

Herausforderungen für das Requirements Engineering in der Domäne Energie¹

Friedrich-W. Fasse

RWE Consulting GmbH
Lysegang 11
45139 Essen

Kim Lauenroth

paluno - The Ruhr Institute for
Software Technology
Universität Duisburg-Essen
Gerlingstraße 16, 45127 Essen
kim.lauenroth@paluno.uni-due.de

Abstract: Der Ausbau derzeitiger Stromnetze zum intelligenten Stromnetz der Zukunft („Smart Grid“) stellt für die Domäne Energie einen massiven Umbruch dar. Bei der Realisierung des Smart Grid spielen Eingebettete Systeme eine zentrale Rolle. Zum einen werden sie zukünftig wesentliche Aufgaben der Steuerung von Energieerzeugung und -verbrauch übernehmen.

Zum anderen kommt ihnen eine bedeutsame Rolle bei der Interaktion zwischen den am Smart Grid beteiligten Einheiten zu. Nicht zuletzt ermöglicht erst der Einsatz leistungsfähiger Eingebetteter Systeme die Ausschöpfung vielfältiger Geschäftspotenziale mit neuen Produkten und Dienstleistungen sowie innovativen Geschäftsmodellen.

Bisher liegen nur wenige Erfahrungen bei der Entwicklung von Systemen mit vergleichbarer Komplexität vor. In Folge dessen müssen bereits initiale Analyseschritte im Requirements Engineering solcher Systeme mit besonderer Sorgfalt durchgeführt werden, um möglichst präzise Anforderungen für die weiteren Entwicklungsstufen dieser Systeme formulieren zu können.

Der vorliegende Beitrag gibt einen Überblick über aktuelle Entwicklungen in der Domäne Energie hinsichtlich des Smart Grid und leitet daraus zukünftige Herausforderungen für das Requirements Engineering ab.

1 Einleitung

Eingebettete Systeme sind schon heute ein wesentlicher Bestandteil von technischen Systemen in der Energiedomäne und haben bisher typischer Weise klar definierte und abgegrenzte Aufgaben z. B. bei der Steuerung und Regelung von Kraftwerken oder in Energienetzen übernommen.

Die aktuellen Entwicklungen in der Domäne Energie lassen jedoch darauf schließen, dass die Anforderungen an die Leistungsfähigkeit von Eingebetteten Systemen im energiewirtschaftlichen Kontext zukünftig deutlich steigen werden.

¹ Diese Arbeit wurde teilweise gefördert durch das Projekt SPES2020, gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), Förderkennzeichen 01IS08045(L|V).

1.1 Entwicklung der Domäne Energie zum Smart Grid

Seit einigen Jahren zeichnet sich in der Energiedomäne ein massiver Umbruch hin zum „Intelligenten Stromnetz“ oder „Smart Grid“ ab. Der Begriff des Smart Grid [RWE10] steht für eine Aufrüstung des bestehenden Netzes, um den steigenden Herausforderungen an eine auch in Zukunft sichere und effiziente Stromversorgung gerecht zu werden.

Die Entwicklung wird durch eine Reihe von politisch, ökonomisch und ökologisch motivierten Zielen getrieben, welche insbesondere auch unmittelbaren Einfluss auf die zur Steuerung des zukünftigen Stromnetzes eingesetzte Informations- und Kommunikationstechnologie haben werden. So wird zur Erfüllung von Klimaschutzzielen und einer damit verbundenen nachhaltigen und ressourcenschonenden Energieversorgung bereits seit einigen Jahren der Ausbau der Erneuerbaren Energien wie bspw. Windenergie, Photovoltaik und Biogas verstärkt vorangetrieben. Dies führt dazu, dass die Energieerzeugung neben den bestehenden Großkraftwerken zunehmend auch von kleineren dezentralen Einheiten übernommen wird. Darüber hinaus wird ein effizienterer Umgang mit Energie angestrebt. Dies erfordert zum einen eine höhere Transparenz beim Energieverbrauch und zum anderen einen optimierten Einsatz elektrischer Geräte.

