

Integriertes Bauteildatenmodell für Industrie 4.0

Informationsträger für cyber-physische Produktionssysteme

*Reiner Anderl,
Daniel Strang,
André Picard und
Alexander Christ, Darmstadt*

Der Technologiefortschritt durch Industrie 4.0 ermöglicht die Nutzung von Bauteilen als Informationsträger und deren Vernetzung mit cyber-physischen Produktionssystemen. In dem Beitrag wird der Ansatz für ein integriertes Bauteildatenmodell für den Wertschöpfungsprozess Produktion vorgestellt. Die Basis bildet der Theta-Ansatz zur Repräsentation von Bauteilen als cyber-physische Objekte. Zudem wird eine exemplarische Anwendung im Rahmen von cyber-physischen Produktionssystemen beschrieben.

Einleitung

Industrie 4.0 steht für die vierte industrielle Revolution und beschreibt einen Ansatz, der hauptsächlich auf drei Schwerpunkten basiert. Dies ist zum einen der Einsatz von sogenannten cyber-physischen Systemen. Zum anderen zielt der zweite Schwerpunkt auf den Einsatz von modernen Internettechnologien, die es erlauben, Betriebsmittel, Produkte und deren Komponenten einheitlich zu identifizieren und auch zu adressieren, um sie dadurch kommunikationsfähig zu vernetzen. Darüber hinaus werden Bauteile zu Informationsträgern.

Die vierte industrielle Revolution wird dadurch begründet, dass bereits drei vorangegangene bemerkenswerte Technologiesprünge zu revolutionärem industriellen Wandel geführt haben. Dazu zählen die Nutzung der Dampfkraft durch die Erfindung der Dampfmaschine, die Einführung der industriellen Massenproduktion aufbauend auf Produktionslinien und Arbeitsteilung sowie die Einführung der Informationsverarbeitung in der Produktion, zum Beispiel durch numerisch

gesteuerte Systeme zur qualitativ hochwertigen Produktion [1]. Mit diesen Technologiesprüngen wandelten sich Arbeitsinhalte, Arbeitsorganisationen und auch berufliche Qualifikationen. Neue Geschäftsfelder, neue Geschäftsmodelle, neue Unternehmen und sogar neue Branchen entstanden. Eine ähnliche Entwicklung wird auch durch den Ansatz Industrie 4.0 erwartet.

Cyber-physische Systeme sind durch ihre Fähigkeiten gekennzeichnet, Informationen erkennen, auswerten und verarbeiten sowie auf Grund der Informationsauswertung Operationen ausführen zu können. Technisch betrachtet, sind cyber-physische Systeme die nächste Generation multidisziplinärer, mechatronischer Systeme, bestehend aus Sensoren, Aktuatoren, eingebetteten Systemen und mechanischen Strukturen. Der Unterschied zu den existierenden mechatronischen Systemen besteht hauptsächlich in der Verfügbarkeit komplexer Logiken zur Informationsverarbeitung, intelligenter Sensorik und Aktuatorik sowie der Fähigkeit zur Vernetzung cyber-physischer Systeme. Vielfach finden sich diese Logiken auch bereits in Bausteinen von cyber-physischen Systemen, wie z.B. als Smarte Sensoren oder Smarte Aktuatoren. Der Begriff cyber-physische Systeme entstand in den USA und umfasst nach Lee sowohl den Ansatz „cyberizing the physical“ wie auch „physicalizing the cyber“ [2]. Dahinter verbergen sich die Ziele, einerseits physische Komponenten möglichst realitätsgetreu in digitale Mo-

delle abzubilden und andererseits die Potenziale der digitalen Welt auf die physischen Komponenten zu übertragen.

Der zweite Schwerpunkt von Industrie 4.0 zielt auf den Einsatz von modernen Internettechnologien. Das Internet hat in den letzten zwei Dekaden eine bemerkenswerte Entwicklung durchlaufen und ist mit der derzeit verfügbaren Internet 2.0-Funktionalität aus dem Alltag nicht mehr wegzudenken. Gerade die mobilen Endgeräte wie Mobiltelefone und Smart-Pads prägen bereits unsere Kommunikation, privat wie auch geschäftlich. Die Entwicklung, die auf dem Gebiet der Mobiltelefone und der Smart-Pads zu erkennen ist, kann auch auf weitere Produkte und deren Komponenten übertragen werden. Dabei spielt die Adressierbarkeit eine wichtige Rolle. Diese Adressierbarkeit wird durch das Internetprotokoll Version 6 (IPv6) sehr ausgeprägt möglich. So erlaubt das IPv6 eine Adresscodierung über 128 Bit, was einen Adressraum von 2^{128} individuellen Adressen erlaubt. Das sind $3,4 \cdot 10^{38}$ Adressen. Damit wird es theoretisch möglich, jedes Produkt beziehungsweise jede Komponente individuell zu adressieren. Vor diesem Hintergrund können dann neue Architekturen aufbauend auf webbasierten Kommunikationsprotokollen zum Tragen kommen.

