www.fir.rwth-aachen.de

# Smart Watts – Gestaltung des Energiesystems der Zukunft in der Modellregion Aachen

fir an der RWTH AACHEN

PSI

Soptim

utilicount

Kellendonk

STAWAG

# Impressum

Herausgeber:
Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Günther Schuh
Direktor des FIR e. V. an der RWTH Aachen
Lehrstuhlinhaber für Produktionssystematik
am Werkzeugmaschinenlabor (WZL) der RWTH Aachen

Prof. Dr.-Ing. Volker Stich
Geschäftsführer des FIR e. V. an der RWTH Aachen

Autoren:
Matthias Deindl, Christian Maasem,
Marcel Scheibmayer, Julian Krenge,
Violett Panahabadi, Jonas Flur
(FIR e. V. an der RWTH Aachen)

Benno Zielonka, Sarai Kölle, Markus Seyfarth,
Wolfram Schumacher
(PSI Energy Markets GmbH)

Cornelius Köpp (IWI)

Robert Delahaye, Matthias Friedrich
(utilicount GmbH & Co. KG)

Roland Martynski, Jan Rüsen
(Kellendonk Elektronik GmbH)

Martin Pöppe (SOPTIM AG)

Hauke Hinrichs, Ina Rothkegel, Pascal Hahulla,
Daniel Kern, Jürgen Altgott, Thomas Schulz
(Stadtwerke Aachen AG)

Bildnachweise: © Konsortium Smart Watts

Korrektorat:
Simone Suchan M.A.
(FIR e. V. an der RWTH Aachen)

Bildbearbeitung:
Julia Quack van Wersch, M.A.
(FIR e. V. an der RWTH Aachen)

Smart Watts – Gestaltung des Energiesystems der Zukunft in der Modellregion Aachen

FIR-Edition Forschung Band 14
ISBN 978-3-943024-22-7

Projektakronym: Smart Watts

Förderkennzeichen:
01ME08013A 01ME08014
01ME08015 01ME08016
01ME08017 01ME08018

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Bildern und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten.

Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek: Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.ddb.de abrufbar.

© FIR e. V. an der RWTH Aachen,
Campus-Boulevard 55
52074 Aachen
Tel.: +49 241 47705-100
E-Mail: info@fir.rwth-aachen.de
Internet: www.fir.rwth-aachen.de

# 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 Marktrollen 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

# Abbildungsverzeichnis

Bild1: Modellprojekte im E-Energy-Technologiewettbewerb ..... 15
Bild 2: Aspekte und Ziele der Teilvorhaben ..... 18
Bild 3: Schaubild der Komponenten des Smart-Watts-Verbundvorhabens ..... 20
Bild 4: Struktur der Teilvorhaben – Bausteine der Innovation ..... 33
Bild 5: Projektphasen von Smart Watts ..... 35
Bild 6: Liberalisierte Marktstruktur ..... 39
Bild 7: Prozesslandkarte der Stromwirtschaft ..... 44
Bild 8: Prozesslandkarte Ebene 3 (Kundenmanagement) ..... 45
Bild 9: Kosten aufgrund von Ineffizienzen ..... 49
Bild 10: Geringe Kundenzufriedenheit aufgrund von Ineffizienzen ..... 49
Bild 11: Ist-Prozess  Turnusablesung ..... 50
Bild 12: Zielprozess Turnusablesung ..... 50
Bild 13: Klassische Rollen in der Energiewirtschaft ..... 51
Bild 14: Marktmodell ..... 52
Bild 15: Rollen, Systeme und Abhängigkeiten ..... 55
Bild 16: Regelmäßige Aufgaben des VKW-Betreibers ..... 57
Bild 17: Anwendungsfall „Lastmanagement Schalten nach Schwelle“ ..... 62
Bild 18: Betrachtungsbereiche beim Smart Metering ..... 63
Bild 19: Anforderungen und Use-Cases ..... 66
Bild 20: Schematische Darstellung des Internets der Energie ..... 67
Bild 21: Ebenen der Geschäfte und Verträge des Smart Markets ..... 74
Bild 22: Akteure und Anwendungsfälle des Marktmodells ..... 76
Bild 23: Struktur des Smart Portfoliomanagements ..... 78
Bild 24: Akquise – Dreiphasenkonzept ..... 80
Bild 25: Auswahlprozess Teilnehmer ..... 81
Bild 26: Interessendatei und Kontaktierung der Kunden ..... 82
Bild 27: Akteure im Internet der Energie ..... 83
Bild 28: Entwicklung der Anforderungen für ein technisches Grobkonzept von Smart-Metering-Komponenten ..... 85
Bild 29: Kundenanforderungen an Smart-Metering-Komponenten ..... 85
Bild 30: Beispiele für technische Ausprägungen ..... 87
Bild 31: Kosten je Zählpunkt ..... 101
Bild 32: Anforderungsblöcke der Datenzentrale ..... 102
Bild 33: Kommunikationsarchitektur und Datenflüsse ..... 108
Bild 34: Systeme und Komponenten im Feldversucheinsatz ..... 109
Bild 35: Ablage- und Kommunikationsintervalle ..... 110
Bild 36: Aufbau mit zweistufigem Firewallkonzept ..... 116
Bild 37: Systemüberblick Datenzentrale DMZ/LAN ..... 116
Bild 38: Komplett Internet-/IP-basiertes Modell von Smart Watts ..... 118
Bild 39: Darstellung der Test-Powerline-Verbindung im Gebäude ..... 121
Bild 40: Standardfeldtest Ausstattung ..... 122

Bild 41: Sonderausstattungen im Smart-Watts-Feldtest ..... 122
Bild 42: Aufbau des SIT ..... 124
Bild 43: Prüfplatz Vorderseite ..... 125
Bild 44: Prüfplatz Rückseite ..... 125
Bild 45: Der Labortest vor Ort ..... 126
Bild 46: Modifikation für die Friendly-User-Ausbringung ..... 127
Bild 47: Phasenprüfung, um die Powerlineverbindung auf L2 herzustellen ..... 128
Bild 48: Installationssituation ohne Zählerschrank (worst Case, linkes Bild) und Installation von mehreren Smart-Watts-Teilnehmern in einem Altbau-Mehrfamilienhaus (rechtes Bild) ..... 129
Bild 49: Zurückgemeldetes Preissignal nach Zeitraum und Anschluss ..... 130
Bild 50: Zurückgemeldeter Verbrauch nach Zeitraum und Anschluss ..... 131
Bild 51: Grafische Oberfläche CRM-System ..... 133
Bild 52: Ticket-System ..... 135
Bild 53: Informationslandkarte der regulierten Marktprozesse in der Energiewirtschaft ..... 138
Bild 54: Sterntopologie ..... 139
Bild 55: Preiszonen des Produkts „VKW-Strom“ ..... 142
Bild 56: Gegenüberstellung von Prognose [kWh] und Tagesstruktur [%] ..... 143
Bild 57: Aus der „Struktur“ wurde „VKWSoll“ mit Tagesband (+/- 20 kWh) entwickelt. ..... 144
Bild 58: Kalkulierter Lastgang, der für einige Stunden das Tagesband verlässt ..... 145
Bild 59: Schematische Darstellung der Abrechnungspreisbildung ..... 147
Bild 60: Prozess Geschäftsanbahnung ..... 152
Bild 61: Geschäftsabschluss ..... 153
Bild 62: Überblick über die Produkte des Smart Markets ..... 155
Bild 63: Änderung der Attributsätze ..... 157
Bild 64: Handel von Energie mit Information am Smart Market ..... 158
Bild 65: Flexibles Fahrplanprodukt mit Toleranzband ..... 160
Bild 66: EEBus-Architektur ..... 161
Bild 67: Im aktuellen EEBus V1.0 realisierte Domänen ..... 162
Bild 68: Beispiel der in Smart Watts verwendeten Preisdomäne ..... 162
Bild 69: Normungsprozess in der *EEBus-Initiative e. V*. ..... 163
Bild 70: Modellierung der Bezugskondition ..... 166
Bild 71 : Übersicht der wesentlichen Smart-Watts-Systemkomponenten ..... 169
Bild 72: Tagesprofile Smart Watts Winterhalbjahr ..... 170
Bild 73: Smart-Watts-Profil Winterhalbjahr ..... 171
Bild 74: Smart-Watts-Profil Sommerhalbjahr ..... 171
Bild 75: Vergleich SW/H0 Winter ..... 172
Bild 76: Vergleich SW/H0 Sommer ..... 172
Bild 77: Verifikation Smart-Watts-Profil gegenüber Ist-Werten und H0-Profil ..... 173
Bild 78: Erzeugungsanlagen Aachen ..... 174
Bild 79: Vergleich der Prognose mit den Ist-Werten der PV-Erzeugung im November ..... 176
Bild 80: Vergleich der Prognose mit den Ist-Werten der PV-Erzeugung im Juli. Relevante Abweichung am letzten Tag sichtbar. ..... 176

Bild 81: Vergleich Wetterprognose mit Ist-Werten. Die oben in der Erzeugung sichtbare Abweichung ist bereits als Prognoseabweichung vorhanden. ..... 177
Bild 82: Grafiksatz mit acht verschiedenen Kurven aus Erzeugungsprognose und Wetterkurven ..... 177
Bild 83: Schwankungen von Windleistung ..... 178
Bild 84: Vergleich Prognose mit Ist-Werten einer WKA sowie zugehörige Windprognose und Ist-Werte ..... 179
Bild 85: Häufigkeit, wie oft und wie genau die Prognosen eingetroffen sind ..... 179
Bild 86: Web-Interface Smart Market ..... 181
Bild 87: Ablauf der Optimierung ..... 182
Bild 88: Datenzentrale – Detailansicht ..... 183
Bild 89: Datenzentrale – Import Zählpunkte und Marktpartner ..... 184
Bild 90: Übersicht der Schnittstellenbereiche ..... 185
Bild 91: Funktionsblöcke der Basissoftware (aktualisierte Übersicht) ..... 186
Bild 92: NZR-SEnerGate® im Aufbaugehäuse ..... 188
Bild 93: KNX+-Signal im Zeitbereich ..... 189
Bild 94: KNX+-Signal im Frequenzbereich ..... 190
Bild 95: Erweiterungen für LG-Ausstattung des Feldtests ..... 193
Bild 96: Low-End-Display ..... 195
Bild 97: Midrange-Display ..... 195
Bild 98: Visualisierungsbeispiel PFC auf der PC-Visualisierungs-SW ..... 196
Bild 99 : Smart-Watts- iPad-Applikation-Cockpit-Ansicht ..... 198
Bild 100: Smart Watts-iPad-Applikation – historische Daten ..... 200
Bild 101: *PSI*portal ..... 202
Bild 102: Sequenzdiagramm periodische Messwertübermittlung Bezug Strom ..... 207
Bild 103: Preisentwicklung konkretes Fallbeispiel (Ausschnitte der iPad-Oberfläche) ..... 208
Bild 104: Beispiel historischer Daten eines Single-Haushalts ..... 209
Bild 105: Registrierte Interessenten ..... 210
Bild 106: Tatsächlich installierte Testhaushalte ..... 211
Bild 107: Prozessbeschreibung-Gateway-Installation-Smart-Watts-Entscheidungs-baum-PLC ..... 212
Bild 108: Zahl der Tickets Juli 2012 bis Oktober 2013 ..... 214
Bild 109: Gateway-Admin – Fernupdate ..... 217
Bild 110: CSV-Datei Tool Release-Manager ..... 218
Bild 111: Konfigurationsprozess Gateway-Zähler-Zählpunkt ..... 220
Bild 112: Screenshot Status-Report SWDZ ..... 221
Bild 113: Zuverlässigkeit der Datenerhebung ..... 224
Bild 114: Durchschnittliche Zuverlässigkeit des Smart-Watts-Systems ..... 225
Bild 115: Auswertung der Lastverschiebung *Vaillant*-Wärmepumpen ..... 227
Bild 116: Zusammensetzung des Preises von Haushaltskunden in Deutschland 2010 ..... 229
Bild 117: Flexibilisiertes Abrechnungssystem ..... 231
Bild 118: Involviertheit der Befragungsteilnehmer (n=150) ..... 232
Bild 119: Verteilung Gesamtzufriedenheit ..... 234