Aus diesen Entwicklungen erwachsen neue Herausforderungen für Funktion und Einsatz Eingebetteter Systeme, die zukünftig sowohl zur Steuerung als auch zur Information und Kommunikation im Smart Grid eingesetzt werden. Höhere Anforderungen an die Steuerungsfunktion Eingebetteter Systeme ergeben sich vor allem daraus, dass der Energiemarkt durch die zunehmende Einspeisung aus Erneuerbaren Energien erheblich volatiler wird und damit eine verstärkte Angleichung des Erzeugungs- und Abnahmeverhaltens erforderlich macht. Darüber hinaus sollen Eingebettete Systeme die gezielte Steuerung elektrischer Verbraucher ermöglichen, in dem bspw. ein Wäschetrockner in einem Haushalt erst zu einem Zeitpunkt aktiviert wird, zu dem der Strom besonders günstig ist.

Die Herausforderungen hinsichtlich der Informations- und Kommunikationsfunktion von Eingebetteten Systemen manifestieren sich unter anderem darin, dass der Energieverbrauch einzelner oder mehrerer Aggregate im Haushalt zukünftig über eine nahezu kontinuierliche Messung transparenter wird und damit Energieeinsparpotenziale weitaus besser ermittelt werden können, als dies heute der Fall ist. Des Weiteren eröffnen sich nicht nur für Energieversorger sondern auch für andere (neue) Anbieter bisher ungeahnte Möglichkeiten, neue Produkte im Markt zu platzieren oder mit innovativen Geschäftsmodellen zusätzliche Erlöspotenziale zu erschließen. So können Energieversorger bspw. zeitvariable Tarife anbieten.

Mittels Eingebetteter Systeme - z. B. als Smart Meter - erhalten die Verbraucher Preissignale für einen zeitlich günstigen Energieverbrauch und damit einen Anreiz, Energie dann zu verbrauchen, wenn diese besonders günstig ist. Wenn die Informations- und Kommunikationstechnologie darüber hinaus auch in der Lage ist, angeschlossene elektrische Verbraucher automatisch zu aktivieren oder zu deaktivieren, übernimmt diese wiederum auch eine wichtige Steuerungsfunktion und trägt zu dem gewünschten Ausgleich von Energieeinspeisung und -entnahme bei.

Nicht zuletzt ergeben sich durch die gezielte Nutzung der vielfältigen Möglichkeiten leistungsfähiger Eingebetteter Systeme neue Geschäftsmodelle. So können sich zukünftige Marktakteure bspw. durch intelligente Verknüpfung von Smart Meter- und Smart-Home-Technologien zusätzliche Geschäftspotenziale erschließen. Ebenso ist es denkbar, durch Ausschöpfung der umfangreichen Möglichkeiten zur Informationsgewinnung und -aufbereitung als eine Art „Informationsbroker“ im Energiemarkt aufzutreten und basierend auf den verfügbaren Informationen neue Dienstleistungen anzubieten.

Erst der Einsatz entsprechend leistungsfähiger Eingebetteter Systeme schafft die technischen Voraussetzungen, die zunehmend anspruchsvolleren Steuerungs-, Informations- und Kommunikationsaufgaben im Smart Grid zu realisieren und entsprechende Mehrwerte durch neue Geschäftsmodelle zu generieren. Damit tragen Eingebettete Systeme nicht zuletzt auch zur Umsetzung der ehrgeizigen politischen, ökonomischen und ökologischen Ziele bei.

1.2 Fokus dieses Beitrags: Requirements Engineering

Bereits jetzt zeichnet sich ab, dass das Smart Grid eine extreme Komplexität aufweisen wird, die mit anderen Systemen nur schwer vergleichbar ist. Bisher liegen nur wenige Erfahrungen bei der Entwicklung von Systemen mit vergleichbarer Komplexität vor. Daher müssen bereits initiale Analyseschritte im Requirements Engineering solcher Systeme mit besonderer Sorgfalt durchgeführt werden, um möglichst präzise und umfassende Anforderungen für die weiteren Entwicklungsschritte formulieren zu können.

