

Entwurfsmethode für service-orientierte Architekturen im dezentralen Energiemanagement

Tanja Schmedes

Betriebliches Informationsmanagement
OFFIS – Institut für Informatik
Escherweg 2
26121 Oldenburg
schmedes@offis.de

Abstract: Der Strukturwandel in der Energieversorgung durch eine stetig wachsende Anzahl kleiner, verteilter Erzeuger verlangt eine Dezentralisierung des Energiemanagements. Durch eine hierarchisch organisierte service-orientierte Architektur (SOA) kann die informationstechnische Umsetzung des zukünftigen, dezentralen Energiemanagement-Systems (kurz DEMS) erfolgen [Sc07]. Der vorliegende Beitrag zeigt die Herausforderungen, die beim Entwurf dieser SOA durch eine Verteilung der Services bestehen und begegnet diesen durch die Methode zur modellbasierten Serviceallokation. Diese Methode bietet ein ingenieurmäßiges Vorgehen und gewährleistet den strukturierten, systematischen Entwurf und die durch nicht-funktionale Anforderungen geleitete Verteilung einer SOA für das dezentrale Energiemanagement.

1 Einleitung

Zur Durchführung eines stabilen, sicheren und diskriminierungsfreien Energiemanagements müssen Energieversorgungsunternehmen (EVU) Energieerzeuger, -verbraucher und -netze IT-unterstützt planen, steuern und kontrollieren und somit die einzelnen Anlagen nicht nur in die Versorgungsnetze sondern auch in die bestehende IT-Landschaft integrieren. Die Relevanz dieser IT-Integration steigt durch die strukturellen Veränderungen in der Energieversorgung aufgrund der wachsenden Anzahl kleiner, dezentraler Erzeuger wie Windenergieanlagen sowie steuerbarer Verbraucher [SW03]. Die gesetzlichen, organisatorischen und gesellschaftspolitischen Änderungen erfordern zudem neue Geschäftslösungen in Form von Geschäftsprozessen und –funktionen [WSA07]. Benötigt werden daher wandlungsfähige und flexible Architekturkonzepte, die sowohl offen für weitere Veränderungen sind als auch das Management einer Vielzahl anfallender Erzeuger und Verbraucher ermöglichen.

Das Konzept der service-orientierten Architektur (SOA) ist ein Ansatz zur Entwicklung flexibler, agiler und effektiver Systemarchitekturen. Ein Service stellt fachliche, für das Gesamtsystem relevante Dienste wie Geschäftsprozesse und höherwertige Geschäftsfunktionen bereit. Der Begriff Service bezeichnet in diesem Beitrag „eine Software-Komponente mit einer ganz bestimmten funktionalen Bedeutung, die in der Regel ein Geschäftskonzept höherer Ebene einkapselt“ [KBS07].

Fachliche Geschäftsfunktionen der Energiewirtschaft werden nach Außen gekapselt und über standardisierte Formate als Dienste (Services) angeboten. Diese Services können dann von verschiedenen Akteuren des Energiemarkts für ihre jeweiligen Bedürfnisse genutzt werden [LMW07], [Us05].

Neben fachlichen Anforderungen, denen durch die Entwicklung fachlicher Dienste begegnet wird, müssen weitere Rahmenbedingungen bei der Umsetzung des SOA-Konzepts für das dezentrale Energiemanagement berücksichtigt werden. So erfordert beispielsweise

- die Integration (teil-)autonomer Akteure (wie unabhängige Kraftwerksparkbetreiber oder Stadtwerke),
- die Entwicklung und Umsetzung effizienter Planungs- und Steuerungskonzepte einer Vielzahl kleiner, verteilter und zum Teil fluktuierender Erzeuger,
- die Forderung nach weitestgehender Ausfallsicherheit des Energiemanagements bei gleichzeitiger Änderung der Erzeugerstruktur durch schwer planbare Erzeuger oder
- die angestrebte Energieeffizienz und zu sichernde Netzstabilität

eine Dezentralisierung des Energiemanagements. Diese Dezentralisierung impliziert eine Verteilung der Funktionalität in die Fläche [SW03], beispielsweise zu den konkreten Erzeugern, Verbrauchern sowie weiteren Ebenen.

Der Entwurf einer solchen SOA für das dezentrale Energiemanagement durch eine Verteilung der Services ist eine zentrale Herausforderung, da die Serviceallokation unter Berücksichtigung verschiedener nicht-funktionaler Anforderungen zu erfolgen hat. So müssen in der betrachteten Domäne beispielsweise organisatorische Anforderungen wie die Einhaltung zeitlicher Restriktionen, gesetzliche Vorgaben wie die Unterstützung des informatischen Unbundlings oder Systemanforderungen wie die flexible Integration neuer Konzepte und Algorithmen für das Energiemanagement durch das Architekturkonzept entsprechend umgesetzt werden [WSA07].