Bild 120: Präferenz Smart-Watts-Produkt vs. Standardprodukt ..... 234
Bild 121: Tarifkonformes Verhalten ..... 235
Bild 122: Komforteinbußen durch den Smart-Watts-Tarif ..... 236
Bild 123: Gesamtbewertung Smart-Watts-Tarif ..... 237
Bild 124: Bewertung Attraktivität variable Tarife (n=171) ..... 238
Bild 125: Auswahl für Produktpaket variable Tarife ..... 238
Bild 126: Gesamtbewertung Smart-Watts-App (n=203) ..... 239
Bild 127: Mittlere relative Verbrauchsänderung in Abhängigkeit von Preisänderungen [€] ..... 244
Bild 128: Verhalten der verschiedenen Nutzergruppen um die Preiswechselschwelle ..... 247
Bild 129: Gekaufte Menge und Preis mit Korrelation ..... 249
Bild 130: Gekaufte Energie und angebotene Menge am Marktplatz ..... 249
Bild 131: Anzahl abgeschlossener Geschäfte und Umsatz ..... 250
Bild 132: Mögliche Störer (rot) der Powerline-Verbindung (grün) zwischen Gateway und EEBus-Bridge ..... 252
Bild 133: Business-Modell-Canvas (Quelle: OSTERWALDER u. PIGNEUR 2010) ..... 256
Bild 134: Übersicht des Demonstratormoduls „Smart Demand“ und „Smart City“ ..... 261
Bild 135: Schematische Darstellung der einzelnen Feldversuchskomponenten ..... 262
Bild 136: Schematische Darstellung des Smart-Architecture-Moduls ..... 263
Bild 137: Bildschirmausschnitt der selbstablaufenden ESS-Präsentation ..... 263
Bild 138: Bildschirmaufnahme des EIS-Wikis ..... 264
Bild 139: Schematische Darstellung des Smart-Portfolio-/Smart-Market-Moduls ..... 264
Bild 140: Interaktive Präsentation zur Erklärung des Themenfeldes ..... 265
Bild 141: EEBus - Konsequente Umsetzung der Deutschen Normungsroadmap Smart Grid und des europäischen Mandats M4903 ..... 266
Bild 142: Normungsaktivitäten der *EEBus-Initiative e. V.* ..... 267
Bild 143: Engpassmanagement mit Leistungsprodukten ..... 268

# Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Entflechtungsanforderungen ..... 39
Tabelle 2: Anwendungsfall „Lastmanagement Schalten nach Schwelle“ ..... 62
Tabelle 3: Festgelegte Zeichenfolgen des ENS ..... 69
Tabelle 4: Gewichtungsfaktoren der Informationsobjekte ..... 137
Tabelle 5: Charakteristika Handelsprodukt Fahrplan ..... 156
Tabelle 6: Leistung der Anlagen im Feldversuch ..... 175
Tabelle 7: Verwendete EEBus-Applikationen in der EEBus-Bridge bei Smart Watts ..... 191
Tabelle 8: Komponenten: Feature Matrix der Visualisierung ..... 197
Tabelle 9: Kurzbeschreibung periodische Messwertübermittlung Bezug Strom ..... 206
Tabelle 10: Verantwortlichkeiten Smart-Watts-Alarmfunktionen ..... 222
Tabelle 11: Prioritätenliste der Smart-Watts-Alarmfunktionen ..... 223
Tabelle 12: Handlungsanleitung Smart-Watts-Alarmfunktionen ..... 223
Tabelle 13: Definition Ereignistypen ..... 241
Tabelle 14: Kennzahlen Loggingdaten ..... 242
Tabelle 15: Größe der Teilnehmergruppen zur Auswertung Lastveränderung ..... 243
Tabelle 16: Häufigkeit von auftretenden Preisdifferenzen Auswertung Reaktion auf Preisänderung ..... 243
Tabelle 17: Mittlere relative Verbrauchsänderung in Abhängigkeit von Preisänderung ..... 245
Tabelle 18: Mittlere relative Verbrauchsänderung in Abhängigkeit von Richtung der Preisänderung ..... 246
Tabelle 19: Übersicht über die Geschäfte am Smart Market ..... 248

# 1 Einleitung

Der Fokus der deutschen Energiepolitik liegt auf den drei Zielen Wirtschaftlichkeit, Versorgungssicherheit und Umweltverträglichkeit. In Zeiten von steigender Nachfrage nach Energie, Rohstoffknappheit und Klimawandel stellt die Erreichung dieser Ziele eine große Herausforderung dar. Deutschland hat sich als erste große Industrienation zum Ziel gesetzt, die Wende zu einem hocheffizienten erneuerbaren Energiesystem zu vollziehen und seine Energieversorgung in Zukunft aus erneuerbaren Quellen zu decken. Kernenergie und fossile Energieträger sollen dabei nach und nach durch erneuerbare Energien ausgetauscht und die Energieinfrastruktur ausgebaut werden.
Das Ziel Energiewende verlangt daher eine umfassende Modernisierung des Energiesystems, durch die sich auch neue technologische und ökonomische Chancen ergeben.

## 1.1 Ausgangslage

Die Energiewirtschaft ist eine zurzeit überaus dynamische Branche, in der verschiedene Veränderungsprozesse zunehmend anspruchsvollere Herausforderungen mit sich bringen. Europäische Rechtsvorgaben (EU 1996; EU 2003), die in Deutschland im Energiewirtschaftsgesetz umgesetzt wurden, treiben die Liberalisierung der Energiemärkte voran. Das so genannte „Unbundling“, die Entkopplung der an den verschiedenen Prozessen der Wertschöpfungskette beteiligten Akteure von der Erzeugung bis hin zum Verkauf an den Endabnehmer, soll dabei den Wettbewerb stärken und Markteintrittsbarrieren verringern. Gleichzeitig erhöht Unbundling aber auch die Komplexität der Geschäftsprozesse.
Ein weiterer wichtiger Trend ist die zunehmende Dezentralisierung der Energieerzeugung durch die massive Zunahme von Kleinstanlagen in Form von Windkraft- oder Photovoltaikanlagen (EnWG, Energiewirtschaftsgesetz, 07.07.2005). In der Folge steigt die Komplexität in der Energiewirtschaft und somit erhöhen sich auch die Anforderungen an ein funktionierendes Energiemanagementsystem. Zentrale Herausforderung der Energiewirtschaft wird es auch in den kommenden Jahren sein, Wettbewerb und zuverlässige Stromversorgung trotz fluktuierender, dezentraler Einspeisung zu gewährleisten.
In den letzten Jahren wurde die Liberalisierung anhand des 3. Energiebinnenmarktpakets von 2009 nachreguliert und durch das Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) in nationales Recht transformiert. Dabei wurde eine Anreizregulierung implementiert, die zusätzliche Effizienzpotenziale in den Netzen durch die Entkoppelung der Netzentgelte von den Kosten erschließen soll. Außerdem schreibt die Messstellenregelung innerhalb des EnWG für Neuinstallationen ab 2010 intelligente Zähler vor und legt damit einen Grundstein für die Einführung von Smart Grids. Nach dem Atomunfall von Fukushima wurde der Ausstieg aus der Kernenergie wieder beschlossen, sodass künftig etwa 20 Prozent der Grundlast-versorgungskapazitäten wegfallen. Die Stilllegung erfordert neue Kapazitäten, hauptsächlich aus EE, aber auch aus fossilen Energieträgern (NITSCH et al. 2010, S. 54f.). Der Ausbau der Erneuerbaren Energien und die Erhöhung des Anteils aus Kraft-Wärme-Kopplung wurde durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG, 25.10.2008) und das Kraftwärme-

kopplungsgesetz (KWKG, 19.03.2002) weiter vorangetrieben. Die von der EU beschlossene Richtlinie 2012/27/EG (EU 2012) sieht ein Energieeffizienzziel von 20 Prozent bis 2020 vor und muss bis spätestens 2014 in deutsches Recht umgesetzt werden.
Diese aktuellen Entwicklungen führen zu einer verstärkten Integration der einzelnen Wertschöpfungsstufen der Energiewirtschaft und damit zu einem weiteren Anstieg der Komplexität.

## 1.2 Problemstellung

Aus der angestrebten Liberalisierung und der Integration steigender Mengen dezentral erzeugter, erneuerbarer Energien resultieren eine Reihe von marktlichen und technischen Herausforderungen. Diese Herausforderungen bestehen einerseits darin, die veränderten Rahmenbedingungen der Energiewirtschaft wirtschaftlich sinnvoll zu nutzen und eine bezahlbare Energieversorgung zu gewährleisten, andererseits sind eine Reihe von technischen Anpassungen erforderlich, um die neuen volatilen und dezentralen Energiequellen geeignet in das bestehende System integrieren zu können.
Aus wirtschaftlicher Sicht ist der Markt nach wie vor von wenigen Großkonzernen geprägt, vor allem im Bereich der Energieerzeugung und der Übertragungsnetze. Zur Steigerung ihrer Wettbewerbsfähigkeit benötigen kleine und neue Lieferanten Differenzierungsmöglichkeiten auf Produktebene sowie intelligente Kooperationsmodelle für die gemeinsame Erschließung von Skaleneffekten bei der Einführung neuer Technologien. Durch das Unbundling sind einstmals integrierte Strukturen separiert und Informationsflüsse zur Verbesserung des Wettbewerbs bewusst getrennt worden, jedoch oftmals zum Nachteil einer effizienten Prozessabwicklung entlang der Wertschöpfungskette. Eine Anpassung der Organisationsstrukturen und der Systemarchitekturen ist nur teilweise und an keiner Stelle ganzheitlich erfolgt.
Aus technischer Sicht müssen die Lieferanten den durch erneuerbare Energien erzeugten Strom aufnehmen und zur Belieferung der Endkunden verwenden. Die aufzunehmenden Mengen sind jedoch nur schwer zu prognostizieren, weil sie sowohl vom Ausbau der erneuerbaren Energien als auch vom Dargebot abhängen. Damit entsteht ein nicht unerhebliches Risiko für den Lieferanten, da die Schwankungen der Erzeugung von erneuerbaren Energien zu Fehlmengen oder Überschüssen in ihrem Beschaffungsportfolio führen. Die dadurch verursachten Kosten werden zu einem großen Teil an die Endverbraucher weitergereicht. Technisch gesehen besteht die Herausforderung darin, diese Ineffizienzen zu beseitigen, z. B., indem die Nachfrage stärker an das Angebot angepasst wird. Dazu müssen die einzelnen Wertschöpfungsstufen der Energiewirtschaft stärker integriert werden.

