

SOCRADESⁱ – Service Oriented Architecture in der Automatisierungstechnik

Die Integration nicht-Web Service fähiger Geräte

Dr.-Ing. **Th. Bangemann**, ifak Institut für Automation und Kommunikation e.V., Magdeburg;

Prof. Dr.-Ing. **Ch. Diedrich**, ifak Institut für Automation und Kommunikation e.V., Magdeburg;

Dr.-Ing. **A. W. Colombo**, Schneider Electric, Seligenstadt;

S. Karnouskos, SAP AG, Karlsruhe;

Kurzfassung

Automatisierungssysteme sind heute durch zentralistische und klassischerweise hierarchische Strukturen gekennzeichnet. Hierarchisch bedeutet hier sowohl hinsichtlich der logischen und organisatorischen Strukturen, aber ebenso bzgl. der informationstechnischen Vernetzung. Das vereinfacht zunächst die Handhabbarkeit des Systems und die Beherrschbarkeit durch den Bediener. Welche alternativen Ansätze gibt es? Wie lassen sich heutige und zukünftige, von enormer Flexibilität gekennzeichnete Automatisierungsaufgaben mit verteilten intelligenten Komponenten realisieren? In einigen Branchen, wie z.B. der Gebäudeautomation sind verteilte Regelungs- und Steuerungsalgorithmen Realität. Welche Potentiale bieten Web Service basierte, Service orientierte Ansätze für die Automatisierungstechnik?

Dieser Beitrag stellt einen Ansatz vor, der auf der Einführung von Service orientierten Konzepten für den leittechnischen und prozessnahen Bereich basiert. Diese Konzepte werden bereits heute zur Vernetzung von Softwarewerkzeugen auf Managementebene umgesetzt. Im Rahmen des Projektes „SOCRADES - Service-Oriented Cross-layer infRAstructure for Distributed smart Embedded devices“ (<http://www.socrades.eu> [1]) soll der Einsatz von Web Services und Service orientierten Architekturen (SOA) unterhalb der Managementebene untersucht werden. Der Beitrag stellt die grundlegenden Ideen und Ziele dieses Projektes vor und konzentriert sich auf die Herangehensweise zur Integration von Geräten, die kein Web Service Interface unterstützen.

1. Ausgangssituation

Die Steuerung von Produktionsprozessen ist heute sowohl aus informationstechnischer als auch aus organisatorischer Sicht hierarchisch strukturiert. Darüber hinaus haben sich für die unterschiedlichen Lebenszyklusphasen diverse Struktureinheiten mit entsprechenden Verantwortlichkeiten etabliert. Einhergehend mit dieser strukturellen Entwicklung sind diverse, auf die unterschiedlichen Belange zugeschnittene und zum Teil inkompatible IT-Infrastrukturen entstanden. Diese Diversität drückt sich z.B. in unterschiedlichen Modellen, Syntax und Semantik von Daten, eingesetzten Kommunikationssystemen und damit verbundenen Netzwerkübergängen aus. Eine typische Strukturierung ist in Bild 1 dargestellt. Weiterhin treffen im Produktionsumfeld zwei Welten mit zum Teil grundlegend unterschiedlichen Anforderungen aufeinander:

- die für die Produktionstechnik optimierte AT und IT mit erhöhten Anforderungen an Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Antwortzeiten, Sicherheit, etc. und
- die allgemeine Bürokommunikation mit weit verbreiteten und kostengünstigen Standardanwendungen.

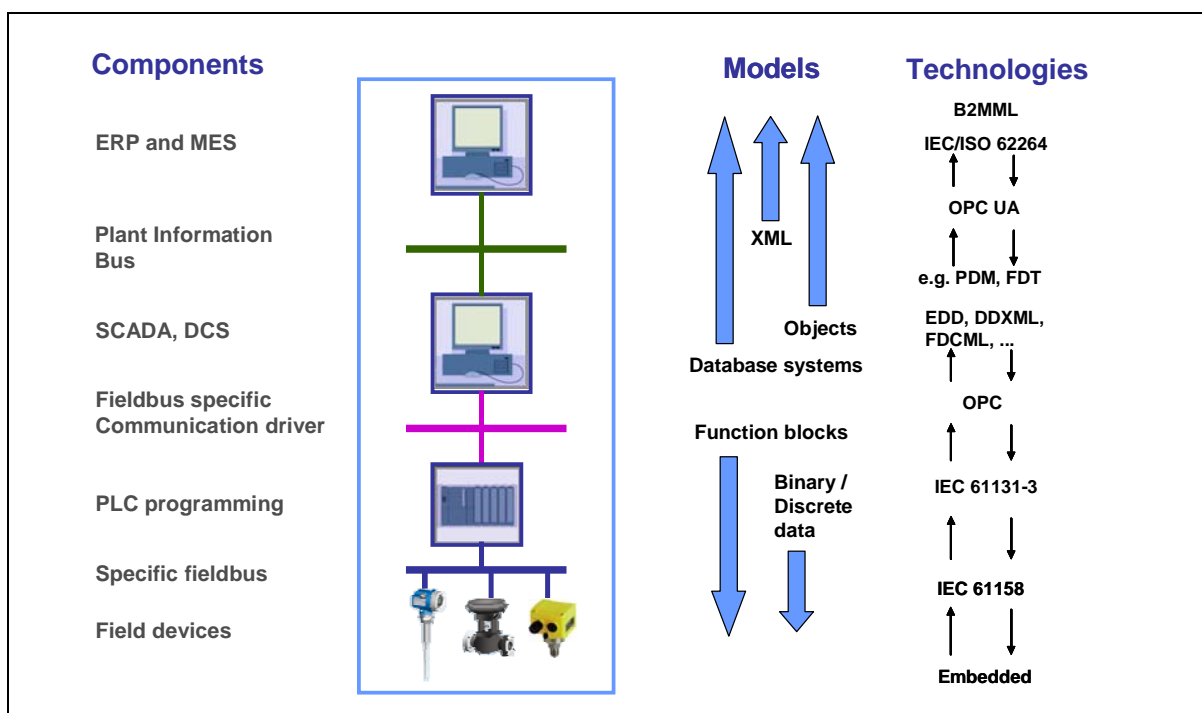


Bild 1: Unterschiedliche Verhaltensmodelle, Syntax und Semantik in verschiedenen Hierarchien der IT und AT

