

Semantic Web zur Unterstützung der energetischen Analyse und Bewertung von Produktionssystemen

(Semantic Web Technologies for energy analysis and evaluation of production systems)

Wenzel, K.¹; Lorenz, S.¹

¹ Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik (IWU)

Abstract

Die durchgängige Analyse, Bewertung und Optimierung von Produktionssystemen unter energetischen Gesichtspunkten erfordert nicht nur die Entwicklung und Implementierung entsprechender Methoden und Werkzeuge zur Anwendung in verschiedenen Phasen des Systemlebenszyklus, sondern auch die Bereitstellung der zur Ausführung notwendigen Daten sowie die Erfassung und Verwaltung der Ergebnisse. Semantic Web-Technologien schaffen die notwendigen Voraussetzungen, um sowohl Daten als auch Methoden in verschiedenen Lebenszyklusphasen zur energetischen Optimierung eines Produktionssystems bereitzustellen.

The continuous analysis, evaluation and optimization of production systems regarding energetic aspects requires not only the development and implementation of appropriate methods and tools for the application in various stages of the system life cycle but also the supply of data, which are necessary for the execution, as well as the collection and management of results. An appropriate framework for the provision of data and methods/tools for the different life cycle stages can be build up by using Semantic Web technologies. Along the life cycle of a production system various methods and IT-tools are used for the continuous analysis, evaluation and improvement of their energy- and cost-efficiency. Some of these methods are rather suitable in the development phase, others can also be applied during the production systems use phase. Depending on the life cycle phase the methods/tools require numerous and manifold input data for analysis and evaluation, but there is no common data base. Therefore, the paper presents a semantic web-based approach

R. Neugebauer, U. Götze, W.-G. Drossel (Hrsg.), *Energetisch-wirtschaftliche Bilanzierung und Bewertung technischer Systeme – Erkenntnisse aus dem Spitzentechnologiecluster eniPROD*, Tagungsband zum 1. und 2. Methodenworkshop der Querschnittsarbeitsgruppe 1 "Energetisch-wirtschaftliche Bilanzierung" des Spitzentechnologieclusters eniPROD, *Wissenschaftliche Scripten*, Auerbach, 2013.
URN: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:ch1-qucosa-109067>

for a life cycle wide consistent and integrated data provision.

Keywords:

Semantic Web, Lebenszyklus, Energieeffizienz

Semantic Web, life cycle, energy efficiency

1 Einleitung

Im Lebenszyklus eines Produktionssystems können unterschiedliche Methoden (siehe Bild 1) zur Analyse und Optimierung der Energieeffizienz sowie zur Reduzierung der Kosten angewendet werden. Einige dieser Methoden, wie beispielsweise FEM oder Zielkostenrechnung, finden vor allem in den frühen Phasen des Systementwurfs und der -entwicklung Anwendung, während andere, wie die Simulation oder das Life Cycle Costing (LCC), sowohl in der Entwicklungsphase als auch während des Betriebs eines Systems von Bedeutung sind.

In Abhängigkeit von der Lebenszyklusphase benötigen die jeweils eingesetzten Methoden eine Vielzahl an Eingangsdaten für die Analyse und Bewertung eines Produktionssystems.

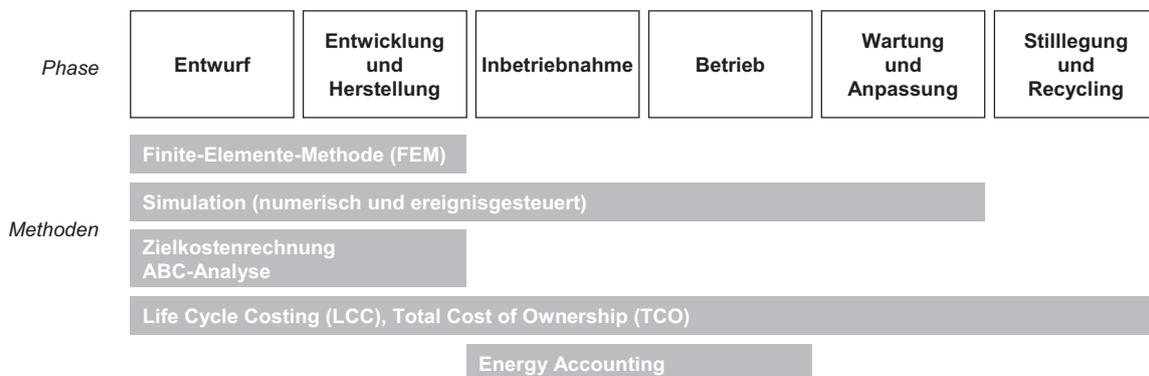


Bild 1: Ausgewählte Methoden zur Analyse und Bewertung von Produktionssystemen

In der Entwurfs- und Entwicklungsphase verwaltet häufig ein Produktdatenmanagementsystem (PDM) die Anforderungs-, Entwurfs- und Konstruktionsdaten zu einem Produkt und stellt somit eine wichtige Datenquelle für Analyse- und Bewertungsmethoden dar.

Daten zur energetischen Analyse und Optimierung der Herstellung eines Produktionssystems können durch ein entsprechendes Fertigungsleitsystem gesammelt und zur Auswertung mit Informationen aus dem herstellereigenen Enterprise-Resource-Planning (ERP) System kombiniert werden. Im Betrieb eines Produktionssystems wird es notwendig, die entsprechenden Betriebsdaten beim

Betreiber der Anlage zu erfassen und direkt auszuwerten oder zum Anlagenhersteller für weitere Auswertungen und zur Archivierung zu übertragen.