## 1.3 Initiative E-Energy

Die E-Energy-Webseite (BMWi 2013) beschreibt die Zielsetzung und Aufgabenstellung der Initiative folgendermaßen:
„E-Energy: IKT-basiertes Energiesystem der Zukunft“ ist ein vom *Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi)* initiierter Förderschwerpunkt im Rahmen der

Technologiepolitik der Bundesregierung. Mit E-Energy werden neue Lösungen im Bereich Smart Grids entwickelt, die den Anforderungen des Wandels zu liberalisierten Märkten, zu dezentralen und volatilen Erzeugungsstrukturen sowie zur Elektromobilität Rechnung tragen – und ein Höchstmaß an Wirtschaftlichkeit, Versorgungssicherheit und Umweltverträglichkeit sicherstellen. Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) spielen dabei eine zentrale Rolle. Das Hauptziel von E-Energy ist die Schaffung von E-Energy-Modellregionen. Sie sollen zeigen, wie das große Optimierungspotenzial der Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) zur Erreichung von mehr Wirtschaftlichkeit, Versorgungssicherheit und Umweltverträglichkeit in der Stromversorgung am besten genutzt werden kann.
Aus einem E-Energy-Technologiewettbewerb gingen sechs Modellprojekte als Sieger hervor. Sie alle verfolgen einen integralen Systemansatz, der alle energierelevanten Wirtschaftsaktivitäten sowohl auf der Markt- als auch auf der technischen Betriebsebene einschließt. Die E-Energy-Modellprojekte sollen ein „Internet der Energie“ entwickeln, das das Elektrizitätssystem intelligent kontrolliert, steuert und regelt. Das Internet der Energie vernetzt die vielen Akteure des Energiesystems von der Erzeugung über Transport und Verteilung bis hin zum Verbrauch.

**Bild 1: Modellprojekte im E-Energy-Technologiewettbewerb**

Durch das aktuelle Forschungsvorhaben sichert sich Deutschland eine Vorreiterrolle in Europa und der Welt und wird langfristig zum ernstzunehmenden Akteur im globalen Energiemarkt. Das Bundesministerium strebt durch die Förderung hohe volks- und energiewirtschaftliche Erfolge an. Schließlich trägt E-Energy zu mehr Wettbewerb entlang der Wertschöpfungskette von Kraftwerks- und Netzbetreibern bei und erschließt zugleich Wachstums- und Beschäftigungsfelder zwischen IKT und Energietechnik.

# 2 Projekt Smart Watts

Die Stadtwerke als Motoren des Wettbewerbs in der Energiewirtschaft stehen durch die voranschreitende Liberalisierung vor großen Herausforderungen. Um diesen Herausforderungen einer zunehmend über marktliche Mechanismen geregelten Energiewirtschaft mit einer Vielzahl verschiedener Rollen und Akteure begegnen zu können, müssen „Produkte“, also (teil-)standardisierte Lieferungen und Leistungen, angeboten werden, die effizient zwischen den Akteuren ausgetauscht werden können. Teil dieser Effizienz ist der einfache Austausch von Informationen bis hin zu Modellen, bei denen die ausgetauschte Information selbst einen Mehrwert bietet, also selbst das „Produkt“ ist. Im Projekt „Smart Watts“ wird dies bei den Entwicklungen berücksichtigt und es wird vor allem auf kleine und mittelgroße Stadtwerke abgezielt, die von den Herausforderungen, die diese „neue Welt“ mit sich bringt, besonders betroffen sein werden.

## 2.1 Zielstellung

Ziel des Projekts „Smart Watts“ ist die Ende-zu-Ende-Optimierung des gesamten Energiesystems von der Erzeugung über den Handel und die Verteilung bis hin zum Letztverbraucher. Durch den schrittweisen Einsatz neuer organisatorischer und informationslogistischer Konzepte werden die Chancen der Energiemarktliberalisierung besser genutzt und eine ressourcenschonendere und kostengünstigere Versorgung mit elektrischer Energie sichergestellt. Das Konsortium folgt dabei der Vision, dass der Strom in Zukunft von der nötigen Information für eine optimierte Steuerung begleitet wird (Smart Watts, die „intelligenten Kilowattstunden“). Sämtliche Konzepte richten sich insbesondere auch an kleinere Marktparteien wie Stadtwerke und neue Anbieter und werden in Aachen umfassend umgesetzt. Damit wird Aachen als Modellregion etabliert und entfaltet durch seinen beispielhaften Charakter eine ausstrahlende Wirkung für die Umsetzung moderner Konzepte der Energiewirtschaft in anderen Regionen. Alle Ergebnisse sollen auf die deutschen Stadtwerke und damit auf zahlreiche weitere Regionen übertragen werden können. In Aachen soll ein „Kristallisationspunkt“ für das Energiesystem der Zukunft geschaffen werden. Ausgehend vom skizzierten Gesamtziel, lassen sich folgende vier Teilziele ableiten:

Teilziel # 1: *Primärenergieeinsparung* und *Klimaschutz* durch Schaffung von Anreizen zum Energiesparen, Erhöhung der Effektivität des Energieeinsatzes und Verbesserung der Aufnahmefähigkeit des Systems für erneuerbare Energieerzeugung,

Teilziel # 2: *Wettbewerbsbelebung* durch Verbesserung der Marktteilnahmebedingungen und Differenzierungsmöglichkeiten für Stadtwerke und neue Anbieter über innovative Produkte und Services, Förderung einer aktiven Marktteilnahme der Verbraucher und Gestaltung offener Schnittstellen,

Teilziel # 3: *Effizienzsteigerung* bei der Nutzung der Infrastruktur (Kraftwerke, Netze), vor allem durch Instrumente zur Verbrauchsbeeinflussung, und bei der Gestaltung der Geschäftsprozesse, dadurch *Kostenreduzierung* für den Verbraucher (Senkung der Transaktionskosten in der gesamten Value-Chain),

Teilziel # 4: *Aufrechterhaltung der Versorgungssicherheit* bei zunehmend dezentralen Strukturen durch Verbesserung der Informationsbereitstellung und Selbstregelfähigkeit in den Teilsystemen und durch Risikoreduzierung bzw. verursachungsgerechtere Risikoverteilung.

Bild 2 veranschaulicht die einzelnen Teilaspekte und Teilziele der verschiedenen Teilvorhaben.

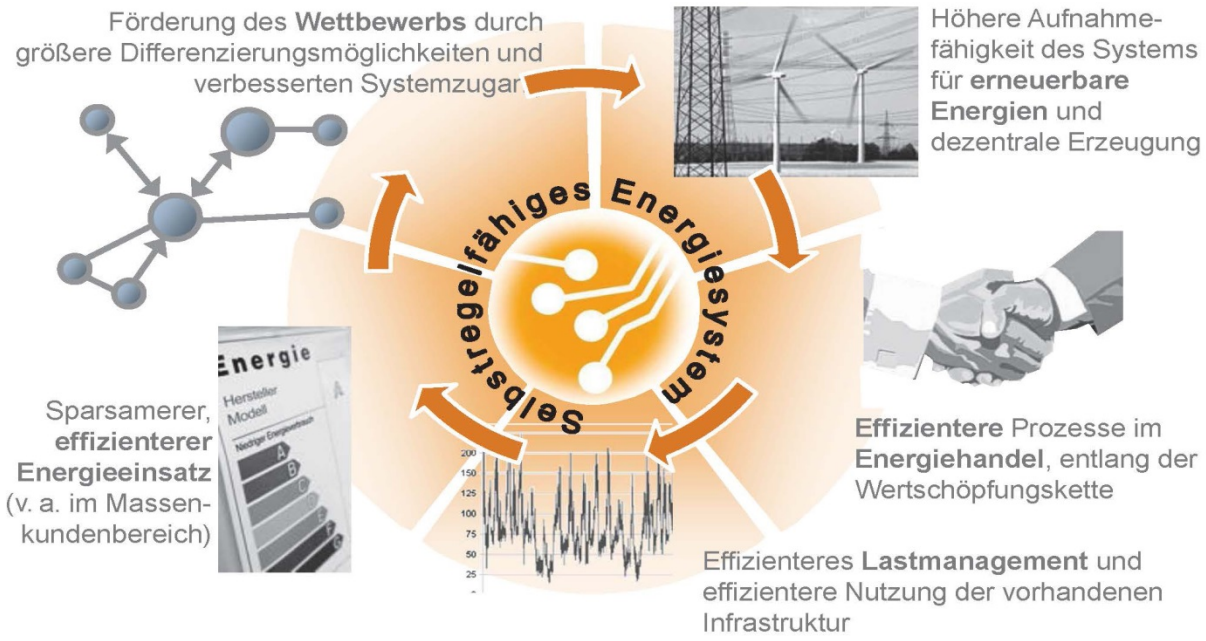



**Bild 2: Aspekte und Ziele der Teilvorhaben**

Das Projekt Smart Watts adressiert somit zentrale Anforderungen an das Energiesystem der Zukunft, das bei zunehmenden Angebotsschwankungen durch volatile erneuerbare Energien (EE) eine gleichbleibend hohe Versorgungssicherheit garantieren muss. Trotz der erhöhten Komplexität in der Energiewirtschaft durch Unbundling und die starke Zunahme von dezentralen Energieerzeugungseinheiten muss die Kommunikationsinfrastruktur, also die informationstechnische Vernetzung der einzelnen Akteure, eine effiziente Abwicklung von Geschäftsprozessen ermöglichen. Um dieses übergeordnete Ziel zu erreichen, muss die vorhandene Selbstregelfähigkeit des Gesamtsystems (Erzeugung, Übertragung und Verbrauch) signifikant verbessert werden.

## 2.2 Motivation

Das durch Smart Watts aufgespannte Szenario besteht in einer intelligenten, losen Kopplung der einzelnen Teilsysteme des Energiesystems, die einen semantikgestützten Informationsaustausch gewährleistet. Auf technischer Seite enthält Smart Watts ein Smart-Meter-System, das als Gateway in den Haushalt fungiert und Demand-Side-Management-fähige Haushaltsgeräte, die auf ein neu entwickeltes, preisbasiertes Tarifsystem automatisch reagieren können. Die marktlichen Aspekte der Wertschöpfungskette werden anhand eines intelligenten Marktsystems für den Fahrplanhandel sowie eines verbesserten, ganzheitlichen Portfoliomanagements umgesetzt. Das Portfoliomanagement beinhaltet dabei Prognose-möglichkeiten, ein Balancingsystem, welches auch virtuelle Kraftwerke zur Einbindung

dezentraler Energieerzeugungseinheiten nutzt, und das preisbasierte Tarifsystem zum Ausgleich von Nachfrage- und Angebotsportfolien.