Aufgrund dieser Komplexität und der geringen Erfahrungen auf diesem Gebiet untersucht dieser Beitrag wesentliche Merkmale des Smart Grid und leitet daraus Herausforderungen ab, die sich insbesondere für das Requirements Engineering ergeben.

2 Komplexität des Smart Grid

Die Komplexität des Smart Grid ergibt sich im Wesentlichen aus drei Faktoren: Die hohe Anzahl an beteiligten Einheiten, das anfallende Informationsvolumen und die zunehmend dezentrale Energieerzeugung mit Erneuerbaren Energien.

2.1 Hohe Anzahl an beteiligten Einheiten

Betrachtet man eine typische Stadt mit 100.000 Haushalten, so ist in jedem Haushalt dieser Stadt ein konventioneller Stromzähler verbaut. Ein Smart Grid in dieser Stadt würde bedeuten, dass jeder dieser Stromzähler durch einen intelligenten Stromzähler und damit durch ein Eingebettetes System ersetzt würde. Daraus ergeben sich in dieser Stadt alleine in den Privathaushalten 100.000 Eingebettete Systeme. Die Stromzähler in den Gewerbe- und Industriebetrieben sind in diese Zahl noch nicht eingerechnet. Würde man diese Betrachtung auf ganz Deutschland erweitern, so ergäben sich noch wesentlich höhere Zahlen. Die Anzahl der Privathaushalte in Deutschland beläuft sich aktuell auf ca. 40 Mio. (Stand 2009 [St11]). Würde man in ganz Deutschland ein Smart Grid mit

intelligenten Stromzählern realisieren, wären damit auch 40 Mio. Eingebettete Systeme in einem solchen Netz aktiv. Mit dieser Größenordnung ist das Smart Grid von der Anzahl der beteiligten Einheiten vergleichbar mit dem Internet. Das Smart Grid weist allerdings zwei wesentliche Unterschiede zum Internet auf:

- Im Smart Grid findet primär eine 1:n Kommunikation statt, d.h. viele intelligente Stromzähler kommunizieren mit wenigen zentralen Einheiten der Energieversorger. Im Internet findet eine n:m Kommunikation statt, d.h. Einheiten kommunizieren untereinander.
- Im Smart Grid sind die beteiligten Einheiten im Wesentlichen permanent aktiv und kommunizieren mit den zentralen Einheiten. Im Internet sind nicht immer alle beteiligten Einheiten permanent aktiv, da die Internetnutzer nicht kontinuierlich im Netz aktiv sind und nicht alle Internetseiten durchgehend angefragt werden.

2.2 Informationsvolumen

Aus der zuvor beschriebenen Größenordnung der beteiligten Einheiten ergibt sich unmittelbar der zweite Komplexitätsfaktor: das Informationsvolumen. Jeder intelligente Stromzähler sammelt kontinuierlich Verbrauchsdaten, die in der Regel an die Energieversorger übertragen werden. Die aktuell in der Energiedomäne diskutierten Zeitintervalle der gemessenen Verbrauchsdaten bewegen sich im Bereich von wenigen Minuten.

Nimmt man für eine Beispielrechnung ein Intervall von 15 Minuten an, so würden pro Tag und pro Haushalt ($4 \times 24 =$) 96 Messzeitpunkte für die Verbrauchsdaten anfallen. Hochgerechnet auf die in Abschnitt 2.1 angeführte Stadt würden pro Tag 9,6 Mio. Messzeitpunkte anfallen. Bei einer Größe von 1 Kilobyte pro Datensatz ergäben sich daraus ca. 10 Gigabyte Daten pro Tag. Dieses Datenvolumen muss durch Kommunikationsnetze übertragen und ausgewertet sowie an geeigneter Stelle (im Allgemeinen beim Energieversorger) für einen definierten Zeitraum gespeichert werden.

