

# **Abschlussbericht**

## **Standardisierte semantische Schnittstelle MES - Maschinenebene**

### **(SemMES)**

**Herr Dr. C. Thomalla, Fraunhofer IOSB**

**Frau Dr. M. Schleipen, Fraunhofer IOSB**

**Herr Dr. O. Sauer, Fraunhofer IOSB**

Ein Projekt des

Projektträger

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Projektträger im DLR

Arbeitsgestaltung und Dienst-  
leistungen

Heinrich-Konen-Straße 1

53227 Bonn

Förderkennzeichen: 01FS10013

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie unter dem Förderkennzeichen 01FS10013 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Die Ergebnisse des Projektes und die Darstellungen im Bericht basieren auf der Mitarbeit aller Projektbeteiligten. Ihnen allen sei hier herzlich für die konstruktive Mitarbeit gedankt.

**SemMES im Internet:**  
<http://www.semmes.de/>

### **Zuwendungsempfänger (ZE)**

Firma/Institution	Fraunhofer IOSB
Verantwortlicher Ansprechpartner	Olaf Sauer
Straße/Hausnummer	Fraunhoferstr. 1
Postleitzahl/Ort	76131 Karlsruhe
Telefon	+49 721 6091 228
Fax	+49 721 6091 413
E-Mail	olaf.sauer@iosb.fraunhofer.de
Internet-Adresse	http://www.iosb.fraunhofer.de

## Inhalt

1	Allgemeine Angaben .....	4
1.1	Kurzbeschreibung des Projekts.....	4
1.1.1	Aufgabenstellung .....	4
1.1.2	Voraussetzungen.....	5
1.1.3	Planung und Ablauf .....	5
1.1.4	Wissenschaftlicher und technischer Stand .....	5
1.1.5	Zusammenarbeit mit anderen Stellen.....	6
2	Zielsetzung des Forschungsprojekts .....	7
2.1	Bezug des Vorhabens zu den förderpolitischen Zielen.....	7
2.1.1	Ausgangssituation.....	7
2.1.2	Bedarf bei den Unternehmen .....	9
2.1.3	Stand der Wissenschaft und Technik (einschließlich alternative Lösungen, der Ergebnisverwertung entgegenstehende Rechte, Informationsrecherchen) .....	10
2.2	Ausführliche Beschreibung der Arbeiten und Aufwände .....	11
2.3	Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit .....	16
2.4	Verwertbarkeit.....	16
2.5	Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens .....	17
2.6	Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen des Ergebnisses .....	17
3	Zusammenfassung und Ausblick.....	18
	Literatur .....	19

# 1 Allgemeine Angaben

Das vorliegende Dokument beschreibt die Ergebnisse des Verbundprojektes SemMES – Standardisierte semantische Schnittstelle MES – Maschinenebene, welches unter dem Förderkennzeichen 01FS10013 vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie gefördert und durch den Projektträger im DLR betreut wurde. Das Projekt wurde vom 01.08.2010 – 31.07.2012 im Rahmen der Ausschreibung „Transfer von Forschungs- und Entwicklungsergebnissen (FuE) durch Normung und Standardisierung“ gefördert.

Ziel des Projektes war die Standardisierung der Kommunikation zwischen Maschine und MES, genauer die Entwicklung einer semantisch definierten Schnittstelle zur Kommunikation zwischen Maschine und MES, die praktisch einsetzbar ist.

Zur Dokumentation der Projektergebnisse wird im Folgenden zunächst auf die allgemeinen Angaben zum Projekt SemMES eingegangen (Kapitel 1) und daraufhin die Zielsetzung des Forschungsprojekts präsentiert (Kapitel 2). Der Erfolgskontrollbericht findet sich in Kapitel 3. Abschließend werden die Projektergebnisse nochmals in einer Kurzfassung (Kapitel 4) zusammengefasst.

## 1.1 *Kurzbeschreibung des Projekts*

### 1.1.1 **Aufgabenstellung**

Die Aufgabenstellung war die Entwicklung einer semantisch definierten Schnittstelle zur Kommunikation zwischen Maschine und MES, die praktisch einsetzbar und in der Industrie getestet ist. Damit Leitsysteme oder Manufacturing Execution Systems (MES) effizient genutzt werden können, muss der Informationsfluss zwischen Maschine und MES stimmen. Es reicht dafür nicht aus, nur Daten zu kommunizieren, sondern es müssen die auftretenden Maschinendaten bzw. Prozesswerte bestimmt und eingepflegt werden. Bisher müssen Maschinen- und Anlagenhersteller sich immer wieder neu an Vorgaben ihrer Kunden und firmenspezifische Standards mit einem hohen, häufig manuellen Aufwand anpassen. Für eine Standardisierung der Kommunikation zwischen Maschine und MES fließen Inhalte von Maschinen- und Anlagenherstellern, sowie Anlagenbetreibern und Forschungspartnern gemeinsam in eine solche Schnittstelle. Diese sollten in neue Standards einfließen. Dadurch lässt sich enormer Aufwand im Engineering von MES bei Maschinenherstellern und -betreibern einsparen. Dies kommt vor allem dem mittelständischen Maschinen- und Anlagenbau und MES-Herstellern zu gute.

### 1.1.2 Voraussetzungen

Die Entwicklung einer solchen Schnittstelle erfolgte gemeinsam mit Maschinen- und Anlagenherstellern, sowie Anlagenbetreibern und Forschungspartnern, um genügend Praxisrelevanz und Verbreitung im Forschungsbereich zu gewährleisten. Um eine solche Beschreibung effizient zu entwickeln, wurden zunächst bestehende Standards betrachtet. Die Inhalte orientierten sich daher beispielsweise an den Weihenstephaner Standards, ihre Strukturierung unter anderem an der ISA95. So wird beispielsweise auf oberster Ebene zwischen Produkten, Prozessen, Ressourcen, Aufträgen und allgemeinen Datenstrukturen unterschieden. Basis der zu definierenden semantischen Inhalte und Strukturen stellen aber auch Daten aus vergangenen Projekten dar, die strukturiert, aufbereitet und fusioniert wurden. Für die Normierung wurden der VDMA bzw. DIN NaM (Mitarbeit) und VDI AG MES-Maschinenschnittstellen (Leitung) als Partner gewählt.

### 1.1.3 Planung und Ablauf

Für diese semantische Schnittstelle wurden geeignete existierende Datenformate betrachtet, deren Vorteile adaptiert und Integrations- bzw. Transformationsmöglichkeiten geschaffen. Wesentlich ist dabei die Strukturierung der Daten und Informationen. Letztendlich entstand ein Demonstrator, der den Ausgangspunkt für die Entwicklung einer praktikablen und im Alltag einsetzbaren Lösung darstellt.

Der Ablauf des Projekts kann noch ausführlicher anhand der halbjährlichen Zwischenberichte nachvollzogen werden.

Zur Unterstützung der Benutzer wurden Assistenztools entwickelt und zur Verfügung gestellt. Gleichzeitig wurde die entwickelte Schnittstelle bei zwei Industriepartnern aus dem mittelständischen Bereich getestet, die dafür gewonnen werden mussten. Dabei kamen in moderierten Workshops die entwickelten Assistenztools ebenso zum Einsatz wie die systematisch erstellte Ontologie und damit zusammenhängende Möglichkeiten und Mechanismen.

