



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Master Thesis Outline

Armin Steudte

**Realizing Demand Side Management using Complex Event
Processing**

*Fakultät Technik und Informatik
Studiendepartment Informatik*

*Faculty of Engineering and Computer Science
Department of Computer Science*

Armin Steudte

**Realizing Demand Side Management using Complex Event
Processing**

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Motivation	1
1.2	Ziel der Arbeit	1
2	Hypothesen und Ziele	3
2.1	Hypothesen	3
2.2	Ziele	4
3	Vorgehen	5
3.1	Phase 1 - Bestimmung von Bewertungskriterien	5
3.2	Phase 2	6
3.3	Phase 3	8
3.4	Phase 4	8
3.5	Ausblick	9
4	Risiken	10
4.1	Technische Risiken	10
4.2	Problembedingte Risiken	10
4.3	Architektonische Risiken	11
4.4	Risiken bei den Untersuchungen	11
5	Zusammenfassung	12

1 Einleitung

In dieser Ausarbeitung sollen sowohl die Motivation als auch die Ziele einer Masterarbeit zum Thema *Demand Side Management* (DSM) und *Complex Event Processing* (CEP) beschrieben werden.

Dabei soll das Vorgehen beschrieben werden mit dem die Ziele erreicht werden sollen. Anschließend werden die möglichen Risiken bezüglich des Vorgehens analysiert, sowie mögliche Gegenmaßnahmen zur ihrer Vermeidung genannt.

Abschließend wird ein kurzer Ausblick auf mögliche weitere zu untersuchende Themen und Fragestellungen, die auch Teil der Masterarbeit werden könnten, gegeben.

1.1 Motivation

Der zunehmende Ausbau der erneuerbaren Energien und die daraus resultierenden neuen Herausforderungen bei der Vorhersage der produzierten Strommenge stellen eine Gefahr für die Stabilität der Stromversorgung und des Stromnetzes dar, wie der Bericht der Bundesnetzagentur zum Zustand der leistungsgebundenen Energieversorgung im Winter 2011/12 zeigt (Bundesnetzagentur, 2012).

Der Bericht zeigt auf, dass in kritischen Situationen die vorzuhaltende Regelleistung auf Angebotsseite oftmals nicht mehr ausreicht, um einen stabilen Netzbetrieb zu gewährleisten.

DSM kann zur Entlastung der Angebotsseite beitragen, indem es eine Steuerung der nachgefragten Energiemenge ermöglicht und so weniger Regelleistung vorgehalten werden muss.

1.2 Ziel der Arbeit

Ziel der Arbeit ist die prototypische Umsetzung von DSM mit Hilfe von CEP und einer *ereignisgesteuerten Architektur* (EDA). Hierbei soll eine Evaluierung der mit dem Ansatz verbundenen Vor- bzw. Nachteile, sowie eine kritische Auseinandersetzung mit dem konkurrierendem Ansatz des Dynamic Demand Control (DDC) erfolgen.

Auf Grund des Fehlens einer realen Infrastruktur mit intelligenten Haushaltsgeräten, einer einheitlichen Kommunikationsinfrastruktur u.v.m. werden im Rahmen der Arbeit der Entwurf und die Umsetzung einer geeigneten Simulationsumgebung stattfinden. Der Schwerpunkt liegt hierbei auf einer intuitiven und einfachen Bedienbarkeit, so dass die Umgebung zukünftig als Hilfsmittel zur

1 Einleitung

Vermittlung von Wissen über Smart Grids und DSM in Lehre und Forschung verwendet werden kann.

2 Hypothesen und Ziele

2.1 Hypothesen

Während der Recherche nach vergleichbaren Arbeiten wurde herausgefunden, dass es zwar schon viele Arbeiten aus dem Bereich der Smart Grid Simulation gibt, und sich einige, z.B. Gudi u. a. (2011); Croft u. a. (2011); Zaidi u. a. (2010); Zeilinger (2011), mit DSM und dessen Simulation beschäftigt haben. Jedoch wurde bei den Recherchen kein Ansatz gefunden, der die Nutzung einer ereignisgesteuerten Architektur bzw. eines CEP vorsieht.