Der vorliegende Beitrag zeigt auf, wie dieser Herausforderung durch die Entwicklung einer Methode zur Serviceallokation begegnet wird. Zunächst wird in Abschnitt 2 die Zielarchitektur in Form einer hierarchisch organisierten SOA kurz eingeführt. In Abschnitt 3 wird dann die Methode in Form eines Vorgehensmodells vorgestellt bevor in den nachfolgenden Abschnitten die Aktivitäten der Methode genauer erläutert werden. Hierzu wird in Abschnitt 4 die Modellierung der Geschäftslogik, d.h. der zu dezentralisierenden Prozesse und Services vorgestellt. Die Entwicklung der hierarchischen Kommunikationstopologie, auf die die Verteilung der Geschäftslogik für das dezentrale Energiemanagement zu erfolgen hat, wird in Abschnitt 5 erläutert. Kern der Methode zur modellbasierten Serviceallokation sind Verteilungsstrategien auf Basis nicht-funktionaler Anforderungen, welche die Serviceallokation leiten. In Abschnitt 6 werden diese Verteilungsstrategien kurz vorgestellt. Der Beitrag schließt in Abschnitt 7 mit einer kurzen Zusammenfassung und einem Ausblick auf weitere Arbeiten.

2 Hierarchisch organisierte SOA für das dezentrale Energiemanagement

Die hierarchische Struktur der Energienetze und die darauf aufsetzende Kommunikationstopologie dienen als Basis des Architekturkonzepts [Sc07]. In Abbildung 1 ist beispielhaft eine hierarchisch organisierte SOA für das dezentrale Energiemanagement dargestellt, Prozesse laufen dort ab, wo sie benötigt werden, Services und Daten werden „vor Ort“ bereitgestellt.

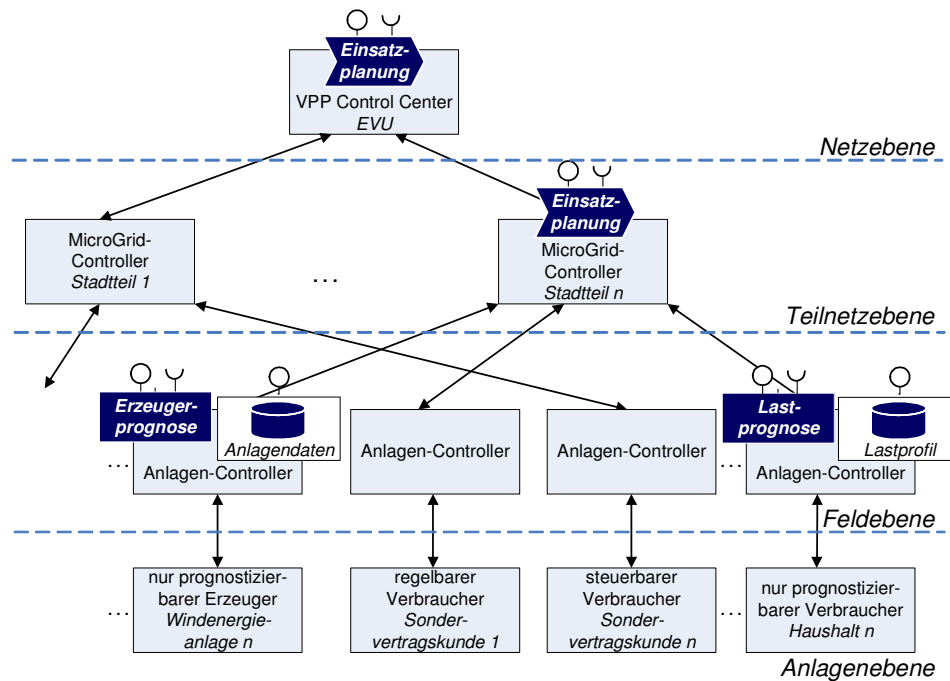


Abbildung 1: Beispiel einer SOA für das dezentrale Energiemanagement

Die Kommunikationstopologie wird durch die hierarchische Anordnung der vier Ebenen Anlagen-, Feld-, Teilnetz- und Netzebene gebildet (siehe auch Abschnitt 5). Auf der Anlagenebene befinden sich die Erzeuger und Verbraucher, welche auf der Feldebene durch Anlagen-Controller nach Außen gekapselt werden. Die Steuerung eines Teilnetzes (MicroGrids) erfolgt durch einen MicroGrid-Controller auf der Teilnetzebene. Dieser Controller stellt die Schnittstelle des MicroGrids nach Außen dar und aggregiert eine Menge von Anlagen. Ein auf der Netzebene angesiedeltes VPP (Virtual Power Plant/Virtuelles Kraftwerk) Control Center übernimmt die Überwachung und Steuerung bzw. das Management eines oder mehrerer MicroGrid-Controller [MF07], [Sc07].