### 1.1.4 Wissenschaftlicher und technischer Stand

Um die Struktur so zu modellieren, dass sie beim späteren Einsatz direkt verwendet werden kann, wurde als Datenformat die Web Ontology Language (OWL) gewählt. Die Intention war, möglichst viele Gemeinsamkeiten mit der Schnittstelle abzudecken, um die entwickelten Ergebnisse anwendbar zu machen. Gleichzeitig erfolgte aber auch die Integration bestehender Standards.

In [V-H09] wurde auf den Bedarf nach einem ganzheitlichen, integrierten Ansatz für die Anlagenplanung, -engineering und -betrieb hingewiesen. Ebenso wurde in der Richtlinie Digitaler Fabrikbetrieb [VDI 4499-2] die Datendurchgängigkeit als wichtiger Baustein der Digitalen Fabrik propagiert.

Existierende Normen und Standards sind unter anderem OPC-UA [IEC 62541] oder MMS [ISO 9506] zur Kommunikation der Inhalte zwischen Feld- und MES-Ebene, B2MML [ISO/IEC

62264] (Teil der ISA95) oder CAEX [IEC 62424], die die Semantik innerhalb der MES- oder zwischen MES- und ERP-Ebene definieren, EDDL [EDDL] oder FDT [FDT] die Inhalt und Semantik auf der Feldgeräteebene definieren. Ebenso wurden branchenspezifische Standards wie die Weihenstephaner Standards [Wei12] oder PackML [Pack12] betrachtet und berücksichtigt.

Da die Schnittstellenbeschreibung sich in Konzepten der Ontologie wieder spiegelt, können bestehende Standards als Instanzen der Konzepte auf sie abgebildet werden. Hierfür wurden entsprechende Assistenztools entwickelt. Eine solche Abbildung von bestimmten Schnittstellen auf die in der Schnittstelle definierte Semantik erhöht die Akzeptanz und baut die Anfangsbarrieren ab. Ein konkretes Beispiel ist die Integration der Arbeiten in AutomationML [AML]. Dabei wurde die beschriebene Schnittstelle als Rollenklassenbibliothek in AutomationML integriert, so dass das domänenspezifische MES-Vokabular innerhalb der AutomationML nutzbar wird.

Die entwickelten Ergebnisse wurden mit Hilfe von Veranstaltungen, Veröffentlichungen, Messebeteiligungen, sowie Vorträgen, Gremienarbeit und der Kooperation mit verschiedenen Vereinen und Verbänden in die Breite getragen und zur Diskussion gestellt.

Ebenso wurde aber auch möglichst vielen interessierten Unternehmen und Forschungspartnern die Mitarbeit und Einbringung ermöglicht, indem diese bei der Abbildung der Ontologie auf systemspezifische Schnittstellen unterstützt wurden.

Es wurden keine Schutzrechte für die Durchführung des Vorhabens genutzt.

### **1.1.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen**

Für die Normierung wurden DIN und VDI als Partner gewählt. Die Entwicklung wurde in die dortigen Arbeitskreise getragen. Hierfür wurden der VDMA bzw. DIN NaM (Mitarbeit) und VDI AG MES-Maschinenschnittstellen (Leitung) als Partner gewählt.

Gleichzeitig wurde die entwickelte Schnittstelle praktisch bei Industriepartnern getestet, die für diese Aufgabe gewonnen werden mussten. Dabei kamen die entwickelten Assistenztools ebenso zum Einsatz, ebenso wie die systematisch erstellte Ontologie und damit zusammenhängende Möglichkeiten und Mechanismen. Die Ergebnisse wurden im November 2011 im Rahmen des SemMES-Tags am IOSB Karlsruhe einem interessierten Fachpublikum vorgestellt. Das Programm der Veranstaltung ist in der Anlage enthalten (siehe Flyer).

## 2 Zielsetzung des Forschungsprojekts

Die Vision von SemMES ist eine Standardisierung der Kommunikation zwischen Maschine und MES. Daher fließen dort Inhalte von Maschinen- und Anlagenherstellern, sowie Anlagenbetreibern und Forschungspartnern gemeinsam in eine solche Schnittstelle. Ziel der Arbeit war die Entwicklung einer semantisch definierten Schnittstelle zur Kommunikation zwischen Maschine und MES, die praktisch einsetzbar und in der Industrie getestet ist. Dazu sollten die Inhalte in neue Standards einfließen. So soll enormer Aufwand im Engineering von MES bei Maschinenherstellern und -betreibern eingespart werden. Dies kommt vor allem dem mittelständischen Maschinen- und Anlagenbau und MES-Herstellern zu gute.

### 2.1 *Bezug des Vorhabens zu den förderpolitischen Zielen*

Durch die Entwicklung und Standardisierung einer solchen Schnittstelle, nicht im informationstechnischen, sondern logischen Sinn, ergab sich für die beteiligten Firmen die einmalige Möglichkeit, eine entstehende Norm mit zu gestalten. Dadurch wurden spezifische Bedürfnisse und Eigenheiten (beispielsweise aus dem Werkzeugmaschinenumfeld oder aus dem Qualitätsmanagement) berücksichtigt. Offensichtlich unterstützen Normung und Standardisierung die Verarbeitung, die Strukturierung und das Umsetzen von Wissen sowie dessen Verbreitung (Wissensmanagement) in der Fachöffentlichkeit. Im Projekt SemMES, das sich mit der Definition der Bedeutung vieler Datenpunkte bzw. Begrifflichkeiten befasst, ist dies enorm wichtig. Normung und Standardisierung wurde basierend auf den bereits erfolgten Vorarbeiten als Verwertungsinstrument verstärkt genutzt. Gleichzeitig wurde auch die Einbringung, Vorstellung und Vertretung von im Projekt erarbeiteten Forschungsergebnissen in bereits existierenden Normungs- und Standardisierungsgremien unter Berücksichtigung der deutschen Interessen ermöglicht.

#### 2.1.1 Ausgangssituation

Produktionsanlagen leben heute länger als die Produkte, die sie herstellen. Im Lebenszyklus von Anlagen treten darum laufend Änderungen auf, spätestens dann, wenn die Anlagen für neue Produkte umgebaut werden müssen. Anlagenbetreiber sind gezwungen, bestehende Anlagen dynamisch umzukonfigurieren und neue Anlagen möglichst schnell zu integrieren. Dies wirkt sich auch auf die produktionsunterstützenden IT-Systeme (siehe Abbildung 1) – auch bekannt unter dem Begriff Fertigungsmanagementsysteme oder Manufacturing Execution Systems (MES) – aus, da auch sie bei jeder Änderung angepasst bzw. umkonfiguriert werden müssen.

