

Digitale Durchgängigkeit und Interoperabilität

**DR.-ING. HELMUT MEITNER, DRÄXLMAIER GROUP;
DR. MARKUS RICKERT, FORTISS, LANDESFORSCHUNGSINSTITUT DES FREISTAATS BAYERN;
JAN VOLLMAR, SIEMENS AG**

Wie bereits bei den Informationsmodellen hervorgehoben, sind bei einer digitalen Durchgängigkeit im Kontext von Industrie 4.0 verschiedene Ebenen des Unternehmens und Arten von Informationen relevant. Daten aus dem Einkauf betreffen hier beispielsweise Abläufe in der Logistik. Änderungen in CAD-Daten von Produkten oder Arbeitszellen haben Einfluss auf Programmabläufe. Die Analyse von Sensordaten kann eine Anpassung von Parametern der Ablaufsteuerung bedingen oder sogar den Austausch von Geräten empfehlen. Mehrere Arten von Interoperabilität sind hierbei gegeben – von der reinen Konvertierung von Datenformaten über abgestimmte Kommunikationsprotokolle bis hin zu semantischer Verknüpfung von Informationen und angepassten Planungen.

In der klassischen Automatisierungspyramide [1] ist eine strikte Trennung der verschiedenen Ebenen vorgesehen, typischerweise von der untersten Prozessebene über die Feldebene, Steuerungsebene, Prozessleitebene hin zur Betriebsebene und Unternehmensebene. Die Kommunikation in und zwischen den einzelnen Ebenen ist nicht standardisiert. Eine Anbindung von Sensordaten an Analysemodule auf höheren Ebenen ist dadurch erschwert. Einzelnen Hardware- und Softwarekomponenten auf den unteren Ebenen können nicht einfach zu höherwertigen Modulen kombiniert werden. Ein standardisiertes Kommunikationsprotokoll wie OPC UA [2] ermöglicht die Interoperabilität innerhalb und über mehrere dieser Ebenen hinweg. Fähigkeiten einzelner Komponenten können hierarchisch zu höherwertigen Fähigkeiten kombiniert werden. Über Publish-Subscribe-Konzepte kann auf Sensordaten sowohl von Regelkreisen auf unteren Ebenen, als auch von Analysemodulen auf höheren Ebenen zugegriffen werden. In Verbindung mit Erweiterungen des Ethernet-Standards in Richtung Echtzeitfähigkeit [3] ist eine strikte Ebenenstruktur aus Gründen von Qualitätsanforderungen einzelner Verbindungen nicht länger erforderlich. Im Sinne einer serviceorientierten Architektur und verteilten Cloud/Edge-Computing-Konzepten können Komponenten in Zukunft wesentlich flexibler miteinander verbunden werden.

PLM-Systeme können als Brücke zwischen verschiedenen Anwendungen zur digitalen Fertigung verstanden werden. Sie konvertieren abgelegte Datenformate bei Bedarf gemäß den Anforderungen einzelner Anwendungen und entsprechende objektorientierte Informationsmodelle sorgen für Verknüpfungen zwischen einzelnen Daten. Das PLM-System übernimmt

ebenfalls eine Versionierung dieser Daten, kann jedoch den konkreten Dateiinhalt im Allgemeinen nicht direkt interpretieren [4]. AutomationML [5] beschreibt ebenfalls in objektorientierter Weise den Zusammenhang von Konstruktionsdaten, beschränkt sich jedoch auf XML-Formate und übernimmt keine Konvertierung in andere Formate. Anwendungen müssen dieses Format explizit für einen Datenaustausch unterstützen.

In OPC UA [2] beschriebene Daten sind mit semantischen Informationen angereichert. Eine bestimmte Ausgabe eines Sensors ist daher kein reiner Zahlenwert, sondern kann einer entsprechenden Bedeutung zugeordnet werden. Sensoren unterschiedlicher Hersteller, deren Ausgabe die gleiche semantische Bedeutung haben, können daher von einer Anwendung gleichbehandelt werden. Welche konkreten Informationen ein Gerät bereitstellt, kann über dessen Informationsmodell abgefragt werden. Techniken des Semantic Web [6] ermöglichen eine semantische Beschreibung von Daten auf vielen Ebenen. Dies kann sowohl einzelne Sensorwerte, als auch Baupläne bis hin zu einzelnen Konstruktionselementen abdecken. Konzepte aus unterschiedlichen Bereichen können dadurch semantisch beschrieben und miteinander verknüpft werden. Durch entsprechende Logik und Inferenzregeln lässt sich Wissen entsprechend aufbereiten und für Entscheidungen bei der Planung einzelner Teilschritte oder von Gesamtabläufen einsetzen.