Aus dieser Erfahrung leitet sich die zentrale These der Arbeit ab:

Hypothese 1 Complex Event Processing ermöglicht die Konzeption und Entwicklung eines zuverlässigen und robusten Demand Side Managements.

Bei genauerer Betrachtung der in anderen Arbeiten verwendeten Ansätze, lassen sich diese in zwei Gruppen einteilen. Zum einen in die Gruppe der kommunikationsbasierten Ansätze (z.B. Gudi u. a. (2011)) und zu anderen in die Gruppe des *Dynamic Demand Control* (DDC), welche keine Kommunikation zwischen Teilnehmer nutzen.

Als Argument gegen die Verwendung von nachrichtenbasierter Kommunikation zwischen den verschiedenen Netzteilnehmern wird die in der Natur der Kommunikation liegende Verzögerung für die Nachrichtenübertragung genannt. Diese würde es verhindern schnell genug auf den sich ändernden Netzzustand zu reagieren, wodurch eine stabile Stromversorgung nicht mehr gegeben sei. Als Vertreter dieser Ansicht, seien hier beispielhaft die Arbeiten von Croft u. a. (2011) und Zeilinger (2011) angeführt.

Hieraus leiten sich die folgenden Thesen ab, welche in der anschließenden Masterarbeit verifiziert werden sollen:

Hypothese 2 Ein kommunikationsbasierter Ansatz für Demand Side Management ist schnell genug um einen stabilen Netzbetrieb zu gewährleisten.

Hypothese 3 Dynamic Demand Control ist einem kommunikationsbasiertem Ansatz in dem Aspekt der effizienten Ressourcenausnutzung unterlegen.

Zur Überprüfung der Hypothesen bedarf es einer Simulationsumgebung. Mit Hilfe der dabei gewonnenen Ergebnisse können dann die Hypothesen und Ziele falsifiziert werden.

Da die Entwicklung einer ausgewachsenen Simulationsumgebung den Rahmen der Vorarbeiten und der Masterarbeit sprengen würde, soll statt dessen eine Experimentierumgebung entwickelt werden. Diese beschränkt sich nur auf die wesentlichsten Komponenten und besitzt nicht den Anspruch einer realitätsnahen Simulation. Vielmehr soll der Schwerpunkt auf der intuitiven Bedienbarkeit liegen, so dass sie als eine Art „Serious Game“ zur Wissensvermittlung über die Abläufe im Smart Grid und beim DSM anschließend genutzt werden kann.

Hypothese 4 Komplexes Wissen zu den Themen Smart Grid und DSM lässt sich Schülern und Studenten in Form eines Lern- und Experimentierspiels am besten vermitteln.

2.2 Ziele

Aus den Hypothesen leiten sich die folgenden Ziele der Arbeit her, welche im Anschluss noch einmal genauer erläutert werden sollen:

1. Entwurf und Realisierung von DSM mit Hilfe von Complex Event Processing.
2. Kritische Reflexion der dabei gemachten Erfahrungen und Bewertung des gewählten Ansatzes.
3. Widerlegung der These aus Croft u. a. (2011) und Zeilinger (2011), dass kommunikationsbasierte Ansätze für DSM keine stabile Steuerung ermöglichen.
4. Verifizierung ob ein auf CEP basierendes DSM im Hinblick auf die Ressourcenausnutzung effizienter ist, als Dynamic Demand Control (DDC).
5. Mit Hilfe von Probandentests soll die Eignung der entwickelten Experimentierumgebung zur Wissensvermittlung nachgewiesen werden.

Zum Erreichen der Ziele 1 und 2 soll, aufbauend auf der im Vorfeld entworfenen und prototypisch umgesetzten Simulationsumgebung für Micro-Grids, das benötigte Ereignismodell, sowie die Interaktion zwischen den Netzteilnehmer entworfen, realisiert und getestet werden. Zusätzlich sind Fragestellungen aus den Bereichen der Ressourcenplanung und Koordination auf den unterschiedlichen Netzebenen zu lösen.