Die Kombination cyber-physischer Systeme mit Internettechnologien führt zu vernetzten und kommunikationsfähigen cyber-physischen Systemen. Dafür stellt die Produktion ein überaus interes-

*) Förderhinweis

Das Projekt wird durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen des Projekts „SmartF-IT - Cyber-physische IT-Systeme zur Komplexitätsbeherrschung einer neuen Generation multiadaptiver Fabriken“ gefördert (FKZ: 01|S13015).

santes Anwendungspotenzial dar, zum Beispiel umgesetzt in Form cyber-physischer Produktionssysteme. Cyber-physische Produktionssysteme werden bereits in Forschungsprojekten wie CyProS [3] und ProSense [4] erforscht. Zur Entwicklung der Softwaresysteme für diese cyber-physische Produktionssysteme wird das Forschungsprojekt SmartF-IT* gefördert. Auch die Industrie hat sich über ihre Verbände BITKOM, VDMA und ZVEI organisiert und die Plattform Industrie 4.0 [5] gegründet. Vor diesem Hintergrund spielt die Umsetzung des Ansatzes von Industrie 4.0 in der Produktion eine herausragende Rolle.

Ein interessantes Zukunftsszenario ist dabei den Ansatz kommunikationsfähiger cyber-physischer Systeme sowohl auf Betriebsmittel (zum Beispiel Werkzeugmaschinen, Werkzeuge, Vorrichtungen, Transportmittel, Handhabungsgeräte, Prüfmittel) als auch auf Bauteile (Werkstücke, Baugruppen bis hin zum gesamten Produkt) anzuwenden. Dabei kann es verschiedene Ausbaustufen kommunikationsfähiger cyber-physischer Systeme geben, von der einfachen Identifizierung über die individuelle Adressierung bis hin zu kommunikationsfähigen und autonomen operierenden Systemen. Ein entscheidender Schritt dazu ist, dass Bauteile zu Informationsträgern werden, die im Produktionsprozess eine aktive Rolle übernehmen. Um diese Rolle jedoch auszufüllen, bedarf es neuer Ansätze, Bauteilinformationen strukturiert zu spezifizieren. Ähnlich, wenngleich auch inhaltlich unterschiedlich zur Entwicklung des Informationsmodells für das integrierte Produktdatenmodell für die Produktentwicklung, ist die Entwicklung eines Informationsmodells für das integrierte Bauteildatenmodell für die Produktion erforderlich.

Wertschöpfungsphasen

Im Unterschied zum integrierten Produktdatenmodell liegt der inhaltliche Ansatz des Bauteildatenmodells darin, dass Bauteile individualisiert digital repräsentiert werden müssen, damit reale Bauteilmerkmale, entstanden in der Produktion, abgebildet werden können. Ziel des integrierten Bauteildatenmodells ist es, die interdisziplinäre Realisierung des Produktes individualisiert zu repräsentieren und damit die Merkmale von Bauteilen entlang von Wertschöpfungsprozessen in einem Datenmodell zu erfassen. Bauteile

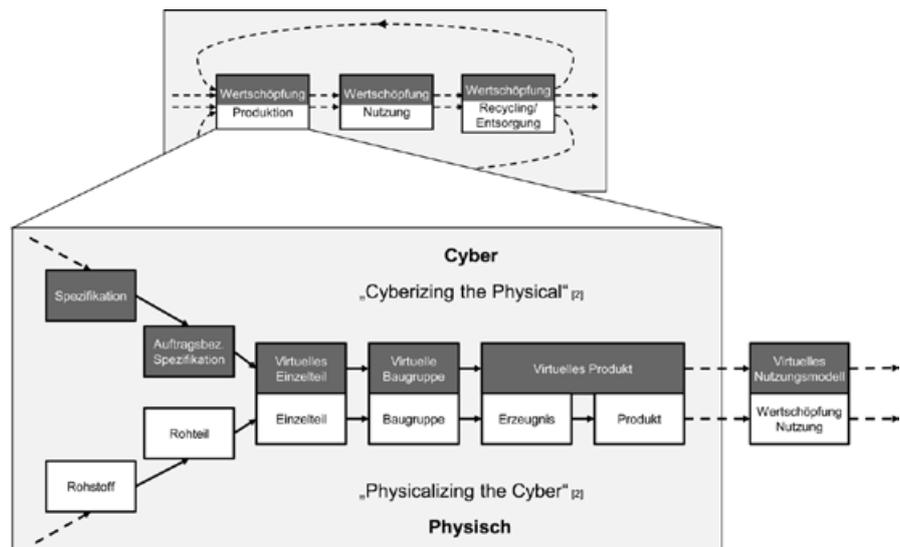


Bild 1. Theta-Wertschöpfungsphasenmodell

durchlaufen verschiedene Wertschöpfungsprozesse, wie insbesondere Produktion, Nutzung sowie Recycling und Entsorgung. Diese Wertschöpfungsprozesse können in Phasen strukturiert werden. Das Modell der Wertschöpfungsphasen beschreibt dabei als abstrahiertes Konzept die einzelnen Phasen in den Wertschöpfungsprozessen eines Bauteils. Werden in Wertschöpfungsprozesse Kunden und Zulieferanten mit einbezogen, so entstehen Wertschöpfungsnetzwerke.