2.3 Erneuerbare Energien und dezentrale Energieerzeugung

Den Erneuerbaren Energien wie bspw. Windkraft und Photovoltaik wird in der Energiedomäne ein hohes Potenzial zugesprochen [UE11]. Windkraft bzw. Photovoltaik sind jedoch von der verfügbaren Menge an Wind resp. der Sonneneinstrahlung abhängig. Wenn der Anteil dieser Energiequellen an der Energieversorgung zunimmt, wächst automatisch der Einfluss aktueller Wetterbedingungen auf die Energieversorgung. Damit steigt gleichzeitig die Volatilität im Netz.

Daher müssen unvorhersehbare Wetterereignisse (bspw. Regenwetter oder starker Wind) bei der Planung der Energieversorgung berücksichtigt werden und ausreichend Reservekapazitäten (bspw. Speicherkraftwerke) oder schnell zu-/ abschalbare Lasten vorgehalten werden, um nicht prognostizierte Ausfälle oder kurzfristig entstehende Überkapazitäten bei den Erneuerbaren Energien zu kompensieren. Neben den Erneuerbaren Energiequellen aus Wind und Sonne stehen mit Biogasanlagen und Blockheizkraftwerken weitere zahlreiche kleinere Energiequellen zur Verfügung, die ihren Beitrag zur gesamten

Energieversorgung leisten. Die Steuerung solcher kleineren Anlagen birgt jedoch Probleme:

- *Energiequellen sind teilweise nicht schaltbar:* Erneuerbare Energiequellen, wie bspw. Photovoltaikanlagen liefern Energie, wenn die Sonne scheint. Wenn die Sonne nicht scheint, wird keine Energie geliefert. Des Weiteren ist die Produktion elektrischer Energie unter Umständen ein Abfallprodukt (bspw. in Blockheizkraftwerken (BHKW)), und ein Abschalten der Energiequelle ist nicht möglich, da die Lieferung des Hauptprodukts des Kraftwerkes (bspw. Wärme) für eine dritte Partei notwendig ist (Wärme geführtes BHKW).
- *Eigentümer verfolgen Gewinnmaximierung:* Viele Quellen von Erneuerbaren Energien sind nicht im Eigentum der Energieversorger. Die Photovoltaikanlage auf dem Dach gehört bspw. dem Hausbesitzer oder das Blockheizkraftwerk auf dem Gelände einer Fabrik gehört dem Fabrikbesitzer. Die Vergütung der Eigentümer dieser Anlagen erfolgt typischer Weise nach der abgenommenen oder eingespeisten Energiemenge. Damit geht in der Regel das Interesse des Eigentümers einher, dass die Anlage möglichst kontinuierlich Energie liefert und nicht abgeschaltet wird. Zudem verpflichtet das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) den Netzbetreiber zu einer vorrangigen Abnahme von Energiemengen aus EEG-Erzeugung
- *Ausgleich von unkontrolliertem Ausfall von Energiequellen:* Erneuerbare Energiequellen können aus unterschiedlichen Gründen unvorhersehbar ausfallen, wenn bspw. bei einer Biogasanlage der Gasvorrat erschöpft ist oder wenn der Generator auf Grund mangelnder Wartung ausfällt. Ein effizientes Steuerungssystem muss in der Lage sein, solche ungeplanten Ereignisse durch geeignete Maßnahmen auszugleichen.