3 Methode zur modellbasierten Serviceallokation

Die Dezentralisierung des Energiemanagements bedingt eine Verteilung der Services (Serviceallokation). Je nach Anforderung an einen Service wird dieser auf einer anderen Hierarchieebene bereitgestellt. Soll beispielsweise ein Service „ErzeugerPrognose“ zur Bereitstellung von Erzeugerprognosen lokal durchgeführt werden können muss er dezentral auf der Feldebene implementiert werden, wird hingegen gute Änderbarkeit das entscheidende Kriterium, wird derselbe Service zentral auf der Netzebene zu implementieren sein (siehe hierzu auch Abschnitt 6).

Zur initialen Verteilung der Services wie auch zur späteren Wartbarkeit der SOA unter Berücksichtigung von z.B. neuen Services, neuen Anlagen oder veränderten Anforderungen muss ein wohldefiniertes Vorgehen zur Serviceallokation entwickelt werden. Nur so sind beispielsweise der Entwurf der SOA und die Serviceallokation

- systematisch planbar,
- nachvollziehbar und
- wiederholbar.

Im vorliegenden Beitrag wird hierfür die Methode zur modellbasierten Serviceallokation für ein dezentrales Energiemanagement vorgestellt. Die anhand des Methodenengineerings nach Gutzwiller [Gu94] erstellte Methode bietet ein ingenieurmäßiges Vorgehen, basierend auf

- Aktivitäten und deren Reihenfolge,
- durch Metamodelle definierten Ergebnissen als Ziel einer Aktivität und
- zur Ergebniserstellung benötigte Werkzeuge.

Durch die Methode wird ein Vorgehen in Form von Aktivitäten festgelegt, die gemeinsam betrachtet das Vorgehensmodell bilden. In Abbildung 2 wird das Vorgehensmodell zur modellbasierten Serviceallokation dargestellt und im Folgenden erläutert.

In der Aktivität *Modellierung der Geschäftslogik* spezifizieren und modellieren Domänenexperten die durch ein dezentrales Energiemanagement-System (kurz DEMS) bereitzustellende und innerhalb der SOA zu verteilende Geschäftslogik in Form von Prozessen und Diensten (als Services des SOA-Konzepts [KBS07]) für das dezentrale Energiemanagement. Beispiele hierfür sind der in Abbildung 1 dargestellte Prozess der „Einsatzplanung“ oder der funktionale Service „Lastprognose“. In Abschnitt 4 wird diese Aktivität näher vorgestellt.

Die hierarchische Struktur des Energienetzes mit der dezentralen Erzeuger- und Verbraucherintegration und die darauf aufsetzende Kommunikationstopologie sind Basis des Architekturkonzepts. Auf diese Kommunikationstopologie hat die Verteilung der Geschäftslogik zu erfolgen, so dass dezentral, beispielsweise vor Ort der Erzeuger, Prozesse und Services für das dezentrale Energiemanagement ablaufen, siehe auch das Beispiel in Abbildung 1. Hierzu erfolgt in der Aktivität *Modellierung der Kommunikationstopologie* durch Domänenexperten und Softwarearchitekten die Definition und Modellierung einer Kommunikationstopologie. Abschnitt 5 stellt diese Aktivität näher vor.