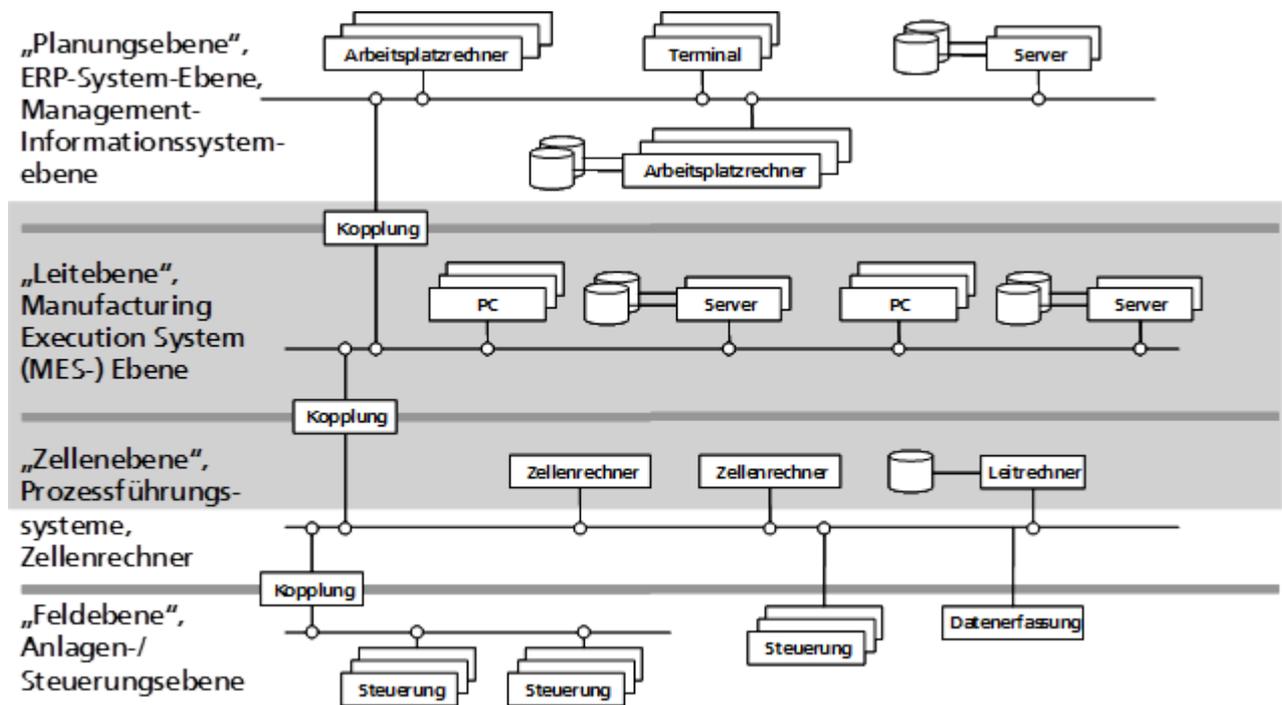


Abbildung 1: IT-Ebenen in der Fertigung (Quelle: [Betriebshütte], in Anlehnung an [VDI 5600])

Um MES effizient nutzen zu können, muss der Informationsfluss zwischen Maschine und MES stimmen. Es reicht dafür nicht aus, nur Daten zu kommunizieren. Damit MES ‚arbeitsfähig sind‘, müssen die im Betrieb auftretenden Maschinendaten und Prozesswerte bestimmt und eingepflegt werden. Dies verursacht einen hohen Aufwand und wird häufig manuell erledigt. Die Planung, Programmierung und Inbetriebnahme der Steuerungstechnik, zu der auch MES gerechnet werden, umfasst beispielsweise in der Automobilindustrie mehr als 15% des Gesamt-Invests einer Anlage. Diese Tatsache spiegelt das große Potenzial dieses Bereichs bei der notwendigen Effizienzsteigerung wider.

Die Besonderheit von MES in diesem Umfeld wird an Hand der benötigten Informationen zur Konfiguration und Projektierung der Systeme klar. MES benötigen Informationen aus heterogenen Informationsquellen. Zum einen muss ein MES über Informationen zur Topologie der Anlage und ihre Kommunikationsschnittstellen und -signale kennen, zum andern aber gleichzeitig über Auftrags- bzw. ERP-spezifische Daten verfügen. Es benötigt also zahlreiche Schnittstellen zu anderen Systemen, weswegen eine Konfiguration sich so komplex gestaltet. MES werden aber gleichzeitig erst am Ende des Anlagenplanungs- oder Umplanungsprozesses projektiert. Daher bleibt meist nur wenig Zeit zur Projektierung und Verifikation.

Die Motivation für dieses Projekt resultierte aus der Existenz zahlreicher Standards wie in Abbildung 2 und der Tatsache, dass ein einheitlicher Standard nicht existiert. Daher müssen heutzutage Maschinen- und Anlagenhersteller sich immer wieder neu an die Vorgaben ihrer Kunden und fir-

menspezifische Standards anpassen. Dies verursacht jedes Mal Aufwand und damit Kosten, die durch einen solchen Standard vermeidbar sind. Gleichzeitig werden durch einen solchen Standard auch Mechanismen möglich, die eine teil-automatisierte Projektierung von MES realisieren.

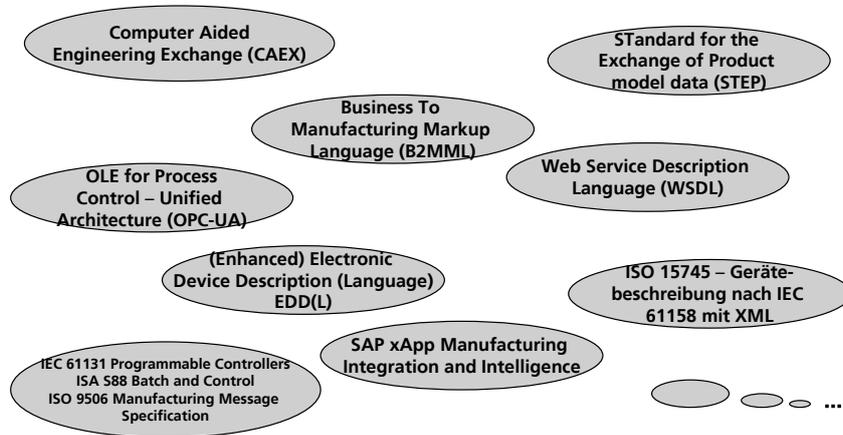


Abbildung 2: Motivation: zahlreiche Standards

### 2.1.2 Bedarf bei den Unternehmen

Heutzutage müssen Maschinen- und Anlagenhersteller, aber auch MES-Lieferanten sich immer wieder neu an die Vorgaben ihrer Kunden und firmenspezifische Standards anpassen. Dies verursacht jedes Mal Aufwand und damit Kosten, die durch einen solchen Standard vermeidbar wären. Die Aufgabenstellung von SemMES ist äußerst komplex, gleichzeitig aber auch hochaktuell. Bei der Herstellung von semantischer Interoperabilität zwischen MES und Maschine muss insbesondere auf die Definition und Durchsetzung von Standards mit hoher Allgemeingültigkeit hingearbeitet werden. Die Erkenntnisse flossen in die bereits vorangetriebene IEC-Normung von AutomationML ein, die unabhängig von diesem Projekt bearbeitet wurde.

