

Smart Watts – Gestaltung des Energie- systems der Zukunft in der Modellregion Aachen

ULB Darmstadt



19272117

fir
an der
RWTHAACHEN

PSI 

SOPTIM

 **utilicount**

Kellendonk

 **STAWAG**

Inhaltsverzeichnis

- Abbildungverzeichnis.....8
- Tabellenverzeichnis..... 12
- 1 Einleitung..... 13
 - 1.1 Ausgangslage 13
 - 1.2 Problemstellung 14
 - 1.3 Initiative E-Energy 14
- 2 Projekt Smart Watts 17
 - 2.1 Zielstellung..... 17
 - 2.2 Motivation..... 18
 - 2.3 Projektidee 19
 - 2.4 Stand der Wissenschaft und Technik 20
 - 2.4.1 Stand der Wissenschaft und Technik bei Projektstart 20
 - 2.4.2 Stand der Schutzrechte bei Projektstart 24
 - 2.5 Schwerpunkteinordnung von Smart Watts in E-Energy 25
 - 2.5.1 Unbundling-Konformität und Direktvermarktung..... 25
 - 2.5.2 Intelligente kWh 26
 - 2.5.3 Dynamische Preise aus einem Portfoliomanagement 27
 - 2.5.4 Kostengünstiger Einstieg in die Hausautomation 28
 - 2.5.5 Sicherheitskonzept 29
 - 2.6 Projektorganisation 29
 - 2.6.1 Konsortium..... 29
 - 2.6.2 Beteiligte Unterauftragnehmer..... 32
 - 2.6.3 Projektstruktur..... 32
 - 2.6.4 Projektphasen..... 35
- 3 Anforderungen und Lösungskonzept 38
 - 3.1 Ausgangslage 38
 - 3.1.1 Energiewirtschaftliche Rahmenbedingungen 38
 - 3.1.1.1 Energiewirtschaftsgesetz..... 38
 - 3.1.1.2 Gesetze zur Kraft-Wärme-Kopplung 41
 - 3.1.1.3 Gesetze zur Förderung erneuerbarer Energien 41
 - 3.1.1.4 Gesetzliche Bestimmungen zum Datenaustausch 42
 - 3.1.1.5 Rahmenbedingungen für Handelsprodukte 42
 - 3.1.2 Prozesslandschaft 43
 - 3.1.2.1 Allgemeine Ziele der Prozesslandkarte 43
 - 3.1.2.2 Die Prozesslandkarte der Stromwirtschaft 43
 - 3.1.2.3 Beschreibung der Schlüsselprozesse 45
 - 3.1.2.4 Referenzprozesse 46
 - 3.1.2.5 Beispiel der Wandlung eines Istprozesses zu einem Zielprozess 48
 - 3.1.2.6 Ableitung von Zielprozessen 49
 - 3.1.3 Rollen im Projekt..... 50
 - 3.1.3.1 Klassische Rollen der Energiewirtschaft 51
 - 3.1.3.2 Projektrelevante Marktrolle 51
 - 3.1.3.3 Akteure und Rollen am Smart Market 57

3.2	Fachliche Anforderungen und Lösungsansätze.....	59
3.2.1	Anwendungsfälle des Smart Meterings	59
3.2.1.1	Lastmanagement im Smart-Home-Kontext	59
3.2.1.2	Intelligentes Messsystem	63
3.2.2	Anforderungen an das Internet der Energie	65
3.2.3	Smart Architecture	67
3.2.4	Home-Automation	72
3.2.5	Direktvermarktung von erneuerbaren Energien.....	72
3.2.6	Smart Market	73
3.2.6.1	Anwendungsszenarien für den Smart Market	74
3.2.6.2	Szenario Beschaffung und Verkauf	74
3.2.6.3	Szenario Prosumer	75
3.2.6.4	Szenario Beschaffung und Verkauf von „Intelligenten Kilowattstunden“ ..	76
3.2.6.5	Szenario Verbrauchsbeeinflussung	76
3.2.7	Smart Portfoliomanagement	77
3.2.8	Kundenakquise und Rahmenbedingungen Feldversuch	78
3.2.8.1	Kunde	78
3.2.8.2	Ausgangslage Stadt Aachen	79
3.2.8.3	Strategie Kundenakquise	79
3.2.8.4	Akquisemedium	79
3.2.8.5	Akquisephasen	79
3.2.8.6	Teilnehmermanagement – Clustering – der „Online-Check“	80
3.3	Systemkonzept und Umsetzung	83
3.3.1	Gesamtarchitektur Smart Watts.....	83
3.3.2	Technische Anforderungen.....	84
3.3.2.1	Smart-Metering-Struktur	84
3.3.2.2	Administration (inhaltlich) Datenzentrale (MDM)	101
3.3.2.3	Home Automation	103
3.3.2.4	Flexibles Portfoliomanagement	105
3.3.2.5	Marktschnittstelle	106
3.3.2.6	Agentensysteme	106
3.3.2.7	Anforderungen Sicherheitskonzept	107
3.3.3	Sicherheitskonzept Smart Watts.....	107
3.3.3.1	Sicherheitskonzept für Smart Metering und Smart Demand	108
3.3.3.2	Sicherheitskonzept Smart Market.....	116
3.3.3.3	Sicherheitskonzept Smart Portfoliomanagement	118
3.3.3.4	Sicherheitskonzept Smart Architecture	118
3.3.4	Aufbau der Modellregion und Durchführung des Feldversuchs.....	120
3.3.4.1	Rahmenbedingungen	120
3.3.4.2	Test-/Laboraufbau, Entwicklung Installationsprozess	121
3.3.4.3	Feldversuchsaufbau	126
3.3.4.4	Kalibrierungsphase.....	129
3.3.4.5	Wirkungsphase	132
3.3.4.6	Kundenbetreuung	132
4	Ergebnisse	136
4.1	Fachkonzepte	136
4.1.1	Informationslogistikkonzept	136