Die Unterstützung des Austauschs, der Archivierung und der Auswertung von Daten im Produktlebenszyklus ist Gegenstand des sogenannten Product-Lifecycle-Managements (PLM). Dabei soll ein zentrales System sowohl die Entwicklungsdaten zu einem Produkt als auch dessen Betriebsdaten verwalten.

Folglich benötigen die in Bild 1 dargestellten Methoden Zugriff auf Daten aus PDM-, ERP- oder, wenn vorhanden, PLM-Systemen. Weiterhin müssen für Analyse- und Berechnungsvorgänge auch zusätzliche Daten, wie Werkstoffdaten oder Preise für Rohstoffe, aus externen Quellen bezogen werden, da diese häufig nicht in Informationssystemen der Hersteller oder Betreiber vorhanden sind. Dadurch wird eine aufwändige Recherche, Extraktion und Aufbereitung von Informationen aus verschiedenen Quellen notwendig, um diese den entsprechenden Programmen für die energetische Analyse und Bewertung zur Verfügung zu stellen.

Als Lösungsansatz zur einheitlichen Bereitstellung notwendiger Daten für Analyse- und Bewertungsmethoden wird im Folgenden das Semantic Web als eine Technologie zur vereinfachten Datenintegration vorgestellt. Danach werden in Abschnitt 3 zwei Beispiele in der Produktentwicklung sowie in der Produktionsplanung diskutiert und Potentiale in der Anwendung des Semantic Web aufgezeigt. Abschließend wird nach einer kurzen inhaltlichen Zusammenfassung ein Ausblick auf zukünftige Entwicklungen gegeben.

2 Semantic Web

2.1 Entstehung

Das World Wide Web (WWW oder kurz Web) verwendet Webadressen, die sogenannten Uniform Resource Locators (URL), um einzelne Dokumente miteinander zu verknüpfen. Ein Webbrowser stellt diese Hypertext-Dokumente dar und ermöglicht es dem Anwender, von einem Dokument zum nächsten zu navigieren. Dieses sogenannte Web 1.0 hat sich zu einem weltweiten Informationsmedium für Menschen entwickelt.

Durch die vereinfachte Erstellung von Webinhalten kann mittlerweile prinzipiell jeder Inhalte für das Web erstellen und veröffentlichen. So bieten Kommunikationsplattformen wie Wikis und Blogs die Möglichkeit, Informationen auf einfache Art und Weise in diesem Web 2.0 für andere Nutzer bereitzustellen. Damit ist das Web von einer nur lesbaren Informationsquelle zu einem les- und schreibbaren Informationsmedium für die weltweite Kommunikation und Bereitstellung von Wissen geworden.

Die im Web 2.0 veröffentlichten Daten und Informationen sind vorwiegend für den Kommunikation zwischen Menschen gedacht und werden deshalb in Form natür-

licher Sprache, Audio oder Video abgelegt. Damit die im Web verfügbaren Informationen vom Computer verarbeitet und direkt in verschiedenen Programmen verwendet werden können, müssen diese aufbereitet und in ein einheitliches, Computer-verarbeitbares Format transformiert werden.

Damit Computerprogramme das Web einfacher als Informationsquelle erschließen können, wird das sogenannte Semantic Web (oder Web 3.0) als Erweiterung des aktuellen Web 2.0 entwickelt. Dieses basiert auf den Prinzipien semantischer Netze [1] und stellt Methoden und Technologien zur Verfügung, um Daten auf eine eindeutige, Computer-verarbeitbare Form zu repräsentieren und auszutauschen. Die entsprechenden Bausteine des Semantic Web werden innerhalb der Semantic Web Initiative des World Wide Web Consortium (W3C) entwickelt. Dazu gehören das Resource Description Framework (RDF) zum einheitlichen Datenaustausch sowie ein Satz an Sprachen zur Wissensrepräsentation auf Basis von Ontologien.

2.2 Resource Description Framework

Das RDF stellt ein Beschreibungsgerüst zur einheitlichen Datenrepräsentation als Grundlage für den Datenaustausch und die Datenintegration im Semantic Web zur Verfügung.

Es stellt Daten als Tripel, bestehend aus den Teilen *Subjekt*, *Prädikat* und *Objekt*, in der Form (*Subjekt*, *Prädikat*, *Objekt*) dar. Auf dieser Basis lassen sich einfache Aussagen wie

- (*Maria*, *kennt*, *Paul*) oder
- (*Hydraulikpresse*, *hatEnergieVerbrauch*, „10 kWh pro Hub“)

formulieren.

Damit die Verbindung verschiedener Aussagen zur Repräsentation von Wissen möglich wird, verwendet RDF sogenannte Uniform Resource Identifiers (URI), eine Verallgemeinerung der URLs, zur eindeutigen Benennung der Ressourcen (Subjekte, Objekte) und Eigenschaften (Prädikate). Dadurch können sowohl Informationsressourcen als auch Dinge der realen Welt eindeutig im Internet identifiziert werden.