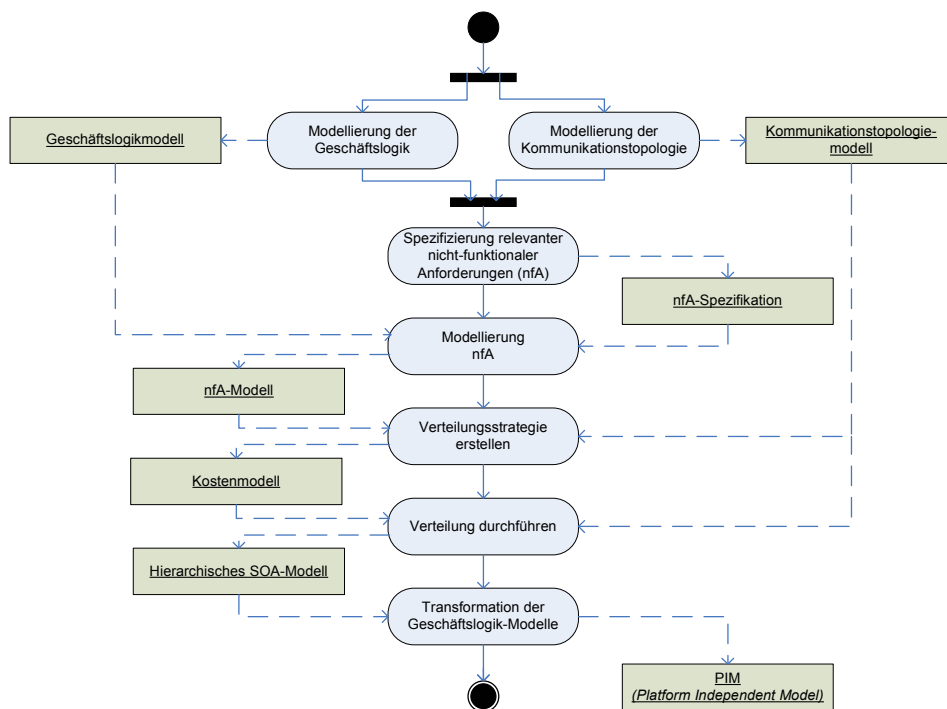


Abbildung 2: Vorgehensmodell „modellbasierte Serviceallokation“

In der betrachteten Domäne sind nicht nur funktionale, sondern verstärkt nicht-funktionale Anforderungen wie Verfügbarkeit des Gesamtsystems oder Wahrung lokaler Autonomie der Akteure von großer Relevanz und müssen frühzeitig in den Entwicklungsprozess der SOA einbezogen werden. Insbesondere leiten die nicht-funktionalen Anforderungen den Entwurf der hierarchisch organisierten SOA durch die Allokation der Services, siehe auch Abschnitt 6. Innerhalb der Aktivität *Spezifizierung nicht-funktionaler Anforderungen (nfA)* werden die relevanten und zu verfolgenden nicht-funktionalen Anforderungen durch Domänenexperten in Absprache mit Softwarearchitekten spezifiziert. In der nachfolgenden Aktivität *Modellierung nfA* werden diese Anforderungen als Annotationen der Geschäftslogik modelliert.

So werden die Prozesse und Services direkt um die nicht-funktionalen Anforderungen erweitert, ein Beispiel hierfür ist die Annotation des Prozesses Erzeugerprognose um die nicht-funktionale Anforderung „Wahrung der lokalen Autonomie der Erzeugeranlagen“.

Durch Priorisierung der nicht-funktionalen Anforderungen und Auswahl von Verteilungsregeln oder algorithmische Lösung eines, aus den verteilten Datenbanken [Ap88] oder den verteilten Workflow-Managementsystemen [Ba01] bekannten, Kostenmodells wird eine *Verteilungsstrategie erstellt*, auf dessen Basis in der nachfolgenden Aktivität *Verteilung durchführen* die Serviceallokation erfolgt. Das Ergebnis dieser Aktivität, ein hierarchisches Modell der SOA, ist beispielhaft in Abbildung 1 dargestellt.

Das Vorgehensmodell schließt mit einem plattformunabhängiges Modell (Plattform Independent Model, kurz PIM) des MDA-Ansatzes [OMG03], [Br04], indem in der Aktivität *Transformation der Geschäftslogik-Modelle* die fachlichen Modelle transformiert werden. So werden beispielsweise das Prozessmodell (Prozessservices) nach BPEL [OAS07], die funktionalen Services (Funktionsservices) nach WSDL [W3C07] und datenbezogene Services (Datenservices) nach WSDL und Datenschemata überführt, siehe auch Abschnitt 4. In nachfolgenden MDA-Schritten kann auf das Ergebnis dieser Aktivität aufgesetzt und die technische Umsetzung der SOA erfolgen. Die Methode sieht zur Reduzierung der Komplexität und Adaptierbarkeit bei späteren Änderungen eine klare Trennung fachlicher und technischer Konzepte vor.

In den folgenden Abschnitten 4 bis 6 werden die Aktivitäten der Methode „modellbasierte Serviceallokation“ näher vorgestellt.

4 Modellierung der Geschäftslogik

Die Modellierung der Geschäftslogik für ein dezentrales Energiemanagement ist aus fachlicher Sicht bedeutend, da hier spezifiziert und modelliert wird, welche Prozesse auf Basis welcher Services das zukünftige Energiemanagement bewältigen. Zur Spezifikation und Modellierung der Geschäftslogik wird ein einheitliches und innerhalb der Domäne und des Anwendungskontextes verbindliches Metamodell benötigt, anhand dessen Prozesse und Services für das dezentrale Energiemanagement beschrieben werden.

Die Prozesse können auf Basis verschiedener Modellierungssprachen entwickelt werden. Möglich ist beispielsweise die Modellierung der Geschäftsprozesse direkt in der Web Service Business Process Execution Language [OAS07], kurz WS-BPEL bzw. BPEL, die eine direkte Ausführung der Prozesse in einer Laufzeitumgebung ermöglicht. Nachteil dieses Ansatzes ist die schlechte Lesbarkeit der Prozesse durch den Domänenexperten. Besser lesbare und für den Domänenexperten verständlichere Modelle auf Basis von EPKs (Ereignisgesteuerte Prozessketten) oder VKDs (Vorgangskettendiagrammen) bringen aber einen Bruch mit der späteren Ausführungsumgebung mit sich. Dieser Bruch kann entweder durch eine Neumodellierung oder ein Mapping auf eine Execution Language wie BPEL „behooben“ werden.