Das Projekt SemMES leistet grundlegende Forschungsarbeiten im international wettbewerbsfähigen Umfeld. Methoden und Werkzeuge zur Effizienzsteigerung im Engineering des Produktionssystems bilden einen entscheidenden Wettbewerbsfaktor. Dabei wird im Rahmen des Projekts explizit eine einheitliche Begriffswelt zwischen Automatisierungssystem und MES adressiert und die Operationalisierung dieser berücksichtigt.

Das Vorhaben vereinte Unternehmen verschiedener Branchen und Größe, sowie entsprechende Forschungseinrichtungen und ist disziplinübergreifend zwischen Wirtschaft und Forschung angesiedelt. Das Potenzial dabei ist vielfältig. Wesentliches Interesse der Unternehmen, die sich im Rahmen des Projekts mit ihren Erfahrungen und spezifischen Schnittstellen eingebracht haben, ist die Steigerung der eigenen Produktivität und Innovationskraft zur besseren Positionierung im Markt. Die Ergebnisse ermöglichen der Automatisierungstechnik in Deutschland eine effizientere MES-Integration durch einen erhöhten Grad der Wiederverwendung und Durchgängigkeit. Hier-

mit wird den Bedürfnissen des Wettbewerbs Rechnung getragen. Im deutschen Anlagenbau sind hauptsächlich KMUs tätig, nach Angaben des VDMA rd. 3.000 mittelständische Hersteller mit rd. 1 Mio. Beschäftigten. Besonders für den Mittelstand ist dieses Forschungsvorhaben interessant, weil sich dieser meist nicht in der Position befindet, Forderungen zu stellen. Meist sind kleine und mittelständische Unternehmen diejenigen, die einen enormen Aufwand in die Unterstützung unterschiedlichster Schnittstellen, kundenspezifischer Standards und Bibliotheken investieren müssen. Durch die entwickelten Tools und Methoden entstehen vor allem KMUs, z.B. aus dem Maschinen- und Anlagenbau klare Vorteile. So zeigt das Projekt für genau diese Unternehmen eine Möglichkeit der einheitlichen Adaption an verschiedene Schnittstellen auf. Damit leistet dieses Projekt einen maßgeblichen Beitrag, um den Produktionsstandort Deutschland nachhaltig zu stärken, international führend zu bleiben und sich beispielsweise gegen Niedriglohnländer sowohl mittels Qualität als auch Effizienz und wettbewerbsfähigen Kosten behaupten zu können.

### **2.1.3 Stand der Wissenschaft und Technik (einschließlich alternative Lösungen, der Ergebnisverwertung entgegenstehende Rechte, Informatonsrecherchen)**

Der Stand der Forschung ist geprägt durch viele verschiedene Ansätze, den Datenfluss zwischen den in der Planung und im Betrieb von Anlagen eingesetzten Softwaretools zu vereinfachen, zu vereinheitlichen und zu standardisieren. Dabei sollte zwischen der Standardisierung der Kommunikation zwischen den einzelnen Systemen oder der Standardisierung der kommunizierten Inhalte – der Semantik – unterschieden werden. Namhafte Wissenschaftler und Praktiker haben auf den Bedarf nach einem ganzheitlichen, integrierten Ansatz für die Anlagenplanung, -engineering und -betrieb, aufbauend auf einem zugehörigen Datenmodell, hingewiesen [V-H09]. Die Forschung beschäftigt sich in den letzten Jahren zunehmend mit dem Thema der Datendurchgängigkeit. Die Richtlinie Digitaler Fabrikbetrieb [VDI 4499-2] propagiert eine solche Daten-Durchgängigkeit, proklamiert sogar diese Durchgängigkeit als Basis des effizienten Anlagenbetriebs in Kombination mit den neuen Möglichkeiten der Digitalen Fabrik. Diese wird heute aber noch nicht ausreichend genutzt.

In Abbildung 3 sind einige der zahlreichen bestehenden Standards (zugeordnet zu Ebenen der Automatisierungspyramide) aufgeführt. Die OPC-UA [IEC 62541] oder auch MMS [ISO 9506] sind beispielsweise Standards zur Kommunikation der Inhalte zwischen Feld- und MES-Ebene. Dagegen stellen B2MML [ISO/IEC 62264] (Teil der ISA95) oder auch CAEX [IEC 62424] definieren die Semantik innerhalb der MES- oder zwischen MES- und ERP-Ebene. Standards wie die EDDL [EDDL] oder FDT [FDT] definieren Inhalt und Semantik auf der Feldgeräteebene, diese sind aber zu spezifisch für diese Ebene, als dass sie für MES nutzbar wären. Was es aber zu erreichen gilt, ist die semantische Interoperabilität von MES [SPS09]. Dies beinhaltet sowohl die Definition der kommunizierten Inhalte, als auch die Kommunikation dieser.

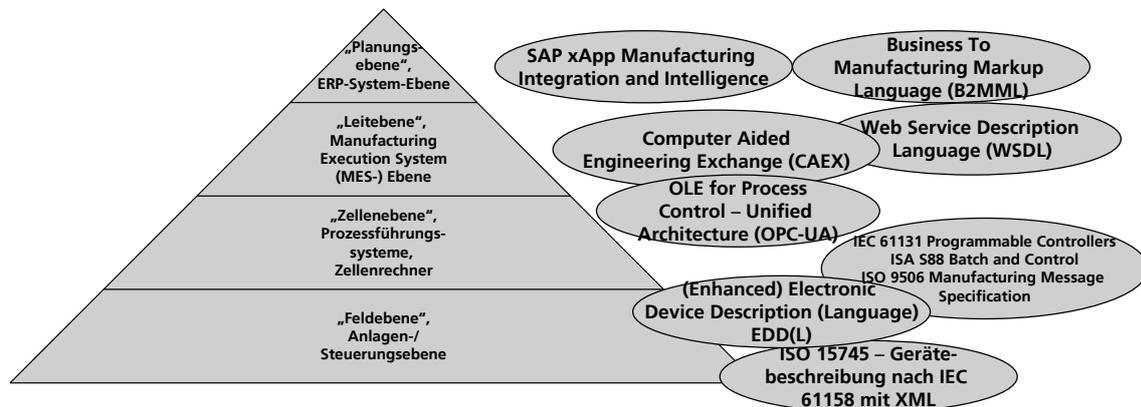


Abbildung 3: Einordnung bestehender Standards in die Ebenen der Automatisierungspyramide

Das Thema Interoperabilität, aber auch die Problematik der Semantikdefinition, die hierfür notwendig sind, werden und wurden in verschiedenen Forschungsprojekten thematisiert. Beispiele hierfür sind Agenten im Allgemeinen [Ste], die Projekte ProduFlexil [Pro], Modale [Mod], BridgeIT [Bri] und Föederal [Föd], aber auch Kiefer [Kie], Bergert [Ber] und Kain [Kai09] beschäftigt dieses Thema. Im Gegensatz zu den genannten Projekten fokussiert SemMES speziell auf die ausgetauschten Inhalte und deren Semantik zwischen MES und Maschine und zeigt auch für kleine und mittlere Unternehmen einen Weg auf, solche Standards zu adaptieren und einzusetzen. Dies zielt darauf ab, die Planungsphase zu verkürzen und effizienter zu gestalten. Zu diesem Zweck wurde auf den Ergebnissen der genannten Forschungsprojekte aufgebaut, indem deren Ansätze mit Blick auf MES genutzt wurden. Dafür mussten geeignete existierende Datenformate betrachtet werden, deren Vorteile adaptiert und Integrations- bzw. Transformationsmöglichkeiten geschaffen werden. Wesentlich ist dabei die Strukturierung der Daten und Informationen. Letztendlich entstand ein Demonstrator, der den Ausgangspunkt für die Entwicklung einer praktikablen und im Alltag einsetzbaren Lösung darstellt.