Anschließend sollen mit Hilfe des entwickelten Systems die These aus Croft u. a. (2011); Zeilinger (2011) widerlegt und weitere Untersuchungen zu der Qualität und Ressourcenausnutzung des DSM durchgeführt werden (Ziele 3,4).

Die fertiggestellte Experimentierumgebung ist abschließend auf ihre Eignung zur Wissensvermittlung hin zu prüfen (Ziel 5).

3 Vorgehen

In diesem Kapitel soll das Vorgehen zum Erreichen der in Abschnitt 2.2 beschriebenen Ziele vorgestellt werden. Das Vorgehen gliedert sich dabei in die vier folgenden Phasen:

Phase 1: Bestimmung von Bewertungskriterien

Phase 2: Entwurf und Implementierung DSM auf Micro-Grid Ebene

Phase 3: Entwurf und Implementierung DSM auf Hausnetzebene

Phase 4: Ebenenintegration, Systemtest und weitere Untersuchungen

Im Folgenden sollen die einzelnen Phasen nun vertiefend betrachtet werden.

3.1 Phase 1 - Bestimmung von Bewertungskriterien

Im Zentrum der ersten Phase steht das Sammeln von Bewertungskriterien zur abschließenden Beurteilung des zu entwickelnden Systems. Anhand der Kriterien können die in Abschnitt 2.2 gesteckten Ziele quantitativ und qualitativ überprüft werden.

Neben funktionalen und nicht-funktionalen Anforderungen sind auch Kriterien zur Bewertung der Güte der Regelung des DSM und der Wissensvermittlung der Experimentierumgebung festzulegen. Ferner steht die Entwicklung von Szenarien für die abschließenden Integrations- und Systemtests an.

Die Schritte zur Ermittlung der Bewertungskriterien in chronologischer Reihenfolge:

1. Sammlung und Evaluierung der in den verwandten Arbeiten genannten Kriterien und Szenarien, um so die Vergleichbarkeit mit diesen Arbeiten sicherzustellen.
2. Eigene Kriterien zu zentralen bzw. nicht berücksichtigten Aspekten der Experimentierumgebung und des DSM suchen.

Anhand der gefundenen Kriterien ist anschließend die Falsifizierung der zu untersuchenden Aussagen möglich.

3.2 Phase 2

Nach der Ermittlung von Kriterien zur Bewertung der Arbeitsergebnisse, ist das Ziel der Phasen 2 und 3 der Entwurf und die Umsetzung des DSM. Hierbei wird in jeder der beiden Phasen eine andere Ebene des Netzes betrachtet und entwickelt. Phase 2 befasst sich dabei mit der Netzebene, also mit Kraftwerken, Haushalten, Unternehmen usw., wohingegen Phase 3 die Ebene der Hausnetze, bei der Haushaltsgeräte und deren Zusammenspiel im Mittelpunkt stehen, betrachtet.

Eine zentrale Stellung nehmen hierbei sowohl die *Central Grid Management Unit* (CGMU) als auch die *Home Grid Management Unit* (HGMU) ein. Die beiden Einheiten sind für die Planung und Steuerung der Abläufe in den ihnen überantworteten Teilbereichen des Netzes zuständig. Die CGMU verwaltet die Netzebene, während die HGMU die Ebene der Hausnetze steuert. Abbildung 3.1 zeigt einen ersten Entwurf des Komponentenschnitts der beiden Einheiten.