Angewendet auf die Aussage (*Maria*, *kennt*, *Paul*) kann Maria beispielsweise als <http://www.chemnitz.de/personen#Maria> oder kurz als *cpers:Maria* identifiziert werden, wobei *cpers:* den Namensraum <http://www.chemnitz.de/personen#> repräsentiert. Wird die Eigenschaft *kennt* noch durch die bereits vordefinierte Eigenschaft *foaf:knows* des Friend of a Friend (FOAF) [2] Vokabulars ersetzt, so kann die Aussage in der Form

(cpers:Maria, foaf:knows, cpers:Paul)

geschrieben werden, womit diese eindeutig interpretierbar ist.

Durch die Kombination mehrerer Aussagen wie

(cpers: Maria, foaf: knows, cpers: Paul)

(maschinen: Hydraulikpresse, energie: hatEnergieVerbrauch, „10 kWh pro Hub“)

(cpers: Paul, aktionen: bedient, maschinen: Hydraulikpresse)

wird die Darstellung komplexen Wissens auf Basis von RDF möglich.

2.3 Ontologien

Während RDF nur das grundlegende Gerüst zur Datenrepräsentation zur Verfügung stellt, wird das zulässige Vokabular zur Beschreibung der Daten mit Hilfe von Ontologien definiert. Diese sind explizite formale Spezifikationen der Begriffe in einer Domäne und der Beziehungen zwischen ihnen [3].

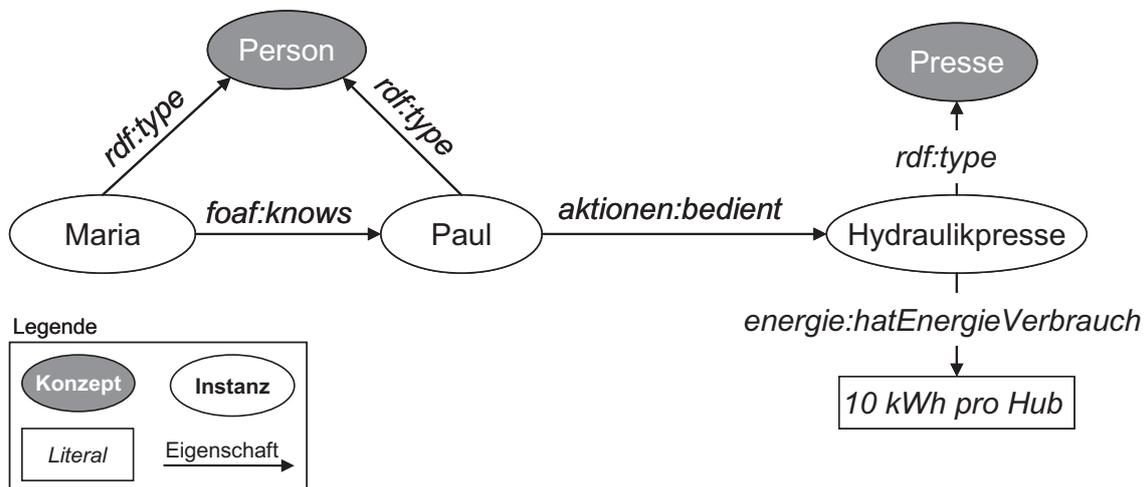


Bild 2: Konzepte (Klassen), Eigenschaften und Instanzen in einer Wissensbasis

Für die Anwendung im Semantic Web existieren zwei verschiedene Sprachen zur Definition von Ontologien, welche sich vor allem hinsichtlich ihrer Ausdrucksstärke unterscheiden.

Die erste dieser Sprachen ist RDF Schema (RDFS) [4], welche grundlegende Elemente zur Definition einfacher Ontologien bestehend aus Konzepten, Eigenschaften und Instanzen anbietet. Bild 2 stellt einen Ausschnitt einer Wissensbasis dar, die beispielsweise mit RDFS strukturiert werden kann.

Da sich gezeigt hat, dass der Sprachumfang von RDFS zur Definition komplexer Domänenmodelle nicht ausreichend ist, um effiziente Computer-verarbeitbare Ontologien zu erstellen, wurde die Web Ontology Language (OWL) [5] entwickelt. Diese übernimmt zum Teil das Vokabular von RDFS zur Definition von Klassen, Eigenschaften und Instanzen, erweitert dieses allerdings um die mengenorientierte Beschreibung von Klassen und trifft einige Einschränkungen, um die entstehenden Ontologien für den Computer entscheidbar zu halten. Im Gegensatz zu RDFS

unterstützt OWL eine erweiterte logische Inferenz und ermöglicht dadurch umfassenderes automatisches Schlussfolgern von neuem Wissen aus bekannten Fakten für vielfältige Anwendungsgebiete.

2.4 Ontologien für Systemmodelle

Produktionssysteme, sowohl einzelne Werkzeugmaschinen als auch komplexe mehrstufige Fertigungsanlagen, können als mechatronisches System, in denen Mechanik, Elektronik und Informationstechnik miteinander verknüpft sind, betrachtet werden.

Wird diese Sichtweise auf Produktionssysteme noch stärker abstrahiert, dann kann ein solches auch als System im Sinne der allgemeinen Systemtheorie [6] aufgefasst werden. Dadurch wird es möglich, ein generelles Verständnis über die Struktur und das Verhalten eines Produktionssystems aufzubauen, das sowohl zur Verknüpfung der Domänen Mechanik, Elektronik und Informatik beiträgt als auch die Beteiligung anderer Domänen, wie Kostenrechnung, vereinfacht.