Auf Grund des enormen Kostendrucks auf dem globalen Markt liegt der Wunsch nahe, die Vorzüge beider Welten zu vereinen. Es wird untersucht, wie in der Bürowelt weit verbreitete Technologien wie drahtlose Netzwerke, Web-Technologien, Plug-and-Play- Mechanismen oder zum Beispiel semantische Beschreibungsmittel für den Einsatz in der Automatisierungstechnik unter Berücksichtigung der spezifischen Anforderungen nutzbar gemacht werden können. Offensichtlich ist, dass klassische IT-Komponenten und Technologien aus dem Büroumfeld nicht ohne Anpassung entsprechend der besonderen Anforderungen übernommen werden können. Hier setzt das Projekt „SOCRADES - Service-Oriented Cross-layer infRAstructure for Distributed smart Embedded devices“ an. Es wird untersucht wie Service orientierte Architekturen (SOA) und drahtlose Netzwerke über organisatorische Struktureinheiten und Hierarchien verschiedener Anwendungsgebiete hinweg eingesetzt und in wie weit die physische vertikale Hierarchie (Informationstechnik) durch flachere Kommunikationsstrukturen ergänzt oder z.T. ersetzt werden können. Neben den prozessbedingten Anforderungen sind bewährte Organisationsstrukturen ebenso zu berücksichtigen wie die Integration bereits installierter und etablierter AT-Komponenten. Weitere Einflussfaktoren sind der Entwicklungsstand und aktuelle Trends bzgl. der Leistungsfähigkeit der Hardwarekomponenten sowie der Speicherbedarf für Protokolle und Anwendungen.

2. Das SOCRADES- Projekt

SOCRADES ist ein durch die Europäische Union gefördertes und in Kooperation zwischen französischen, deutschen, finnischen, schwedischen, englischen und italienischen Partnern durchgeführtes Forschungsvorhaben. Die wissenschaftliche und technologische Zielstellung von SOCRADES ist es, Web Service-basierte, Service-orientierte Systemarchitekturen im automatisierungstechnischen Umfeld zu ermöglichen und auf dieser Basis Grundlagen für intelligente, vernetzte Systeme zu schaffen, die aus drahtgebundenen und/oder drahtlosen Komponenten unterschiedlicher Systemebenen bestehen. Geräte sollen sich wie verteilte, autonome, intelligente, pro-active, Fehler-tolerante und wieder verwendbare Systemkomponenten verhalten. Die Systemkomponenten stellen Dienste zur Verfügung, die mittels Web-Services untereinander agieren. Als wesentliche Middleware- Technologie sind DPWS (Device Profile for Web Services, ein WS-Standard aus der Office Welt) und OPC UA ausgewählt worden. Das intelligente Systemverhalten soll durch kooperatives Zusammensetzen der von den Geräten bereitgestellten Teilfunktionalitäten erreicht werden. Auf Basis dieser Funktionalität ist eine schnelle Umkonfigurierung von Maschinen und Anlagen möglich. Autokonfigurationsmanagement ist eine Herausforderung, die im

SOCRADES-Projekt auf der Grundlage von plug-and-play und plug-and-run Mechanismen umgesetzt werden soll. Für drahtlose Geräte werden die Integration in Service orientierte Architekturen und die Unterstützung geforderter funktionaler und Leistungsparameter untersucht. Der Einsatz von Web- Services soll eine einfache Integration von Geräten in Managementanwendungen und verteiltes Workflow-Management ermöglichen. Entsprechend der Komplexität der Aufgabenstellung wurde das Vorhaben in diverse Arbeitspakete unterteilt (siehe Bild 2).

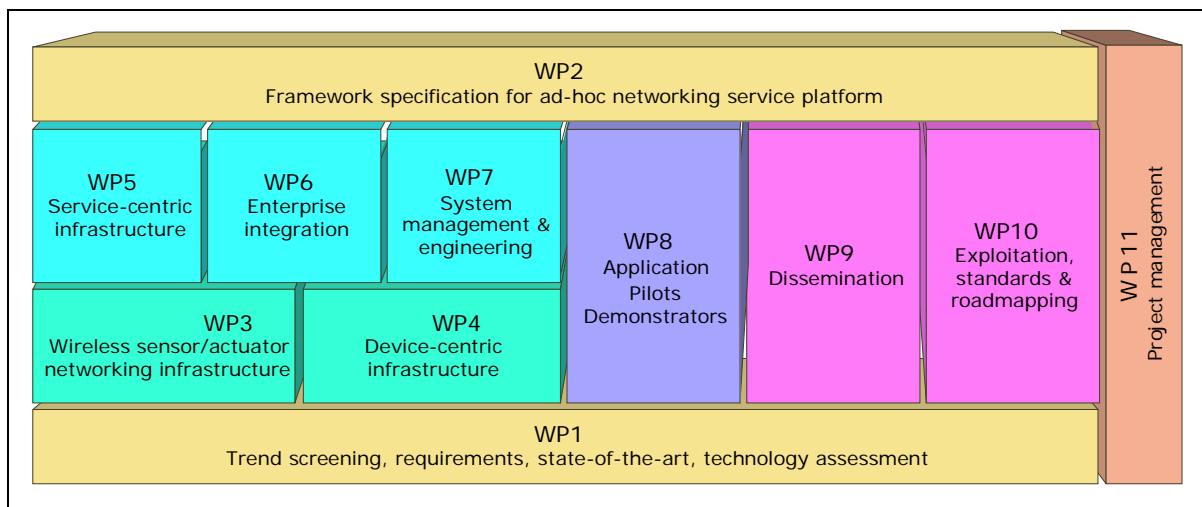


Bild 2: Gliederung des Projektes in verschiedene Aufgabenstellungen

Im Arbeitspaket 1 werden zunächst Anwendungsfälle in unterschiedlichen Branchen analysiert und Anforderungen für den Einsatz Service orientierter Systeme und Komponenten abgeleitet. Die Ergebnisse wurden in einer gewichteten Anforderungsliste zusammengestellt und dienen zur Selbst-Evaluierung in den Technik-orientierten Arbeitspaketen. Die Arbeitspakete 2 und 5 dienen der Definition der grundlegenden SOCRADES-Architektur, der wesentlichen Komponenten sowie der elementaren Systemeigenschaften. Während im Arbeitspaket 3 die Ausarbeitung eines Konzeptes für die Integration drahtloser Automatisierungsgeräte in die SOCRADES-Gesamtarchitektur erfolgt, werden im Arbeitspaket 4 Strategien für den Einsatz Service orientierter Komponenten als Bestandteil von Regelkreisen und Steuerstrecken erarbeitet. Das Arbeitspaket 5 widmet sich der funktionellen Kopplung von Geräten und Anwendungen. Das Arbeitspaket 6 (siehe Kapitel 4) ist der Integration von SOCRADES-konformen Systemkomponenten in höhere Managementanwendungen (ERP- Enterprise Resource Planning, MES- Manufacturing Execution Systems) gewidmet. Ein weiterer Aspekt dieses Arbeitspaketes betrachtet die Integration von klassischen Automatisierungsgeräten und Teilsystemen, die keine Web