2.4 Herausforderungen für das Requirements Engineering

Für das Requirements Engineering ergeben sich aus der hohen Anzahl an beteiligten Einheiten sowie aus dem großen Informationsvolumen die folgenden Herausforderungen:

- *Analyse von Wechselwirkungen:* Auf Grund der hohen Anzahl beteiligter Einheiten können unerwartete Emergenzeffekte entstehen, die zu unerwünschtem Systemverhalten führen (bspw. Überlastung von Teilsystemen). Mögliche Folgen aus Emergenzeffekten müssen durch geeignete Requirements Engineering-Techniken erkannt und entsprechend berücksichtigt werden.
- *Berücksichtigung von technischen und ökonomischen Aspekten:* Das Beispiel der Steuerung auch kleinerer dezentraler Energieerzeuger/ -einspeiser zeigt, dass technische und ökonomische Interessen der beteiligten Partner einander widersprechen können. Techniken zur Ermittlung von Anforderungen müssen daher insbesondere die Integration von technischen und ökonomischen Interessen berücksichtigen.

- *Anforderungen an die Skalierbarkeit:* Requirements Engineering-Techniken müssen dediziert auf die Ermittlung von Skalierbarkeitsanforderungen abzielen, damit die entwickelten Eingebetteten Systeme in der notwendigen Größenordnung operieren können. Diese Arten von Anforderungen sind insbesondere für den Entwurf und die technische Auslegung von Systemen im Smart Grid notwendig.
- *Validierung von Anforderungen in Bezug auf die Skalierbarkeit:* In Bezug auf die Validierung von Anforderungen muss für Systeme im Smart Grid geprüft werden, ob definierte Anforderungen auch in Systemen erfüllt werden können, welche die zuvor beschriebene Größenordnung aufweisen. Als Beispiel für eine solche Anforderung kann das Zeitintervall herangezogen werden, in dem die Verbrauchsdaten an den Energieversorger übermittelt werden.

3 Rahmenbedingungen in der Domäne Energie

In der Domäne Energie sind zwei wesentliche Rahmenbedingungen zu beachten: Erstens ist das Energienetz ein massiv räumlich verteiltes System aus Einheiten, die zweitens eine lange Lebensdauer und hohe Zuverlässigkeit aufweisen müssen.

3.1 Massive räumliche Verteilung des Systems

Das bestehende Stromnetz zeichnet sich bereits jetzt durch eine massive räumliche Verteilung der beteiligten Einheiten aus. Diese Verteilung bezieht sich nicht nur auf Kraftwerke, dezentrale Einspeiser wie bspw. Photovoltaikanlagen, Umspannwerke und Verteilstationen sondern insbesondere auch auf die in der Fläche in großer Zahl vorhandenen Stromzähler.

Im zukünftigen Smart Grid ist davon auszugehen, dass die Anzahl beteiligter Einheiten und damit die massive räumliche Verteiltheit weiter zunehmen wird. Betrachtet man bspw. die Stromzähler, welche sukzessive durch Smart Meter ersetzt werden sollen, bedeutet dies, dass Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten nach Installation aus betriebswirtschaftlichen Gründen kaum noch manuell vor Ort durch einen Techniker/ Dienstleister wahrgenommen werden können. Hieraus ergeben sich unter anderen die folgenden Konsequenzen:

- Die Installation der Eingebetteten Systeme muss mit maximaler Effizienz erfolgen, damit der Aufwand für die Realisierung eines Smart Grid überhaupt möglich ist.
- Eingebettete Systeme wie der intelligente Stromzähler müssen nach der Installation möglichst zuverlässig und störungsfrei arbeiten.
- Physikalische Anpassungen der Systeme durch einen Techniker/ Dienstleister kämen auf Grund des Aufwands und der Kosten kaum in Frage.
- Auch Änderungen der Software, bspw. Fehlerbehebungen oder das Ergänzen neuer Funktionalitäten müssen über geeignete Kommunikationsnetze und weitestgehend automatisch erfolgen.