In einigen Fachgebieten außerhalb des Maschinenbaus, wie Biologie, Physik und Chemie, nimmt das sogenannte *Multiscale Modeling* eine wichtige Rolle ein. Diese Methode erlaubt es, ein System auf verschiedenen Abstraktionsebenen zu modellieren und diese Teilmodelle miteinander zu verknüpfen. So können z. B. gleichzeitig das Verhalten eines Laserschweißroboters beim Ausführen einer Schweißnaht (auf der Ebene der mechanischen und elektrischen Komponenten) sowie das thermische Verhalten des Lasers beim Wärmeeintrag in den Werkstoff modelliert und miteinander verknüpft werden.

Besonders für energetische Analysen und Bewertungen können sich durch die Anwendung des Multiscale Modeling neue Möglichkeiten hinsichtlich der Modellierung und Untersuchung der Zusammenhänge innerhalb eines Produktionssystems ergeben.

Im Bereich der chemischen Verfahrenstechnik wurde bereits begonnen, die Methode des Multiscale Modeling ontologisch zu konzeptualisieren [7]. Auf Basis dieser Definitionen können mit OWL Ontologien beschrieben werden, die den domänenübergreifenden Datenaustausch von Produktionssystemmodellen unterstützen.

3 Anwendungsbeispiele

3.1 Produktentwicklung von Werkzeugmaschinen

Die Entwicklung von Werkzeugmaschinen wird häufig in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 2206 [8] durchgeführt, welche den Entwicklungsprozess mechatronischer

Systeme beschreibt. Nach VDI 2206 steht am Anfang des Entwicklungsprozesses eine detaillierte Erfassung der Anforderungen an das zu entwickelnde System, welche iterativ in den Phasen Systementwurf, domänenspezifischer Entwurf der Teilsysteme sowie Systemintegration in ein lauffähiges Produkt überführt werden. Wie in Bild 3 dargestellt, wird der Entwicklungsprozess permanent von Modellbildung und -analyse begleitet, um die gewünschten Eigenschaften des Systems im Hinblick auf die Anforderungen abzusichern. Hierbei gewinnt der energieeffiziente Betrieb der Werkzeugmaschine als zusätzliche Anforderung und damit auch als Zielgröße bei der Eigenschaftsabsicherung zunehmend an Bedeutung.

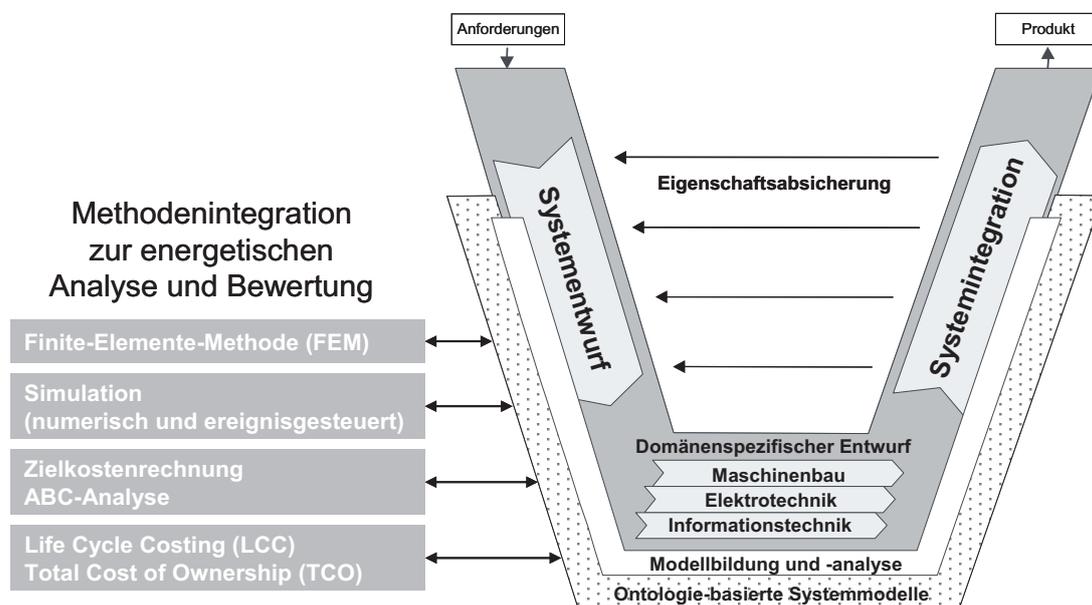


Bild 3: Ontologien als Schnittstelle zur Integration von Bewertungsmethoden in den Entwicklungsprozess nach VDI 2206

Im Handlungsfeld Produktentwicklung des Spitzentechnologieclusters *eniPROD* werden deshalb verschiedene Methoden zur energie- und kostensensitiven Gestaltung von Werkzeugmaschinen entwickelt. Die Schnittstelle zwischen diesen Analyse- und Bewertungsmethoden sowie den im Entwicklungsprozess erstellten Produktmodellen ist mit Ontologie-basierten Systemmodellen realisierbar. Diese vereinfachen den einheitlichen Austausch von relevanten Produktdaten und anderen für die Ausführung der Bewertungsmethoden notwendigen Zusatzdaten, wie Werkstoffdaten oder Kostensätze für Herstellung und Betrieb, die aus externen Datenquellen integriert werden müssen.