Für Bauteile in der Produktion auf Basis von Industrie 4.0 wird ein Wertschöpfungsphasenmodell, der so genannte Theta-Ansatz für die Wertschöpfungsphasen der Produktion, vorgestellt. Im Gegensatz zu herkömmlichen Phasenmodellen wird das Bauteil in den Mittelpunkt der Betrachtung gestellt. Der Theta-Ansatz beschreibt die Wertschöpfungsphasen des Bauteils aus zwei spezifischen Sichten, der virtuellen und der physischen Sicht. Dementsprechend existieren zwei parallele und aufeinander abgestimmte ablaufende Phasenfolgen, die innerhalb jeder Wertschöpfungsphase den aktuellen Zustand des Bauteils eindeutig repräsentieren. Durch die Fusion der beiden sichtenspezifischen Phasenfolgen wird die Repräsentation eines Bauteils als cyber-physischer Ansatz ermöglicht (Bild 1).

Die obere Phasenfolge spiegelt die Wertschöpfungsphasen der virtuellen Welt wider. In der ersten Phase erfolgt eine allgemeine Spezifikation des Bauteils. Diese umfasst sowohl Anforderungen, Funktions- und Systemstruktur als auch die Werkstoffspezifikation. In der

folgenden Phase erfolgt die auftragsbezogene Spezifikation, das heißt die kundenindividuelle Anpassung des zu produzierenden Bauteils. Schon mit Beginn des Materialflusses müssen Informationen verarbeitet werden. Sind Bauteile als virtuelle Einzelteile verfügbar, können sie als Informationsträger für cyber-physische Produktionssysteme genutzt werden. Dies ermöglicht die eindeutige Identifikation, Adressierung und Lokalisierung der Bauteile sowie die Herstellung des Bezugs zu anderen Objekten, wie beispielsweise zur Baugruppenbildung. Darüber hinaus wird auch das Zusammenwirken von mechanischen, elektrischen und elektronischen Bauteilen sowie deren Funktionslogik abgebildet. Durch den Zusammenbau mit anderen Einzelteilen werden virtuelle Baugruppen erzeugt, die bis zum virtuellen Produkt aggregiert und interdisziplinär integriert werden können. Sind in virtuellen Baugruppen auch cyber-physische Komponenten, wie Sensoren, Aktuatoren und eingebettete Systeme enthalten, können sie kommunikationsfähige Produkte bilden. In ihrer Rolle als Produkt, also nach Abschluss des Wertschöpfungsprozesses Produktion werden sie dann in den Wertschöpfungsprozess Produktnutzung überführt.

Die untere Phasenfolge repräsentiert die Wertschöpfungsphasen der physischen Bauteile vom Rohstoff über die Produktion bis zur Auslieferung des Produktes an den Kunden. Dabei sind die einzelnen Phasen als definierte Zustände der Bauteile zu verstehen. Zunächst ist ein Bauteil nicht existent, das heißt nur der Rohstoff liegt vor. Aus diesem wird

anschließend ein Rohteil hergestellt. Durch den Einsatz von Fertigungsverfahren werden Einzelteile hergestellt. Informationen werden bereits zu Beginn des Wertschöpfungsprozesses Produktion gespeichert. Sobald reale Teile (Rohteile, Halbzeuge, Bauteile) entstehen, werden die realen Teile zu Informationsträgern. Zum Beispiel können Informationen über die Rohstoffcharge, den Lieferanten oder die verwendeten Fertigungsverfahren, Montage- und Prüfverfahren zu Bauteilen gespeichert werden. Mit der Prüfung und Abnahme wird das Erzeugnis fertiggestellt. Es kann als Produkt an den Kunden ausgeliefert werden.

Die auszeichnende Charakteristik des Theta-Ansatzes liegt in der Kopplung der beiden Sichten. Für jede Wertschöpfungsphase im Virtuellen besteht ein Äquivalent im Physischen. So wird beispielsweise ein erreichter spezifischer Einzelzustand durch das Modell eines virtuellen Einzelteils abgebildet (vgl. Bild 1). Dabei besteht eine bidirektionale Assoziativität zwischen den äquivalenten Bauteilzuständen im Virtuellen und im Physischen.

Informationsmodell für das integrierte Bauteildatenmodell

Zunächst ist die Unterscheidung zwischen Bauteildatenmodell und Bauteilm-odell grundlegend. Das Bauteildatenmodell legt die formale Beschreibung eines Schemas fest, nachdem Bauteilinformationen rechnerverarbeitbar repräsentiert werden. Das Bauteilm-odell selbst ist dann eine spezialisierte Instanz des Bauteildatenmodells. Das heißt, dass das Bauteilm-odell eine konkrete, mit Werten belegte Ausprägung darstellt, die nach dem Schema des Bauteildatenmodells aufgebaut wurde. Das integrierte Bauteildatenmodell ist so konzipiert, dass es Informationen aus den Phasen des Wertschöpfungsprozesses abbildet. Bezogen auf den Produktionsprozess wären dies beispielsweise Informationen aus der Herstellung, insbesondere mit dem Herstellungsergebnis (Fertigteil), Informationen aus der Montage und Informationen aus der Prüfung. Die Gesamtheit der Informationen ergibt das integrierte Bauteildatenmodell für den Wertschöpfungsprozess der Produktion.