3.2 Lebensdauer und Zuverlässigkeit der Systeme

Konventionelle Stromzähler, wie sie in deutschen Haushalten verbaut sind, haben eine typische Lebensdauer von 20 bis 30 Jahren innerhalb derer sie störungsfrei arbeiten. Die lange Lebensdauer ist nicht zuletzt auf Grund der in Abschnitt 3.1 erwähnten massiven räumlichen Verteiltheit ein wesentlicher Wirtschaftlichkeitsfaktor dieser Geräte. Überträgt man die Anforderung an die Lebensdauer (20 bis 30 Jahre) auf das Smart Grid und bspw. den intelligenten Stromzähler, ergeben sich hieraus unter anderem die folgenden Konsequenzen:

- Die technischen Bauteile müssen über einen Zeitraum von 20 bis 30 Jahren fehlerfrei funktionieren.
- Die physikalischen Schnittstellen zum Stromnetz sowie zum Informations- und Kommunikationsnetz (welches der Übertragung von Information zum Stromanbieter dient) können kaum/ gar nicht angepasst werden.
- Die Hardware-Ressourcen der Einheiten (CPU, Speicher, etc.) müssen so dimensioniert sein, dass sie nicht nur die Funktionalitäten von heute mit angemessener Performanz umsetzen können, sondern auch Funktionalitäten umsetzen können, die in 10 oder 20 Jahren erdacht und entwickelt werden.
- Die Software der Einheiten muss derart flexibel entworfen und entwickelt werden, dass auch zukünftig erdachte und entwickelte Funktionen in die bestehende Software integriert werden können.

3.3 Herausforderungen für das Requirements Engineering

Für das Requirements Engineering ergeben sich aus der massiven räumlichen Verteilung sowie der geforderten Lebensdauer und Zuverlässigkeit der Systeme die folgenden Herausforderungen:

- *Anforderungen zur Berücksichtigung der räumlichen Verteiltheit:* Bei der Ermittlung von Anforderungen muss berücksichtigt werden, dass die zu entwickelnden Systeme nach der Installation nur mit großem Aufwand durch einen Techniker/ Dienstleister erreicht und manuell modifiziert werden können.
- *Anforderungen für die nächsten 20 bis 30 Jahre:* Bei der Ermittlung von Anforderungen an Eingebettete Systeme im Smart Grid muss berücksichtigt werden, dass auch Anforderungen definiert werden, die zwar heute noch nicht zwingend relevant sind, aber innerhalb der nächsten 20 Jahre relevant werden könnten. Umgekehrt muss bei der Ermittlung die Frage gestellt werden, ob Anforderungen auch noch in 20 Jahren relevant sein werden.
- *Anforderungen an eine Lebensdauer von bis zu 30 Jahren:* Bei der Ermittlung von Anforderungen muss ebenfalls der Faktor berücksichtigt werden, dass Eingebettete Systeme die angestrebte Lebenserwartung von bis zu 30 Jahren erfüllen. Dieser Faktor bezieht sich sowohl auf die Hardware als auch auf die Software der Eingebetteten Systeme.

- *Validierung in Bezug auf eine lange Lebensdauer und auf Zuverlässigkeit:* Anforderungen an Eingebettete Systeme müssen dahingehend überprüft werden, ob diese Anforderungen einer langen Lebensdauer der Systeme entgegenstehen oder sich negativ auf die Zuverlässigkeit auswirken.

Insgesamt ist zu berücksichtigen, dass im Smart Grid neben dem eigentlichen Stromnetz ein zweites Netz aufgebaut wird - das Informations- und Kommunikationsnetz (IKT-Ring). Dies führt dazu, dass völlig neue Steuerungs- und Kontrollvorgänge stattfinden werden, welche das Stromnetz selbst nicht destabilisieren dürfen.

4 Datenschutz und Sicherheit im Smart Grid

Aus den technischen Möglichkeiten zur Gewinnung von Daten im Smart Grid ergibt sich unmittelbar die Frage nach dem Datenschutz und der Sicherheit bzw. dem Schutz vor Missbrauch.