Im Folgenden werden semantische Funktions- und Strukturbeschreibungen für die Modellierung von Werkzeugmaschinen vorgestellt und deren Anwendung zur Entscheidungsunterstützung während des Entwicklungsprozesses diskutiert.

3.1.1 Semantische Funktions- und Strukturmodelle

Während sich bisher die Modellbildung und -analyse während der Produktentwicklung von Werkzeugmaschinen vor allem auf Festigkeiten und Schwingungen oder auf die Simulation der Steuerungs- und Regelungstechnik konzentriert, stellt besonders die Prognose des Energieverbrauchs hohe Anforderungen an die Modellierung. Im Gegensatz zu FEM-Analysen für Festigkeitsbetrachtungen oder Simulationen zur Validierung der Steuerungs- und Regelungstechnik müssen für aussagekräftige Verbrauchsprognosen die Modelle und Daten der Domänen Maschinenbau, Elektrotechnik und Informationstechnik noch besser miteinander kombiniert werden.

Bisherige PDM-Systeme bieten die Möglichkeit, im Entwicklungsprozess entstehende Dokumente, wie CAD-Daten, elektronische Schaltpläne oder Steuerungsprogramme, an zentraler Stelle zu verwalten und einzelnen Teilen des Produkts innerhalb einer Stückliste zuzuordnen. Obwohl die am Entwicklungsprozess beteiligten Werkzeuge ihren Datenaustausch häufig standardisiert nach der ISO-Norm 10303 (Standard for the Exchange of Product model data – STEP) durchführen, verbessern PDM-Systeme durch ihre Dokumentenorientierung zwar den kollaborativen Datenaustausch, können allerdings für eine wirklich domänenübergreifende Datenintegration keine Lösungen bieten.

Im Gegensatz zu STEP und der zugehörigen Modellierungssprache Express sind Semantic Web-Technologien nicht nur für den Datenaustausch, sondern besonders für die Datenintegration optimiert. Damit bieten sie die Möglichkeiten zur Erweiterung der in PDM-Systemen existierenden hierarchischen Stücklisten hin zu semantischen Funktions- und Strukturmodellen der entwickelten Produkte. Diese können auf den in Abschnitt 2.4 vorgestellten Ontologie-basierten Systemmodellen aufbauen und beschreiben neben den hierarchischen Beziehungen der Komponenten (Teil-Ganzes-Beziehungen) auch die Topologie sowie die semantischen Abhängigkeiten zwischen ihnen. Weiterhin ist durch den modularen Aufbau von OWL-Ontologien die einfache Erweiterung dieser semantischen Produktbeschreibungen um beliebige Attribute und Beziehungen möglich, welche zur Ausführung von Analyse- und Bewertungsmethoden für Kosten- und Energieverbrauchsprognosen notwendig sind.

Es wurden bereits innerhalb des Maschinenbaus mit *MASON* [9] oder *ISO 15926* [10], aber auch in anderen Domänen, wie der chemischen Prozessindustrie mit *OntoCAPE* [11], Ontologien entwickelt, die als Grundlage zur Erstellung semantischer Funktions- und Strukturmodelle für Werkzeugmaschinen geeignet sind. Diese Modelle können unter anderem helfen, eine verbesserte Entscheidungsunterstützung im Entwicklungsprozess von Werkzeugmaschinen zu realisieren, die im folgenden Abschnitt vorgestellt wird.

3.1.2 Entscheidungsunterstützung im Entwicklungsprozess

Die Entwicklung nach VDI 2206 beginnt mit einer abstrakten Funktionsstruktur des beabsichtigten Systems und transformiert diese in einem iterativen Prozess schrittweise in eine Wirkstruktur und letztendlich in eine Baustruktur (Bild 4). Kataloge mit Lösungsmustern [13] für Wirkprinzipien und Strukturkomponenten unterstützen diesen Prozess, indem diese die Wiederverwendung vorhandener Lösungen ermöglichen und somit zu einer Reduzierung der Entwicklungszeit für neue Systeme beitragen. Weiterhin helfen sie eventuellen Fehlern bei Eigenentwicklungen von Teilkomponenten vorzubeugen und somit auch von Optimierungen der wiederverwendeten Prinzipien und Komponenten zu profitieren.