## **2.2 Ausführliche Beschreibung der Arbeiten und Aufwände**

Dieser Abschnitt erhält Erläuterungen zu der Vorhaben-bezogenen Ressourcenplanung inkl. der Beschreibung der Verwendung der Zuwendung, der erzielten Ergebnisse und den wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises.

Um eine solche Beschreibung effizient zu entwickeln, wurden zunächst bestehende Standards betrachtet. Die Inhalte orientierten sich daher beispielsweise an den Weihenstephaner Standards [Wei12], ihre Strukturierung unter anderem an der ISA95 [ISO/IEC 62264]. So wurde beispielsweise auf oberster Ebene zwischen Produkten, Prozessen, Ressourcen, Aufträgen und allgemeinen Datenstrukturen unterschieden. Basis der zu definierenden semantischen Inhalte und Strukturen stellten aber auch Daten aus vergangenen Projekten dar, die strukturiert, aufbereitet und fusioniert wurden.

Um eine solche Struktur so zu modellieren, dass sie beim späteren Einsatz direkt verwendet werden kann, wurde als Datenformat die Web Ontology Language (OWL) gewählt. Gleichzeitig erfolgte aber auch die Integration bestehender Standards. Da die Schnittstellenbeschreibung sich in Konzepten der Ontologie wieder spiegelt, konnten bestehende Standards als Instanzen der Konzepte auf sie abgebildet werden. Hierfür wurden entsprechende Assistenztools zur Verfügung gestellt. Eine solche Abbildung von bestimmten Schnittstellen auf die in der Schnittstelle definierte Semantik erhöht die Akzeptanz und baut die Anfangsbarrieren ab. Ein konkretes Beispiel ist die Integration der Arbeiten in AutomationML und damit die Einbringung in die Arbeitsgruppe „DKE K941.0.2 AutomationML“. Ein Konzept für AutomationML-Integration der VDI-Inhalte wurde erstellt und in der Arbeitsgruppe diskutiert. Dabei werden die in der Ontologie hinterlegten Begrifflichkeiten und als Rollenbibliothek in AutomationML verwendet. So kann die Semantik der Domäne MES direkt innerhalb von AutomationML eingesetzt werden.

Die entwickelten Ergebnisse wurden mit Hilfe von Veranstaltungen, Veröffentlichungen, Messebeteiligungen, sowie Vorträgen, Gremienarbeit und der Kooperation mit verschiedenen Vereinen und Verbänden in die Breite getragen und zur Diskussion gestellt. Ebenso wurde aber auch möglichst vielen interessierten Unternehmen und Forschungspartnern die Mitarbeit und Einbringung ermöglicht.

Abbildung 4 zeigt einen Überblick der wesentlichen Arbeitspakete innerhalb des Forschungsvorhabens SemMES.

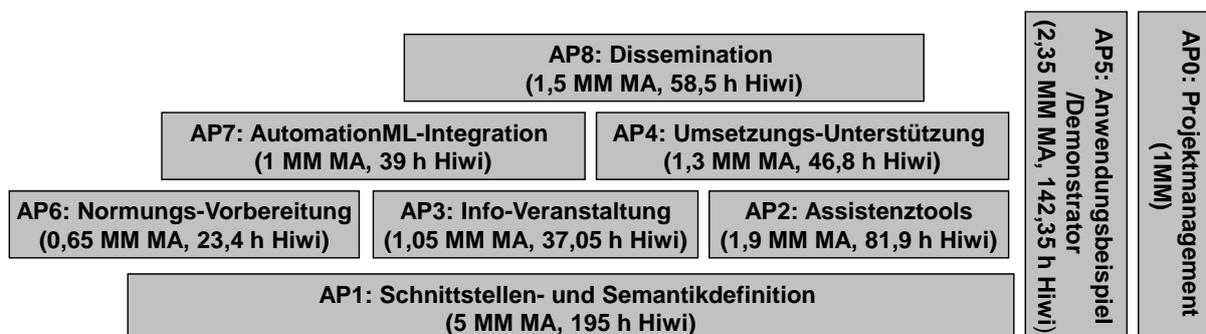


Abbildung 4: Überblick Arbeitspakete

Das Forschungsvorhaben SemMES war in acht Arbeitspakete (APs) gegliedert. Diese werden nachfolgend beschrieben.

**AP 0** beinhaltet das Projektmanagement. Hierzu gehören sowohl die Kommunikation innerhalb des Projekts, als auch alle organisatorischen Tätigkeiten wie die Dokumentation, Berichterstellung, etc.

Im Rahmen von **AP 1** wurden in verschiedenen Gremien mit Beteiligung aus Wirtschaft und Wissenschaft die Schnittstelle und deren semantische Inhalte definiert. Die Arbeitsgruppe „Logische Schnittstellen MES - Maschinenebene“ des VDI-GPP-Fachausschusses 2.5.1 „Manufacturing Execution Systems“ hat unter Leitung des IOSB bereits einige Vorarbeiten geleistet, die weiter fortgeführt werden sollen. Alle Mitglieder beteiligten sich daran ehrenamtlich. Dies sind unter anderem MPDV Microlab GmbH, QDAS, ISIAutomation, das Fraunhofer IPK, die Ruhr Universität Bochum und die Teamtechnik GmbH. Die Inhalte wurden mit Hinblick auf Anwendbarkeit, Integrationsfähigkeit in bestehende Standards, Transformation auf andere Standards und deren Ergänzung entwickelt. Das IOSB leistete hier einen koordinierenden, konsolidierenden und vermittelnden Beitrag, ebenso wie Erfahrungen aus dem Tagesgeschäft in Industrie und Forschung aktiv mit eingebracht wurden. Ebenso wurde über verschiedene weitere Gremien wie dem Normenausschuss Maschinenbau des DIN und AutomationML eine internationale Normung der entwickelten Inhalte angestrebt. So wurden die VDI-Inhalte/Ergebnisse beim DIN/VDMA eingebracht und eine Anwendung im Rahmen von AutomationML aufgezeigt.

**In AP 2** wurden Assistenztools entwickelt, die industriellen Partnern eine Umsetzung der in AP1 entwickelten Schnittstelle vereinfachen. Diese Tools dienen dem Verständnis, der Integration und der Anwendung auf die Inhalte. Sie wurden den beteiligten Industriepartnern zur Erprobung der Schnittstelle zur Verfügung gestellt.