Vorteil des Gesamtkonzepts ist die Möglichkeit, die Selbstregelfähigkeit des Energiesystems zu verbessern, ohne hohen Investitionsaufwand in Infrastruktur und Kraftwerken. Aufgrund der damit verbundenen Risikoreduktion können Risikoprämien entfallen, die Effizienz deutlich gesteigert und insgesamt Preisvorteile an Endkunden weitergegeben werden. Das Dilemma „saubere Energie“ zu „wirtschaftlichen Energiepreisen“ wird so zum Teil aufgelöst.

Dabei müssen die folgenden Voraussetzungen gegeben sein, dass sich das Szenario entwickeln kann:

- Automatisiertes Demand-Side-Management setzt sich auch im Privatbereich durch und ermöglicht ein erhebliches zusätzliches Lastverschiebungspotenzial.
- Es entsteht ein geeigneter Marktplatz für den Intraday-Handel mit kurzfristigen Energieprodukten (kleinere Einheiten und kürzere Vorlaufzeiten).
- Übergreifende Portfoliooptimierung (z. B. durch bessere Prognosen der Erzeugung sowie des preissensitiven Verbrauchsverhaltens und die Zusammenschaltung von regelbaren und volatilen erneuerbaren Energien zu virtuellen Kraftwerken).
- Entwicklung von geeigneten Datenstrukturen und Vernetzung für die marktlich basierte Koordination zwischen den unterschiedlichen Teilnehmern des liberalisierten Energiemarktes.
- Entwicklung einer geeigneten lose gekoppelten, dienstzentrierten Systemarchitektur in Anlehnung an das Internet der Dinge.

## 2.3 Projektidee

Die Projektidee von Smart Watts besteht in der Entwicklung einer Modellregion zum Einsatz neuer organisatorischer und informationslogistischer Konzepte. Das Verbundvorhaben ist dabei in Teilvorhaben mit folgenden Zielen untergliedert:

1. Entwicklung einer flexiblen und dezentralen Informationsinfrastruktur und Informationslogistik, die die dezentralen Verbraucher mit der zunehmend dezentralen Erzeugerseite intelligent verbindet – Teilvorhaben 1: „Smart Architecture“
2. Entwicklung eines intelligenten Verfahrens zur Ermittlung von Preissignalen aufgrund optimierter Portfolios – Teilvorhaben 2: „Smart Portfoliomanagement“
3. Design eines Marktplatzes zum effizienten Handel von Fahrplänen und Lastprofilen – Teilvorhaben 3: „Smart Market“
4. Ermöglichen einer zeitbezogenen Erfassung des Verbrauchs und Transport von Steuerinformationen – Teilvorhaben 4: „Smart Metering“
5. Umsetzung einer intelligenten Verbrauchssteuerung auf Haushaltsseite – Teilvorhaben 5: „Smart Demand“
6. Untersuchung der technischen Potenziale und Leistungsgrenzen in der praktischen Anwendung sowie der Kundenakzeptanz – Teilvorhaben 6: „Modellregion“

Die Ziele dieser Bausteine fügen sich zum Gesamtziel, der Vision der „Ende-zu-Ende-Optimierung“ des Energiesystems, zusammen, bei dem Prozesse entlang der gesamten Wertschöpfungskette effizienter gestaltet und Angebot und Nachfrage nach Energie besser synchronisiert werden können.

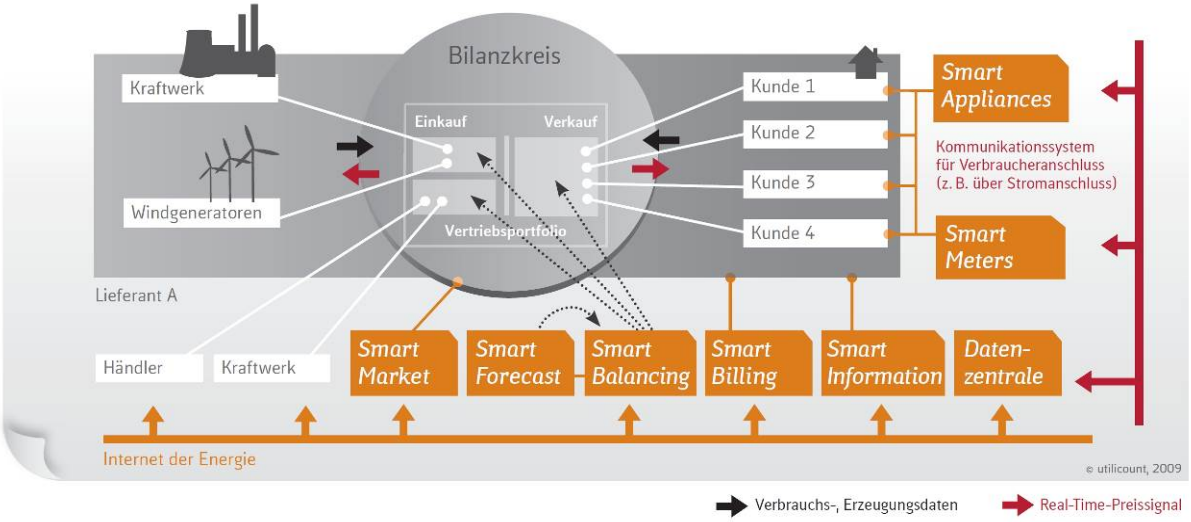



**Bild 3: Schaubild der Komponenten des Smart-Watts-Verbundvorhabens**

## 2.4 Stand der Wissenschaft und Technik

Aufbauend auf dem Stand der Wissenschaft und Technik, werden durch Smart Watts Lösungsansätze zur Verbesserung im Bereich der effizienten Organisation und der Produktdifferenzierung im Massenkundengeschäft geboten.

### 2.4.1 Stand der Wissenschaft und Technik bei Projektstart

Smart Watts baut auf einer Reihe von neueren technischen Entwicklungen auf. Dabei sind die folgenden Aspekte besonders relevant.

**Demand-Side-Management (DSM):** Hierunter versteht man Maßnahmen, die die Höhe und die Struktur der Energienachfrage beeinflussen. Primäre Intention im Rahmen des Lastmanagements ist hierbei die Verschiebung der Last auf Nachfrageseite entsprechend der aktuellen Erzeugungssituation (EFFIZIENTE-ENERGIESYSTEME 2013). Aus technischer Sicht bedeutet Lastmanagement insbesondere auch, dass nicht benötigte Verbraucher temporär abgeschaltet werden können, um Netzstabilität zu gewährleisten (ENERGIE-LEXIKON 2013). Dies erfolgte bisher durch ein aktives Handeln auf Seiten des *Netzes*, indem zu kritischen Zeiten der *normale* Lastgang der Verbraucher *kurzfristig* durch Lastreduktion oder Lastverschiebung verändert wurde. Diese Möglichkeit ist heute nicht mehr systemkonform, da sie netzweit wirkt, der Netzbetreiber aber nicht mehr Lieferant der Energie ist und den Lieferanten eine individuelle Steuerungsmöglichkeit fehlt (DIDDEN ET AL. 2003). Eine weitere Möglichkeit besteht darin, den Kunden Informationen über Verbrauchskosten und Umweltaspekte zur Verfügung zu stellen, sodass sie ihr Verhalten bezüglich ihres Energieverbrauchs anpassen können. Ferner kann Lastmanagement ähnlich einem Energiespeicher eingesetzt werden, indem der Energieverbrauch im Stunden- bis Tagesbereich verlustfrei verschoben wird (MERTEN 2012).

Die Energieversorgung ist heute, bis auf Ausnahmen, auf reine Bedarfsdeckung ausgelegt. Möglichkeiten, den Bedarf an das Angebot anzupassen, werden nur in geringem Umfang und dann meist in großen Anlagen genutzt. So gibt es weit entwickelte Lastmanagementprogramme für große Industriebetriebe. Da deren Entwicklungsstand jedoch schon hoch ist, sind die in Zukunft zu erwartenden Beiträge aus Verbesserungsmaßnahmen in diesem Bereich relativ gering. Insgesamt wird geschätzt, dass im Bereich Industrie ein verlagerbares Energiepotenzial von 1350 GWh bei einer maximalen Leistung von 2800 MW vorliegt (KRÜGER 2011). Das jeweilige Einsparpotenzial ist in Relation zu einem Gesamtstromverbrauch des Sektors Industrie von 251 TWh im Jahr 2011 zu beurteilen (BMWi 2011). Im Vergleich hierzu wird im Haushaltsbereich ein Potenzial verlagerbarer Energie von 26.600 GWh bei einer maximalen Leistung von 20.585 MW geschätzt (KRÜGER 2011). Unter Berücksichtigung eines Gesamtstromverbrauchs im Haushaltsbereich von 140 TWh (BMWi 2011) zeigen sich wesentlich höhere relative und noch nicht gehobene Einsparpotenziale. Auch im Bereich Gewerbe, Handel und Dienstleistungen gibt es Schätzungen, die in Relation zu einem Stromverbrauch von 133 TWh (BMWi 2011) eine verlagerbare Energie von 6.300 GWh bei einer maximalen Leistung von 10.320 MW sehen (KRÜGER 2011). Eine Gesamtbetrachtung des Potenzials des Lastmanagements zeigt, dass die verlagerbare Energie in Sommer und Winter in etwa gleich groß ist, wohingegen dies im Winter bereits bei der Hälfte der maximalen Leistung im Sommer erzielt werden kann (KRÜGER 2011).
Als weiteres Konzept im Bereich des Demand-Side-Managements im Industriesektor wurden abschaltbare Lasten eingeführt. Großen Unternehmen wird hierbei die Möglichkeit gegeben, dem Netzbetreiber eine gewisse Last zur Abschaltung zur Verfügung zu stellen und im Gegenzug Prämien zu erhalten (BMJ 2013).
Eine Detailbetrachtung der Potenziale des Lastmanagements im Haushaltsbereich zeigt, dass bei Haushaltsgeräten zwischen zwei Verlagerungsmöglichkeiten unterschieden werden kann. Zum einen können Lasten durch die Veränderung des Benutzerverhaltens verschoben werden. Diese Methode ist jedoch schwer umsetzbar, da, wie sozialwissenschaftliche Untersuchungen ergeben haben, die Bevölkerung nicht bereit ist, ihr Benutzerverhalten grundlegend umzustellen bzw. einzuschränken (s. HANITSCH et al. 1993). Die zweite Möglichkeit besteht in einem Lastmanagement, das auf Verwendung automatisierter, technischer Maßnahmen beruht, welches auch langfristig zu einem dynamischen, prognostizierbaren Verhalten des Energieverbrauchs ohne größere Komforteinbußen führt.
Hierzu fehlt jedoch bislang die in der nötigen Breite einsetzbare Infrastruktur, wie beispielsweise kostengünstige und trotzdem leistungsfähige Smart-Meter-Systeme, die auch als Kommunikationsgateway für den Haushalt genutzt werden können, und intelligente Haushaltsgeräte, die ein automatisiertes Lastmanagement auch im Haushaltskundenbereich und im Kleingewerbe ermöglichen. Dazu gehören z. B. Kühlgeräte, Wasch- und Spülmaschinen, Trockner, Warmwasserbereiter, Klimageräte, aber mit erheblichem Wachstumspotenzial auch Wärmepumpen und Blockheizkraftwerke.