Service Schnittstelle unterstützen in Service orientierte Architekturen und die damit verbundene Abbildung der Daten zentrierten auf die Service orientierte Sichtweise auf Geräte sowie deren Parameter und Funktionen. Gegenstand des Arbeitspaketes 7 ist letztendlich das Engineering von Service orientierten Systemen. Die im Rahmen der vorab genannten Arbeitspakete entwickelten Konzepte und Methoden werden innerhalb des Projektes prototypisch umgesetzt und sowohl in experimenteller als auch Industrie-naher Umgebung erprobt (Arbeitspaket 8). Die Arbeitspakete 9 bis 11 betreffen eher typische administrative Aspekte eines großen Forschungsprojektes.

In den nachfolgenden Kapiteln sollen einige aktuelle Diskussionen der hier kurz vorgestellten Arbeitspakete präsentiert werden. Dabei handelt es sich um die jeweiligen aktuellen Arbeitsstände, die weiteren Veränderungen unterliegen können.

3. SOCRADES- Service orientierte Architektur

Für SOCRADES wurde eine Web Service basierte Architektur (aus informationstechnischer Sicht) festgelegt. In Bild 3 ist zu erkennen, dass die grundlegenden automatisierungstechnischen Komponenten (leistungsfähige Feldgeräte, SPSen, Leittechnik, MES, ERP, Engineering- Werkzeuge) aus informationstechnischer Sicht in einer flache Struktur angeordnet sind. Die reale IT- und AT- Struktur wird in der Praxis von diversen technischen und nicht-technischen Einflussfaktoren abhängen. Web Services, basierend auf DPWS und OPC UA, werden an den Schnittstellen zum Einsatz kommen. SOCRADES konforme Geräte verfügen über einen Satz von Web-Services für grundlegende Funktionen wie z.B. Informationsdienste über bereitgestellte Dienste, Erkundungsdienste, Beschreibungen für Dienste oder Event- und Messagingfähigkeiten. Hinzu kommen anwendungsspezifische Dienste oder die Fähigkeit, komplexe Dienste aus elementaren Diensten zu bilden bzw. verschiedene Dienste nach einer definierten Logik abzuarbeiten. Auf dieser Basis können verteilte Anwendungen statisch oder dynamisch aufgebaut werden.

Nicht alle Geräte sind jedoch in der Lage, Web Services anzubieten (Kriterien können z.B. sein: Prozessorkapazität, Stromverbrauch, verfügbarer Speicherplatz, Kosten, konzeptionelle oder firmenpolitische Gesichtspunkte). Zu diesem Zweck sieht die Architektur die Komponenten Gateway und Mediator vor.

Ein Gateway hat die Aufgabe, die unterlagerten und über ein Kommunikationssystem (z.B. Feldbus) angeschlossenen Komponenten zum übrigen SOCRADES- System hin über entsprechende Web-Services zu repräsentieren. Jedes Gerät wird durch „eigene“ Stellvertreter-Web-Services repräsentiert. Für das Gateway ist ein, vom unterlagerten

Kommunikationssystem abhängiges Konfigurationsmanagement erforderlich (siehe auch Kapitel 4).

Mit Hilfe des Mediators ist es möglich, Eigenschaften und Funktionen komplexer technischer Einrichtungen mittels Web Services zu repräsentieren. Im Gegensatz zum Gateway besitzt der Mediator Business-Logik-orientierte Funktionalitäten. So können z.B. Aussagen über den Zustand einer Maschine oder Anlage aus den Daten verschiedener Sensoren aggregiert und ein Service „Maschinenstatus“ bereitgestellt werden. Realisiert werden können ein Gateway oder ein Mediator z.B. in einer SPS, einem speziellen Datenserver oder anderen prozessnahen Komponenten.