Bauteile können in einzelnen Wertschöpfungsphasen auch eine aktive Rolle übernehmen und auf Grund der in ihnen verfügbaren Informationen mit cyber-

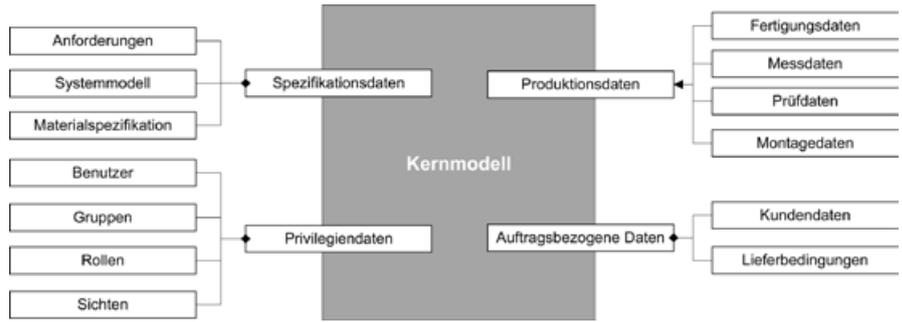


Bild 2. Kernmodell und Partialmodelle des integrierten Bauteildatenmodells

physischen Produktionssystemen kommunizieren und zum Beispiel zur Prozesssteuerung beitragen.

Methodische Grundlagen

Der Ansatz des integrierten Bauteildatenmodells besteht aus einem Kernmodell und Partialmodellen. Das Kernmodell umfasst die Identifikation, Adressierung, Lokalisierung, administrative und organisatorische Informationen sowie eine geometrische und materialbezogene Repräsentation des Bauteils. Partialmodelle enthalten zusätzliche, aus dem realen Produktionsprozess ermittelte Informationen und ergänzen das Kernmodell, zum Beispiel hinsichtlich real gemessener Abmessungen, Gestalt- und Oberflächenqualitäten oder der Baugruppenbildung als Ergebnis der Montage. Abhängig von den betrachteten Wertschöpfungsphasen werden Kernmodell und Partialmodelle spezialisiert (Bild 2).

Jedes Partialmodell muss neben der Abbildung der strukturierten Informationen auch formalen Anforderungen genügen [6]:

- Integrität (semantische Korrektheit der Informationen),
- Kohärenz (Zusammenhang der Informationen ohne Transformation),
- Akkumulation (explizite Abbildung aller relevanten Informationen) und
- Assoziation (Ableitbarkeit implizit enthaltener Informationen).

Vom Rohteil zum Produkt

Das Kernmodell stellt das Schema zur Informationsrepräsentation aus allen Phasen des Bauteillebens im Wertschöpfungsprozess Produktion zur Verfügung. Die physische Phasenfolge des Theta-Ansatzes beginnt dabei mit dem Rohstoff. Bei der Herstellung werden Werkstoffeigenschaften wie zum Beispiel Härte, Leitfähigkeit oder Legierungsbestandteile erfasst und im Partialmodell für Werkstoffeigenschaften abgelegt. Alle conse-

kutiven Fertigungsschritte sind nun in der Lage, sich auf Grund der zur Verfügung gestellten Informationen an den Werkstoffinformationen zu orientieren. Beispielsweise spezialisiert eine nachgelagerte Wärmebehandlung die vorhandenen Informationen bezüglich der Duktilität. Nachgelagerte Phasen nutzen dann dieses Partialmodell bezüglich der Werkstoffeigenschaften, um Werkzeuge auszuwählen und Maschinenparameter adäquat an den Werkstoff anzupassen. Auch das Bauteil kann die erfassten Daten nutzen. Es konfiguriert die Prozessschritte und -reihenfolge in der Fertigung, die insbesondere über einen zugrunde liegenden Fertigungsplan verknüpft werden. Darüber hinaus können beispielsweise für das Bauteil als Erzeugnis Informationen hinsichtlich der Prüf- und Abnahmeprozesse aus Werkstoffeigenschaften spezifisch abgeleitet werden.

Individualisierung von Bauteilen

Das integrierte Bauteildatenmodell wird zu Beginn des Wertschöpfungsprozesses Produktion aus dem Bauteildatenmodell instanziiert und erhält zunächst auftragspezifische Daten. Die individualisierte Repräsentation der Bauteile erfolgt durch Mehrfachinstanzierung sowie durch die instanzenbezogene Spezialisierung auf die vorgesehenen Wertschöpfungsphasen der Produktion. Für konsekutive Wertschöpfungsphasen sind dann in den individualisierten und auftragspezifischen Instanzen des Bauteildatenmodells die Informationen aus dem realen Produktionsprozess strukturiert abgebildet.

Verhalten von Bauteilen

Integraler Bestandteil für den Wertschöpfungsprozess Produktion ist die Verfügbarkeit von physischer und virtueller Identität. Im besonderen Maße ist davon auch das Verhalten von Bauteilen als Baugruppen sowie als Einzelteile betrof-

fen. In den Wertschöpfungsphasen wird das digitale Bauteilmodell über ein funktionales Verhalten verfügen. Dieses Verhalten soll im integrierten Bauteilmodell repräsentiert werden, sodass das Bauteilverhalten simuliert werden kann.

Damit wird auch der Vergleich von Ergebnissen der Simulation mit Ergebnissen aus funktionalen physischen Versuchen unterstützt und der Abgleich dokumentierbar. Zudem entsteht eine Wissensbasis, die als Grundlage für Lernplattformen dient und zu einem kontinuierlichen Wissenserwerb der Mitarbeiter beiträgt.