**Smart Metering:** Zählerfernauslesung ist im Bereich der Sondervertragskunden bereits Stand der Technik. Durch die technischen Fortschritte im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) werden jetzt auch von verschiedenen Herstellern elektronische Zähler mit Fernauslesung (sogenannte Smart Meters) für den Privatkundenbereich angeboten. Diese Systeme haben neben einer integrierten Kommunikationsfunktion (über Power-Line, GPRS oder Nahfunk) weitere neue Funktionen,

wie integrierte Tarifregister, Fernabschaltung, Power-Quality-Monitoring und Manipulationsschutz. In Italien wurden vom Versorger ENEL sämtliche 30 Mio. Haushalte flächendeckend mit solchen Zählern ausgestattet. Die utilicount kann über die Trianel, gestützt auf eine Kooperationsvereinbarung mit ENEL, für das Projekt Smart Watts auf diese Erfahrungen zurückgreifen.
In Deutschland wird Smart Metering im Tarifkundenbereich erst im Rahmen von einzelnen Pilottests untersucht (SCHÄFFLER, 2006a). Einer flächendeckenden Einführung stehen hier verschiedene technische, ökonomische und regulatorische Hemmnisse gegenüber. Die auf dem Markt verfügbaren Systeme sind proprietär und nicht interoperabel. Es fehlen einheitliche Standards für die Schnittstellen und die Kommunikation, sodass Komponenten von verschiedenen Herstellern in ein System integriert werden können (SCHÄFFLER 2007). Es ist zu befürchten, dass eine flächendeckende Einführung der aktuellen Systeme das Entstehen eines Metering-Marktes wesentlich erschwert, da deren proprietäre Ausgestaltung zur Bildung von Insellösungen führt. Weiterhin sind die Smart-Metering-Systeme derzeit noch so teuer, dass sie sich, verglichen mit einer jährlichen Ablesung, in der Regel noch nicht wirtschaftlich tragen. Automatisiertes Demand-Side-Management für Privatkunden ist mit heutigen Smart-Metering-Systemen nicht möglich. Aufgrund der mangelnden Standardisierung können keine zusätzlichen Dienste und Funktionen von Drittanbietern integriert werden (s. a. modulares Konzept beim PC).
Deswegen ist es für die Versorgungsunternehmen in Deutschland – Unternehmen der Verbund-, Regional- und Stadtwerkeebene, die Netze betreiben und Energie liefern – bisher wirtschaftlich nicht attraktiv, in die Einführung von intelligenten Zählern zu investieren (FRAUNHOFER 2006). Auch die in Forschungsprojekten bisher entwickelten Ansätze, z. B. taktsynchrone Lastgangzähler (tLZ), SELMA, lösen diese Problematik nicht.

**Übertragungstechniken:** Für die Fernauslesung von Stromzählern von privaten Endverbrauchern wird heute überwiegend das Verfahren der Datenübertragung auf der Stromleitung benutzt (PLC: Power-Line-Communication) (SCHÄFFLER, 2007). Dieses Verfahren ist beispielsweise in Italien flächendeckend durch den Versorger ENEL eingeführt worden, um eine kurzzyklische Abrechnung entsprechend dem tatsächlichen Verbrauch zu ermöglichen. Die derzeit am weitesten verbreiteten PLC-Lösungen sind einfach und kostengünstig, bieten aber nur Datenraten von einigen Kilobits, und die Datenübertragung ist vergleichsweise störanfällig. Zähler mit Ethernetanschluss und damit Zugang zum Internet werden in Pilotversuchen in Privathaushalten erprobt. Für alle nicht PLC-basierten Zähler ist die Verfügbarkeit einer Telekommunikationsverbindung zumindest zur Mitnutzung mit einem entsprechenden Vertragsverhältnis Voraussetzung. Wegen der vergleichsweise geringen Verbreitung sind die Kosten je Zähler mit fest eingebauten, leistungsfähigen Kommunikationsmöglichkeiten für einen flächendeckenden Einsatz bei Tarifkunden nicht akzeptabel. Die Anbindung von weiteren Messgebern für Wasser-, Gas- und Wärmeverbrauch zu sogenannten Mehrspartenzählern erfolgt meistens über Funksysteme in den frei nutzbaren ISM-Frequenzbändern. Hierzu gibt es vereinzelt Pilotanwendungen.

**Marktplätze:** Energielieferanten planen ihre Energiebeschaffung, indem sie Geschäfte mit unterschiedlichen Leistungsverläufen und Laufzeiten so abschließen, dass der für die Zukunft prognostizierte Energiebedarf gedeckt wird und Preisrisiken minimiert werden. Dabei besteht die Schwierigkeit darin, dass der Verbrauch zeitvariabel ist und ausgeprägte Spitzen und Täler aufweist, während sich ein liquider Terminmarkt „nur“ für Standardprodukte

ausgeprägt hat. Bei den gehandelten Futures und Forwards ist die Leistung im Lieferzeitraum konstant (Beispiele sind die Börse EEX und die Brokerplattform GFI). Die verbleibenden Differenzen können zwar in Form von sogenannten Fahrplänen bilateral gehandelt werden, ein transparenter und liquider Markt für Fahrpläne ist aber nicht vorhanden. Bisher sind bilaterale Fahrplanhandelsplattformen nur für den Handel von Regelenergie errichtet worden, z. B. der OTC-Handel in Skandinavien (s. MÜLLER-KIRCHENBAUER/ZENKE, 2001). Wenn die Fahrpläne nicht bilateral beschafft werden können, müssen die Differenzen mit dem entsprechenden Risiko am volatilen Spotmarkt gedeckt werden. Die Abwicklung der Energiegeschäfte ist, mit Ausnahme der EEX-Börsengeschäfte und des Handels von Standardprodukten bei den Handelsplattformen, geprägt von unterschiedlichsten, meist zwischen zwei Marktteilnehmern vereinbarten Prozessen und Datenaustauschformaten, die von den eingesetzten Systemen mehr oder weniger gut unterstützt werden. Die häufig notwendige manuelle Bearbeitung bedeutet erhöhte Transaktionskosten und birgt aufgrund der Fehleranfälligkeit und mangelnden Transparenz erhebliche Risiken.

**Portfoliomanagement und Netzstabilität:** Die Liberalisierung des Energiemarktes macht es möglich, dass sehr große Endverbraucher, Stadtwerke und andere Weiterverteiler die benötigte Energie „strukturiert“ beschaffen können und nicht mehr nur aus eigenen Erzeugungsanlagen und über einen Vollversorgungsvertrag mit „ihrem“ Energieversorgungsunternehmen. Die Stromlieferanten versuchen aufgrund von Nachfrageprognosen den optimalen Mix aus Zukauf und eigener Erzeugung zu ermitteln und letztere wird von den Energieerzeugern in einem Fahrplan zur Steuerung der Kraftwerke umgesetzt. Die in der Realität nicht zu vermeidenden Ungleichgewichte im gesamten Energieportfolio, bestehend aus Beschaffung und Absatz, werden meist mit teurer Regelenergie ausgeglichen. Diese wird dem jeweiligen Bilanzkreis in Rechnung gestellt und vom Lieferanten in die Kundenpreise einkalkuliert. Der steigende Bedarf von Kraftwerkskapazität als Ausgleichsreserve für die dargebotsabhängige und damit schwankende regenerative Erzeugung (Wind, Sonne, Laufwasser) verursacht erhebliche Vorhaltekosten. Um dieser Entwicklung entgegenzusteuern und um die Systemstabilität auch in Zukunft garantieren zu können, müssen Wege gefunden werden, Energieangebot und -nachfrage besser in Einklang zu bringen (WIK-CONSULT und FHG VERBUND, 2006). In bestehenden Ansätzen (BEMMANN 2007) werden „Virtuelle Kraftwerke“, d. h. die gemeinsame Betrachtung verschiedener EE-Erzeuger, vorgeschlagen. Dabei wird die Notwendigkeit einer leistungsfähigen Kommunikation sowie einer Prognose, Einsatzplanung und Online-Optimierung zu deren Integration in den Energiemarkt betont.
Vorarbeiten zum Thema haben unter anderem die Forschungsprojekte DISPOWER, CRISP, GridWise und DINAR geleistet. Die hier entwickelten Lösungen decken allerdings nur Teilaspekte ab oder eignen sich nur für den Einsatz in ausländischen Stromnetzen.

**Datenstrukturen und Vernetzung:** Die Bundesnetzagentur hat zum 01.08.2007 verbindliche Vorgaben für den elektronischen Datenaustausch für Energielieferanten erarbeitet. Zu diesem Zweck hat der Verband der Elektrizitätswirtschaft (VDEW) mehrere Nachrichtentypen entwickelt, die auf der UN/EDIFACT-Standardfamilie basieren und unter dem Namen „Edi@Energy“ als Subset für die Vorgaben der BNetzA dienen (LEBEAU und BECKER 2006). Datenformate, die auf EDIFACT beruhen, sind durch einen stark hierarchischen Aufbau charakterisiert. Die Bedeutung des Dateninhalts (die Semantik) wird

rein über die Positionierung innerhalb der Mitteilung (also die Syntax) geregelt. Somit stellt EDIFACT hohe Anforderungen an die Einhaltung sogenannter „Message-Type-Definitions“. Dies sind zentral festgelegte und veröffentliche Format-Spezifikationen, ohne die eine Verständigung zwischen zwei Systemen nicht möglich ist. Die starre Struktur von EDIFACT steht im Gegensatz zu der Notwendigkeit der flexiblen Geschäftsabwicklung und losen Kopplung von IT-Systemen. Diese werden dringend benötigt, da die Koordinationsmechanismen im liberalisierten Energiemarkt zu einer marktlich basierten Koordination verschoben worden sind. Hierdurch steigt die Anzahl der durchzuführenden Transaktionen und der zugehörigen Kommunikationsvorgänge. Damit erhöhen sich die Transaktionskosten insgesamt (COASE 1937; WILLIAMSON 2007). Da die Energiewirtschaft eine aus volkswirtschaftlicher Sicht hochsensible Branche ist, ist es notwendig, dem Überwälzen dieser teilweise hohen Kostenelemente auf den Letztverbraucher entgegenzuwirken. Hierzu fehlen zurzeit die geeigneten Kommunikationsstrukturen.