Ein Assistenztool wurde für das Mapping auf bestehende Schnittstellen erstellt. Damit konnte die Abbildung der Daten der Industrie-Partner auf die VDI-Inhalte/Ergebnisse durchgeführt werden.

Die Ergebnisse der Abbildung der standardisierten Schnittstelle auf individuelle Schnittstellen der Industrie können quantitativ automatisch ausgewertet werden. Qualitativ kann nur der Eigentümer sinnvoll die Passgenauigkeit der abgebildeten Begriffe beurteilen und so einen Hinweis auf die Güte eines solchen Mappings geben. Dazu wurde zur Bewertung der Qualität der Abbildung eine Methode entwickelt (siehe [Sau12]) und im Assistenztool umgesetzt.

Das **AP 3** behandelte die Organisation einer Informationsveranstaltung. Dort wurden die vielfältigen Industrie- und Wissenschaftskontakte des IOSB genutzt, um ein breites Publikum zu adressieren. Hierfür wurden diverse Flyer und Präsentationsmaterial, Zeitschriftenbeileger der Flyer als Werbung für die Veranstaltung, Tagungsmappen, USB-Sticks mit Tagungsmaterial für die Veranstaltung im Fraunhofer IOSB erstellt und organisiert.

Die Veranstaltung sollte nicht nur einen Überblick über die entwickelten Schnittstellen- und Semantikdefinitionen geben, sondern Hilfestellung für die Implementierung und Anwendung dieser bereitstellen. Der SemMES-Tag im IOSB in Karlsruhe im November 2011 wurde erfolgreich

durchgeführt und resultierte in vielen Interessierten und Anfragen bezüglich der Inhalte des Projekts.

In diesem Rahmen gab es u.a. die Vorträge von Dr. Olaf Sauer mit dem Titel SemMES – Standardisierte semantische Schnittstelle MES – Maschinenebene und von Dr. Christoph Thomalla mit dem Titel „Mapping der VDI-Richtlinie 5600 - Blatt 3 auf bestehende Standards“. Abgerundet wurde der SemMES-Tag mit Live-Demonstrationen verwandter Forschungsthemen, sowie einer offenen Diskussionsrunde am Ende des Tages.

Die Unterstützung der industriellen Partner bei der ersten Anwendung und Umsetzung der Schnittstelle erfolgte in **AP 4**. Dies sollte ebenfalls die Sichtbarkeit vergrößern, gleichzeitig aber auch die entwickelten Inhalte auf die Probe stellen, um sie möglichst „reif“ und anwendbar in die Normung einzubringen. Gleichzeitig wurde so die Relation zu bestehenden Standards (Normen oder unternehmensspezifisch) evaluiert. Dieses Arbeitspaket bot für das AP 1 wertvollen Rückfluss und führte zu zahlreichen Optimierungen.

Um die praktische Anwendbarkeit der entwickelten Komponenten zu zeigen, wurden in **AP 5** Anwendungsbeispiele im IOSB-eigenen MES definiert. So konnte parallel zur Entwicklung und Definition der Inhalte verifiziert werden, dass diese möglichst praxisnah gestaltet werden. Dies war unabhängig vom Mapping der MES-Ontologie auf die unternehmens-spezifischen Schnittstellen in AP4 und bot wertvollen Input für die Erarbeitung der Ontologie im Rahmen von AP1.

Entsprechende Konzepte zur Einbringung der Inhalte in die nationale, aber auch internationale Normung wurden in **AP 6** erarbeitet. Dabei wurde die bereits bestehende Mitgliedschaft des IOSB in verschiedenen Gremien (z.B. VDI, DIN NAM) genutzt und geprüft. Für diese Gremien wurden normkonforme Texte erstellt. Dies sind insbesondere

- Gründruck VDI-Richtlinie 5600-3
- Weißdruck VDI-Richtlinie 5600-3 mit Einarbeitung der Einsprüche
- Englische Version der VDI-Richtlinie 5600-3
- In Bearbeitung befindliches VDMA Einheitsblatt

Ein FE-Unterauftrag wurde an den DIN Normenausschuss Maschinenbau vergeben, um die Ergebnisse des Vorhabens dort in die internationale Normung einzubringen. Hierbei unterstützte der DIN in Form der Gesellschaft zur Förderung des Maschinenbaus mbH (DIN Normenausschuss Maschinenbau) das Vorhaben, indem es über die Möglichkeiten des IOSB hinaus in die internationale Normung getragen und beworben wurde.

Im Rahmen von **AP 7** erfolgte eine Integration der Entwicklungen in AutomationML, die konzeptuell und an Hand von Beispielen umgesetzt und im entsprechenden Anwenderkreis vorgestellt wurde. Dabei wurde das Rollenkonzept und die damit einhergehende Möglichkeit zur Definition von nutzerspezifischen Rollen-Bibliotheken aus Part 2 der AutomationML-Spezifikation genutzt.

Das Forschungsprojekt SemMES lebte von der aktiven Verbreitung und Veröffentlichung der Inhalte und erarbeiteten Methodik. Im Rahmen von **AP 8** fand die Herausgabe von Info-Material, Veröffentlichungen in der Fachpresse, und die Nutzung der Mitgliedschaft in diversen Gremien und Arbeitskreisen zur Bekanntmachung der Projektergebnisse statt.

Zur Verbreitung der Ergebnisse entstanden aus dem Projekt SemMES Veröffentlichungen, Vorträge, Messebesuche, sowie Firmenbesuche zur Bekanntmachung der Entwicklungen und Besuche von Fachtagungen wie, z.B. CIRP Conference on Manufacturing Systems.

Außerdem wurde im Rahmen dieses Projekts eine Diplomarbeit (siehe [Sau12]) angefertigt. Darüber hinaus wurden die Themen des Projekts in verschiedenen Lehrtätigkeiten am Karlsruher Institut für Technologie eingebracht. Dies war beispielsweise die Ausbildung von studentischen Hilfskräften am IOSB, ebenso wie Vorlesungen des Lehrstuhls für Interaktive Echtzeitsysteme des Instituts für Anthropomatik.

Mitgliedschaften in verschiedenen Gremien des VDI, VDMA und DIN wurden genutzt, um die erarbeiteten Inhalte bekannt zu machen und in die nationale und internationale Standardisierung zu tragen.

Für den zahlenmäßigen Nachweis sind die folgenden Punkte (mit Schlüssel) zu betrachten. Diese wurden kalkuliert mit:

Unterauftrag Gesellschaft zur Förderung des Maschinenbaus (0823)	7000 €
Personalkosten (0837)	196380 €
Reisekosten (0838)	3000 €
Veranstaltungen und Öffentlichkeitsarbeit (0850)	7900 €

Der Unterauftrag wurde genau eingehalten, Reisekosten und Veranstaltungen wurden etwa je zur Hälfte ausgeschöpft und die Personalkosten wurden mit 206590 € leicht überzogen und der Mehraufwand durch den Projektnehmer getragen.