Herkunft der Bauteildaten

Die Nutzung bauteilbezogener Informationen aus den Wertschöpfungsphasen der Produktion eröffnet einerseits neue Möglichkeiten der Prozesssteuerung, andererseits werden damit auch Informationen bereitgestellt, die über den Wertschöpfungsprozess Produktion Auskunft geben. Es entsteht ein semantisches Produktgedächtnis [7]. Das semantische Produktgedächtnis ermöglicht unter der Verwendung von ontologischen Ansätzen [8] den kontextbezogenen Abruf von Informationen [9]. Allerdings geht der Ansatz des Bauteildatenmodells über das Produktgedächtnis hinaus und erlaubt die aktive Einbindung von Bauteilinformationen in den Planungs- und Steuerungsprozess der Produktion.

Zudem sind die Herkunft der Daten, die Verantwortlichkeit für die Daten sowie der Besitzanspruch an den Daten abzubilden. Dies beinhaltet sowohl die Datenerstellung, die Datenweitergabe und Datenaktualisierung als auch die Datensicherheit und die Datenarchivierung. Im Sinne des oben beschriebenen Theta-Ansatzes muss allerdings zu jedem Zeitpunkt der Zugang zu Bauteildaten in Echtzeit möglich sein. Entsprechend hat das integrierte Bauteildatenmodell Methoden bereitzustellen, um den Zugang zu und die Verarbeitung der benötigten Informationen im Verlauf eines Prozesses zu erlauben. Die in den Bauteilen enthaltenen Informationen müssen adäquat geschützt werden, indem der Zugang für nicht-autorisierte Prozessbeteiligte ausgeschlossen wird. Dies beinhaltet eine Erweiterung des integrierten Bauteildatenmodells hinsichtlich eindeutiger Zuordnung von Bauteildaten zu deren Besitzern und deren Nutzung sowie die Integration von Schutzmechanismen vor unberechtigtem Zugriff.

Für das integrierte Bauteildatenmodell existieren vielfältige Anwendungsmöglichkeiten, insbesondere in der Produktion. Im Rahmen dieses Beitrags wird eine Anwendung in cyber-physischen Produktionssystemen in der Montage aufgezeigt.

Das integrierte Bauteildatenmodell in einer cyber-physischen Montageumgebung

Bauteile, die Informationen über ihre Eigenschaften, ihren Produktionsprozess, ihre Zugehörigkeiten und ihren Auftrag besitzen, sind wesentlicher Bestandteil einer Produktion, die auf den Prinzipien von cyber-physischen Systemen beruht. Diese cyber-physischen Produktionssysteme verfügen über Produktionseinrichtungen und Betriebsmittel, die über Sensorik, Aktuatorik und Kommunikationsschnittstellen miteinander interagieren und so dezentral und adaptiv Fertigungsprozessentscheidungen treffen können. Hierdurch wird eine höhere Flexibilität in der Produktion möglich. Ziel ist es, eine größere Variantenzahl zu angemessenen Kosten zu produzieren, um dadurch besser auf Marktveränderungen reagieren zu können.

Im Rahmen des Forschungsprojekts SmartF-IT [10] werden Lösungen zur Unterstützung im Umgang mit cyber-physischen Produktionssystemen in der Wertschöpfungsphase Baugruppenmontage durch IT-Systeme entwickelt. Durch den Einsatz der neuartigen Systeme und der damit verbundenen dezentralen Montagesteuerung steigt die Komplexität in der Montage. Deshalb ist auch die Entwicklung von Assistenz- und Lernsystemen zur Beherrschung der Komplexität von hoher Bedeutung.

Zur Betrachtung der cyber-physischen Montagevorgänge werden alle Prozessteilnehmer in Betracht gezogen. Diese umfassen neben den intelligenten Bauteilen auch Montage- und Handhabungsmaschinen, manuelle Arbeitsplätze und Betriebsmittel. Eine Entscheidung im Wertschöpfungsprozess wird unter diesen Teilnehmern über kommunizierende, vernetzte cyber-physische Systeme, in Abhängigkeit der vorliegenden Bauteil- und Betriebsmittelzustände, in der Fabrik getroffen. Die Prozessteilnehmer vergleichen dabei untereinander die Eigenschaften der Produktionseinrichtungen mit den Bauteilinformationen, die in den Partialmodellen der Bauteile abge-

legt sind. Somit können optimale Bearbeitungsschritte identifiziert und konkretisiert werden. Informationen, die im Kernmodell und in den Partialmodellen des integrierten Bauteildatenmodells abgelegt werden können, sind unter anderem Montagezustände und Montagezwischenzustände, Bauteilzugehörigkeit oder auftragsspezifische Montageanweisungen.

Zur Prozessplanung wird eine vorgelagerte Modellbildung des Montageprozesses durchgeführt. Die Modellbildung ist dabei die digitale Repräsentation der realen, komplexen Zusammenhänge und wird als graphisch-symbolische Darstellung präsentiert [11]. Angelehnt an die zuvor beschriebenen Wertschöpfungsphasen für Bauteile kann die Betrachtung des Montageprozesses unter Berücksichtigung der Bauteilsicht durchgeführt werden. Als Beschreibungsmethode wird eine Sprache verwendet, die sich an die Unified Modeling Language (UML) anlehnt. Für die Darstellung von solchen Prozessen eignet sich das UML-Aktivitätsdiagramm. Da die Abbildung von adaptiven Entscheidungsvorgängen in Prozessabbildungen nicht vorgesehen und nicht standardisiert ist, wird eine Profilierung der UML zu einer cyber-physischen Produktionsprozessmodellierungssprache durchgeführt.