Die Programmierung von industriellen Anlagen und Roboterzellen sieht derzeit noch eine manuelle Definition einzelner Programmieranweisungen vor. Der Ablauf von Industrieanlagen wird über standardisierte Programmiersprachen in einer speicher-programmierbaren Steuerung (SPS) festgelegt, bei der Maschinen über eine Reihe von Ein- und Ausgabesignalen miteinander kommunizieren. Industrieroboter verfügen ebenso über herstellerspezifische Programmiersprachen, über die einzelne Aktionen wie Fahrbefehle aufgerufen oder Werkzeuge über Ein-/Ausgabesignale gesteuert werden. Graphische Bedienoberflächen mit Anbindung an CAD-Daten ermöglichen eine Verbindung zu geometrischen Informationen von Produkten und Produktionslayouts zur Simulation und Definition von Zielpunkten, erfordern jedoch ebenso eine manuelle Programmierung für einzelne Varianten von Produkten. Bei Änderungen der Produktdefinition oder der Anlage selbst steht im Allgemeinen eine komplette Neuprogrammierung an.

Im Gegensatz zu dieser klassischen manuellen Definition von Programmabläufen stehen Konzepte aus der Servicerobotik, bei denen stattdessen eine Zielbeschreibung verwendet wird (z. B.: „Bitte bring mir ein Glas Wasser aus der Küche“) [11]. In Verbindung mit der Beschreibung von Fähigkeiten des Systems, Allgemein- und Domänenwissen, den definierten Anforderungen der Aufgabe und einem Planungssystem wird hierbei automatisch ein Programmablauf generiert. Insbesondere bei einer hohen Anzahl an Varianten eines Produkts wird erst damit eine Automatisierung der Fertigung wirtschaftlich interessant [9]. Übertragen auf die industrielle Fertigung bedeutet dies, dass sämtliche für die automatische Ableitung von Programmen notwendigen Informationen für das Planungssystem in semantischer Form zu Verfügung stehen müssen [10]. Dies beinhaltet sowohl Daten aus der Produktdefinition wie z. B. CAD-Zeichnungen oder elektrische Schaltpläne, als auch Daten des Produktionslayouts inklusive semantische Beschreibungen von Maschinen und Werkzeugen, bis hin zu Daten aus der Logistik. Über standardisierte OPC UA Skills für einzelne Domänen lassen sich vorhandene Geräte in einer Anlage flexibel austauschen [8].



Einer der wesentlichen Aspekte von Industrie 4.0 besteht in der digitalen Durchgängigkeit des Engineerings über die gesamte Wertschöpfungskette

Quelle: BITKOM, VDMA, ZVEI: Umsetzungsstrategie Industrie 4.0 – Ergebnisbericht der Plattform Industrie 4.0., 2015

Im VDI-Statusreport [7] wird der Begriff des durchgängigen Engineerings wie folgt definiert: „Durchgängiges Engineering ist [...] dadurch charakterisiert, dass das Erzeugnis eines Engineering-Arbeitsschritts [...] in einer Wertschöpfungskette möglichst verlustfrei und mit möglichst wenig Aufwand weiterverwendbar ist und möglichst keine redundanten Arbeitsschritte für diese weitere Verwendung notwendig sind“. Eine Durchgängigkeit kann gemäß [7] durch folgende Maßnahmen verbessert werden:

- Wertschöpfungsprozess-übergreifend genutzte Informationsmodelle
- Nutzung von Tool-Ketten
- Verwendung einer einheitlichen Syntax und Semantik
- Nutzung eines gemeinsamen Vorgehensmodells.