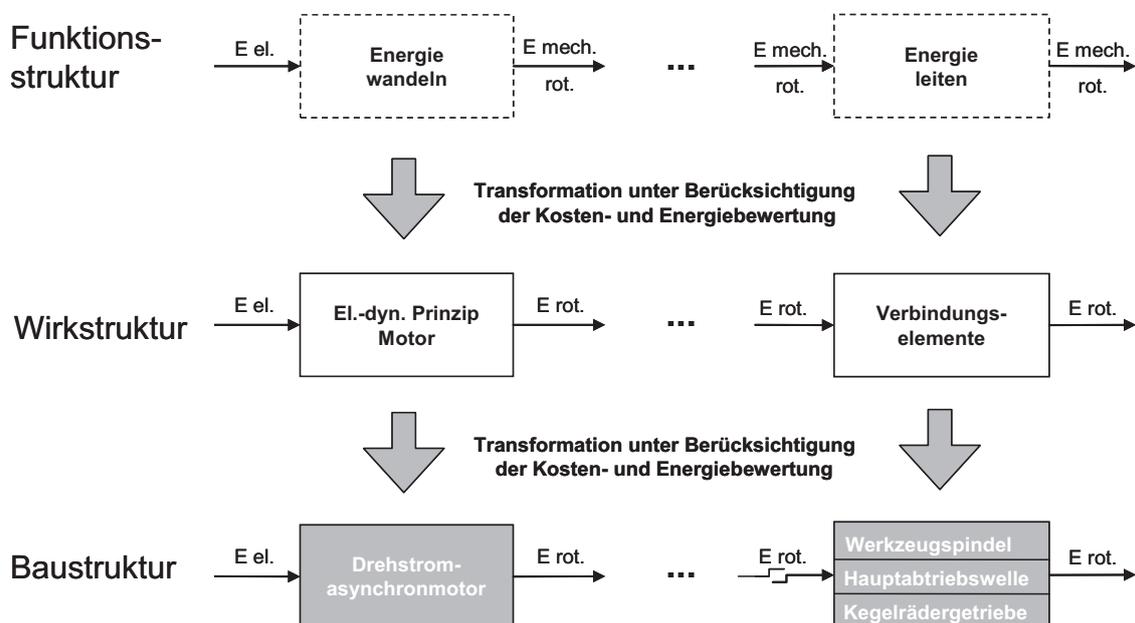


Bild 4: Transformationen im Entwicklungsprozess nach VDI 2206

Eine Vereinfachung der Beschreibung, Verwaltung und Suche von Lösungsmustern ist möglich, indem sowohl die Elemente der Lösungsmuster als auch die Anforderungen an das zu realisierende System auf Basis einheitlicher Ontologien beschrieben werden. Dies schafft die Voraussetzungen für die Entwicklung generischer Algorithmen, welche auf Basis einer Anforderungsbeschreibung des geplanten Produkts, also beispielsweise der Funktionsstruktur, Entwurfsentscheidungen zur Transformation in Wirk- und Baustrukturen unterstützen, indem sie die automatisierte Ausführung von Bewertungsmethoden in einzelnen Transformationsschritten ermöglichen.

Im Gegensatz zur manuellen Einbindung und Ausführung von Methoden zur Entscheidungsunterstützung, kann ein Semantic Web-basierter Ansatz den Aufwand sowohl zum Finden und Kombinieren entsprechender Simulations- und Berechnungsmodelle als auch zur Bereitstellung der notwendigen Eingabe-

parameter reduzieren und damit die Berücksichtigung von Kosten- und Energieaspekten im Entwicklungsprozess vereinfachen.

3.2 Produktionsplanung

Die Planung von Produktionssystemen umfasst sämtliche Tätigkeiten zur Bestimmung und Strukturierung der für die Herstellung eines Produktes erforderlichen Ressourcen und Prozesse. Dabei handelt es sich um einen hochgradig arbeitsteiligen und iterativen Prozess, an dessen Ende ein vollständig beschriebenes Produktionssystem steht. Besonders in der Automobilindustrie haben sich Rollen im Planungsprozess herausgebildet, die von verschiedenen Organisationen wahrgenommen werden. Zusammen mit kurzen Produktlebenszyklen und im Kern nur moderaten Produktänderungen ergibt sich ein Anforderungsprofil für den Datenaustausch, das Potential für Verbesserungen bietet.

3.2.1 Produktionsplanung als verteilter Prozess

Moderne Produktionsanlagen sind aufgrund ihrer hohen Spezialisierung oft Einzelanfertigungen. Für ihre Entwicklung und Herstellung ist sehr umfangreiches Wissen aus mehreren Domänen wie Maschinenbau, Steuerungstechnik und Elektrotechnik notwendig, welches in Produktionsbetrieben nicht vorgehalten werden kann. Bestimmte Einzelfunktionen in Produktionsanlagen wiederholen sich häufig und können mit standardisierten Komponenten realisiert werden. Deshalb hat sich eine Konstellation aus Anlagenbetreiber, Anlagelieferant und Komponentenhersteller etabliert.

Der Betreiber vergibt den Auftrag für ein benötigtes Produktionssystem, welches der Anlagelieferant entwickelt und mit den Produkten eines oder mehrerer Komponentenhersteller realisiert. In diesem Entwicklungsprozess stehen bisher Zielgrößen wie hohe Verfügbarkeit der Produktionsanlagen und Kostenoptimierungen im Vordergrund. Energieeffizienz wird dabei nicht als eigenständige Zielgröße aufgefasst, häufig werden mit diesem Thema eher steigende Kosten aufgrund notwendiger Investitionen und veränderter Abläufe verbunden.

Die knapper werdenden Ressourcen lassen für die Zukunft jedoch steigende Energiekosten erwarten. Daneben wachsen gesellschaftlicher und politischer Druck in Richtung nachhaltiger Produktionsweisen, was über die Betrachtung von Energie als reinen Kostenfaktor hinausgeht. Es entsteht die Notwendigkeit, Energieeffizienz als eigenständige Zielgröße im Planungsprozess von Produktionsanlagen zu berücksichtigen.