Die einzelnen Arbeitspunkte wurden entsprechend dem Arbeitsplan im geplanten Zeitrahmen fertiggestellt und die Ausgaben in etwa (s. Abbildung 4) eingehalten. Der Ablauf ist auch den halbjährlichen Zwischenberichten zu entnehmen.

### **2.3 *Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit***

Aus der Aufgabenstellung wurden im Arbeitsplan die einzelnen zu leistenden Arbeitspakete schlüssig abgeleitet. Diese waren notwendig zur Erreichung der Standardisierungsziele und angemessen, was den Umfang der Arbeitspakete betrifft. Hauptsächlich betrifft dies die Arbeitsleistung der beteiligten Projektbearbeiter.

### **2.4 *Verwertbarkeit***

Der Nutzen für Unternehmen liegt in dem enormen Einsparungspotenzial, das durch eine solche Schnittstelle etabliert wird. Profiteure können beispielsweise Anlagenbetreiber sein, die eine Kopplung zwischen Steuerungs- und Automatisierungsebene und MES gewährleisten müssen. Ebenso Anlagenhersteller, die mit ihrer Anlage die Kopplung zum MES ausliefern. Gleichzeitig profitieren aber insbesondere mittelständische MES-Hersteller oder Ingenieurbüros von den im Projekt erarbeiteten Methoden und Inhalten, da diese meist die Aufgabe erhalten, für eine problemlose Kopplung zu sorgen.

Die Disziplinen, die aus den erarbeiteten Inhalten einen Vorteil ziehen, sind beispielsweise die Steuerungsprogrammierung, die die Inhalte für die Kommunikation zur MES-Ebene bereit stellen muss, ebenso wie die MES-Entwickler, die einen entsprechenden Austausch der Inhalte gewährleisten müssen, um das MES überhaupt arbeitsfähig zu machen.

Die zur Verfügung gestellten Assistenztools verringern die Anfangsbarriere bzw. den Umstellungsaufwand. Im deutschen Anlagenbau sind hauptsächlich KMUs tätig. Der Aufwand, der dort in die Konfiguration der Anlagen und überlagerten IT-Systeme einfließt, ist enorm. Die neutrale Definition und Skalierbarkeit der Ansätze begünstigt dabei ihre Übertragung auf andere Anwendungsfelder und Branchen. So wird die Wandlungsfähigkeit auf jeder Ebene der Automatisierungspyramide als Beitrag zur Smart Factory ermöglicht.

Durch die semantische Beschreibung der Inhalte kann jeder Benutzer diese Beschreibung lesen, interpretieren und sie in seine System-Landschaft integrieren. Die in SemMES entwickelte Schnittstelle baut auf bestehenden Standards auf und lässt sich nahtlos in die Landschaft bestehender und genutzter Normen und Standards integrieren. Die Verknüpfung zur Domäne erfolgt mit Hilfe der VDI-MES-OWL-Ontologie.

Semantische Integration ist ein entscheidender Schritt zur Interoperabilität in der Fertigung. Sie hat ein gewaltiges Potential für Einsparungen und Unterstützung für Nutzer der Information durch explizite und formalisierte Beziehungen zwischen den Daten von unterschiedlichen Informationsmodellen. Diese Beziehungen haben durch ihre eindeutige Semantik einen immensen Mehrwert, da sie die Abbildung automatisierbar machen. Sie erlauben die Wiederverwertung von Wis-

sen (Re-use der Daten und Funktionen), die Erkennung von Inkonsistenzen, die konsistente Propagation von Änderungen und die Erzeugung einer formalen semantischen Plattform.

Die entwickelten Methoden und Tools sind nicht nur in der Fertigungsindustrie einsetzbar, sondern auch auf andere Branchen übertragbar. Die Ergebnisse ermöglichen der Automatisierungstechnik in Deutschland eine effizientere Anlagenplanung durch Einsparungen in allen Phasen der Konfiguration. Dies erhöht die Wettbewerbsfähigkeit sowohl der Anlagenbauer wie der Betreiber der Anlagen.

## **2.5 Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens**

Während der Durchführung des Vorhabens sind dem ZE keine Fortschritte auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen bekannt geworden. Dies ist auch deshalb nur schwer möglich, da die für Normierung und Richtlinien in Deutschland federführenden Organisationen DIN und VDI einbezogen waren. Von allen Seiten wird die Notwendigkeit dieser Normierungsbestrebungen betont. An Fortschritten bezüglich der nationalen Standardisierung war der ZE im Rahmen des Projekts in Form der Mitarbeit im DIN Normenausschuss Maschinenbau beteiligt.

## **2.6 Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen des Ergebnisses**

Das Projektergebnis von SemMES wird im Rahmen dieses Berichts als Fraunhofer-ePrints-Publikation (siehe [eprints.fraunhofer.de/](http://eprints.fraunhofer.de/)) veröffentlicht.

Auf der Hannover Messe 2011 wurden die Inhalte des Projekts für interessierte Besucher mit entsprechenden Materialien präsentiert. Dies erfolgte auf einem Fraunhofer-Gemeinschaftsstand in Halle 17.

Teilergebnisse des Projektes, sowie Vorträge zum Thema wurden auf dem im Rahmen des Projekts initiierten und durchgeführten SemMES-Tag am 30.11.2011 am Fraunhofer IOSB in Karlsruhe vorgestellt. Dabei stellten auch beide mittelständische Anwendungspartner, sowie Vertreter aus den Normungsgremien Ergebnisse vor Teilnehmern aus Wissenschaft und Industrie vor. Informationen zum vergangenen SemMES-Tag finden sich unter <http://www.iosb.fraunhofer.de/servlet/is/12801/> und können direkt bei den Autoren erfragt werden.

Im Projekt entstanden mehrere Veröffentlichungen, wie [SSF10], [SSF10a], [Tho11]. Außerdem flossen Projektergebnisse in folgende Veröffentlichungen mit ein: [AT], [CPS].

### 3 Zusammenfassung und Ausblick

Informationstechnik ist die Schlüsseltechnologie der Zukunft. MES sind ein prominenter Stellvertreter der IT innerhalb der Produktion. Sie sind zwischen Feldebene und Unternehmensmanagement angesiedelt und haben eine direkte Verbindung in die Produktion. MES agieren als Daten- und Informationsdrehscheibe innerhalb der Architektur der industriellen Automatisierung. Sie besitzen eine Vielzahl von Schnittstellen zu anderen Systemen, unter anderem auch zur Maschinen- und Anlagensteuerung des Produktionsprozesses. Heute ist diese Welt aber häufig sehr inhomogen. Dies erschwert sowohl die Arbeit von MES-Herstellern, als auch die von Anlagenherstellern bzw. -betreibern.

SemMES hatte daher eine Standardisierung der Kommunikation zwischen Maschine und MES zum Ziel. Dabei wurde weniger auf den Datenaustauschprozess (wie?) und mehr auf die ausgetauschten Inhalte (was?) fokussiert. Um Inhalte auf effiziente Art und Weise austauschen zu können, wird eine gemeinsame Begriffsbasis benötigt. Eine erste Form hiervon wurde im Rahmen des Projekts SemMES definiert und in verschiedene Standardisierungsvorhaben eingebracht. Dabei wurden semantische Technologien wie Ontologiemodellierungsformate eingesetzt. So soll enormer Aufwand im Engineering von MES bei Maschinenherstellern und -betreibern eingespart werden. Dies kommt vor allem dem mittelständischen Maschinen- und Anlagenbau und MES-Herstellern zu gute.