Um sowohl die Lesbarkeit der Modelle als auch die spätere Ausführbarkeit der modellierten Geschäftsprozesse zu gewährleisten, wird ein domänenspezifisches Konzept zur Modellierung der Geschäftslogik auf Basis der Business Process Modeling Notation (BPMN) entwickelt. BPMN ist ein Standard der Object Management Group (OMG) und stellt als grafische Spezifikationssprache Symbole und Verbindungen zur Modellierung von Geschäftsprozessen zur Verfügung. BPMN folgt einem prozessorientierten Ansatz und ist insbesondere auf Lesbarkeit und Verständlichkeit der modellierten Prozesse sowie die Transformation nach BPEL ausgerichtet [OMG06].

Das Konzept zur Modellierung der Geschäftslogik soll nicht die Modellierung beliebiger Geschäftsprozesse und Services, sondern speziell die Modellierung domänenspezifischer Prozesse und -Services ermöglichen. Hierfür wird das BPMN-Metamodell (siehe beispielsweise [DDO07]) unter Einbeziehung von Vorgaben und Regeln des dezentralen Energiemanagements wie

- der Einhaltung der Unbundling-Konformität zur Gewährleistung des gesetzlich vorgeschriebenen diskriminierungsfreien Informationsmanagements in EVU,
- der Integration und Abbildung der involvierten Akteure Netzbetreiber, Händler/Lieferant, Energieproduzent sowie Letztverbraucher [WSA07],
- der Integration eines domänenspezifischen Information Model auf Basis der Norm IEC 61970 (das Common Information Model (CIM) [IEC03] oder
- der Unterstützung standardisierter Austauschnachrichten zwischen EVU auf Basis der Normfamilie IEC 61968

auf die speziellen Bedürfnisse zugeschnitten.

Diese domänenspezifischen Anforderungen werden durch die Anforderungen des unterliegenden Architekturkonzepts der service-orientierten Architekturen erweitert. So basieren alle Prozesse auf funktionalen und datenbezogenen Services für das dezentrale Energiemanagement wie beispielsweise einer „Lastprognose“. Die Prozesse können, dem BPEL-Konzept folgend [OAS07], selber wieder als Services angeboten werden. Die Services werden in Anlehnung an [HVV06] anhand der folgenden drei Kategorien eingeteilt:

- Datenservices ermöglichen den Zugriff auf benötigte Grunddaten für ein DEMS und können von Funktions- und Prozessservices genutzt werden.
- Funktionsservices sind atomare Services zur Bereitstellung benötigter Funktionalitäten für ein DEMS. Funktionsservices nutzen Datenservices und können in Prozessservices genutzt werden.
- Prozessservices bilden die orchestrierten Geschäftsprozesse eines DEMS ab. Prozessservices nutzen zur Erfüllung höherwertiger Geschäftsprozesse Daten- und Funktionsservices und können in anderen Prozessservices genutzt werden.

Das unterliegende Metamodell zur Modellierung der Geschäftsprozesse wird somit aufgrund domänenspezifischer- und SOA-Vorgaben erweitert und die gesamte Aktivität durch eine domänenspezifische Modellierungssprache (DSL) [Co04] umgesetzt. Vorteile dieser Erweiterung sind beispielsweise die Integration domänenspezifischer Konzepte und Regeln auf Basis einer formalen und durch ein verbindliches Metamodell definierten Sprache und die Gewährleistung der semantischen Interoperabilität innerhalb der Domäne durch Service-Annotationen [LB07]. Dieses Metamodell ermöglicht die Entwicklung eines kleinen, speziell für die Domäne zugeschnittenen Werkzeugs, welches in der Domäne intuitiv verständliche Notationselemente verwendet.

5 Modellierung der Kommunikationstopologie

Neben der Geschäftslogik ist insbesondere die Kommunikationstopologie als IT-Infrastruktur der SOA relevant. Zur Modellierung und Spezifikation einer Kommunikationstopologie wird ein gemeinsames Metamodell benötigt. Die Kommunikationstopologie kann, je nach betrachtetem Anwendungskontext und EVU, bezüglich der unterliegenden Instanzen (konkrete Anlagen oder betrachtete Teilnetze) variieren. Ziel des Metamodells ist es, konkrete Kommunikationstopologien und deren Instanzen auf Basis einer verbindlichen Struktur einheitlich zu beschreiben, darzustellen und durch ein geeignetes Modellierungswerkzeug zu unterstützen.

Die Übersicht über das Metamodell der Kommunikationstopologie findet sich in Abbildung 3. Im Metamodell werden verschiedene Aspekte erfasst wie beispielsweise

- Controller-Typen,
- Ebenen, denen die Controller-Typen zugeordnet werden oder
- Anlagentypen (steuerbar, regelbar, nur prognostizierbar).