**Lose gekoppelte, dienstezentrierte Systemarchitektur:** Betrachtet man die IKT-Entwicklungen in der produzierenden Industrie, so fällt vor allem das viel diskutierte „Internet der Dinge“ auf (BULLINGER und TEN HOMPEL 2008). Grundidee ist hierbei eine echtzeitliche Bild realer Güter und deren Bewegungen in der digitalen Welt. Die automatisierte Identifikation von Objekten macht hierbei eine manuelle Datenerfassung überflüssig und ist Grundlage für eine Reihe von effizienzsteigernden Maßnahmen über sämtliche Wertschöpfungsstufen hinweg (STRASSNER 2005). Viele erfolgreiche Unternehmen haben diese Potenziale erkannt und sind auf dem Gebiet engagiert. Charakteristisch für das Internet der Dinge ist, dass es sich um ein Netzwerk von dezentralen Servern handelt, die Daten über das Internet übertragen werden und der Zugang zu Informationen und die Authentifizierung durch Servicekomponenten des Netzwerks erfolgt.
Ein weiterer Trend im IKT-Bereich ist das lose Koppeln heterogener Systeme durch den Einsatz von serviceorientierten Architekturen (SOA) (RICHTER 2005). In Verbindung mit Ontologien (formal-verbale Modellen, die den Informationsaustausch erleichtern) helfen diese Technologien, die Flexibilität und Reaktionsfähigkeit von IT-Systemen zu erhöhen und so Transaktionen in liberalisierten Märkten flexibler und kostengünstiger zu gestalten. Es existieren bereits Ontologien für die Energiewirtschaft, wobei sich diese jedoch rein auf die physikalische Ebene der Netze beziehen und nicht auf die Beschreibung betriebswirtschaftlich relevanter Objekte. Auch fehlt für die Energiewirtschaft eine dem Internet der Dinge vergleichbar flexible, lose gekoppelte und dienstezentrierte Systemarchitektur, die das notwendige hohe Maß an IT-Sicherheit garantiert.

### 2.4.2 Stand der Schutzrechte bei Projektstart

Eine erste, weltweite Sichtung von möglicherweise relevanten Patenten hat bisher vor allem mit dem Themenschwerpunkt Smart Metering stattgefunden, da hier vor allem technische Implementierungen zum Tragen kommen. In den meisten anderen Themen stehen vor allem Software-Konzepte im Vordergrund, bei denen im Bereich der Schutzrechte vor allem das Urheberrecht relevant ist. Die Entwicklungen im Projekt berühren jedoch die Urheberrechte von Unternehmen außerhalb des Projektkonsortiums nicht. Die Einräumung und Zuordnung von Rechten innerhalb des Konsortiums wird über den Konsortialvertrag geregelt, dem alle Antragsteller des Verbundprojekts beitreten.

Die Recherche für den Bereich Smart Metering ergab, dass einige Anmeldungen, Erteilungen sowie laufende Widerspruchsverfahren bekannt sind. Etliche Patente beziehen sich auf Zähler mit Tarifregistern oder sind nur in USA erteilt und sind für dieses Forschungsvorhaben, das nur auf den europäischen Markt abzielt, kaum relevant.
Die Entwicklung in Europa ist wegen der Aktualität dieser Thematik in ständigem Wandel begriffen und musste während der Projektlaufzeit kontinuierlich beobachtet werden. Die Anmeldungen waren teils schon älteren Datums und setzen dann auf andere, veraltete technologische Voraussetzungen und Marktmodelle auf.
Um die spätere Vermarktung der Lösungen sicherzustellen, soll durch ein entsprechendes Systemkonzept die Verletzung etwaiger Patentansprüche vermieden werden. Auch bei geringeren Erfolgsaussichten sollen eigene Patente zumindest angemeldet werden, um somit Ansprüche durch etwaige zukünftige Patente zu vermeiden.

## 2.5 Schwerpunkteinordnung von Smart Watts in E-Energy

Die Initiative E-Energy besteht aus 6 Modellregionen, wobei bei allen Projekten die Einbeziehung der erneuerbaren Energien in den Markt bzw. die Netze der Zukunft (Smart Grids) mithilfe neu entwickelter Systeme aus dem Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologien im Mittelpunkt stehen.
Im Vergleich zu den anderen Modellregionen zeichnet sich Smart Watts damit besonders durch die Betrachtung der gesamten Wertschöpfungskette, die marktliche Integration erneuerbarer Energien, die intelligente Lastverschiebung sowie durch die Berücksichtigung des kritischen Aspekts der Datensicherheit aus. Weitere Herausstellungsmerkmale werden im Folgenden näher ausgeführt.

### 2.5.1 Unbundling-Konformität und Direktvermarktung

Zur Zeit der Erstellung des Gesamtkonzeptes „Smart Watts“ gab es keine Zweifel daran, dass die Zweiteilung des heutigen Energiesystems in einen regulierten Bereich der Verteil- und Übertragungsnetze und in einen durch freie Marktkräfte getriebenen Bereich des Handels, des Energievertriebs und der konventionellen Erzeugung auch in Zukunft Bestand haben wird. Es wurde darüber hinaus davon ausgegangen, dass die regulierte Einspeisung Erneuerbarer Energien nach und nach von marktkonformer Einspeisung durch Direktvermarktung abgelöst wird, da nur so die Wertschöpfung mittels der intelligenten Kilowattstunde im Energiesystem erfolgen kann. Die heute übliche Einspeisung nach dem EEG streift die Information über die Art der Erzeugung ab und wandelt sie in Zertifikate um, die an anderen Märkten gehandelt werden und ihren wahren Bezug zum Zeitpunkt der Erzeugung verloren haben.
Das Konzept von Smart Watts entspricht daher in allen Marktrollen, Komponenten und Informationsflüssen den Anforderungen des Energiewirtschaftsgesetzes. Da Smart Watts die Lieferung von Energie mit Information fokussiert und sich dabei innerhalb der Grenzen des Bilanzierungsmodells „Bilanzkreis“ bewegt, spielen kurzfristige Anforderungen von Netzbetreibern an Regelleistung oder Blindleistung keine Rolle im Projekt. Diese wären aber ebenfalls durch eine Erweiterung des Smart Markets um Produkte der Minutenreserve, der Sekundärregelung oder anderer Systemdienstleistungen integrierbar.

Das *Smart Portfoliomanagement* kann in der Optimierung zukünftig Entscheidungen über die beste Vermarktungsoption für dezentrale Erzeugungsanlagen oder virtuelle Kraftwerke herbeiführen, die Energie wird dabei entweder über Marktplätze direkt gehandelt oder steht als Regelleistung dem Übertragungsnetzbetreiber zur Verfügung.
Nach heutigem Stand nimmt der Netzbetreiber keine aktive Rolle in Smart Watts wahr und gerät so auch an keiner Stelle in Konflikt durch sein natürliches Monopol.

### 2.5.2 Intelligente kWh

Der Ausgangspunkt von Smart Watts ist, dass das künftige Energiesystem nicht als ein zentralistisch organisiertes System, sondern als ein Netzwerk zahlreicher unabhängiger Akteure – seien es Erzeuger, Verbraucher oder Dienstleister auf den verschiedenen Wertschöpfungsstufen – zu verstehen ist, also als ein Energie-Web, in dem die Akteure in unterschiedlichster und immer wieder wechselnder Konstellation interagieren können. Dieses Energie-Web muss auf informationstechnischer Ebene durch ein adäquates System abgebildet werden – das Internet der Energie.
Aufgabe im Energie-Web ist, zu jedem Zeitpunkt die Balance zwischen Erzeugung und Verbrauch herzustellen, unter Einbeziehung verfügbarer Speicher- und Lastverschiebungsmöglichkeiten. Dabei wird die Festlegung auf die bisher geltende Wirkungsrichtung – die Erzeugung folgt dem Verbrauch – zugunsten einer grundsätzlich beidseitig möglichen Beeinflussung aufgehoben. Also auch der Verbrauch kann und muss der Erzeugung folgen, wenn der Anteil fluktuierender Erzeugung immer weiter ansteigt und Potenziale zur Senkung der Kosten für den Verbraucher erschlossen werden sollen.
Das markt- und liberalisierungskonforme Mittel, um eine Balance zwischen Erzeugung und Verbrauch, also zwischen Angebot und Nachfrage herzustellen, ist die Beeinflussung der Akteure über den Preis. Fluktuieren Erzeugung und Verbrauch, muss auch der Preis fluktuieren, und diese Fluktuation muss den Erzeugern und den Verbrauchern bekannt sein, damit sie darauf reagieren können. Stimmt der Preis, sind Angebot und Nachfrage ausgeglichen, und umgekehrt. Grundgedanke des Smart-Watts-Projekts ist daher, den Energiefluss von der Erzeugung bis zum Verbrauch über das Internet der Energie von Information begleiten zu lassen, insbesondere von der Information über den aktuellen Preis und über die Qualität, hier vor allem die Herkunft der Energie. Dadurch, dass die Kilowattstunden von Information begleitet werden, werden sie zu „intelligenten Kilowattstunden“, eben zu Smart Watts. Das Smart-Watts-Konzept unterscheidet die eine Kilowattstunde von der anderen, es verschafft ihr einen individuellen und sogar noch zeitabhängigen Wert. Damit werden ganz neue Produkte, Dienstleistungen und Prozesse möglich, und neue Verfahren, den Ausgleich zwischen Angebot und Nachfrage zu regeln. Information wird zum Produktionsfaktor entlang der gesamten Wertschöpfungskette des Energiesystems.
Auf der Großhandelsebene, z. B. im Spotmarkt der EEX oder im Intraday-Markt, wird die schwankende Balance von Angebot und Nachfrage auf Ebene der Regelzonen bereits abgebildet. Die Preisschwankungen vermitteln einen Eindruck über die zeitliche Verteilung sowie den Hub der Preise und damit auch über das Potenzial der angebotsgerechten Einsteuerung des Verbrauchs.

Smart Watts bedeutet jedoch nicht: ein Preis im gesamten System. Denn tatsächlich besteht das Energiesystem, beispielsweise im Strommarkt, aus einer Vielzahl zumindest im kurzfristigen Bereich parallel und unabhängig voneinander agierender Märkte. Jeder Lieferant, der einen Bilanzkreis bewirtschaftet, dem seine Erzeugungsanlagen und Handelsgeschäfte, seine Kunden und Verbraucher zugeordnet sind, hat das Interesse, diesen Bilanzkreis stets in der Balance zu halten, um teure Regelenergie zu vermeiden. Deswegen sind die Preise im Smart-Watts-System von Lieferant zu Lieferant, bzw. von Tarifprodukt zu Tarifprodukt, unterschiedlich. Mithilfe des Smart Watts Konzepts ist es jedem Lieferanten oder Erzeugungsvermarkter möglich, seinen Bilanzkreis durch gezielte Beeinflussung von Einspeisung und Entnahme in der Balance zu halten. Diese dezentrale Selbstregelung reduziert die Notwendigkeit des Einsatzes von Regelenergie auf die nächsthöhere Ebene der Übertragungsnetzbetreiber.
Das Smart-Watts-Projekt baut auf der Annahme auf, dass der Wandel des Energiesystems in Richtung eines Energie-Webs nicht durch eine verordnete grundsätzliche Korrektur – sozusagen durch Schalterumlegen – gelingen kann, sondern allmählich verlaufen und mit den vorhandenen Strukturen kompatibel sein muss. Es fußt weiterhin auf der Annahme, dass die gefundenen Lösungen im Bestand eingesetzt werden können müssen, also nicht eine Neuerrichtung von Leitungs- oder Kommunikationsnetzen, z. B. in den Häusern der Kunden, voraussetzen dürfen.

### 2.5.3 Dynamische Preise aus einem Portfoliomanagement

Die Bezugskonditionen (BzK) sind ein wesentliches Element zur Umsetzung der „intelligenten Kilowattstunde“. Für die Energiewirtschaft können sie zur Verbesserung der Prozesse und zur effizienteren Ressourcennutzung beitragen. Endkunden können gegebenenfalls durch eine bessere Informationsgrundlage zusätzlichen Nutzen erzielen während Gerätehersteller mithilfe der BzK die Intelligenz in ihren Endgeräten als Wettbewerbsvorteil nutzen können.