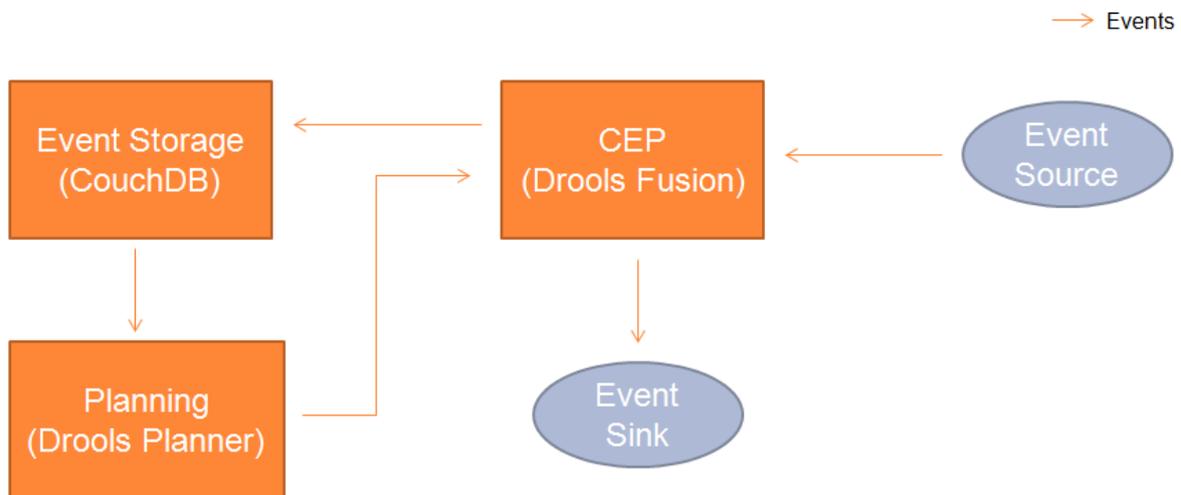


Abbildung 3.1: Komponentendiagramm CGMU und HGMU

Beim Entwurf und der Implementierung der Steuereinheit sind die folgenden zentralen Fragestellungen aus den Bereichen Ereignisverarbeitung und Planung zu betrachten:

Ereignisverarbeitung:

- Welche Ereignisse sind zur Modellierung und Implementierung des DSM erforderlich?
- Kann von den low-level Ereignissen hin zu komplexeren Situationen abstrahiert und so eine einfachere Verarbeitung erreicht werden?
- Welche Aktionen müssen wann ergriffen werden?

Planung:

- Wie lässt sich das Problem des Ausgleichs von Energieproduktion und -verbrauch als Planungsproblem definieren?

- Welche Strategien existieren zur Lösung des Planungsproblems?
- Welche Algorithmen setzen diese Strategien um?
- Können die gefundenen Algorithmen die Planungsaufgaben schnell genug (in nahezu Echtzeit) lösen?

Vorgehen

Zunächst müssen die gerade genannten Fragestellungen beantwortet werden und die gefundenen Lösungen im Hinblick auf die gestellten Anforderungen evaluiert werden. Anschließend kann mit dem Detailentwurf und der Implementierung der in Abbildung 3.1 gezeigten Komponenten begonnen werden.

Nachdem die CGMU in dieser Phase realisiert und getestet wurde, kann mit der Umsetzung des DSM auf der Netzebene begonnen werden. Hierzu gilt es die angesprochene Interaktion zwischen den Komponenten der Netzebene zu modellieren und die benötigten Regeln zu formulieren. Anschließend wird die Interaktion in Software implementiert.

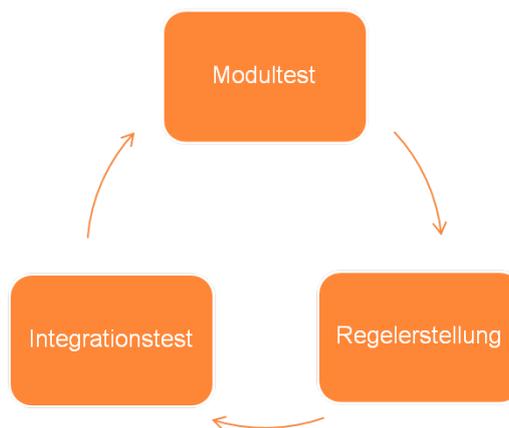


Abbildung 3.2: Vorgehensmodell zur Interaktionsrealisierung

Ein testgetriebenes Vorgehen, wie es in Abbildung 3.2 beispielhaft dargestellt ist, ermöglicht es auch bei einer großen Regelmenge strukturiert vorzugehen und schwierig zu entdeckende Fehler zu vermeiden. Dabei werden die folgenden Schritte iterativ durchgeführt:

1. Unittests für die zu erstellende Regel definieren (Modultest).
2. Regel erstellen (z.B. Wenn keine Sonne scheint, dann Batterie entladen).
3. Mit Hilfe der in Phase 1 ermittelten Szenarien Interaktion und Verhalten auf der Netzebene testen.