Im Montageprozess erfolgt ein Informationsfluss zwischen Bauteilen, Montageeinrichtungen und Betriebsmitteln. Der Informationsfluss dient dem Abgleich von Informationen zur Ermittlung eines günstigen Folgeprozessschritts zum Erreichen eines neuen Zwischenzustands im Wertschöpfungsprozess des Bauteils. Diese Prozessschritte des Informationsaustausches, des Auswertens der Informationen und der Generierung des nächsten Folgeschrittes erfolgt solange, bis das gesamte Erzeugnis fertiggestellt ist.

Dabei durchläuft das Bauteil die Wertschöpfungsphasen des Theta-Ansatzes für das physische Bauteil. Gleichzeitig werden weitere Informationen über das Produkt im integrierten Bauteildatenmodell gespeichert und den auftragsspezifischen Daten im virtuellen Bauteilmodell hinzugefügt. Beispielsweise können die Entscheidungsvorgänge und somit auch die Montageeinrichtungen und Betriebsmittel hinterlegt werden. Dies kann in späteren Wertschöpfungsphasen des Produkts, wie in der Qualitätsprüfung, entscheidende Informationen liefern, um die

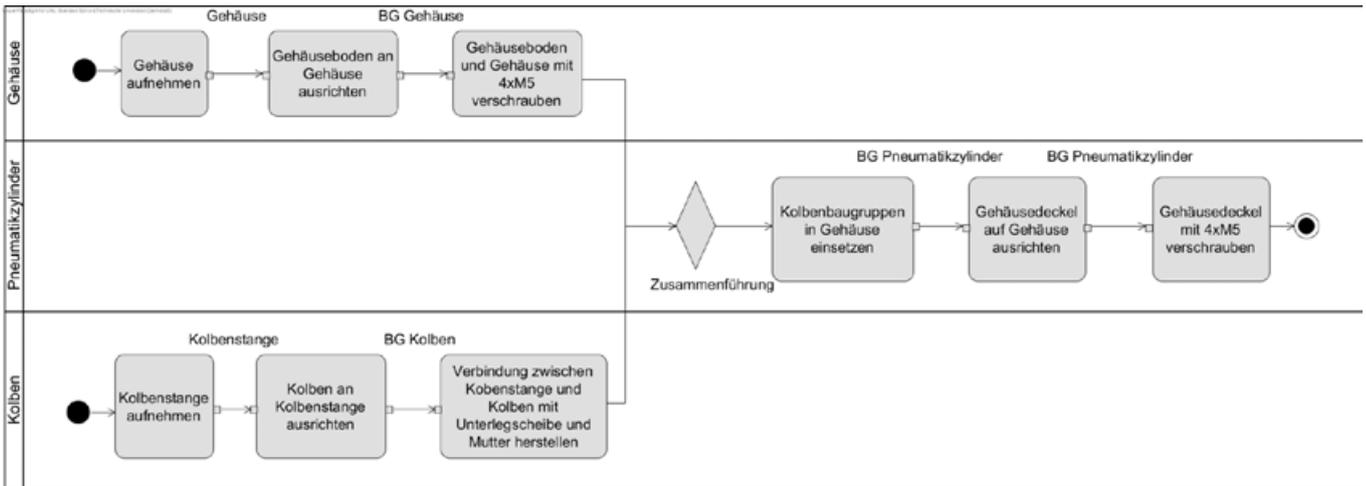


Bild 3. Montageprozess des Pneumatikzylinders

Montagelinie zu optimieren, genaue Fertigungszeitpunkte einzugrenzen oder potenzielle Fehlerquellen zu erkennen.

Anwendungsbeispiel

Ein Anwendungsbeispiel für Bauteile als Informationsträger sind Zylinderböden von Pneumatikzylindern. Ihre Produktion zeichnet sich durch hohe Stückzahlen aus. Die Zylinderböden werden an die nachgelagerten Montageeinrichtungen weitergeben. Informationen über jeden Zylinderboden werden in einem individuellen Bauteilmodell abgebildet. Somit verfügt jeder Zylinderboden über Informationen über seine Entstehung und kann dann durch eine Zuordnung zu seiner Baugruppe (Strukturstückliste) sowie den Zugriff auf den Montageplan montageprozessrelevante Daten generieren. Bild 3 zeigt den Montageprozess des Pneumatikzylinders, abgeleitet aus dem Montageplan, und verdeutlicht den Zusammenhang zwischen Zylinderboden und Zylindergehäuse.

Zur Optimierung der Montage können zum Beispiel Abmessungen wie Bauteilhöhe, -breite und -tiefe aus der Spezifikation des Bauteils genutzt werden. Die Abmaße sind darin mit ihren entsprechenden zulässigen Toleranzabweichun-

gen angegeben, welche in der Fertigung erreicht werden sollen.