4.1.1.1	Informationslandkarte	137
4.1.1.2	Zentralisierung des Informationsaustauschs im Informationsnetzwerk der Energiewirtschaft	139
4.1.1.3	Standardisierter Datenaustausch im Informationsnetzwerk der Energiewirtschaft	140
4.1.1.4	Realisierung des Informationslogistikkonzepts	140
4.1.2	Modell VKW-Strom	140
4.1.2.1	Rahmenvertrag „VKW-Strom“	142
4.1.2.2	Vertragsbeschäftigung (Beispiel)	143
4.1.2.3	Sollwert und Tagesband	143
4.1.2.4	Zugesagter Lastgang	144
4.1.2.5	VKW-Betrieb	145
4.1.3	Tarifmodell und Ersatzpreisbildung	146
4.1.3.1	Grundpreis	146
4.1.3.2	Arbeitspreis	146
4.1.3.3	Modell zur Preisbildung	147
4.1.3.4	Abrechnung anhand tatsächlich vorliegender Preise im Haushalt und Ersatzwertbildung für Preise	147
4.1.4	Smart-Market-Konzept	148
4.1.4.1	Geschäfte	150
4.1.4.2	Varianten von Geschäftsanbahnungen	152
4.1.4.3	Handelsprodukte	154
4.1.4.4	Weitere Dienstleistungen: Marktplatzservices	158
4.1.5	EEBus-Konzept	160
4.2	Standards und Normen	163
4.2.1	EEBus	163
4.2.2	DIN Spec ENS	164
4.2.3	DIN Spec ESS	164
4.2.4	Bezugskonditionen	165
4.2.4.1	Anforderungen an das Datenmodell	165
4.2.4.2	Die Modellierung der BzK	166
4.2.4.3	Rahmenbedingungen zur effektiven Nutzung der BzK	167
4.2.4.4	Zukunftsfähiges Modell der BzK	167
4.2.5	Powerline-Lösung	168
4.3	Systemkomponenten und Feldversuchsergebnisse	168
4.3.1	Smart Forecasting: Absatzprognose	169
4.3.1.1	Prognose des preissensitiven Verbrauchs	173
4.3.2	Smart Forecasting: Erzeugungsprognose	174
4.3.3	Smart-Market-Plattform und Optimierung im Smart Portfoliomanagement	180
4.3.4	Datenzentrale	182
4.3.4.1	Funktionsumfang und Aufbau	182
4.3.4.2	Grafische Benutzeroberfläche	183
4.3.4.3	Stammdatenpflege	183
4.3.4.4	Übersicht der Schnittstellen	184
4.3.5	Gateway	185
4.3.5.1	Gateway – Basissoftware	185
4.3.5.2	Applikationssoftware	186