3.3 Phase 3

In dieser Phase sind die identischen Tätigkeiten auf der Ebene des Hausnetzes und mit der HGMU im Zentrum, wie in Phase 2 auf der Netzebene, durchzuführen. Dabei wird auch hier das testgetriebene Vorgehen angewendet und um die passenden Szenarien aus der ersten Phase ergänzt.

3.4 Phase 4

In Phase 4 der Arbeit soll die Integration der Netzebenen, sowie ein abschließender Systemtest erfolgen. Im Anschluss können auf dieser Basis dann die weiterführenden Untersuchungen erfolgen. Die hierbei gesammelten Ergebnisse werden anschließend durch die in Phase 1 (vgl. Abschnitt 3.1) erarbeiteten Kriterien bewertet. Auch die im Verlauf der Arbeit entwickelten Systeme erfahren anhand dieser Kriterien eine Bewertung.

Somit können dann die in Abschnitt 2.1 beschriebenen Hypothesen falsifiziert werden. Die einzelnen Hypothesen werden dabei entweder widerlegt oder können beim Scheitern des Widerlegens als vorläufig valide angenommen werden.

Weiterführende Untersuchungen

Die zum Abschluss der Arbeit erfolgenden Untersuchungen beziehen sich auf die drei bereits in den Zielen aus Kapitel 2 genannten, Bereiche Reaktionsgeschwindigkeit und Qualität des DSM, sowie die Güte der Wissensvermittlung der Experimentierumgebung.

Reaktionsgeschwindigkeit des DSM:

Dieser Punkt bezieht sich auf das Ziel 3 der Arbeit, namentlich zu widerlegen, dass kommunikationsbasierte Ansätze für DSM zu langsam für eine stabile Regelung sind. Hierbei soll ein Vergleich zu den mit *Dynamic Demand Control* (DDC) umgesetzten Szenarien bei Croft u. a. (2011) und Zeilinger (2011) gezogen werden. Dabei ist zu zeigen, dass die Netzfrequenz in den Simulationsläufen höchstens in dem gleichen Maße schwankt, wie in den verwandten Arbeiten. Um dies zu zeigen werden die Szenarien mit Hilfe der Experimentierumgebung und des in Phase 2 und 3 implementierten DSM mit gleichen Parametern simuliert. Anschließend findet ein Vergleich der Ergebnisse im Hinblick auf die Schwankung der Netzfrequenz statt, welche das charakteristische Merkmal für die Netzstabilität ist.

Qualität und Effizienz des DSM:

Bezugnehmend auf Ziel 4 wird bei dieser Untersuchung verglichen, wie effizient die beiden Ansätze mit den Ressourcen innerhalb der Szenarien umgehen. Es wird dabei versucht nachzuweisen, dass der in dieser Arbeit verfolgte Ansatz eine globale Sicht pro Netzebene zu haben zu weniger Schwankungen und damit einem effektiveren Umgang mit den vorhandenen Ressourcen führt. Auch hierzu werden die Szenarien in der Experimentierumgebung nachgebaut, simuliert und die gewonnenen Ergebnisse verglichen.

Wissensvermittlung der Experimentierumgebung:

Neben diesen, sich eher auf die Fachlichkeit des DSM beziehenden, Punkten ist auch die in den Vorarbeiten und im Verlauf der Arbeit erstellte Experimentierumgebung auf ihre Eignung zur Vermittlung von Wissen über Smart Grids und DSM hin zu überprüfen.