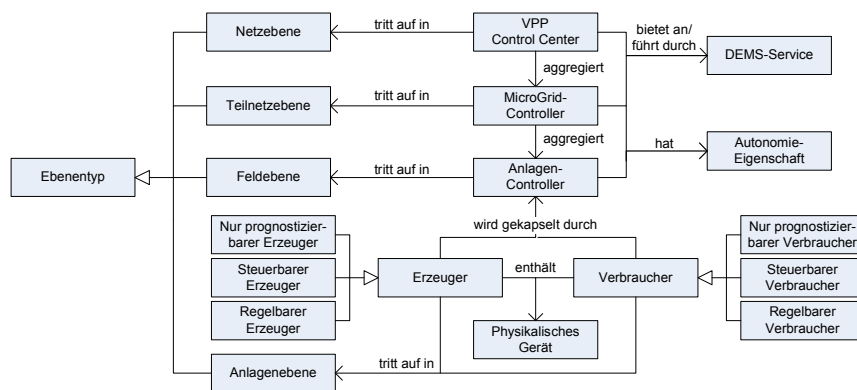


Abbildung 3: Metamodell der Kommunikationstopologie

6 Allokation der Services unter Einbeziehung nicht-funktionaler Anforderungen

In den Abschnitten 4 und 5 wurde die Modellierung und Spezifikation der grundlegenden Bausteine einer hierarchisch organisierten SOA in Form der Geschäftslogik sowie der Kommunikationstopologie erläutert. Für den Entwurf und die spätere Entwicklung der SOA für das dezentrale Energiemanagement müssen diese beiden Bausteine miteinander in Verbindung gesetzt werden, indem durch eine Serviceallokation die Geschäftslogik, genauer die Daten-, Funktions- und Prozessservices, auf die Kommunikationstopologie verteilt werden. Abbildung 1 stellt beispielhaft das Resultat einer solchen Serviceallokation dar. Die Allokation der Services wird aufgrund fachlicher Vorgaben (d.h. welcher Service kann/sollte auf welcher Ebene überhaupt angeboten werden) eingeschränkt. So sollte ein Anlagen-Controller, der einen Verbraucher kapselt, keinen Service „Erzeugerprognose“ anbieten.

Die Allokation wird darüber hinaus durch die Berücksichtigung nicht-funktionaler Anforderungen konkretisiert, welches anhand folgender drei Beispiele verdeutlicht wird:

1. Die SOA soll die Anforderung „Wahrung der lokalen Autonomie der Erzeugeranlagen“ erfüllen. Daher werden alle Services, die den Erzeugern zugeordnet werden können (wie „Erzeugerprognose“) lokal durch den jeweiligen Anlagen-Controller auf Feldebene vorgehalten und angeboten (siehe Abbildung 4, links).
2. Die SOA soll die Anforderung „leichte Wartbarkeit der Services“ erfüllen. Daher werden alle Services zentral im VPP Control Center auf Netzebene bereitgestellt (siehe Abbildung 4, Mitte).
3. Die SOA soll die Anforderung „hohe Verfügbarkeit des Gesamtsystems und aller Services“ erfüllen. Daher werden alle Services sowohl auf der untersten fachlich möglichen Hierarchieebene, als auch auf den jeweils höher liegenden Hierarchieebenen redundant vorgehalten und angeboten (siehe Abbildung 4, rechts).

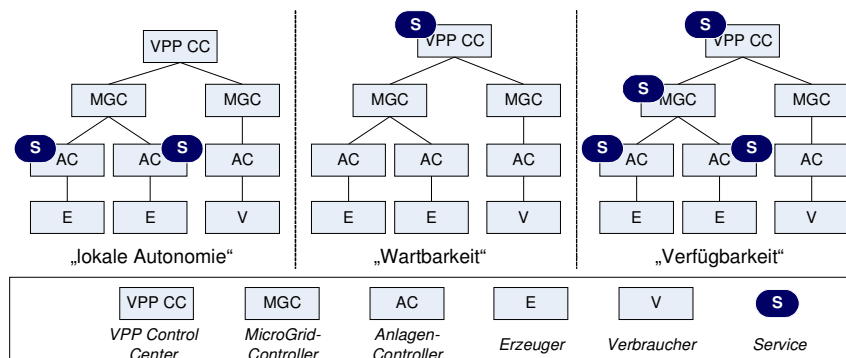


Abbildung 4: Serviceallokation unter Berücksichtigung nicht-funktionaler Anforderungen

Ziel ist es somit, konzeptionell das Zusammenspiel zwischen einer nicht-funktionalen Anforderung bzw. einer Menge von nicht-funktionalen Anforderungen und der Serviceallokation auf eine Kommunikationstopologie zu beschreiben und den Entwurf einer SOA zu leiten. Die Serviceallokation unter Berücksichtigung nicht-funktionaler Anforderungen kann in (Verteilungs-)Regeln oder Kostenmodellen dargestellt und anhand dieser durchgeführt werden. In den folgenden Abschnitten 6.1 und 6.2 werden die beiden Ansätze kurz dargestellt.