4.1 Datenschutz

Die Informationen, die ein intelligenter Stromzähler an den Energieversorger überträgt, bestehen im Wesentlichen aus der aktuellen Uhrzeit und dem aktuellen Stromverbrauch. Es ist beabsichtigt, diese Informationen zukünftig mehrfach pro Stunde zu übertragen und für Abrechnungs- und ggf. weitere Zwecke sowie zur Erstellung von Lastprofilen zu nutzen (siehe Abschnitt 1.1). Basierend auf diesen Informationen lassen sich unter anderem folgende Aussagen über einen einzelnen Haushalt ableiten [Bi09]:

- *Transparenz über die Lebensweise in einem Haushalt:* Aus dem Lastprofil eines Haushalts kann abgeleitet werden, wann Nachtruhe in einem Haushalt herrscht. Das Lastprofil zu dieser Zeit bleibt für den Zeitraum der Nachtruhe auf einem konstant niedrigen Niveau, da nur die dauerhaft eingeschalteten Elektrogeräte (bspw. Kühl- oder Gefrierschrank) Energie verbrauchen.
- *Auskunft über die Nutzung von elektrischen Geräten:* Es kann bspw. abgeleitet werden, ob und wann im Haushalt (elektrisch) gekocht wird oder wann der Fernseher läuft. Die Benutzung eines Elektroherdes ist sehr deutlich im Lastprofil erkennbar, da ein Elektroherd im Betrieb eine sehr hohe Energieleistung benötigt.
- *Auskunft über Abwesenheitszeiten im Haushalt:* Ein langer Zeitraum an geringer Last über mehrere Tage hinweg deutet darauf hin, dass im Haushalt niemand anwesend ist. Analog deutet eine regelmäßig geringe Last tagsüber darauf hin, dass im Haushalt tagsüber niemand zu Hause ist.

4.2 Sicherheit

Aus den erhobenen Daten in Verbindung mit den technischen Möglichkeiten im Smart Grid erwachsen Risiken des Datenmissbrauchs [Fi10]. So sind unter anderem folgende Missbrauchsszenarien denkbar:

- *Lastprofil zeigt den günstigsten Zeitpunkt für eine Einbruch:* Wenn das Lastprofil eines Haushalts einem Dritten zugänglich gemacht wird, kann er daraus mögliche Zeitpunkte und Dauer einer Abwesenheitszeiten der Haushaltsmitglieder ableiten, um so den besten Zeitpunkt für einen Einbruch zu ermitteln.
- *Abschalten der Energie in einem Haushalt von außen:* Durch die geplanten Steuerungsmöglichkeiten von elektrischen Geräten (siehe Abschnitt 1.1) kann ein Dritter die Energie in einem Haushalt komplett abschalten und damit bspw. eine Überwachungsanlage in einem Haus außer Funktion setzen, um einen Einbruch zu erleichtern.
- *Sabotage der Stromversorgung in Teilnetzen:* Erlangt ein Dritter Zugang zu den Steuerungsmöglichkeiten intelligenter Stromzähler, bspw. in einer ganzen Stadt, so könnte das Energienetz dieser Stadt durch gezieltes Ein- und Ausschalten einer Vielzahl elektrischer Geräte überlastet und damit schlimmstenfalls die Energieversorgung dieser Stadt außer Funktion gesetzt werden.

4.3 Herausforderungen für das Requirements Engineering

Die angeführten Beispiele zeigen, dass Datenschutz und Sicherheit essenzielle Themen im Smart Grid sind. Zwar sind personenbezogene Daten zur Steuerung des Netzes nicht notwendig.

Vielmehr reichen pseudomysierte und kumulierte Werte aus, so dass ein direkter Rückschluss auf individuelle Lastgänge entfällt. Dennoch ergeben sich unter Datenschutz- und Sicherheitsaspekten unter anderen die folgenden Herausforderungen für das Requirements Engineering:

- *Datenschutzbedarf erkennen:* Techniken zur Erhebung von Anforderungen müssen insbesondere den Schutz sensibler Daten im Smart Grid gewährleisten, da intelligente Stromzähler über weitaus mehr Möglichkeiten der Datengewinnung und -aufbereitung verfügen als bislang eingesetzte Geräte.
- *Sicherheitsanforderungen identifizieren:* Requirements-Engineering-Techniken müssen darauf abzielen, Anforderungen zu erheben, die die Sicherheit im Smart Grid gewährleisten. Insbesondere muss darauf abgezielt werden, mögliche Missbrauchsszenarien frühzeitig zu identifizieren und Anforderungen zu entwickeln, um den Missbrauch von Smart-Grid-Technologien zu verhindern.
- *Missbrauchspotenzial minimieren:* Techniken zur Validierung von Anforderungen müssen darauf abzielen, ein mögliches Bedrohungspotenzial zu identifizieren, das von einer definierten Anforderung ausgeht, bspw. könnte geprüft werden, ob eine Datenanforderung im Smart Grid für Missbrauchszwecke genutzt werden kann oder ob eine funktionale Anforderung die Sicherheit im Smart Grid gefährdet.

5 Zusammenfassung

Die Aufrüstung der Energienetze in Richtung Smart Grid erfordert zunehmend den Einsatz leistungsstarker, umfassend vernetzter Eingebetteter Systeme für eine effiziente Nutzung zukünftiger Smart-Technologien. Eingebettete Systeme erfüllen dabei zum einen eine wesentliche Steuerungsfunktion zum Ausgleich von Energieerzeugung und -verbrauch. Zum anderen nehmen sie umfassende Aufgaben der Information und Kommunikation zwischen den im Smart Grid aktiven Einheiten wahr.

Der Beitrag fokussiert auf die zukünftigen Herausforderungen für das Requirements Engineering zur Entwicklung und Beherrschung Eingebetteter Systeme in der Domäne Energie. Zu den wesentlichen Herausforderungen, welche in diesem Beitrag diskutiert wurden, zählt die Komplexität des zukünftigen Smart Grid. Diese ist mit der Komplexität anderer Systeme nur schwer vergleichbar. Weitere Herausforderungen resultieren aus der massiven räumlichen Verteilung sowie den Anforderungen an Lebensdauer und Zuverlässigkeit zukünftiger Eingebetteter Systeme. Schließlich muss sich das Requirements Engineering den besonderen Herausforderungen an Datenschutz und Sicherheit im Smart Grid stellen.

Nicht zuletzt entscheidet die zielführende Umsetzung datenschutzrechtlicher sowie sicherheitstechnischer Aspekte bei der Entwicklung und Implementierung von Eingebetteten Systemen über Akzeptanz oder Reaktanz der „Smart“-Technologien und der damit einhergehenden vielfältigen Möglichkeiten neuer Produkte oder innovativer Geschäftsmodelle im Smart Grid.

6 Literaturverzeichnis

- [Bi09] Biermann, K.: Smart Meter - Was der intelligente Stromzähler ausplaudern darf. ZEIT ONLINE, 14.09.2009, <http://www.zeit.de/digital/datenschutz/2009-09/uld-smartmeter-gutachten>.
- [Fi10] Fischermann, T.: Intelligente Stromzähler - Attacke im Sicherungskasten. DIE ZEIT, 16.09.2010 Nr. 38, <http://www.zeit.de/2010/38/Smart-Grid-Hacker>.
- [Na11] Webseite der Voyager-Sonden, <http://voyager.jpl.nasa.gov/>, abgerufen am 3.1.2011.
- [RWE10] RWE-Broschüre: Wir sagen, was dahintersteckt – Begriffe, die im Zusammenhang mit der Energieversorgung von morgen häufig fallen, und ihre Bedeutung. <http://www.rwe.com/web/cms/mediablob/de/496876/data/496884/1/factbook/Factbook.pdf>.
- [St11] Webseite „Statistische Ämter des Bundes und der Länder“, http://www.statistik-portal.de/Statistik-Portal/de_jb01_jahrtab4.asp, Stand 3.8. 2010.
- [Ue11] Webseite „Unendlich viel Energie“, <http://www.unendlich-viel-energie.de/>, abgerufen am 3.1.2011.