Das Vorgehen hierzu wird sich an die bei Usability-Tests übliche Praxis anlehnen. Zuerst wird jede Testperson, welche z.B. aus einer Schulklasse stammen könnte, einem Eingangstest unterzogen, in dem ihr Wissensstand über das Themengebiet abgefragt wird. Anschließend wird der oder die TeilnehmerIn mit Aufgabenstellungen, welche mit Hilfe der Experimentierumgebung zu bewältigen sind, konfrontiert und muss dann abschließend erneut einen Test absolvieren. Durch die Differenz der Anzahl an richtigen und falschen Antworten der beiden Tests kann dann der Wissensgewinn näherungsweise ermittelt werden. Anschließend ist das Vorgehen mit anderen Methoden zur Wissensvermittlung z.B. Frontalunterricht, Gruppenarbeit, usw. zu wiederholen, um Aussagen darüber treffen zu können, wie gut die Experimentierumgebung im Vergleich das Wissen vermittelt.

3.5 Ausblick

Die in Abschnitt 3.4 beschriebenen Untersuchungen könnten im Hinblick auf Verbesserungen des DSM ausgeweitet werden. So könnte man untersuchen, wie weitere Ereignisströme z.B. Prognosen zur Wetterentwicklung, genutzt werden können, um das DSM von einem reaktiven zu einem proaktiven System zu entwickeln. Darüber hinaus ist zu prüfen, wie gesammelte historische Ereignisse durch den Einsatz von Methoden aus den Bereichen Data Mining bzw. Predictive Analytics für das DSM nutzbar gemacht werden können.

Bei allen Ansätzen ist nach der Realisierung wiederum der Vergleich mit verwandten Arbeiten und dem ursprünglich in der Arbeit entwickelten DSM zu ziehen. So kann geprüft werden, ob die Ansätze das Potential besitzen, einen noch stabileren bzw. effizienteren Betrieb des Stromnetzes zu ermöglichen.

4 Risiken

In diesem Kapitel sollen die Risiken, die bei der Umsetzung der Arbeit und den einzelnen Arbeitsschritten erwartet werden, kurz beschrieben werden. Die Risiken gliedern sich dabei in die Teilbereiche technische, problembedingte, architektonische und Risiken bezüglich der Untersuchungen zur Wissensvermittlung.

4.1 Technische Risiken

Aus der technischen Sicht bestehen die Risiken in denen durch Croft u. a. (2011) und Zeilinger (2011) angesprochenen Zweifeln bezüglich der Reaktionsfähigkeit von kommunikationsbasierten Systemen. Sollte bereits in der simulierten Umgebung kein stabiler Betrieb des Netzes, auf Grund zu großer Lauf- und Reaktionszeiten, möglich sein, ist dies durch die steigenden Anforderungen für einen realen Betrieb auch nicht zu erwarten. Da die Ergebnisse bei Croft u. a. (2011) und Zeilinger (2011) auch nur auf Simulationen beruhen ist die Vergleichbarkeit gegeben und die Problematik, die ein Einsatz in der Realität mit sich bringen würde, kann ausgeblendet werden. Weil sich die Problematik erst bei Durchführung der Arbeit ersichtlich sein wird, können hier keine Maßnahmen zur Risikovermeidung oder Abschwächung getroffen werden.

4.2 Problembedingte Risiken

Die problembedingten Risiken beziehen sich auf die Planungs- und Optimierungsproblematik, die bei der Steuerung des Netzes durch die CGMU und die HGMU auftritt. Das Zusammenbringen von Produktion und Verbrauch kann zu einer großen Anzahl an Möglichkeiten führen, welche alle berechnet und evaluiert werden müssen. Zusätzlich muss dieser ganze Vorgang auch noch sehr schnell erfolgen, damit das System nicht zusammenbricht.

Um diesen Risiken entgegenzuwirken steht in Phase 2 (Abschnitt 3.2) die Entwicklung von Lösungsstrategien und die formale Definition des Problems an. Hierzu gehört auch das Ermitteln der Problemkomplexität und das Suchen von Strategien zur Lösung. In Verbindung mit einer sorgfältigen Untersuchung geeigneter algorithmischer Lösungen, sollen Probleme bereits in der Planung und noch vor der eigentlichen Umsetzung erkannt werden. So kann das Risiko eines Misserfolgs verringert werden.