6.1 Regelbasierte Serviceallokation

Die fachlichen Vorgaben, die die Verteilung der Services auf einer Kommunikationstopologie beschreiben sowie die zu berücksichtigenden nicht-funktionalen Anforderungen, können mittels zu identifizierender Regeln formuliert werden.

Aufgaben und Ziele der regelbasierten Serviceallokation sind beispielsweise

- die Extraktion genereller Regeln bzw. Regelmengen zur Beschreibung der Serviceallokation auf einer Kommunikationstopologie,
- die Entwicklung von Regeln und Regelmengen zur Beschreibung der Serviceallokation unter Einbeziehung nicht-funktionaler Eigenschaften,
- die Implementierung beispielhafter SOA-Varianten und die darauf aufsetzende Simulation der SOA-Varianten zur Evaluation der Regeln.

6.2 Kostenmodellbasierte Serviceallokation

Neben einem regelbasierten Ansatz kann die Serviceallokation auf Basis eines Kostenmodells erfolgen. Hierfür werden die nicht-funktionalen Anforderungen in Kosten überführt und in, aus verteilten Datenbanken [Ape88] oder verteilten Workflow-Management-Systemen [Ba01] bekannten, Optimierungsproblemen modelliert. Da die hier betrachteten nicht-funktionalen Anforderungen dem SOA-Kontext entstammen, können hierzu auf Arbeiten bezüglich Quality of Services in SOA [MN02] zurückgegriffen werden [Ze04]. Durch die algorithmische oder heuristische Lösung des Optimierungsproblems kann dann eine optimierte Verteilung der Services erfolgen.

Aufgaben und Ziele der kostenmodellbasierten Serviceallokation sind beispielsweise

- die Überführung nicht-funktionaler Anforderungen in Kosten [Ze04],
- die Entwicklung eines Optimierungsmodells zur Serviceallokation unter Berücksichtigung nicht-funktionaler Anforderungen sowie
- die Auswahl und Implementierung eines Optimierungsalgorithmus oder eines heuristischen Verfahrens zur Lösung des Optimierungsproblems.

7 Zusammenfassung und Ausblick

Der Strukturwandel in der Energieversorgung durch die zunehmende Dezentralisierung der Energieeinspeisung, die Öffnung der Energiemärkte und die damit einhergehende Einbindung autonomer Akteure oder die komplexer werdenden Planungs- und Steuerungsprozesse verlangen eine Dezentralisierung des Energiemanagements [SW03]. Diese kann auf Seiten der Systemarchitektur durch eine hierarchisch organisierte SOA abgebildet werden. Die Entwicklung der SOA durch eine Verteilung der Services muss einem wohldefinierten und ingenieurmäßigen Vorgehen unterliegen. Im vorliegenden Beitrag wurde hierzu die Methode zur modellbasierten Serviceallokation vorgestellt.

Anhand der hier vorgestellten Methode kann die Spezifizierung, Modellierung und strategisch gelenkte Verteilung der Services für das dezentrale Energiemanagement auf eine Kommunikationstopologie erfolgen. Die Methode ermöglicht ein planbares, verständliches und wiederholbares Vorgehen zur Entwicklung der SOA. Die Methode kann sowohl zur initialen als auch zur späteren Verteilung aufgrund von Änderungen in der Geschäftslogik, der Kommunikationstopologie oder den strategischen Vorgaben genutzt werden. Durch die strikte Trennung der fachlichen und technischen Modelle wird die Komplexitätsreduktion der SOA ermöglicht. Die vorgestellte Methode schließt mit einem plattformunabhängigen Modell des MDA-Ansatzes.

Zur technischen Realisierung der SOA bis hin zur Codegenerierung schlägt der Beitrag vor, so weit möglich auf bestehende Konzepte zurückzugreifen, beispielsweise aus dem Grid-Bereich [SFF06] zur Abbildung von Anlagenverbänden. Aktueller Forschungsbedarf wird insbesondere hinsichtlich der Verteilungsstrategien gesehen. Ziel der Verteilungsstrategien ist es, die nicht-funktionalen Anforderungen, die an die SOA gestellt werden, in Regelmengen oder Kostenmodelle zu überführen und auf Basis dieser beiden Ansätze die Serviceallokation durchzuführen.

Die Evaluation der Methode erfolgt durch die Entwicklung prototypischer Werkzeuge zur Methodenunterstützung und Anwendung dieser in einem Forschungsprojekt. So wird die Methode einem „Proof of Concept“ unterzogen und die modellbasierte Serviceallokation anhand einzelner Prozesse und Services für das dezentrale Energiemanagement demonstriert.

