Durchgängigkeit, z.B. beim Engineering von Manufacturing Execution Systemen [4].

MES als Informationsdrehscheibe in der Fabrik

Im Jahr 2007 veröffentlichte der VDI die Richtlinie 5600 zu ‚Manufacturing Execution Systems‘ [5], im Folgenden kurz als MES bezeichnet. Zur oben geforderten vertikalen, horizontalen und

Kontakt

Fraunhofer IOSB
Fraunhofer Straße 1
76131 Karlsruhe
Tel.: +49 721 / 6091 477
E-Mail: olaf.sauer@iosb.fraunhofer.de
URL: <http://www.mes.fraunhofer.de>

Architekturmodell der betrieblichen Informationstechnik

In der Vergangenheit haben sich verschiedene Ebenenmodelle der Archi-

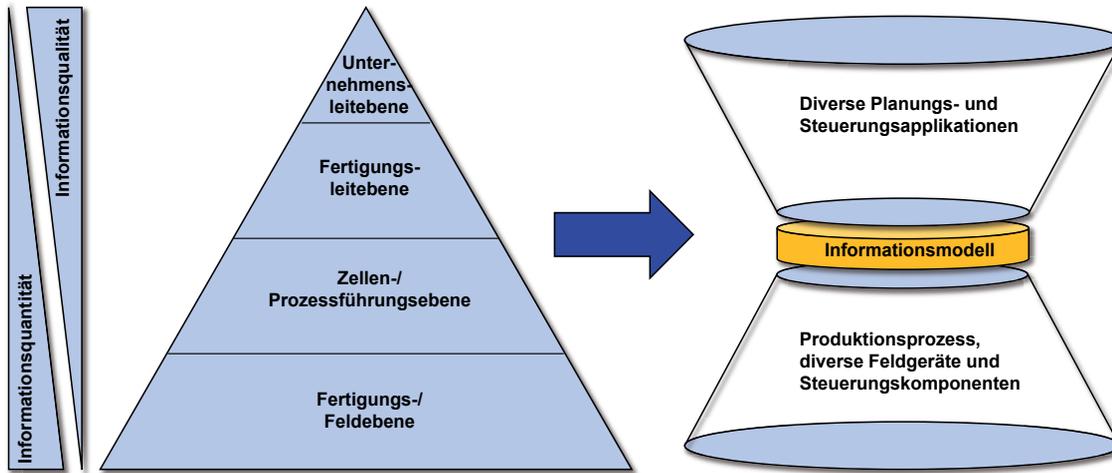


Bild 1: Veränderung der Informationsarchitektur in Produktionsunternehmen [3].

Integration über den Lebenszyklus ist in diesem Werk keine Aussage gemacht. Inzwischen hat der VDI das Blatt 3 [6] dieser Richtlinie veröffentlicht, in dem eine Schnittstelle zwischen Maschinen und MES definiert wird. Das Blatt fokussiert sich damit auf die vertikale Integration zwischen Anlagensteuerungen und MES: „MES-Systeme sind zwingend auf die Kopplung mit den Maschinen und Anlagen in der Fertigung und Montage angewiesen. Ohne diese Kopplung sind die MES-spezifischen Aufgaben nicht oder nur unzureichend auszuführen. Aufgrund der Heterogenität des Maschinenparks in der produzierenden Industrie ist diese Kopplung zwischen Maschinen und MES-Systemen in nahezu jedem Anwendungsfall unterschiedlich und darum für MES-Lieferanten, Systemintegratoren oder Anlagenbetreiber mit manuellem Aufwand verbunden. Dabei reicht es nicht aus, lediglich Daten zu kommunizieren und den Kommunikationskanal zu beschreiben. Die Motivation dieses Blattes liegt darin, den o.g. Anwendergruppen eine Möglichkeit an die Hand zu geben, die auszutauschenden Dateninhalte zwischen Maschinen und MES zu standardisieren und damit den manuellen Aufwand zur Definition der auszutauschenden Daten zu reduzieren.“ Aus Anwendersicht ergibt sich folgender weiterer Handlungsbedarf: MES-Anbieter sollten ihre Systeme in Richtung der angrenzenden IT-Systeme, z.B. Digitale Fabrik-Tools, Tools der Automatisierungsebene, für die Fabrik der Zukunft erweitern. MES spielen eine

weitergehende Rolle als lediglich Funktionalitäten zum Fertigungsmanagement zur Verfügung zu stellen. Als Informationsdrehscheibe in der Fabrik müssen MES über folgende neue Funktionen verfügen:

- Online-Kopplung an die Digitale Fabrik, Datenübernahme und permanenter Abgleich mit den Planungsdaten, um in Echtzeit auf Änderungen reagieren zu können,
- Online-Kopplung an die Automatisierungsebene, um die durchgängige vertikale Integration zu erzielen; dafür sind beispielsweise gemeinsame Modelle von Anlagen auf Basis mechatronischer Bibliotheken erforderlich,
- Konsistenter Datenaustausch mit anderen Anwendungen auf der MES-Ebene, z.B. Logistikanwendungen, im Sinne einer durchgängigen horizontalen Integration,
- Übergreifende Auswertungen von MES-Datenbeständen mithilfe von Data Mining-Verfahren, um die Produktion im Sinne eines selbstoptimierenden Systems zu realisieren [7, S. 65], z.B. indem das MES Zusammenhänge zwischen Qualitätsdaten und Prozessparametern verfolgt und ggfs. Prozessparameter regelt,
- Suche von zusammenhängenden Daten in unterschiedlichen, meist proprietären, MES- oder Fabrik-Datenbeständen, sodass beispielsweise Informationen zu einem Sachverhalt verknüpft werden können.

Basisfunktionalität ‚sicheres plug-and-work‘

Die strategische Forschungsagenda ‚MANUFUTURE‘ [8] propagiert die Vision der flexiblen, adaptiven Produktion. Ein dabei adressiertes Thema ist die automatische Erkennung von Änderungen in der Fabrik, deren Verwaltung und Umsetzung. Zur wandlungsfähigen Software in der Fabrik der Zukunft sind allerdings weitere Mechanismen erforderlich, um die im Folgenden beschriebenen Fälle durchgängig abzubilden:

- In den beteiligten Planungssystemen (Mechanik, Elektrik, SPS-Programmierung) werden Änderungen eingefügt, die möglichst automatisch und konsistent in die Feld- und MES-Ebene weitergeleitet werden müssen.
- Ein neues vernetzbares Feldgerät, z.B. ein Antrieb, mit einer neuen Firmware-Version wird in das Produktionssystem eingebracht. Das neue Gerät muss automatisch Netzwerkkonnektivität erhalten und in sämtlichen angeschlossenen Teilsystemen bekannt gemacht werden. Die beteiligten Systeme müssen entsprechend aktualisiert werden.
- Ein unkonfiguriertes Feldgerät wird in das Produktionssystem eingebracht, z.B. in dem Fall, dass es aufgrund eines Fehlers des alten Geräts schnell ausgetauscht werden muss. Das Feldgerät muss nun aufgrund der in den Softwarekomponenten

befindlichen Informationen individualisiert und parametrisiert werden.

- Eine Produktionsanlage wird umgebaut oder modifiziert, weil eine neue Produktvariante gefertigt werden soll. Die Steuerungs-/Software-relevanten Änderungen sind zu detektieren und automatisch an alle beteiligten Systeme zu propagieren.
- Nach Umbau einer Anlage sollen geschützte Softwarekomponenten zur Prozesssteuerung unter Einhaltung bestimmter Kriterien, z.B. Ausbringung, Verfügbarkeit, zwischen den dezentralen Steuerungen verschiebbar sein.
- Eine (neue) MES-Funktionalität wird eingefügt oder geändert, z.B. die Visualisierung eines bis dahin nicht benötigten Sachverhalts. Die Visualisierung soll automatisch erstellt werden, der Zugriff auf die benötigten Informationen aus der Feldebene soll ebenfalls automatisch erfolgen.