Als Teil der Individualisierung werden die physisch gefertigten Bauteile im Verlauf ihrer maschinellen Fertigung vermessen und die physisch gefertigten Werte im Bauteilmodell übernommen. Hieraus kann ihre Lage im Toleranzfeld bestimmt werden (Bild 4).

Für den Montageprozess bedeutet dies, dass Rückschlüsse daraus gezogen werden können. Um funktionale Anforderung hinsichtlich Dichtigkeit zu erfüllen, werden im Rahmen der Montage beispielweise Zylinderböden im Bereich der unteren Toleranzgrenze mit Zylindergehäusen im Bereich der oberen Toleranzgrenze kombiniert. Dieser Informationsfluss ermöglicht Montageprozesse optimiert zu durchlaufen und die Funktionalität nach der Baugruppenbildung besser abzusichern.

Zusammenfassung

Zur Entwicklung des Bauteils als Informationsträger wird das Konzept des Wertschöpfungsprozesses Produktion, bestehend aus verschiedenen Wertschöpfungsphasen vorgestellt. Darauf aufbauend wird die Anwendung von zwei Phasenfolgen, dem Theta-Wertschöpfungs-

phasenansatz zur Abbildung der Prinzipien „cyberizing the physical“ und „physicalizing the cyber“ [2] vorgestellt. Diese repräsentieren die Sicht auf die Wertschöpfungsphasen des physischen und des virtuellen Bauteils.

Das integrierte Bauteildatenmodell dient zur Abbildung von Informationen der Bauteilmerkmale aus diesen Phasen. Die Herstellung der Identität zwischen physischen und virtuellen Bauteilen führt schließlich zum Ansatz, Bauteile als Informationsträger für cyber-physische Produktionssysteme zu nutzen.

Dieses integrierte Bauteildatenmodell fokussiert auf die Sicht aus dem Bauteil heraus. Es erfasst, verwaltet und stellt in diesem Zusammenhang Informationen zur Verfügung, die über das Bauteil sowie seine Wertschöpfungsentwicklung in der Produktion Auskunft geben. Das Bauteil als Informationsträger findet sein Einsatzgebiet zum Beispiel in Produktionsprozessen. Um dies zu verdeutlichen, wird die Anwendung des integrierten Bauteildatenmodells in cyber-physischen Montageprozessen beschrieben.

Literatur

1. acatech (Hrsg.): Cyber-Physical Systems: Innovationsmotor für Mobilität, Gesundheit, Energie und Produktion (acatech Position). Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. New York 2011
2. Lee, E. A.: CPS Foundations. In: Proceedings of the 47th Design Automation Conference (DAC). ACM/IEEE, June, 2010, S. 737 - 742
3. Cyber-Physische Produktionssysteme (Cy-ProS), 2014, www.projekt-cypros.de [letzter Abruf am 17.1.2014]
4. ProSense – Hochauflösende Produktionssteuerung, 2014 www.prosense.info [letzter Abruf am 17.1.2014]



Bild 4. Produkt-, Reales und Bauteilmodell

5. Kagermann, H.; Wahlster, W.; Helbig, J.: Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftprojekt Industrie 4.0, acatech 2013
6. Seiler, W.: Technische Modellierungs- und Kommunikationsverfahren für das Konzipieren und Gestalten auf der Basis der Modellintegration. In: Fortschritt-Berichte VDI Reihe 10, Nr. 49. VDI Verlag, Düsseldorf 1985
7. Wahlster, W.: SemProM: Foundations of Semantic Product Memories for the Internet of Things. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg 2013
8. Wang, W. M.; Pförtner, A.; Lindow, K.; Hayka, H.; Stark, R.: Using Ontology to Support Scientific Interdisciplinary Collaboration within Joint Sustainability Research Projects. In: Seliger, G. (Hrsg.): Proceedings of the 11th Global Conference on Sustainable Manufacturing – Innovative Solutions, Universitätsverlag der TU Berlin, 2013
9. Wahlster, W.: Semantic Technologies for Mass Customization, In: Wahlster, W.; Grallert, H. J.; Weiss, S.; Friedrich, H.; Widenka, T. (Hrsg.), Towards the Internet of Services: The Theseus Research Program, S. 3–13, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg 2014
10. SmartF-IT - Cyber-physische IT-Systeme zur Komplexitätsbeherrschung einer neuen Generation multiadaptiver Fabriken, 2014, www.smartf-it-projekt.de [letzter Abruf am 17.1.2014]
11. Broy, M.; Steinbrüggen, R.: Modellbildung in der Informatik. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg 2004

Die Autoren dieses Beitrags

Prof. Dr.-Ing. Reiner Anderl, geb. 1955, wurde 1984 an der Universität (TH) Karlsruhe promoviert, war in der mittelständischen Industrie

(Anlagenbau) tätig und habilitierte sich an der Universität Karlsruhe 1991. Seit 1993 ist er Professor für Datenverarbeitung in der Konstruktion (DiK) im Fachbereich Maschinenbau der Technischen Universität Darmstadt. Von 1999 bis 2003 war er neben seiner Professur als Dekan und Prodekan des Fachbereichs Maschinenbau und von 2005 bis 2010 als Vizepräsident der Technischen Universität Darmstadt tätig. Er ist darüber hinaus ein außerordentlicher Professor an der Virginia Tech University, USA und ein ordentliches Mitglied der Akademie der Wissenschaften und der Literatur, Mainz.