Die Bezugskonditionen stellen das Informationskonstrukt dar, welches die Energielieferung begleitet. Es fasst die Informationen zusammen, welche die Basis für die Verbrauchssteuerung beim Abnehmer bilden. Darüber hinaus sind weitere, nicht unmittelbar entscheidungsrelevante Informationen enthalten (siehe Kapitel 4.2.4 Bezugskonditionen, S. 165ff.).

In den Bezugskonditionen können Preise in Echtzeit übermittelt werden (Real-Time-Pricing), aber auch Prognosen mitgeliefert werden. Durch flexible Platzhalter können die Tarifmodelle vom Energielieferanten so angepasst werden, dass sie die Bedürfnisse der Kunden individuell befriedigen. Diese Möglichkeit der Kombination von Informationen über Preis- und Qualitätsmerkmale bietet ein Höchstmaß an Flexibilität bei der Tarifgestaltung.

Das Preissignal ist der für den Abnehmer wirksame Arbeitspreis. Durch Änderungen dieses Preises sollen Lastverschiebungen im Absatz induziert werden, mit denen ein Ausgleich des

Residuallastganges im Smart Portfoliomanagement angestrebt wird. Das Preissignal ist der für die Lastverschiebung in Smart Watts wesentliche Bestandteil der Bezugskondition.

Das Lieferantenportfolio weist nach einer erfolgten Absatzprognose einen noch einzudeckenden Lastgang aus, der sich unter Berücksichtigung der Grundversorgung und der Erzeugung des virtuellen Kraftwerks ergibt. Bei der folgenden Beschaffungsoptimierung werden optional verfügbare Verträge und Produkte aus dem Smart Market berücksichtigt. Zielgröße der Optimierung ist die Minimierung der Beschaffungskosten mit der Randbedingung des gleichzeitigen (summarischen) Portfolioausgleichs.
In einem zweiten Schritt wird versucht, durch „Lastverschiebung“ den Lastgang des oben genannten Restmengenvertrags (= Residuallastgang) möglichst weitgehend auszugleichen. Die hierfür verwendete Funktion basiert auf einem künstlichen neuronalen Netz (KNN), das die Preisänderung liefert (Output), die geeignet ist, einen Lastgang mit positiven und negativen Mengen (Input) auszugleichen.

Mit synthetischen Preissignalen (die formal den Anforderungen an die Bezugskonditionen genügen) und den damit im Feldversuch erzielten Laständerungen wird ein KNN trainiert. Das Training des KNNs wird in der „Kalibrierungsphase“ durchgeführt. Es werden typische Preismuster gesendet und zusammen mit der Reaktion (Laständerung) als Input für das Training verwendet. In der anschließenden „Wirkungsphase“ werden gezielt Preissignale versendet, die eine bestimmte Reaktion hervorrufen und zur Schließung der offenen Position beitragen sollen. Unter Verwendung des resultierenden KNN wird aus dem Residuallastgang stundenweise das Preissignal für die Lastverschiebung im Absatz zur Verfügung gestellt. Gesendet wird bis in den Haushalt hinein eine Price-Forward-Curve (24h-PFC), wobei die ersten Stunden verbindlich sind, während es sich bei den restlichen Preisen um Prognosewerte handelt, welche aktualisiert, aber auch unverändert weiter gelten können.

### 2.5.4 Kostengünstiger Einstieg in die Hausautomation

Ein wesentlicher Aspekt bei der Zielsetzung für Smart Watts bestand in der Lösungsfindung und Umsetzung von Steuerungssystemen für die Hausautomation zur Hebung von Lastverschiebungspotenzial auf der einen Seite und zur Benutzereinbindung (Information und Führung) auf der anderen Seite. Kostengünstige und leichte Nachrüstbarkeit von bestehenden Haushalten ist hierbei das Ziel.
Hauptaugenmerk wurde auf die Nachrüstung bestehender Altgeräte gelegt, da Elektrogroßgeräte in Haushalten, die sogenannte weiße Ware, Anschaffungen für eine lange Zeit sind. Ein kostengünstiger Einstieg in die Hausautomation im Sinne der Ziele von Smart Watts besteht daher in einfachen, universellen und kostengünstigen Erweiterung für die vorhandenen Haushaltsgeräte, sowie der Realisierung der dazu notwendigen Kommunikationsinfrastruktur.
Kostentreibende aufwendige Erweiterungen wie z. B. das Verlegen neuer Kommunikationskabel oder die Verwendung von speziellen Geräten, die nicht in die Consumer-Geräteklasse gehören, sollten dabei möglichst vermieden werden. Startpunkt der

Zielsetzung war ein durchschnittlicher Haushalt mit einfacher DSL-Internetverbindung ohne weitere, besondere Kommunikationsinfrastruktur.

### 2.5.5 Sicherheitskonzept

Im Rahmen des Betriebs der Architektur für das Smart-Watts-Projekt werden verschiedene Daten erzeugt, übermittelt und gespeichert. Diese Daten müssen hinreichend geschützt werden, um Schaden für die beteiligten Projektpartner oder den Endkunden zu vermeiden. Durch die gezielte Auswertung der Verbrauchsdaten in kurzen Zeitintervallen entstehen Erkenntnisse über die Betriebszeiten der elektrischen Gerätschaften. Diese geben wiederum Auskunft über die persönlichen und sachlichen Lebensverhältnisse der jeweiligen Nutzer und stellen ein Nutzungsprofil dar, an dem Dritte durchaus Interesse haben könnten. Entsprechend stellt ein Vorhaben wie Smart Watts eine Herausforderung für die Informationssicherheit und speziell den Datenschutz dar, der den Schutz von personenbezogenen und personenbeziehbaren Daten fordert. Um diesen hohen Anforderungen Rechnung zu tragen, hat das Gesamtvorhaben E-Energy die Maxime *„privacy by design“* ausgerufen und eine konsequente wie auch transparente Berücksichtigung der Datensicherheit und des Datenschutzes vorgeschrieben. Die Sicherheitsaspekte werden im Detail in Kapitel 3.3.3 Sicherheitskonzept Smart Watts (siehe S. 107ff.) besprochen.

## 2.6 Projektorganisation

Das Gesamtforschungsvorhaben „Smart Watts“ gliedert sich in sechs Teilvorhaben (TV), die in Abschnitt 2.6.3 (siehe S. 32ff.)näher erläutert werden. Jedes der Teilvorhaben weist einen anderen Fokus im Gesamtvorhaben auf und wurde von jeweils einem der in Abschnitt 2.6.1 (siehe S. 29ff.) aufgeführten Konsortialpartner betreut. Zur Erfüllung von Teilaufgaben wurden im Projektkontext vereinzelt Unterauftragnehmer hinzugezogen, deren Beteiligung im Folgenden dargestellt wird. Abschnitt 2.6.4 (siehe S. 35ff.) liefert eine zeitliche Einordnung des Gesamtprojektablaufs. Die Konsortialführung hatte die *utilicount GmbH & Co. KG* inne.

### 2.6.1 Konsortium

Das Konsortium besteht aus den folgenden Unternehmen:

Der ***FIR e. V. an der RWTH Aachen*** ist selbständiger Forschungsdienstleister an der RWTH Aachen mit einer mehr als 60-jährigen Erfahrung in der Entwicklung und Anwendung von Methoden zur Steigerung von Wachstum und Beschäftigung. Das *FIR* ist Mitglied der *Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF)* und zählt als industrielle Mitgliedsvereinigung 130 Mitgliedsunternehmen und Verbände mit mehr als 50 000 angeschlossenen Unternehmen. In den Themenbereichen Produktionsmanagement, Dienstleistungsmanagement, Business-Transformation und Informationsmanagement gestalten 50 festangestellte und wissenschaftliche Mitarbeiter sowie 40 wissenschaftliche und studentische Hilfskräfte die Betriebsorganisation im Unternehmen der Zukunft.

Aufgrund umfassender Erfahrungen bei der Entwicklung komplexer Architekturen konzentrieren sich die Arbeiten des *FIR* auf die Entwicklung einer geeigneten Informationsarchitektur für das Internet der Energie und die Unterstützung weiterer Teilvorhaben sowie die Dissemination der Forschungsergebnisse.

Die ***Kellendonk Elektronik GmbH*** entwickelt als High-Tech-Spezialist unabhängige Hardware- und Softwarelösungen. Das in Köln (Deutschland) ansässige Unternehmen ist spezialisiert darauf, die sich in einer Welt komplexer werdender Technologien und zusammenwachsender Märkte stetig verändernden Anforderungen zu berücksichtigen. Dazu gehören vor allem die Wechselwirkungen aufgrund der zunehmenden Vernetzung und Digitalisierung. Für eine erfolgreiche Produktentwicklung und -realisation bietet *Kellendonk Elektronik* als technologischer Lösungsraum sowohl nationalen als auch internationalen Unternehmen alle notwendigen Bausteine an: Von der Identifizierung der Kundenbedürfnisse, über die Produktidee, die Nutzung und spezifische Anpassung der Technologien bis hin zur Fertigung sowie Vermarktung von Serienprodukten. Wenn nötig, werden dafür Standards und Normen erarbeitet und die weltweite Zulassung geregelt. In dem Prozess wird stetig überprüft, in welchen Bereichen Kooperationen mit anderen Marktteilnehmern sinnvoll sind. Das verkürzt Entwicklungszeiten. Unternehmen können sich so in neuen Märkten schnell und erfolgreich positionieren. Über den Lösungsraum-Ansatz entwickelte *Kellendonk Elektronik* im Rahmen des E-Energy-Programms der Bundesregierung das Vernetzungskonzept EEBus. Dieses ermöglicht über eine intelligente Gerätesteuerung die Anpassung des Stromverbrauchs an die -erzeugung. In diesem Bereich war *Kellendonk Elektronik* maßgeblich an der Gründung der EEBus-Initiative beteiligt. Das Ziel des Zusammenschlusses von mehr als 40 in- und ausländischen Unternehmen ist es, den Kommunikationsstandard EEBus als standardisiertes und konsensorientiertes Vernetzungskonzept von Smart Grid und Smart Home im Markt zu etablieren.

Die 1969 in Berlin gegründete ***PSI AG*** entwickelt und integriert auf der Grundlage ihrer mehr als 40-jährigen Erfahrung Softwarelösungen und komplette Systeme für Energieversorger, Industrieunternehmen und Infrastrukturbetreiber. *PSI* zählt in Europa zu den führenden unabhängigen Lösungsanbietern für die Steuerung und Überwachung komplexer Netzinfrastrukturen bei Energieversorgern (Elektrizität, Gas, Öl, Wasser). PSI beschäftigt mehr als 1 700 Mitarbeiter an 11 deutschen und 19 internationalen Standorten in Europa, Amerika und Asien. Die *PSI Energy Markets GmbH* ist eine hundertprozentige Tochter der *PSI AG*. Das Unternehmen ist seit 30 Jahren mit den Schwerpunkten Systementwicklung sowie Organisations- und Fachberatung in der Energiewirtschaft tätig. Im Rahmen der Sparte Energiemanagement der PSI AG entwickelt und vermarktet die *PSI Energy Markets GmbH* Produkte, auf deren Basis integrierte energiewirtschaftliche Lösungen für den Energiehandel und -vertrieb, Planung und Optimierung realisiert werden. Die Kompetenz und Bearbeitung aller energiewirtschaftlichen Fragestellungen und Sachverhalte hinsichtlich Planung, Handel und Vertrieb sowie Abrechnung aus der Gas- und Stromversorgung werden hier gebündelt. Die *PSI Energy Markets GmbH* ist mit derzeit rund 70 Mitarbeitern an drei Standorten in Deutschland und einem in der Schweiz tätig.