Dies führt zu weiter steigender Komplexität beim Auflösen von Zielkonflikten und dem Abwägen von Kosten über verschiedene Zeithorizonte hinweg. Die dafür notwendigen Informationsflüsse zwischen den Beteiligten verursachen enormen

Aufwand und können ohne geeignete Hilfsmittel nicht mehr bewältigt werden. Ein Ansatz zur Verbesserung dieser Situation ist die „Digitale Fabrik“. Mit einem „umfassenden Netzwerk von digitalen Modellen und Methoden, unter anderem der Simulation und 3D-Visualisierung“ [13] soll die Planung von Produktionssystemen unterstützt werden. Obwohl heute funktionierende Werkzeuge zur Lösung dieser Aufgabe verfügbar sind, bleibt die Bereitstellung der für ihren Einsatz notwendigen Datenbasis weiterhin ein Problem.

3.2.2 Semantische Komponentenbeschreibungen

Das Verhalten von Produktionsanlagen wird durch die Komponenten bestimmt, die in ihnen verbaut sind. In Kombination mit den ablauforganisatorischen Parametern können Analysen und Prognosen zum Energiebedarf der Produktion erstellt werden. Diese Informationen liegen jedoch nur verteilt vor und müssen aufwändig integriert werden. Jedoch wird durch die hohe Komplexität der Produktionsanlagen und die Vielzahl der eingesetzten Komponenten das Erstellen einer Datenbasis zur Energieeffizienzanalyse in der Praxis häufig undurchführbar.

Erheblich erleichtert werden solche Analysen, wenn die Daten in einer Form verfügbar sind, die eine aufwandsarme Integration zu Analysemodellen ermöglicht. Das Semantic Web eröffnet die Möglichkeit, strukturierte Daten, wie sie bisher nur in Datenbanksystemen verfügbar waren, über das Internet auszutauschen. Dadurch wird eine neue Qualität bei Aktualität und Verfügbarkeit von ingenieurtechnischen Daten ermöglicht.

In Bild 5 sind beispielhaft typische Daten einer Produktionsanlage dargestellt. Eine Teilfunktion der Anlage wird durch einen Pneumatikzylinder realisiert. Die Stammdaten, wie z. B. der Durchmesser dieses Zylinders, finden sich heute nur in Datenblättern und Produktkatalogen. Während der Entwicklung und Konstruktion der Anlage beim Lieferanten wird der Bedarf für diesen Zylinder festgestellt, er wird als Kaufteil in die Stückliste eingetragen und es ergeben sich mit der konkreten Anwendung verknüpfte weitere ingenieurtechnische Daten. Für den Betreiber stellt die Produktionsanlage letztendlich ein Betriebsmittel dar, das als Station in den mit einer bestimmten Zykluszeit arbeitenden Produktionsprozess integriert wird. Aus der Kombination dieser Daten kann der Druckluftverbrauch pro Stunde und damit der Energiebedarf für die Teilfunktion der Anlage ermittelt werden, die durch den Zylinder ausgeführt wird.