Danksagung Dieser Beitrag ist im Rahmen des Forschungsprojektes „DEMS – dezentrales Energiemanagement-System“ der EWE AG entstanden.

Literaturverzeichnis

- [Ap88] Apers, P. M. G.: Data allocation in distributed database systems. In: ACM Trans. Database Syst. 13(3), 1988; S. 263-304.
- [Ba01] Bauer, T.: Effiziente Realisierung unternehmensweiter Workflow-Management-Systeme. Dissertation, Universität Ulm, 2001.
- [Br04] Brown, A. W.: Model driven architecture: Principles and practice. In: Software and System Modeling, 3(4), 2004; S. 314–327.

- [Co04] Cook, S.: Domain-Specific Modeling and Model Driven Architecture. In: The MDA Journal. Meghan-Kiffer, 2004.
- [DDO07] Dijkman, R. M.; Dumas, M.; Ouyang, C.: Formal Semantics and Automated Analysis of BPMN Process Models. <http://eprints.qut.edu.au/archive/00006859/>, 2007; Abruf am 30.09.2007.
- [Gu94] Gutzwiller, T. A.: Das CC RIM-Referenzmodell für den Entwurf von betrieblichen, transaktionsorientierten Informationssystemen. Physica, 1994.
- [HVV06] Humm, B.; Voß, M.; Hess, A.: Regeln für serviceorientierte Architekturen hoher Qualität. In: Informatik-Spektrum, 29(6), 2006; S. 395–411.
- [IEC03] IEC: INTERNATIONAL STANDARD IEC 61970-301: Energy management system application program interface (EMS-API) Part 301: Common Information Model (CIM) Base. International Electrotechnical Commission, 2003.
- [KBS07] Krafzig, D.; Banke, K.; Slama, D.: Enterprise SOA: Wege und Best Practices für Serviceorientierte Architekturen. mitp, 2007.
- [LB07] Lautenbacher, F.; Bauer, B.: Creating a Meta-Model for Semantic Web Service Standards. In: Third International Conference on Web Information Systems and Technologies (WEBIST) - Web Interfaces and Applications, 2007; S. 376-381.
- [LMW07] Luhmann, T.; Meister, J.; Wulff, C.: Serviceorientierte Produktplattform für das Energiemanagement der Zukunft. In: Wirtschaftsinformatik 49 (5), 2007; S. 343_351.
- [MF07] Meister, J.; Feislachen, H.: Virtual Power Plant requirements for IEC 61850-7-420. Präsentation zum Workshop on International Standardization for Distributed Energy Resources, 2007.
- [MN02] Mani, A.; Nagarajan, A.: Understanding quality of service for Web services. IBM, <http://www.ibm.com/developerworks/library/ws-quality.html>, 2002; Abruf am 30.09.2007
- [OAS07] OASIS: Web Service Business Process Execution Language Version 2.0, 2007.
- [OMG03] OMG: MDA Guide Version 1.0.1., 2003.
- [OMG06] OMG: BPMN 1.0: OMG Final Adopted Specification, 2006.
- [Sc07] Schmedes, T.: Modellierung service-orientierter Architekturen in der Energieversorgung. In (Bleek, W.-G.; Schwentner, H.; Züllighoven, H. Hrsg.): Software Engineering 2007 - Beiträge zu den Workshops, GI, 2007; S. 187-194.
- [SFF06] Smith, M.; Friese, T.; Freisleben, B.: Model Driven Development of Service-Oriented Grid Applications. In: International Conference on Internet and Web Applications and Services, IEEE Press, 2006; S. 139-146.
- [SW03] Shahidehpour, M.; Wang, Y.: Communication and Control in Electric Power Systems: Applications of Parallel and Distributed Processing. John Wiley & Sons Inc., 2003.
- [Us05] Uslar, M.; Schmedes, T.; Luhmann T.; Appelrath. H.-J.: Eine serviceorientierte Architektur für das dezentrale Energiemanagement. In (Armin B. Cremers, A.B.; Manthey, R.; Martini, P.; Steinhage V. Hrsg.): INFORMATIK 2005: Informatik LIVE!, 2005; S. 622–626.
- [WSA07] Winkels, L.; Schmedes, T.; Appelrath. H.-J.: Dezentrale Energiemanagementsysteme. In: Wirtschaftsinformatik, 49(5):386–390, 2007.
- [W3C07] W3C: Web Services Description Language (WSDL) Version 2.0, 2007.
- [Ze04] Zeng, L.; Benatallah, B.; Ngu, A. H.; Dumas, M.; Kalagnanam, J.; Chang, H.: QoS-Aware Middleware for Web Services Composition. In: IEEE Transactions on Software Engineering 30(5), 2004; S. 311-327.