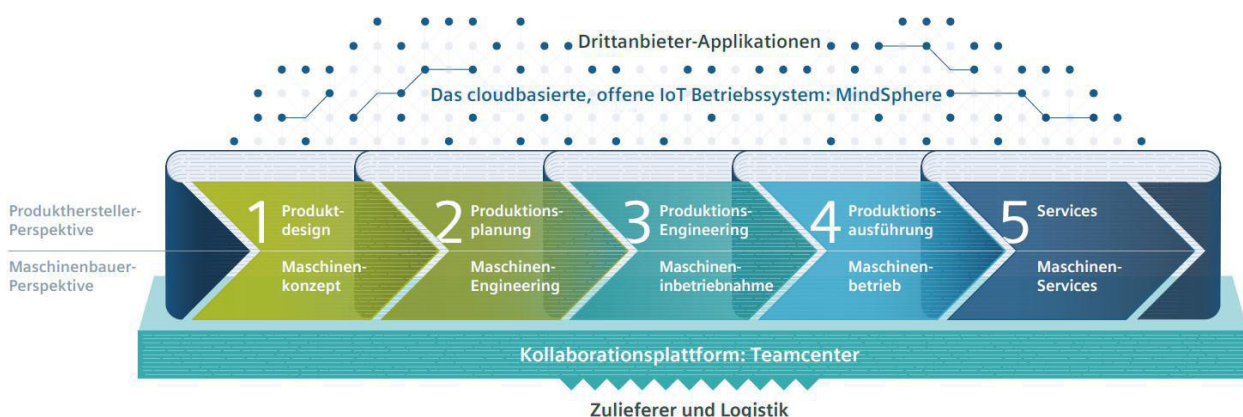
In Bezug auf die Datenflüsse bedeutet dies, dass Daten in jedem Schritt der Wertschöpfungskette konsequent in Datenobjekte so gespeichert werden, dass sie für nachfolgende Wertschöpfungsschritte möglichst nahtlos weiterverwendet werden können.

Daher ist ein ganzheitlicher Ansatz notwendig, der alle Phasen und Prozessschritte digital und durchgängig miteinander verknüpft und auch Zulieferer anbindet. In jeder Phase entsteht ein virtueller Prototyp, der durch Simulationen und Tests neue Erkenntnisse liefert, die zur fortlaufenden Optimierung verwendet werden können. Unternehmen können somit an jedem Punkt ihrer Wertschöpfungskette vom Produktdesign bis zum Service beginnen und die Durchgängigkeit des Engineerings sukzessive realisieren.

Hierzu stehen Systemlösungen von verschiedenen Systemanbietern zur Verfügung. Dort wird aus einer Hand eine einheitliche Lösung angeboten, etwa die „Digital Enterprise Suite“. Hierbei sollen zwei Zielgruppen mit unterschiedlichen Herausforderungen unterstützt werden:

Digital Enterprise Suite als Beispiel einer durchgängigen Tool-Infrastruktur

Quelle: Siemens AG, 2019



- Produkthersteller vom Produktdesign über die Produktionsplanung, das Engineering und die Produktion bis zu den Services
- Anlagenbauer von der Erstellung des Anlagenkonzepts über Engineering, Inbetriebnahme und den Betrieb bis zum Angebot von Services.

Die Planung effizienterer und flexiblerer Produktionsprozesse wird auf Basis einer gemeinsamen Kollaborationsplattform und eines unternehmensweiten Daten-Backbones gewährleistet.

Durchgängigkeit im Lebenszyklus. In Produktdesign und -entwicklung werden grundlegende Eigenschaften des Produkts (z. B. Geometriedaten im CAD) festgelegt. Diese Eigenschaften des Produkts werden gespeichert und in späteren Schritten weiterverwendet. Dies kann z. B. die Simulation eines Fertigungsschrittes sein, für den die Ergonomie eines Arbeitsplatzes analysiert wird. In Abhängigkeit von der Produktgeometrie und der Anordnung der zu montierenden Teile wird die Gestaltung des Arbeitsplatzes optimiert.

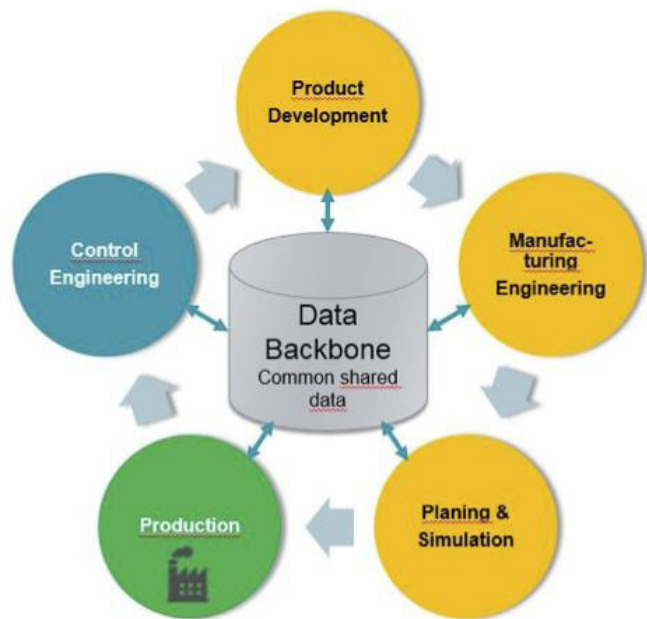
Das Produktionsengineering (auch: Manufacturing Engineering) ist verantwortlich für Entwicklung, Design, Implementierung und Monitoring von Betriebsmitteln (Maschinen, Anlagen und Werkzeuge) und Verfahren, die zur Produktion erforderlich sind. Ziel ist es, das Produktionssystem so auszulegen, dass eine zeit- und kosteneffiziente Herstellung des Produkts unter Einhaltung von Anforderungen der Arbeitssicherheit und Produktqualität sichergestellt ist.