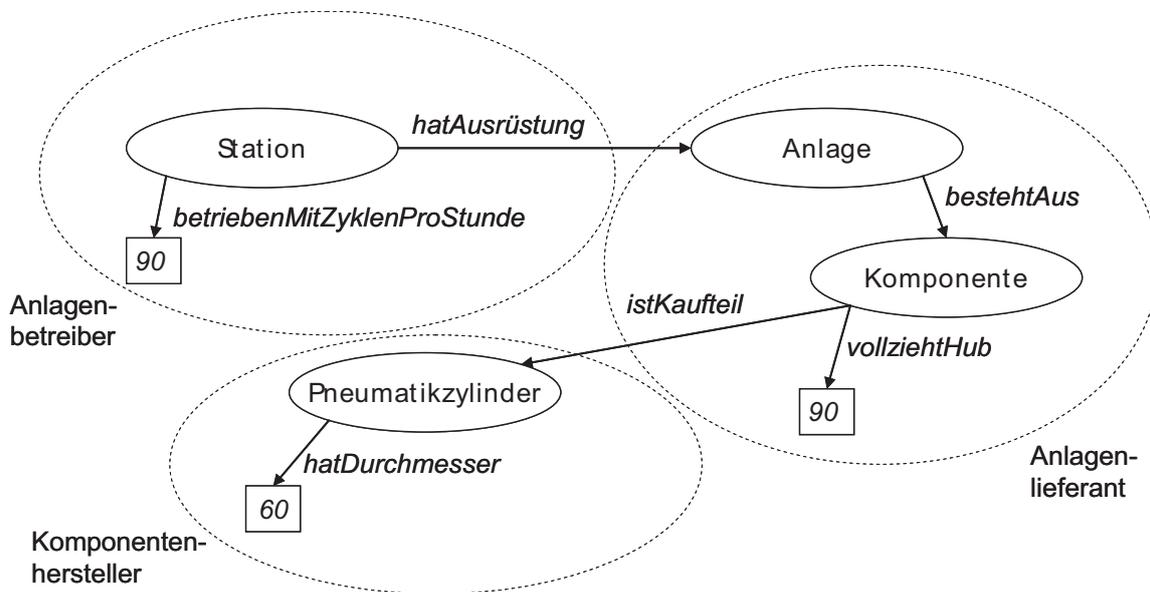


Bild 5: Partner und beispielhafte Daten in der Produktionsplanung

Sind diese Daten mit Methoden des Semantic Web beschrieben und im Internet verfügbar, können für komplexe Anlagen mit vielen Einzelfunktionen Energiebedarfsberechnungen aufwandsarm durchgeführt werden. Auch zunächst nicht als relevant angesehene Informationen sind bei später erkanntem Bedarf schnell beschaffbar. In frühen Planungsphasen können den benötigten Anlagenfunktionen bereits Komponenten zugeordnet werden, die erste Abschätzungen zum Energiebedarf ermöglichen und später konkretisiert werden können.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Dieser Artikel hat Potenziale und Einsatzgebiete des Semantic Web für die energetische Analyse und Bewertung von Produktionssystemen vorgestellt. Vor allem in der Produktentwicklung und in der Planung von Produktionssystemen können durch eine bessere Verknüpfung relevanter Daten aus den verschiedenen Entwicklungs- und Planungsdomänen neue Analyse- und Bewertungsmethoden zur Betrachtung der Energieeffizienz sowie der Lebenszykluskosten in die entsprechenden Entwicklungs- und Planungsprozesse integriert werden.

Während in anderen Bereichen schon häufig systemtheoretische Ansätze zur Modellierung verwendet werden, können im Gebiet des Werkzeugmaschinenbaus und der Produktionsplanung durch diese einheitliche Betrachtungsweise vor allem in Hinblick auf die Integration von Analyse- und Bewertungsmethoden in Planungs- und Entwicklungsprozesse noch Potenziale erschlossen werden. Ontologien helfen dabei, ein einheitliches und erweiterbares Vokabular zu definieren, das den Daten- und Informationsaustausch zwischen verschiedenen Domänen ermöglicht.

Zur Entscheidungsunterstützung während der Produktentwicklung ist die Ontologiebasierte Einbindung numerischer Simulationssysteme für Energieverbrauchsprognosen sowie eines Computeralgebrasystems für Kostenberechnungen geplant. Die auf diesen Technologien aufbauenden Analyse- und Bewertungsmethoden können sowohl auf Daten der Funktions- und Strukturmodelle des entwickelten Systems als auch auf Daten aus externen Quellen zugreifen. Dadurch wird eine einfache Integration in die Entwicklungsprozesse ermöglicht.

Weiterhin muss zukünftig die Produktionsplanung im Rahmen der „Digitalen Fabrik“ als verteilter Prozess zwischen allen beteiligten Unternehmen aufgefasst werden. Dazu sind die Definition entsprechender Ontologien zum Austausch von Planungsdaten sowie die Entwicklung kollaborativer Planungswerkzeuge notwendig, welche die Vorteile eines verteilten Planungsmodells nutzen.

Acknowledgement

Die Autoren danken der europäischen Union (Europäischer Fonds für regionale Entwicklung) und dem Freistaat Sachsen für die Förderung des Spitzentechnologieclusters „Energieeffiziente Produkt- und Prozessinnovationen in der Produktionstechnik“ (eniPROD[®]).



Literaturangaben

- [1] Sowa, John F.: *Principles of semantic networks: explorations in the representation of knowledge*, Morgan Kaufmann, San Mateo CA, 1991, URL: www.jfsowa.com/pubs/semnet.htm [04.04.2011]
- [2] *The Friend of a Friend (FOAF) project*, URL: www.foaf-project.org/ [04.04.2011]
- [3] Gruber, T. R.: *A translation approach to portable ontology specifications*. In: *KNOWLEDGE ACQUISITION*, 5, 1993, S. 199–220
- [4] *RDF Vocabulary Description Language 1.0: RDF Schema*, URL: www.w3.org/TR/rdf-schema/ [04.04.2011]
- [5] *OWL Web Ontology Language Reference*, URL: www.w3.org/TR/owl-ref/ [04.04.2011]
- [6] Bertalanffy, L.: *General system theory: foundations, development, applications* 12. Aufl., Braziller, New York, 1998

-
- [7] Yang, A.; Marquardt, W.: *An ontological conceptualization of multiscale models*. In: *Computers & Chemical Engineering*, 2009, 33(4), S. 822-837
- [8] VDI-Fachbereich Produktentwicklung und Mechatronik: *Entwicklungsmethodik für mechatronische Systeme*, VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung, 2004
- [9] Lemaignan, S.; Siadat, A.; Dantan, J. & Semenenko, A.: *MASON, A Proposal For An Ontology Of Manufacturing Domain*. In: *IEEE Workshop on Distributed Intelligent Systems: Collective Intelligence and Its Applications*, 2006, S. 195-200
- [10] Batres, R.; West, M.; Leal, D.; Price, D.; Masaki, K.; Shimada, Y.; Fuchino, T.; et al.: *An upper ontology based on ISO 15926*, *Computers & Chemical Engineering*, 2007, 31(5/6), S. 519-534
- [11] Morbach, J.; Wiesner, A. & Marquardt, W.: *OntoCAPE–A (re)usable ontology for computer-aided process engineering*, *Computers & Chemical Engineering*, 2009, 33(10), S. 1546-1556
- [12] Wanke, S.: *Neue Konzepte zur Verwaltung und Bereitstellung von Lösungen im Produktentwicklungsprozess: CPM/PDD-Lösungsmuster als Grundlage eines verhaltensbeschreibenden Lösungskataloges*, Universität des Saarlandes, Schriftenreihe Produktionstechnik, Band 48,, 2010.
- [13] VDI-Fachbereich Fabrikplanung und -betrieb: *Digitale Fabrik - Grundlagen*, VDI-Gesellschaft Produktion und Logistik, 2008.