4.3 Architektonische Risiken

Dieser Punkt bezieht sich auf die Unterteilung des gesamten Stromnetzes in die Netz- und Hausnetzebene, um das zuvor genannte Optimierungsproblem abzumildern. Die Aufteilung könnte sich ggf. negativ auf das Reaktionsverhalten des Systems auswirken und somit unerwünschte Nebeneffekte besitzen. Da sich dies leider erst während der Umsetzung bzw. Tests zeigen wird, soll im Vorfeld während der Planung nach mögliche alternativen Ansätzen geforscht werden. Auf diese kann dann bei Bedarf zurückgegriffen werden.

4.4 Risiken bei den Untersuchungen

Hier sieht man sich besonders mit Risiken konfrontiert, welche sich aus denen an den Tests teilnehmenden Personen ergeben. Es gilt die geeigneten Testpersonen bezüglich ihres Wissenstandes und weiterer Qualifikationen aus der Zielgruppe zu wählen. Testergebnisse könnten z.B. durch erhebliches Vorwissen verfälscht werden. Hier gilt es bei der Kandidatenauswahl besonders sorgfältig vorzugehen, um dieses Risiko vermeiden zu können. Weitere Risiken liegen in der Koordination der zeitlichen Abläufe und dem Ausschluss unerwünschter Beeinflussung der Probanden während der Tests.

5 Zusammenfassung

In diesem Bericht sollte eine Übersicht über die Aufgaben und Fragestellungen der sich anschließenden Masterarbeit gegeben werden.

Der Schwerpunkt der Arbeit liegt in der Durchführung von Untersuchungen zum Potential von *Complex Event Processing* (CEP) im Bereich des DSM. Hierzu soll ein Vergleich mit anderen Ansätzen im Hinblick auf Reaktionsgeschwindigkeit und Ressourceneffizienz gezogen werden.

Des Weiteren soll die hierfür zu entwickelnde Experimentierumgebung im Hinblick auf ihre Eignung zur Wissensvermittlung über Smart Grids und DSM hin untersucht werden.

Abschließend findet eine Validierung der Ergebnisse anhand der in der Arbeit ermittelten Bewertungskriterien statt.

Das Ergebnis der Arbeit ist dann eine kritische Betrachtung des gewählten Ansatzes, sowie der bei den Untersuchungen gewonnenen Erkenntnisse.

Literaturverzeichnis

- [Bundesnetzagentur 2012] BUNDESNETZAGENTUR: Bericht zum Zustand der leitungsgebundenen Energieversorgung im Winter 2011/12. URL http://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/BNetzA/Presse/Berichte/2012/NetzBericht_ZustandWinter11_12pdf.pdf?__blob=publicationFile, Mai 2012. – Forschungsbericht
- [Croft u. a. 2011] CROFT, A. ; MADAWALA, U.K. ; THRIMAWITHANA, D.J.: Simulation platform for micro-grids with demand-side management. In: *IECON 2011 - 37th Annual Conference on IEEE Industrial Electronics Society*, nov. 2011, S. 3254 –3259. – ISSN 1553-572X
- [Gudi u. a. 2011] GUDI, N. ; WANG, Lingfeng ; DEVABHAKTUNI, V. ; DEPURU, S.S.S.R.: A demand-side management simulation platform incorporating optimal management of distributed renewable resources. In: *Power Systems Conference and Exposition (PSCE), 2011 IEEE/PES*, march 2011, S. 1 –7
- [Zaidi u. a. 2010] ZAIDI, A.A. ; ZIA, T. ; KUPZOG, F.: Automated demand side management in microgrids using load recognition. In: *Industrial Informatics (INDIN), 2010 8th IEEE International Conference on*, july 2010, S. 774 –779
- [Zeilinger 2011] ZEILINGER, F.: Simulation of the effect of demand side management to the power consumption of households. In: *Energetics (IYCE), Proceedings of the 2011 3rd International Youth Conference on*, july 2011, S. 1 –9