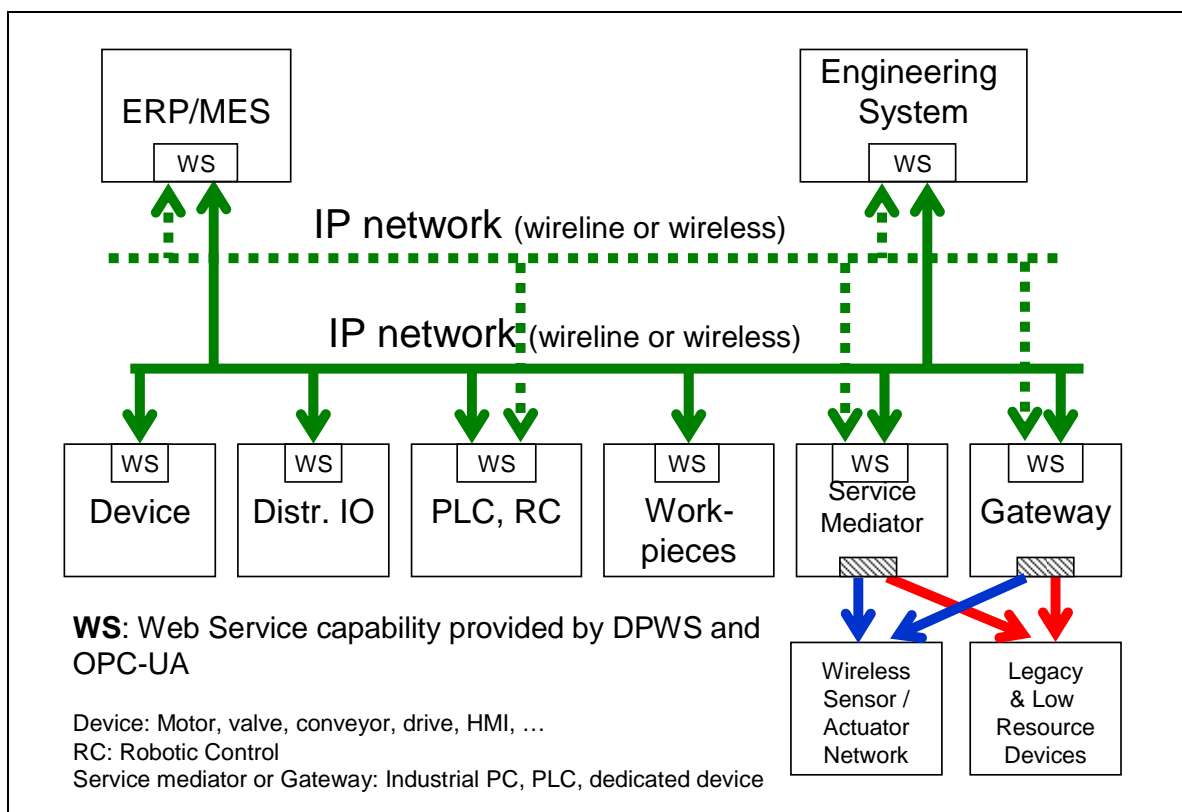


Bild 3: Grundlegende SOCRADES Systemkomponenten

4. Übergang von Daten orientierter zu Service orientierter Sichtweise

In diesem Kapitel sollen grundlegende Überlegungen für die Definition von Web Services auf der Basis etablierter Festlegungen für Gerätefunktionalitäten vorgestellt werden.

Die Definition von Profilen ist bereits seit Jahren eine etablierte Methode für die Definition von Funktionalitäten und Parametern Netzwerk-gekoppelter Feldgeräte. Grundlegende Konzepte wurden in diversen Europäischen Projekten wie DIAS [8], PRIAM [9], EIAMUG [10], IAM Pilot [11], NOAH [5] entwickelt und durch Hersteller von Automatisierungsgeräten

und Feldbus- Nutzerorganisationen in die nationale und internationale Standardisierung eingebracht.

Grundlegende Festlegungen werden im IEC 62390 Standard „Device Profile Guideline“ getroffen. Die Eigenschaften von Geräteprofilen werden festgelegt als [6]:

- Feldbus gekoppelte Geräte sind Bestandteil einer inhomogenen hierarchischen Automatisierungstechnischen Architektur,
- die Geräte sind bzgl. ihrer physischen und modularen Struktur sowie ihres Verhaltens und der sie beschreibenden Parameterstrukturen hierarchisch aufgebaut,
- Geräte verfügen über verschiedene, funktionsbedingte Schnittstellen für den Zugriff Aufgaben- spezifischer Hosts.

Prinzipiell werden 3 verschiedenen Gerätemodelle für die Repräsentation von Geräteparametern und –verhalten benutzt. Das sind Parameterlisten (strukturierte Listen von Parametern mit zugeordneten Attributen, Verhalten und Beziehungen), Funktionsblock Modelle (z.B. entsprechend IEC 61131-3, IEC 61804-2 und IEC 61499) und Objektmodelle. IEC 62390 benutzt Functional Elements (FE) als abstrakte Begriffe stellvertretend für alle 3 Modelle.

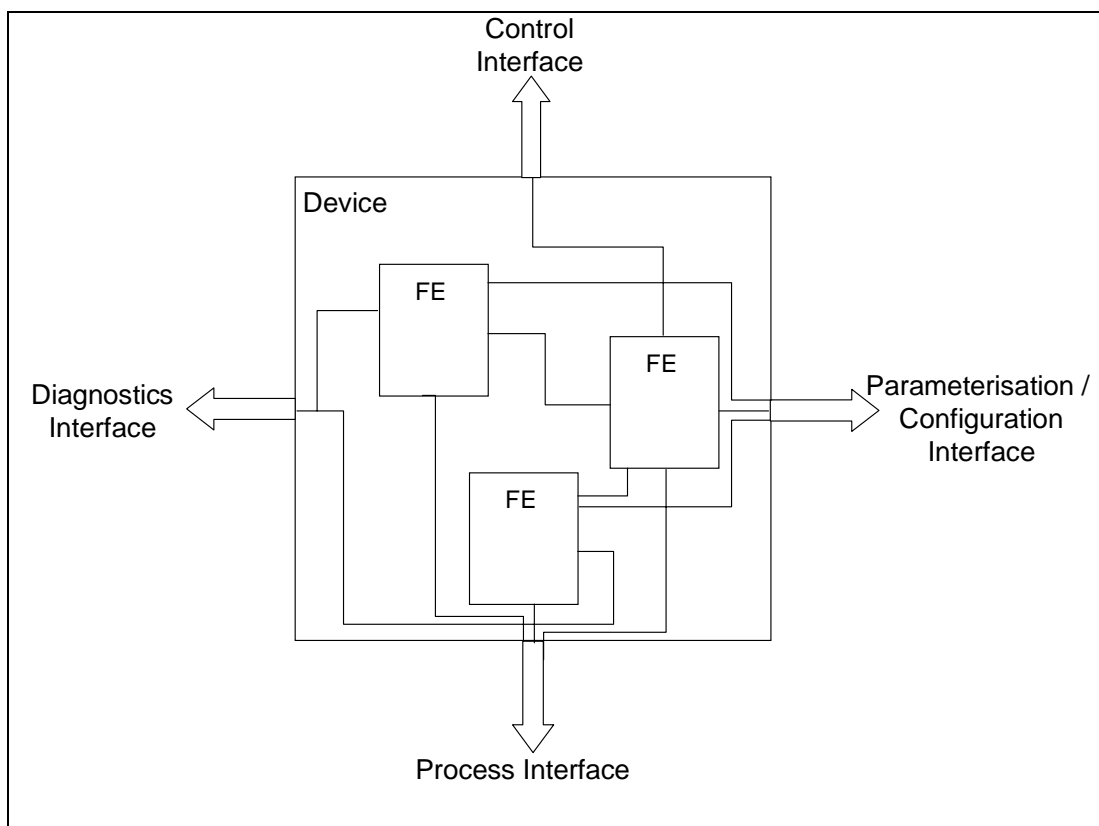


Bild 4: Rollen- basiertes Schnittstellen von „Networked embedded Devices“

Für die Transformation auf Web Services bedarf es einer näheren Betrachtung der semantischen Aspekte von Profildefinitionen. Der Zugriff auf Geräteinformationen wird mittels allgemeingültiger Kommunikationsdienste wie „Read“, „Write“, „Cyclic Data Exchange“, „Diagnose“ oder „Alarm“ auf Parameter und Funktionsblöcke realisiert. Hierbei repräsentieren die Parameter folgende Semantik:

- Mit Parametern sind bestimmte Funktionen statisch verbunden (z.B. oberer oder unterer Grenzwert mit Grenzwertfunktionen).
- Das Beschreiben von Parametern mit definierten Werten löst im Gerät festgelegte Funktionen aus (z.B. Factory Reset). Üblicherweise haben diese Funktionen keine Parameter zur Verhaltensanpassung.
- Parametergruppen können definiert und in Kombination mit Aufruffunktionen (über Parameterwerte) für die Abarbeitung definierter Funktionen benutzt werden (z.B. Kalibrieren). Das Ergebnis dieser Funktionsabarbeitung wird über boolesche Parameter angezeigt.
- Parameter bilden eine zusammengehörende Gruppe, die die Übergabe- und Rückgabeveriablen eines Prozeduraufrufes im Gerät sind.