Aus dieser Auflistung ergibt sich folgender Handlungsbedarf: Benötigt werden auf existierenden Standards basierende Methoden und Werkzeuge sowie Konzepte für Informations- und Softwarearchitekturen, die eine durchgängige, konsistente und gesicherte Datenverarbeitung bei Änderungen in einer der beteiligten Hierarchieebenen der Fertigung an die anderen Teilnehmer der Fabrik, z.B. Feldgeräte, Maschinen und Anlagen, IT-Systeme, ermöglichen. Unter anderem können damit Maschinen und Anlagen schneller in Betrieb genommen werden. Eigenschaften werden direkt auf Komponenten gespeichert, sodass damit benötigte Daten, parallel zur physischen Integration, über eine Schnittstelle direkt in der Steuerung zur Verfügung stehen. Die Komponentenhersteller ermitteln vorab die hierzu benötigten Informationen und hinterlegen sie auf den Bauteilen. Ein dafür nutzbarer und in der Verbreitung befindlicher Kommunikationsstandard in Produktionsunternehmen ist OPC-UA. Die Nutzung des Funktionsumfangs von OPC-UA ist skalierbar. OPC-UA kann sowohl auf kleinen eingebetteten Geräten mit stark limitierten Ressourcen als auch

auf sehr leistungsstarken Umgebungen wie Mainframes angewendet werden [9]. Aktuell befindet sich OPC-UA in der internationalen Standardisierung als IEC 62541.

Dabei sind Sicherheitsmechanismen wie Authentifizierung und Autorisierung (Rechteverwaltung) in die Architektur von CPS-Systemen von vornherein zu integrieren: Über die Werkzeuge und Entwicklungsumgebungen, die beispielsweise AutomationML™ [10] kompatible Objekte erzeugen können, soll sichergestellt werden, dass sensible Daten im frühestmöglichen Stadium gegen Angriffe durch Abhören und Modifikation geschützt werden können. Standardisierte Security-Mechanismen, wie Verschlüsselung, Signieren von Daten sowie Authentifizieren von Datenobjekten und Steuerungs-Komponenten, sollen Anwendung finden, damit sich nur autorisierte Komponenten in das Produktionssystem ‚einklinken‘ können. Die angestrebte Sicherheit für vertrauenswürdige plug-and-work-Mechanismen kann daher nur auf der Basis geschützter und eindeutig identifizierbarer Komponenten erreicht werden. Die Identifikation muss sowohl auf der Ebene der Hardware als auch auf der Ebene der Software und assoziierter Steuerdaten erfolgen.

Visualisierung von Produktions- und Geschäftsprozessen

Visualisierung bezeichnet zunächst nichts anderes als die Benutzeroberfläche einer IT-Anwendung, z.B. eines Systems zur Fertigungssteuerung, eines Leitsystems zur Bedienung und Beobachtung von Produktionsanlagen oder eines PLM-Systems zur Verwaltung von Produkt- und Planungsdaten. Bisher unterstützen also einzelne IT-Systeme einzelne Schritte eines Unternehmensprozesses. Inzwischen und vielmehr noch in Zukunft müssen IT-Systeme vollständige Geschäftsprozesse abbilden; damit müssen auch deren Visualisierungen mehr zeigen, als einzelne Ausschnitte von Geschäftsprozessen [1, S. 145ff]. Beispiel dafür ist

ein Projekt in einem Presswerk eines Automobilherstellers [11]. Dort sind verschiedene IT-Anwendungen unter einer Benutzeroberfläche zusammengefasst, sodass die Anwender die Fabrik auf einen Blick sehen können und verstehen, wie sich ihre Handlungen auf den Produktionsprozess auswirken. Aktuelle weitere Anfragen aus der Industrie bestätigen die Notwendigkeit, sich von den Einzelsystemen zu lösen und in Echtzeit komplexe Informationen übersichtlich zusammenzufassen. Auf Basis dieser Anforderungen lässt sich folgender Handlungsbedarf ableiten: Die Visualisierung komplexer Gesamtzusammenhänge in der Fabrik erfordert neue, intuitive Möglichkeiten der Mensch-Maschine-Interaktion. Statt klassischer Eingabemittel wie Maus und Tastatur sind neue Mittel wie Touch-Screens [12] oder Gestensteuerungen [13] für die Fabrik der Zukunft zur Industriereife zu entwickeln. Bislang erfolgt die Integration verschiedener IT-Systeme unter einer einheitlichen Oberfläche manuell als Ingenieurleistung. Offene Schnittstellen, Datenaustauschformate oder weitergehende Mechanismen semantischer Interoperabilität sind erforderlich, um die manuellen Aufwände zu reduzieren und damit übergreifenden Leitwarten zur weiteren Verbreitung zu verhelfen.