Daniel Strang, M. Sc studierte von 2005 bis 2010 Mechanical and Process Engineering an der Technischen Universität Darmstadt und der Technischen Universität Eindhoven. Im Januar 2011 trat er seine Stelle als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Datenverarbeitung in der Konstruktion (DiK) an der Technischen Universität Darmstadt an. Herr Strang ist Mitglied im Forschungsprojekts „SmartF-IT“ gefördert durch das BMBF. Er beschäftigt sich in diesem Zusammenhang mit der Modellierung von cyber-physischen Montagesystemen.

Dipl.-Ing. André Picard studierte von 2004 bis 2010 Allgemeinen Maschinenbau an der Technischen Universität Darmstadt. Mit Abschluss seines Studiums als Diplom-Ingenieur trat er im Oktober 2010 seine Stelle als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Datenverarbeitung in der Konstruktion (DiK) an der Technischen Universität Darmstadt an. Seit Mitte 2012 ist Herr Picard im Forschungsbereich „Digitale Fabrik“ tätig. Er war Teil des von der DFG geförderten Projektes „Federative Factory Data Management“. Herr Picard beschäftigte sich dort mit dem föderativen Fabrikdatenmanagement. Seit 2014 ist er Teil des LOEWE-Zentrum AdRIA (Adaptronik -

Research, Innovation, Application). Dort untersucht er Methoden zur virtuellen Entwicklung adaptiver und cyber-physischer Systeme.

Alexander Christ, M. Sc studierte von 2005 bis 2009 Maschinenbau an der FH Giessen-Friedberg. Von 2008 bis 2009 war er bei einem großen deutschen Automobilhersteller tätig. Anschließend studierte Herr Christ von 2009 bis 2011 Mechanical and Process Engineering an der Technischen Universität Darmstadt. Im Anschluss trat er seine Stelle als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Datenverarbeitung in der Konstruktion (DiK) an der Technischen Universität Darmstadt an. Der Schwerpunkt seiner Forschung liegt in der Entwicklung von Methoden und Tools in den Bereichen CAD und PLM. Herr Christ ist der Repräsentant der Technischen Universität Darmstadt im IT Open Programm.

Summary

Integrated Component Data Model for Industrie 4.0 – Information Carrier for Cyber-physical Production Systems. The technology progress of Industrie 4.0 enables the usage of components as information carriers and their deployment in cyber-physical production systems. In this contribution an approach for an integrated component data model for the value-added process of production is introduced. The Theta-approach describes the basis for the representation of components as cyber-physical objects. Furthermore, an exemplary application within cyber-physical production systems is described.

Den Beitrag als PDF finden sie unter:
www.zwf-online.de
Dokumentennummer: ZW 111098

Industrie 4.0 für den Werkzeug- und Formenbau

Die Anforderungen der Kunden an den Werkzeug- und Formenbau steigen, weil Endprodukte individueller werden und die Lieferanten in kurzen Zyklen auf neue Bedarfe eingehen wollen. Erschwerend kommt hinzu, dass die Kunden oftmals während der Entwicklung neuen Input liefern, der sich auf Geometrie, Montage oder NC-Bearbeitung auswirkt. Gleichzeitig kämpfen die Werkzeug- und Formenbauer mit einem steigenden Kostendruck. Ganzheitliche IT-Lösungen, die flexibel verschiedene Prozessschritte unterstützen, können einen Ausweg aus dem Dilemma bieten.

Während der Euromold stellte Dassault Systèmes seine 3D-Experience-Lösungen vor, mit der Werkzeug- und Formenbauer die Herausforderungen entlang der gesamten Prozesskette in einem integrierten An-

satz lösen können – flexibel und aus der Cloud. Alle Marken von Dassault Systèmes – von SolidWorks und Catia bis hin zur Social Innovation Plattform 3DSWYM – sind in der neuen Version für typische Anforderungsfälle zusammengestellt.

„Derzeit setzen Unternehmen eine Vielzahl an hochspezialisierten Softwareprodukten ein, die solitären Charakter haben“, erläutert Wilfried Gassner, Presales Consultant bei Dassault Systèmes, einem führenden Anbieter im 3D-Engineering. „Unsere Strategie ist es, typische Anwendungsfälle zu betrachten und den Unternehmen eine Plattform zu liefern, die Daten zusammenführt und den Gesamtprozess abbildet.“

Mehr als 1000 einzelne Produkte hat Dassault Systèmes derzeit im Angebot, die in einzelnen Marken gebündelt sind.

Mit dem 3D-Experience-Ansatz geht der Softwarehersteller einen Schritt weiter.

Gassner konkretisiert: „Künftig kann sich der Anwender Software-Werkzeuge im Paket für eine konkrete Aufgabe auswählen. Er bekommt die Lösung, die er benötigt und investiert nur in tatsächlich benötigte Funktionalitäten.“ Vor allem mittelständischen Unternehmen will Dassault Systèmes so ein cloud-basierendes Angebot machen, das mehr Flexibilität und einen schnellen Return on Investment (ROI) ermöglicht.

Kontakt:

Dassault Systèmes
Carola von Wendland
Tel.:(0 89) 96 09 48-3 76
E-Mail: carola.vonwendland@3ds.com
www.3ds.com