Um den kommunikationstechnischen Aufwand für den Gerätezugriff zu minimieren, basieren alle Profilstellungen auf dieser Art der Parameterrepräsentation.

Der Web Service basierte Ansatz basiert auf asynchronen Funktionsaufrufen zwischen allen Komponenten des Automatisierungssystems. Die Anwendung ist über die verschiedenen Komponenten verteilt und wird aus einer Reihe von Funktionsaufrufen gebildet. Eine Komponente bietet zu diesem Zweck für jede öffentliche Funktion einen Web Service an. Jeder Dienst repräsentiert also eine Funktion eines Feldgerätes, Gateways oder Mediators und kann von beliebigen entfernten Komponenten aufgerufen werden. Der wesentliche Unterschied zu den einfacheren „Remote Procedure Calls“ ist die Beschreibung der Syntax des Web Services, welche online mittels WSDL (Web Service Description Language) [7] bereitgestellt wird.

Es ist nun zu überlegen, wie die oben beschriebenen Modelle auf Web Services abgebildet werden können. Zunächst ist zu definieren, welche Komponenten die Mapping- Algorithmen realisieren. Das SOCRADES Konzept sieht hierfür die sogenannten Gateways und Mediatoren vor. Gateways können in einzelne Feldgeräte eingebettet werden oder als separate Systemkomponenten integriert werden. Mediatoren verfügen über komplexere

Funktionen und werden in der Regel außerhalb individueller Feldgeräte realisiert. Gateway und Mediatoren können ganze Feldbussegmente repräsentieren.

Bild 5 zeigt eine solche Integrationskomponente (Gateway, Mediator), die auf einer generischen Geräteklasse (Equipment) basiert. Davon kann ein Gerätstellvertreter, der ein eingangs beschriebenes Gerät repräsentiert, oder ein Repräsentant für eine Maschine oder einen Anlagenteil abgeleitet werden. Die Abbildung hierarchischer Strukturen ist möglich. "Equipment" bietet mehrere optionale Schnittstellen (Interfaces) für den Zugriff verschiedener Host-Anwendungen. Welche Schnittstellen letztendlich unterstützt werden ist implementierungs- bzw. anwendungsspezifisch. Die Mapping-Algorithmen sind Bestandteil der Geräteklasse, welche aus implementierungstechnischer Sicht einen Proxy darstellt. Der Proxy ist für die Interaktion mit dem Feldgerät verantwortlich.

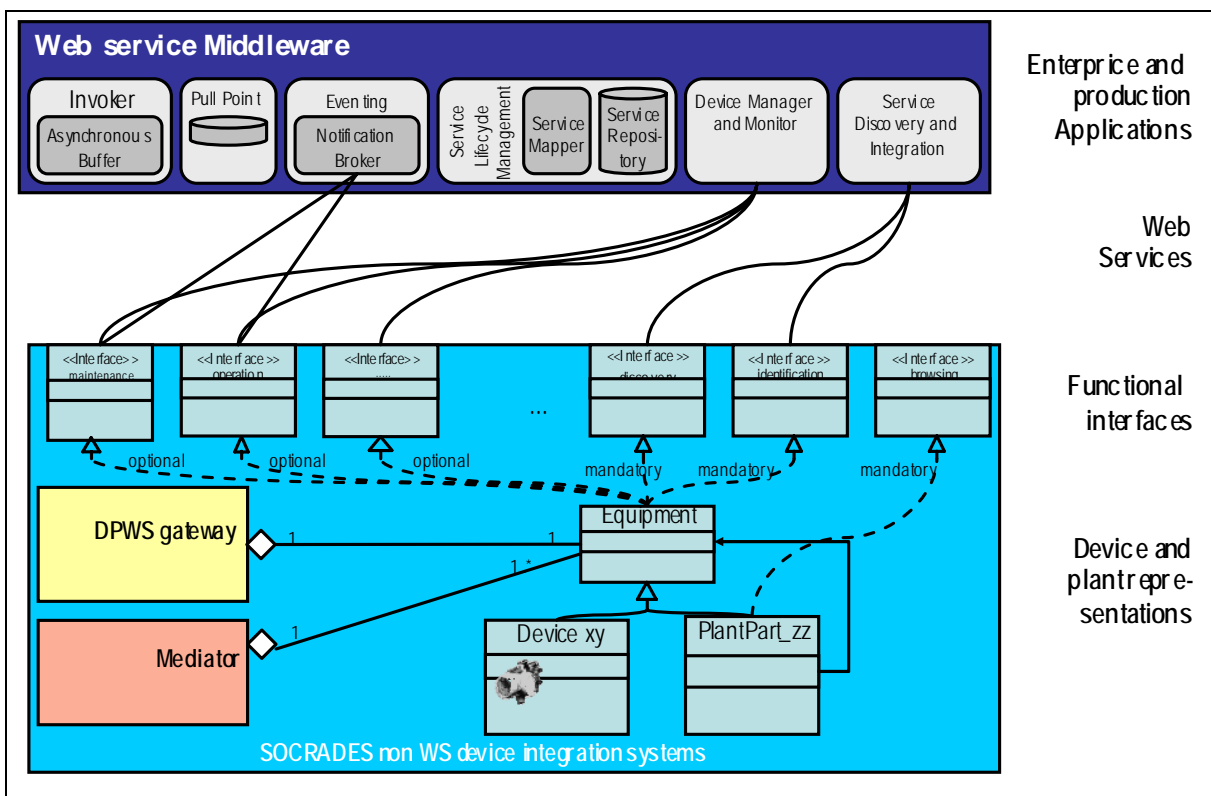


Bild 5: SOCRADES Geräteintegration mittels Gateway oder Mediator

Wie lassen sich nun die internen Zusammenhänge des Geräteproxies beschreiben? Die Integration wird im OSI Referenzmodell mittels Application Service Entities (ASE) und Application Process Objects (APO) definiert (Bild 6). Jede ASE definiert einen Satz von zulässigen Kommunikationsdiensten (z.B. Dienste für zyklischen Datenaustausch) inkl. aller Attribute und ihrer Semantik. Ein APO definiert eine „Data Class“ (Variablen, Parameter,

Status, Kommando) innerhalb der Geräteanwendung und ist mit einem spezifischen ASE-Objekt verbunden. Somit ist gewährleistet, dass nur bestimmte ASE-Objekte auf ein APO zugreifen dürfen. Die Methoden der APO's sind für das korrekte Mapping der Anwendungsdaten auf die Attribute der Kommunikationsdienste zuständig. Wird dieser Ansatz auf ein Gateway angewendet, bedeutet das:

- Alle extern sichtbaren Parameter eines Gerätes werden im Gateway durch APO's repräsentiert.
- Die APO's bilden die durch das Gateway unterstützten Web Services auf die Feldbuskommunikation ab.