Damit nicht jeder Nutzer mit allen Informationen der einzelnen Systeme ‚überschüttet‘ wird, müssen die Informationen rollenbasiert und verteilt bereitgestellt werden können. Jeder Nutzer erhält dann die Informationen, die er benötigt, um seine Aufgabe vollständig erfüllen zu können. Weiteren Bedarf sehen wir darin, dass jede Fachdisziplin mit der ihr zugeordneten Rolle ihre eigene Sicht erzeugen kann, die jedoch konsistent zu denjenigen der anderen Disziplinen visualisiert und verändert werden kann [14].

Auswirkungen steigender IT-Durchdringung auf Produktionsausrüstungen

Der deutsche Maschinen- und Anlagenbau rüstet weltweit erfolgreich

Produktionsstätten und Fabriken aus. „Made in Germany“ steht seit Jahrzehnten für die Qualität deutscher Ingenieurleistungen. Allerdings stehen die deutschen Maschinenbauunternehmen und ihre Ingenieure zunehmend im internationalen Wettbewerb mit dem bekannten Druck hinsichtlich Kosten bzw. Preis, Zeit und Qualität.

Hochproduktive und zuverlässige Maschinen und Anlagen zu liefern, mit denen weltweit qualitativ hochwertige Produkte hergestellt werden, wird zukünftig allein für den Geschäftserfolg des Maschinen- und Anlagenbaus nicht mehr ausreichen. Vielmehr kaufen Kunden Nutzen, im Extremfall nur noch das mit der Maschine oder Anlage hergestellte Produkt. Damit rücken für Maschinen- und Anlagenbauer produktbegleitende Dienstleistungen rund um die eigentliche Maschine in den Fokus. Nach einer Studie des Ifo-Instituts [15] für die Europäische Kommission stärken diese zusätzlichen Leistungen die globale Wettbewerbsfähigkeit des deutschen Maschinen- und Anlagenbaus: Sie sorgen für neue Wertschöpfung und schaffen damit Arbeitsplätze für hochqualifizierte Mitarbeiter. Dienstleistungen rund um die Maschine ermöglichen außerdem neue Geschäftsmodelle, die weniger anfällig sind für Absatzschwankungen und Investitionszyklen.

Schlüssel zu solchen neuen produktbegleitenden Dienstleistungen sind die oben beschriebenen Informations- und Kommunikationstechnologien. Sie durchdringen den traditionellen Maschinen- und Anlagenbau immer stärker und schaffen Potenziale für innovative Dienstleistungen. Allerdings sind viele Maschinen- und Anlagenbauer auf die neuen IKT-basierten Leistungen noch nicht systematisch vorbereitet: nach einer Studie des Fraunhofer IAO [16] hat nur ein Viertel der Maschinenbauer eine explizite Strategie, welche Internet-basierten Dienstleistungen sie auf- und ausbauen werden. Und nur ein Fünftel der gleichen Unternehmen verfügt über ein passendes Geschäftsmodell. Hier besteht also noch Handlungsbedarf,

zumal Software zukünftig zum eigenständigen Bestandteil des Produktportfolios werden wird mit den Herausforderungen eines professionellen Softwareentwicklungsprozesses, Qualitätssicherung für Software, Modelle für Software-Wartung und -Service bis hin zur Anpassung der Vertriebsorganisation, die IKT-Produkte und deren Nutzen verkaufen kann.