Die Produktionsplanung (auch: Planning & Simulation) deckt alle Aktivitäten zur Werks- und Produktionsplanung ab. Dazu gehört insbesondere die Simulation von Werken und Produktionsprozessen. Durch Simulationsläufe lassen sich Produktionsprozesse, Materialflüsse und logistische Abläufe analysieren, visualisieren und optimieren. Optimierte Produktionsprozesse können dann mittels Offline-Roboterprogrammierung an die Fertigungsstätten übertragen werden. Erste Software für die Offline-Roboterprogrammierung ist heute bereits industriell verfügbar. In F&E wird an einem höherem Automatisierungsgrad und generischen Ansätzen für die Ansteuerung von Robotern und Automaten gearbeitet.

Die Produktion ist die eigentliche Herstellung des Produkts. Während der Herstellung des Produkts werden mittels Sensordaten aus dem Produktionsprozess erhoben. Aktoren ermöglichen eine direkte Veränderung des Produktionsvorgangs.

Control Engineering befasst sich mit der systematischen Analyse und Auswertung der Sensordaten aus der Produktion. Die Erkenntnisse dienen dazu Verbesserungen des Produktdesigns, der Produktionsprozesse und der Produktqualität zu ermöglichen.

Die Durchgängigkeit der Daten ist aber nicht nur für die lineare Wertschöpfungskette von Produktdesign und -entwicklung bis Services von Bedeutung. Für industrielle Fertigungsbetriebe ist es darüber hinaus wichtig, dass Daten aus dem Fertigungsprozess und die Erkenntnisse, die daraus gewonnen werden können dem Engineering in Produktdesign und -entwicklung zur Verfügung stehen, um das Produktdesign weiter zu optimieren. Dies führt zu einem geschlossenen Datenkreislauf, der in einem Closed-Loop-Ansatz realisiert wird.



Closed-Loop-Ansatz

Quelle: DRÄXLMAIER Group, 2017

Literatur

- [1] Meudt, T., Pohl, M., Metternich, J., „Die Automatisierungspyramide – Ein Literaturüberblick“, Technische Universität Darmstadt, 2017
- [2] Mahnke, W., Leitner, S.-H., Damm, M., „OPC Unified Architecture“, Springer, 2009
- [3] Time-Sensitive Networking (TSN) Task Group, 1.ieee802.org/tsn (24. Juli 2018 aufgerufen)
- [4] Saaksvuori, A., Immonen, A., „Product Lifecycle Management“ (3. Ausg.), Springer, 2008
- [5] Schmidt, N., Lüder, A., „AutomationML in a Nutshell“, AutomationML Consortium, 2015
- [6] Shadbolt, N., Hall, W., Berners-Lee, T., „The Semantic Web Revisited“, IEEE Intelligent Systems, 21(3), 91-101, 2006
- [7] Drumm, O., et al., „Durchgängiges Engineering in Industrie-4.0-Wertschöpfungsketten“, Statusreport, VDI/VDE-Gesellschaft für Mess- und Automatisierungstechnik, 2016
- [8] Dorofeev, K. et al., „Device Adapter Concept Towards Enabling Plug & Produce Production Environments“, IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation, 2017
- [9] Keddies, N., Zoitl, A., Hill, J., „Die adaptive Fabrik von morgen (SpeedFactory)“, Wirtschaftswissenschaftliches Studium, 45(5), 229 – 235, 2016
- [10] Rickert, M., & Perzylo, A., „Industrieroboter für KMU: Flexible und intuitive Prozessbeschreibung“, Industrie Management, 32(2), 46 – 49, 2016
- [11] Waibel, M., et al., „RoboEarth“, IEEE Robotics & Automation Magazine, 18(2), 69 – 82, 2011