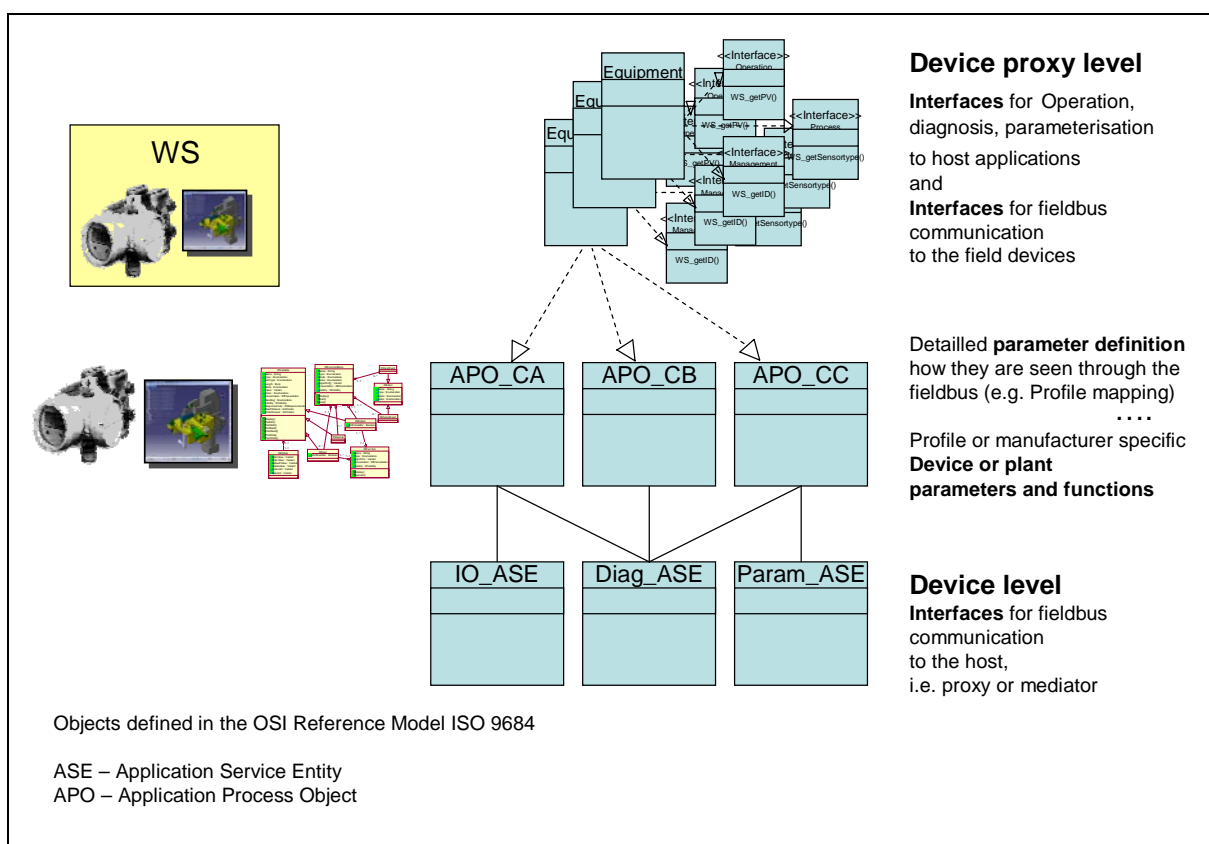


Bild 6: Integrationsansatz für Geräteproxies

Angesichts der in diesem Kapitel dargestellten Grundlagen wird der Weg von heute etablierten Profildefinitionen zur Definition von Web Services deutlich. Die bei der Profildefinition in den zurückliegenden Jahren geleisteten Arbeiten sollten die Grundlage für Definition von Web Services als Basis einer Service orientierten Architektur (Bild 7) bilden. Die Nutzung von Web Services stellt lediglich ein anderes Architektur- und

Integrationskonzept dar. Die Funktionalität der Feldgeräte wie z.B. Mess- und Stellgeräte sowie von Antrieben ändert sich nicht.