Fazit

Im Gegensatz zu vielen anderen Branchen steht die umfassende und durchgängige Digitalisierung in der Produktion noch am Anfang. Zukünftig wird alles in der Fabrik mithilfe spontan vernetzbarer und echtzeitfähiger Software funktionieren [17] mit gravierenden Auswirkungen auf die Struktur der Wertschöpfung im Maschinen- und Anlagenbau. Ziel aller Anstrengungen muss es daher sein, Produktion und Wertschöpfung in Deutschland zu erhalten und zu stärken. Deutschland braucht eine starke industrielle Basis für künftige turbulente Zeiten.

Literatur

- [1] Abele, E.; Reinhart, G. (Hrsg): Zukunft der Produktion. München 2011.
- [2] Bischoff, J.; Barthel, H.; Eisele, M.: Automobilbau mit Zukunft. Stuttgart 2007.
- [3] Vogel-Heuser, B.; Kegel, G.; Bender, K.; Wucherer, K.: Global information architecture for industrial automation. *atp* 51 (2009) 1/2, S. 108-115.
- [4] Ricken, M.; Vogel-Heuser, B.: Integriertes Engineering von Manufacturing Execution Systems. In: Tagungsband SPS/IPC/DRIVES. Nürnberg 2009. S. 321-330.
- [5] VDI-Richtlinie 5600, Blatt 1: Manufacturing Execution Systems – Fertigungsmanagementsysteme. Düsseldorf 2007.
- [6] VDI 5600, Blatt 3: Fertigungsmanagementsysteme (MES): Logische Schnittstelle zur Maschinen- und Anlagensteuerung. Berlin 2011.
- [7] Brecher, C.; Kozielski, S.; Schapp, L.: Integrative Produktionstechnik für Hochlohnländer. In: Gausemeier, J.; Wiendahl, H.-P. (Hrsg): Wertschöpfung und Beschäftigung in Deutschland. Heidelberg 2011, S. 47-70.
- [8] Jovane, F.; Westkämper, E.; Williams, D.: The ManuFuture Road: Towards

Competitive and Sustainable High-adding-value Manufacturing. Berlin 2009.

- [9] Enste, U.; Mahnke, W.: OPC Unified Architecture - Die nächste Stufe der Interoperabilität. In: *at - Automatisierungstechnik* 59 (2011) 7, S. 397-404.
- [10] Drath, R. (Hrsg): Datenaustausch in der Anlagenplanung mit Automation-ML. Berlin 2010.
- [11] Sauer, O.; Sutschet, G.: Die Fabrik auf einen Blick – Integration von IT-Systemen in einer neuen Leitwarte. In: *OEM und Lieferant* (2011) 1, S. 36-37.
- [12] Schwarz, T.; Heilig, M.; Butscher, S.; Müller, J.; Reiterer, H.: Die Gestaltung der Arbeitsumgebung von Operatoren (k)lein Platz für Innovationen? – Neue Interaktionsformen für den Leitstand der Zukunft. In: *VDI-Berichte* 2143, CD zum GMA-Kongress 2011. Düsseldorf 2011.
- [13] o.V.: Intuitiv interagiert: “Smart Control Room” revolutioniert Leitstellenarbeit. In: *Protector* 38 (2010) 7/8, S. 20-21.
- [14] Sauer, O.: Informationstechnik in der Fabrik der Zukunft – Fabrik 4.0. *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb ZWF* 106 (2011) 12, S. 955-962.
- [15] Vieweg, H.-G. (Hrsg): An introduction to Mechanical Engineering: study on the Competitiveness of the EU Mechanical Engineering Industry. München 2012.
- [16] Münster, M.; Meiren, T.: Internet-basierte Services im Maschinen- und Anlagenbau. Stuttgart 2011.
- [17] Kagermann, H.; Wahlster, W.; Helbig, J.: Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0 – Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0. Forschungsunion im Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft. Berlin 2012.

Schlüsselwörter:

Industrie 4.0, MES, Interoperabilität, Maschinenbau, Automatisierung, OPC-UA, AutomationML

Information Technology for the Factory of the Future

Information technology is one of the key enabling technologies of future manufacturing. In the two basic business processes manufacturing is located at the intersection point. However, for manufacturing and its value adding purpose, information technology has to be considered as a tool. In this paper the author describes an approach to the components of a new information model inside the future factory.

Keywords:

MES, interoperability, automation, OPC-UA, AutomationML