4.3.5.3	Hardware	187
4.3.6	Powerline-Adaption PL110+	188
4.3.6.1	Konzept und Grundlagen.....	188
4.3.6.2	Erfahrung in der Praxis.....	190
4.3.7	EEBUS.....	191
4.3.8	Intelligente Endgeräte.....	192
4.3.8.1	Liebherr Gefrierschränke.....	192
4.3.8.2	LG-Geräte Integration.....	192
4.3.8.3	Miele-Waschmaschinen	194
4.3.9	Visualisierungskomponenten.....	194
4.3.9.1	Lowend-Display (Energieampel)	195
4.3.9.2	Midrange-Display (Wohnungsdisplay).....	195
4.3.9.3	High-End-Display (PC-Visualisierungssoftware)	196
4.3.9.4	Zuordnung der Funktionen auf die Systemkomponenten.....	196
4.3.9.5	iPad-App.....	197
4.3.9.6	Webportal	202
4.3.10	CRM-Lösung.....	203
4.3.10.1	Teilnehmerherkunft.....	203
4.3.10.2	Export pseudonymisierter Datensätze.....	203
4.3.10.3	Wirkungsforschung.....	203
4.3.10.4	Intelligente Hausgeräte.....	204
4.3.10.5	Erweiterung um ein Ticket-System.....	204
4.4	Feldversuch	205
4.4.1	Gesamtbeschreibung des Systems und seiner Funktionen aus Sicht eines potenziellen Teilnehmers	207
4.4.1.1	Fallbeispiel: Nutzung der Smart-Watts-App	208
4.4.1.2	Fallbeispiel: Leistungsaufnahme	208
4.4.1.3	Fallbeispiel: Historische Daten	209
4.4.2	Akquise der Feldtestteilnehmer	210
4.4.2.1	Akquiseergebnis	210
4.4.2.2	Ausgewählte Testhaushalte	210
4.4.3	Installation bei den Teilnehmern.....	211
4.4.3.1	Durchgeführter Prozess vor Ort und zukünftig notwendige Optimierung.....	212
4.4.3.2	Nicht planbare Situation vor Ort	213
4.4.3.3	Sonderprozesse	213
4.4.3.4	Technische Restriktionen	213
4.4.4	Betrieb	214
4.4.4.1	Betreuungsaufwand und Ticket-System.....	214
4.4.4.2	Einsatz von Powerline-Adaptern	214
4.4.4.3	Nachrichtenservice der App	215
4.4.4.4	Kundennetzwerk.....	215
4.4.4.5	Release-Management – Gateway-Administration	215
4.4.4.6	MDM-Administration – Betrieb Datenzentrale	219
4.4.4.7	Zuverlässigkeit der Messwertübertragung an die Datenzentrale	224
4.5	Integration in Haushalte	225
4.5.1	Haushaltsgeräte.....	226
4.5.2	Testergebnisse Vaillant-Wärmepumpen mit Smart-Grid-Regelung.....	226

4.5.3	LG-Geräte-Set	228
4.5.4	Liebherr-Gefrierschrank	228
4.5.5	Miele-Waschmaschine	229
4.6	Erkenntnisse für die Absatzprognose und Abrechnung	229
4.7	Wirkungsforschungsanalyse der Teilnehmerbefragung	232
4.7.1	Zusammensetzung der Feldversuchsstichprobe	232
4.7.2	Erwartungen und Erfahrungen der Teilnehmer	233
4.7.3	Bewertung des Smart-Watts-Systems	233
4.7.4	Bereitschaft zur Verbrauchsanpassung	234
4.7.5	Bewertung möglicher Komforteinbußen	235
4.7.6	Aussagen zum Smart-Watts-Tarif	236
4.7.7	Bewertung der Smart-Watts-iPad-App	239
4.8	Lastverschiebung gemäß Loggingdaten der intelligenten Steckdosen	240
4.8.1	Datenbasis	240
4.8.2	Ereignisdefinitionen	240
4.8.3	Auswertungsergebnisse	241
4.9	Wirkungsphase: Erkenntnisse zum Thema Lastverschiebungspotenzial	242
4.10	Auswertung der Aktivität des Smart Portfoliomanagements am Smart Market	247
4.11	Methodenkritik	250
4.11.1	Anzahl und Zusammensetzung der Feldtestteilnehmer	250
4.11.2	Intelligente Geräte und Funktionalität der Steckdosen	251
4.11.3	Weitere Erkenntnisse des Feldversuchs	253
5	Zusammenfassung und Ausblick	254
5.1	Erkenntnisse für den Markt 2020	254
5.1.1	Potenziale	254
5.1.1.1	Value-added Services	254
5.1.1.2	Geschäftsmodelle Smart Architecture	256
5.1.1.3	Ausblick Smart-Grid-Installationen in Haushalten	257
5.1.2	Herausforderungen	258
5.2	Transfer	260
5.2.1	Ergebniszuordnung wichtigster Resultate	260
5.2.2	Demonstrator	261
5.2.2.1	Demonstratormodul Smart Demand/Smart City	261
5.2.2.2	Demonstratormodul Smart Architecture	262
5.2.2.3	Demonstratormodul Smart Market/Smart Portfolio	264
5.2.2.4	Demonstratormodul Smart Metering	265
5.2.3	EEBus-Initiative e. V.	265
5.3	Weiterer Forschungsbedarf	267
5.3.1	Verteilnetze	267
5.3.2	Lastmanagement in der Industrie	268
5.3.3	Integration weiterer Energieformen	269
	Veröffentlichungen im Gesamtvorhaben	270
	Literaturverzeichnis	274
	Glossar/Abkürzungsverzeichnis	277