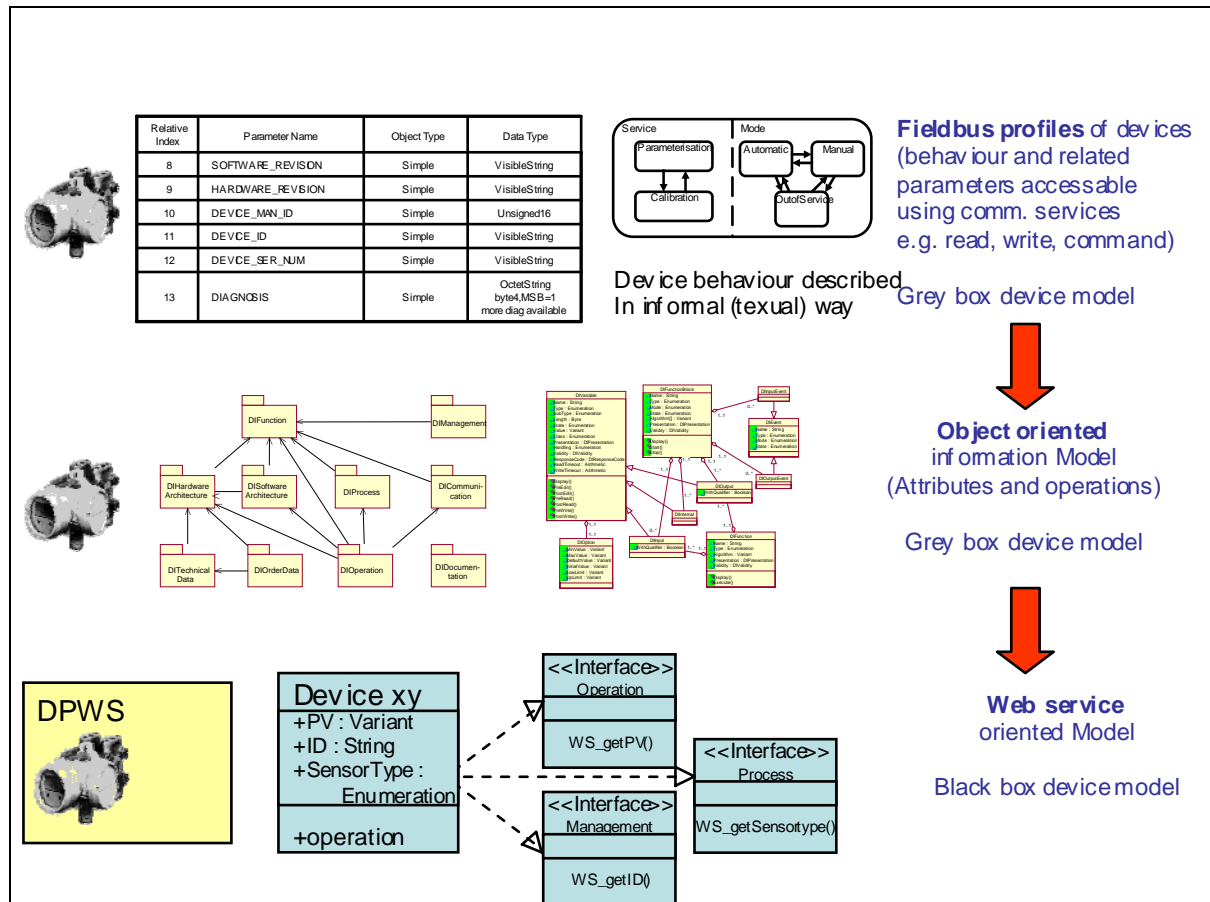


Bild 7: Migration der Modelle

5. Integration in Managementanwendungen

Managementanwendungen haben die Aufgabe, betriebswirtschaftliche oder produktionstechnische Abläufe zu steuern, zu beobachten und die Einhaltung betrieblicher Kennziffern zu beeinflussen [12]. Zur Umsetzung dieser Aufgabenstellungen werden Informationen über die aktuellen Prozess- und Systemzustände benötigt. Diese Informationen werden, wie in Bild 1 dargestellt, über mehrere Systemebenen hinweg transportiert und bereitgestellt. Durch den Einsatz einer Service orientierten Architektur nach Bild 3 soll es möglich werden, nach Diensten wie z.B. „GetAnlagenStatus“ zu suchen (Discovery Services) und die erforderlichen Dienste dynamisch zu binden. Dabei spielt es keine Rolle, ob der Dienst von einer leittechnischen Einrichtung, einem Gateway/Mediator oder einem Feldgerät bereitgestellt wird. So verbinden sich mit Web Services ausgestattete Geräte, wie z.B. ein Robotergreifarm und drahtlose Sensorknoten, mit SAP MII (Bild 8).

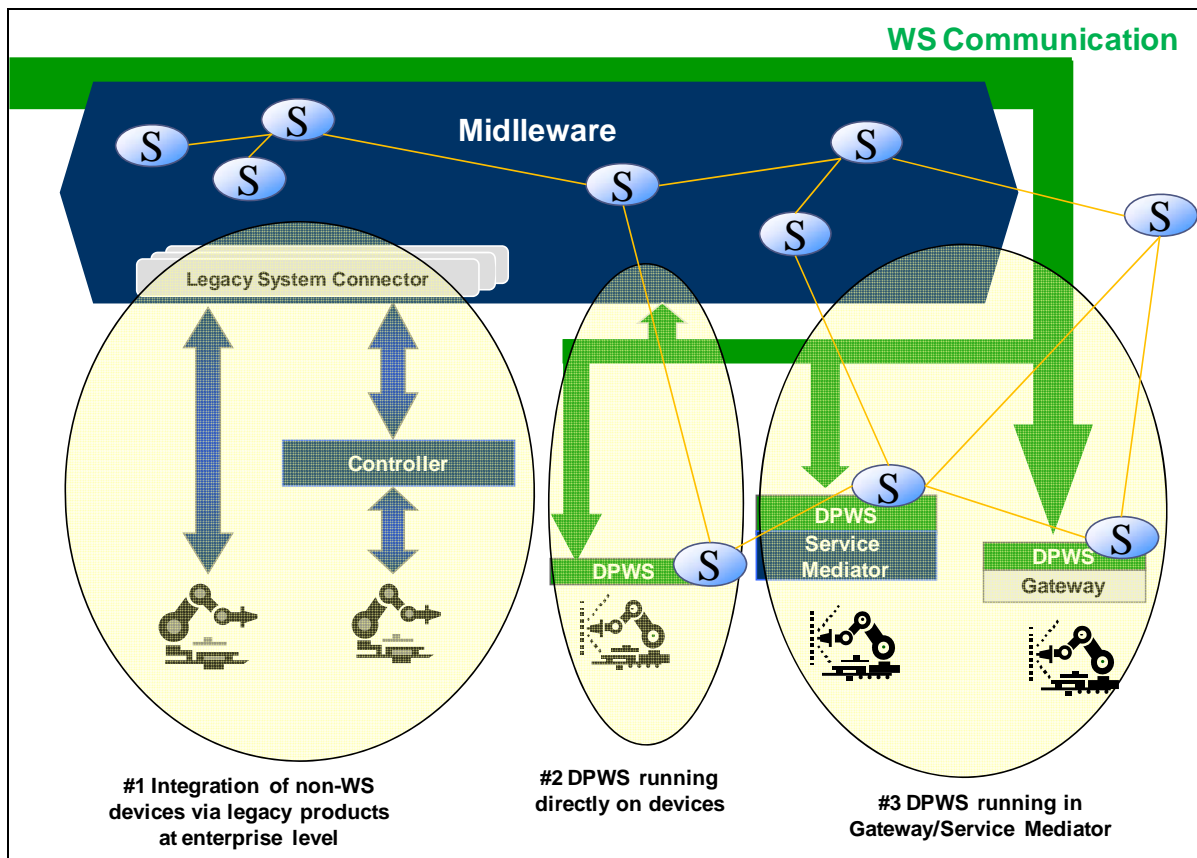


Bild 8: Integration von Automatisierungsgeräten in eine Middleware z.B. SAP MII

Wie man in *Bild 8* erkennen kann, gibt es dafür verschiedene Möglichkeiten Geräte an die betrieblichen Anwendungssystemen anzubinden. Im Beispiel #1 zeigt die heutige Situation. Verschiedene Geräte sind direkt oder durch einen Controller mit einem System Connector verbunden. Durch die Middleware Anwendungen kann man die Geräte steuern bzw. Information extrahieren. Im SOCRADES-Projekt wird erforscht wie die Geräte auch direkt bzw. unter Nutzung von Gateways und Mediatoren an die Middleware angekoppelt werden können.