Über die nun bestehende Basis hinaus müssen entsprechende Standardisierungs- und Vereinheitlichungsvorhaben aber über längere Zeit vorangetrieben werden. Beispielsweise müssen bestehende Datenaustauschstandards wie die OPC UA kombiniert werden mit den im Rahmen von SemMES definierten Begriffen und Zusammenhängen. Parallel müssen die erarbeiteten Inhalte im praktischen Einsatz von unabhängigen Anwendern getestet und bewertet werden. Auch die Industrie 4.0 Initiative fordert den Einsatz semantischer Verfahren und weist damit auf den hier zu Grunde liegenden Bedarf einer einheitlichen Begriffswelt hin, zu der mit SemMES ein Grundstein gelegt wurde.

## Literatur

- [AML] Miriam Schleipen, Rainer Drath: Three-View-Concept for modeling process or manufacturing plants with AutomationML. 13th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFa). 22.-25.9.2009, Palma de Mallorca, Spain.
- [AT] Automatisierungstechnik. Band 59, Heft 7 (Juli 2011), <http://www.oldenbourg-link.com/toc/auto/59/7>.
- [Ber] Martin Bergert, Christian Diedrich: Durchgängige Verhaltensmodellierung von Betriebsmitteln zur Erzeugung digitaler Simulationsmodelle von Fertigungssystemen. Automation 2008.
- [Betriebshütte] Walther Eversheim, Günther Schuh: Produktion und Management. Betriebshütte. 978-3540593607, Springer Verlag, Berlin, 1996.
- [Bri] BMBF-Verbundprojekt „BridgeIT“; Förderkennzeichen 01ISC22; <http://www.BridgeIT.de/>, Stand 21.12.09.
- [CPS] Eva Geisberger, Manfred Broy (Hrsg.): agenda CPS. Integrierte Forschungsagenda Cyber Physical Systems. Acatech Studie März 2012. [http://www.acatech.de/fileadmin/user\\_upload/Baumstruktur\\_nach\\_Website/Acatech/root/de/Material\\_fuer\\_r\\_Sonderseiten/Cyber-Physical-Systems/acatech\\_STUDIE\\_agendaCPS\\_Web\\_20120312\\_superfinal.pdf](http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Material_fuer_r_Sonderseiten/Cyber-Physical-Systems/acatech_STUDIE_agendaCPS_Web_20120312_superfinal.pdf), 2012.
- [EDDL] Electronic device description language. <http://www.eddl.org/Pages/default.aspx>, Stand 21.12.09.
- [FDT] Field-Device-Tool. <http://www.fdt-group.org/>, Stand 21.12.09.
- [Föd] BMBF-Projekt Föderal. <http://www.foederal.de/>, Stand 21.12.09.
- [IEC 62424] IEC 62424: Specification for Representation of process control engineering requests in P&I Diagrams and for data exchange between P&ID tools and PCE-CAE tools.
- [IEC 62541] IEC 62541: OPC Unified Architecture.
- [ISO/IEC 62264] ISO/IEC 62264: Enterprise-control system integration.
- [ISO 9506] ISO 9506: Industrial automation systems - Manufacturing Message Specification.
- [Kai09] Kain, S.; Schiller, F. Supporting the Operation Phase of Manufacturing Systems by Synchronous and Forward Simulation 3rd International Conference on Changeable, Agile, Reconfigurable and Virtual Production (CARV 2009), Munich, Germany, October 5th-7th, 2009, ISBN 978-3-8316-0933-8
- [Kie] Jens Kiefer: Mechatronikorientierte Planung automatisierter Fertigungszellen im Bereich Karosserierohbau. Dissertation zur Erlangung des Grades des Doktors der Ingenieurwissenschaften der Naturwissenschaftlich-Technischen Fakultät III - Chemie, Pharmazie, Bio- und Werkstoffwissenschaften -der Universität des Saarlandes
- [Mod] MODALE : MODALE. <http://www.modale.de/>, Stand 29.Mai 2007.
- [Pack12] OMAC: PackML. <http://www.omac.org/content/packaging-workgroup>, Stand 28.08.2012.

- [Pro] Fraunhofer IESE: Verbundprojekt PRODUFLEXIL. <http://www.produflexil.de/>, Stand 21.12.09.
- [Sau12] Sauerwein F.: Bewertung von Schnittstellen-Mapping, Diplomarbeit KIT Karlsruhe und Fraunhofer IOSB Karlsruhe, Mai 2012, 117 S.
- [SPS09] Miriam Schleipen, Olaf Sauer: Flexibility and interoperability face Manufacturing Execution Systems (MES). The Swedish Production Symposium Göteborg, Sweden, 2-3 December 2009.
- [SSF10a] Schleipen, M.; Sauer, O.; Fuskova, L.: Logical interface between MES and machine - Semantic integration by means of ontologies, CIRP ICME 2010, 7th CIRP International Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering. Innovative and Cognitive Production Technology and Systems: 23 - 25 June 2010, Capri (Gulf of Naples), Italy.
- [SSF10] Schleipen, M.; Sauer, O.; Fuskova, L. : MES-Ontologie - Semantische Schnittstelle zwischen Maschine und MES, VDI/VDE-Gesellschaft Meß- und Automatisierungstechnik -GMA-, Düsseldorf: Automation 2010. Der 11. Branchentreff der Mess- und Automatisierungstechnik : Kongress Baden-Baden, 16. und 17. Juni 2010, VDI-Verlag, 2010 (VDI-Berichte 2092), ISBN: 978-3-18-092092-4, ISSN: 0083-5560, pp.81-84.
- [Ste] Steusloff, H.: Software-Agenten in der digitalen Fabrik. In: Bullinger, H.-J.: Trendbarometer Technik : Visionäre Produkte - Neue Werkstoffe - Fabriken der Zukunft München: Hanser, 2004, S.170-171.
- [Tho11] Thomalla, C.: Interoperability in manufacturing by semantic integration, International Conference on System Science, Engineering Design and Manufacturing Informatization, ICSEM 2011 : Guiyang, China, 22-23 October 2011, Piscataway/NJ: IEEE, 2011, ISBN: 978-1-4577-0247-1, pp.146-149 (Vol.2).
- [VDI4499-2] VDI-Richtlinie 4499, Blatt 2: Digitaler Fabrikbetrieb. Gründruck, 2009.
- [VDI5600] VDI-Richtlinie 5600, Blatt 1: Fertigungsmanagementsysteme / Manufacturing Execution Systems (MES), 2007.
- [V-H09] Vogel-Heuser, B.; Kegel, G.; Bender, K.; Wucherer, K.: Global Information Architecture for Industrial Automation. atp Automatisierungstechnische Praxis 1-2.2009, S. 108-115.
- [Wei12] Weihenstephaner Standards. <http://weihenstephaner-standards.de/>, Stand 28.08.2012.