Dadurch sollen Teile der Workflow-Logik aus einer klassischen Managementanwendung in untere Systemebenen „verlagert“ werden (siehe Bild 9).

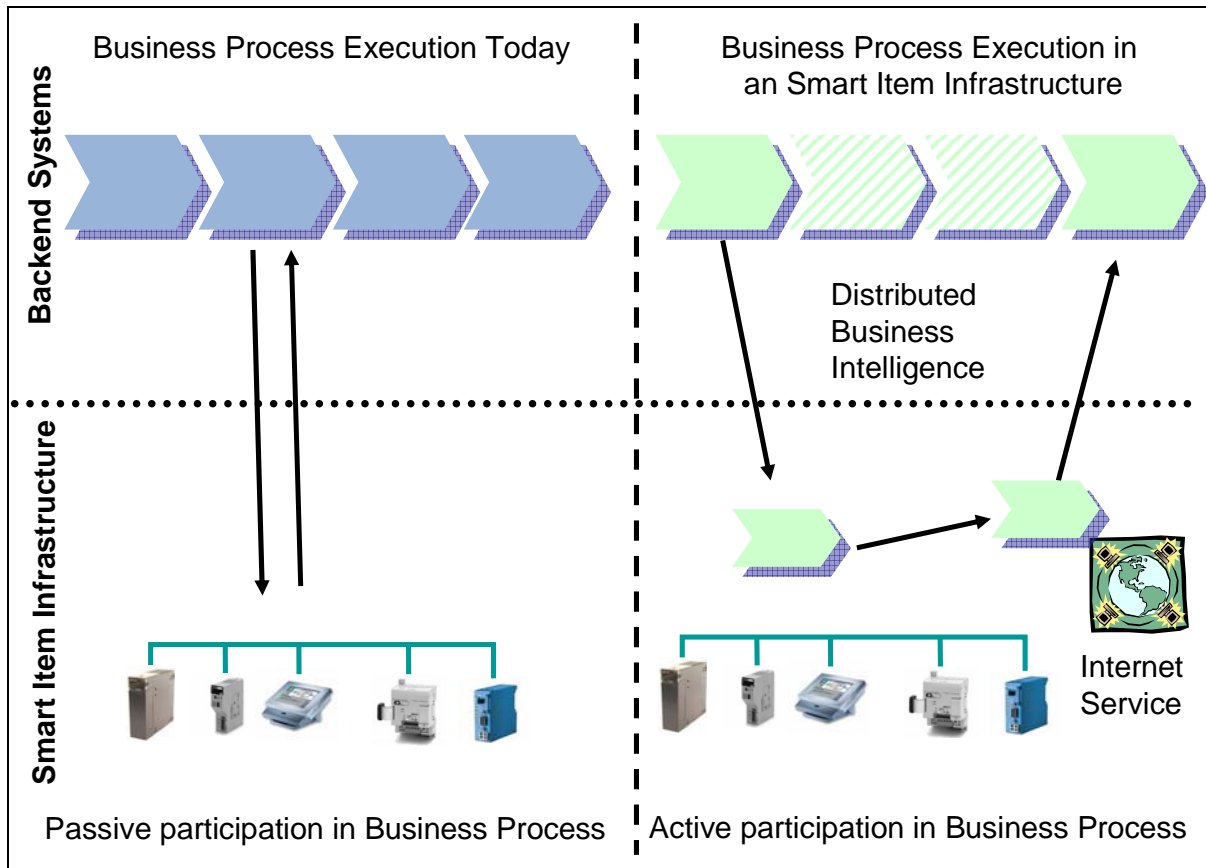


Bild 9: Service basiertes, verteiltes Workflow- Management

6. Zusammenfassung

Das SOCRADES-Projekt evaluiert das Service-Orientierte-Architektur-Paradigma für den Einsatz in der Automatisierungstechnik. Dabei kommunizieren die automatisierungstechnischen Komponenten über Web-Services. Der Beitrag stellt die Arbeitsthemen des Projektes im Überblick vor und widmet sich im Wesentlichen der Frage, wie die heute existierenden Feldgeräte mit ihren oft in Feldbusprofilen festgelegten Parametern und Funktionalitäten in dieses Paradigma zu integrieren sind.

7. Literatur

- [1] SOCRADES Homepage: <http://www.socrades.eu>
- [2] The UPnP Forum: <http://www.upnp.org>
- [3] The Community Resource for Jini technology: <http://www.jini.org>
- [4] S. Chan et al: "Devices Profile for Web Services",
<http://specs.xmlsoap.org/ws/2006/02/devprof/devicesprofile.pdf>

- [5] NOAH: Network Oriented Application Harmonisation. European Research Project EP 26951. 1998 to 1999.
- [6] IEC TS 62390: 2002: Device Profile Guideline. Geneva.
- [7] WSDL: Web Services Description Language (WSDL) Version 2.0 (Candidate Recommendation) Available: <http://www.w3.org/TR/2006/CR-wsdl20-20060327>
- [8] DIAS: Distributed Intelligent Actuators and Sensors. European project. ESPRIT II-2172. 1989 to 1992
- [9] PRIAM: Pre-Normative Requirements for Intelligent Actuation and Measurement. ESPRIT project 6188. 1995 to 1999
- [10] EIAMUG: European Intelligent Actuation and Measurement User Group. European project. ESPRIT III-8244. 1995 to 1996.
- [11] IAM PILOT: Project for European Availability of a permanent IAM Industrial Platform. ESPRIT IV-23525. 1997 to 1998
- [12] IEC 62264: Enterprise-control system integration, 2003

ⁱ Die Autoren danken der Europäischen Kommission und den Partnern des europäischen EU FP6 IST-5-034116 IP Projektes "SOCRADES - Service-Oriented Cross-layer infRAstructure for Distributed smart Embedded devices" (SOCRADES - www.socrades.eu) für ihre Unterstützung.