Die ***SOPTIM AG*** begleitet seit 1971 ihre Kunden kompetent und verlässlich. Vom reinen IT-Dienstleister hat sich *SOPTIM* zu einem integralen Bestandteil der Energiewirtschaft entwickelt. *SOPTIM* liefert Lösungen für alle Marktrollen und stellt innerhalb der Marktrollen Lösungen für alle Prozesse bereit. Zu den Tätigkeitsschwerpunkten zählen Produktlösungen, Individuallösungen und Beratungsleistungen. Mit ihren Kunden zusammen entwickeln die mehr als 300 *SOPTIM*-Mitarbeiter seit über 40 Jahren Visionen und münzen diese in wirtschaftliche Erfolge um. Im abgeschlossenen Geschäftsjahr 2011/2012 erzielte die *SOPTIM AG* einen Umsatz von 26,0 Mio. Euro. Seit der Firmengründung ist *SOPTIM* in Aachen ansässig. 1991 wurde die Niederlassung Essen, 2010 ein Büro in München gegründet. Unter dem Aspekt Smart Market baut die *SOPTIM* mit ihren Entwicklungen in Smart Watts auf Erfahrungen mit den Produkten *SOPTIM EDI* (Energiedateninterface) sowie auf die Lösungen KomC (ETSO-Scheduling-System für einen TSO) und ComCT (ESS-Kommunikationstool für Händler) auf.

Die ***STAWAG, Stadtwerke Aachen Aktiengesellschaft***, ist ein zukunftsorientiertes Unternehmen für Energie und Wasser in Aachen. Sie liefert täglich Strom, Erdgas, Fernwärme und Trinkwasser an über 130 000 Kunden. Außerdem betreibt sie im Auftrag der Stadt Aachen das Abwassersystem. Mit rund 630 Beschäftigten und einem Jahresumsatz von 440 Mio. Euro (2012) ist die *STAWAG* einer der wichtigsten Wirtschaftsfaktoren in der Region.
Den Wettbewerb in der Energiewirtschaft hat die *STAWAG* als Chance genutzt und sich vom reinen Energieversorger zu einem vielseitigen und flexiblen Dienstleister gewandelt. Neben Energieberatung für Privatkunden bietet sie technische Dienstleistungen zum Thema Energie für Geschäftskunden an.
Der Umweltschutz hat bei der *STAWAG* schon lange hohe Priorität. Sie betreibt mehrere Blockheizkraftwerke, die klimaschonend und energiesparend Strom und Wärme gleichzeitig produzieren. Neben den erneuerbaren Energien Sonne, Wind und Wasser nutzt die *STAWAG* auch Biomasse als nachwachsenden Rohstoff.
Im Bereich innovativer Technologien für die Energiebranche engagiert sich die *STAWAG* bereits seit vielen Jahren und ist an mehreren Bundesforschungsprojekten beteiligt.

Die ***utilicount GmbH & Co. KG*** ist aus einem Smart-Metering-Projekt der Trianel hervorgegangen und wurde im Juni 2008 gegründet. Gesellschafter sind überwiegend kommunale Energieversorgungsunternehmen und Metering-Gesellschaften aus dem ganzen Bundesgebiet. *utilicount* entwickelt und betreibt Kommunikations- und Datenverarbeitungssysteme in der leitungsgebundenen Energie- und Wasserversorgung, die den Ansprüchen der Messstellenbetriebs- und Messdienstleistungskonzepte auf Basis der Messstellenzugangsverordnung (MessZV) und des Energiewirtschaftsgesetzes (EnWG) gerecht werden. Die Ergebnisse des Forschungsprojektes Smart Watts geben den Lösungen von *utilicount* zukunftsweisende Ausrichtung.
Die *utilicount* vertreibt darüber hinaus in modularer Weise Messgeräte zur Erfassung des Verbrauchs von Energie (Strom und Gas) und Wasser für Tarif- und Kleingewerbekunden sowie Geräte und Komponenten zur Übertragung der Daten über verschiedene

Kommunikationswege in Weitverkehrsnetzen. Zur Verarbeitung der übertragenen Daten bietet *utilicount* seinen Kunden Smart-Metering-Messdienstleistungen an. Das Leistungsangebot umfasst die Speicherung und Verarbeitung der gemessenen Energieverbrauchsdaten und deren Bereitstellung zur weiteren Verarbeitung durch die Abrechnungssysteme des Kunden auf Basis marktüblicher Formate.

### 2.6.2 **Beteiligte Unterauftragnehmer**

Das Software-Unternehmen ***The peak lab. gmbh & co. kg*** (zuvor *Granny&Smith Technikagentur GmbH & Co. KG*) hat im Auftrag von Kellendonk Elektronik für TP5 smart demand bei der Umsetzung der iPad-Applikation für Smart Watts unterstützt und das User-Interface designt.
Die Firma ***Hessware GmbH*** (zuvor *emlix GmbH*) hat im Auftrag von utilicount und *Kellendonk* Software-Entwicklungen und Anpassungen in der Basis-Software des Meter-Gateways durchgeführt.
Die Firma ***NZR NORDWESTDEUTSCHE ZÄHLERREVISION Ing. Aug. Knemeyer GmbH & Co. KG*** hat im Auftrag von utilicount das Meter-Gateway für den SmartWatts-Feldtest entwickelt und in der erforderlichen Stückzahl zur Verfügung gestellt.
Die Firma ***E.G.O. Blanc und Fischer & Co. GmbH*** hat im Auftrag von *Kellendonk* die intelligenten Steckdosen und die EEBus-Bridge mit entwickelt und produziert.
Das ***Fraunhofer Institut für integrierte Schaltungen*** nahm im Auftrage von *utilicount* als technischer Koordinator und für Software-Entwicklung im System des Metergateway an dem Projekt teil.
Das ***Institut für Wirtschaftsinformatik (IWI) an der Leibniz-Universität Hannover*** unterstützte *PSI Energy Markets* bei der Entwicklung von Prognose- und Preisgenerierungsverfahren für preissensitiven Verbrauch und der Simulation steuerbarer Mini-BHKW.
Die ***EnCT GmbH***, ein Dienstleister für Wirkungs- und Marktforschung im Bereich Smart Metering und Smart Grids, unterstützte das Projekt bei der Erhebung und Auswertung der Teilnehmerbefragung und Lastverschiebungspotenzialanalyse der Feldversuchshaushalte.

### 2.6.3 **Projektstruktur**

Smart Watts hat sich zum Ziel gesetzt, das Energiesystem von der Erzeugung bis zum Verbrauch mit den Informationen zu versorgen, die für den Einsatz von Marktmechanismen im Energiesystem der Zukunft erforderlich sind. Dazu werden die Marktakteure über eine universelle Architektur verbunden und Systeme und Lösungen entwickelt, die Optimierungen auf Basis dieser Informationen vornehmen können. Wie in Bild 4 (siehe S. 33) dargestellt, ist das Projekt in verschiedene Teilvorhaben gegliedert, für die jeweils ein Antragsteller verantwortlich zeichnet.

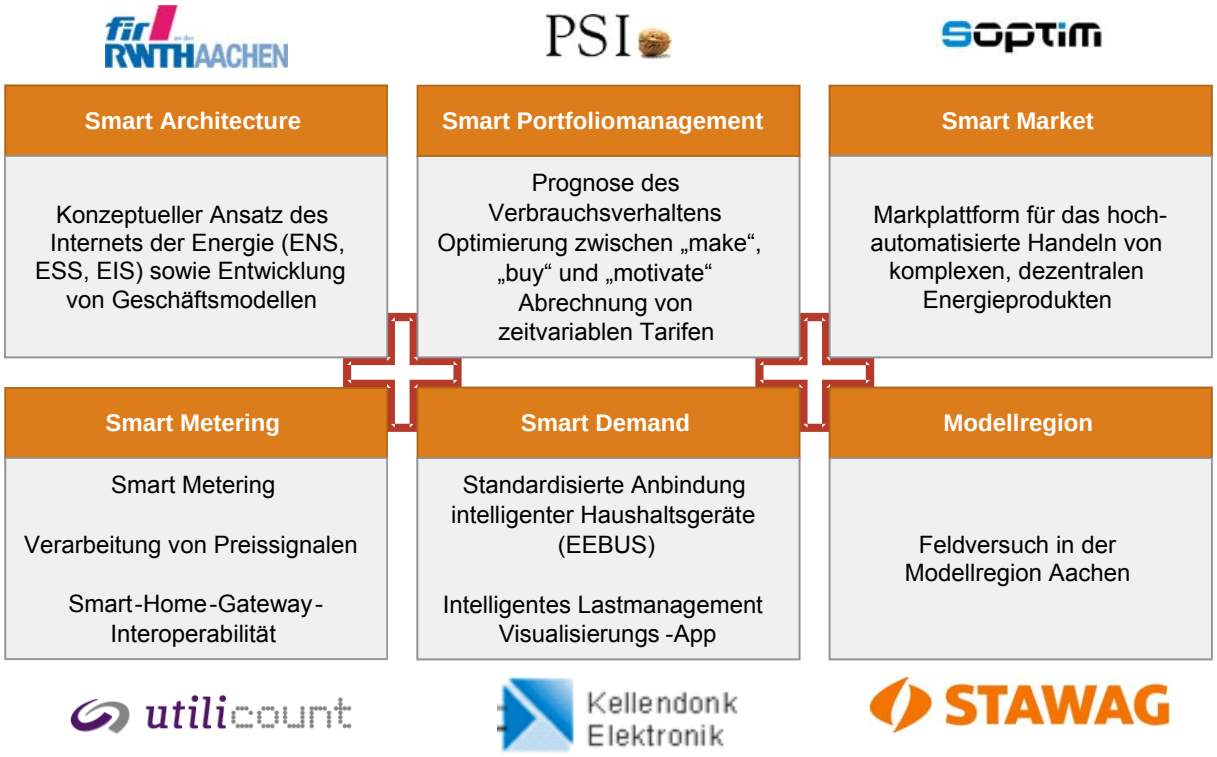



**Bild 4: Struktur der Teilvorhaben – Bausteine der Innovation**

Die Teilvorhaben **Smart Market** und **Smart Portfoliomanagement** bilden die marktliche Seite des Projekts. Die Teilvorhaben **Smart Metering** und **Smart Demand** beschäftigen sich mit der technisch-infrastrukturellen Seite. Das Teilvorhaben **Smart Architecture** ist die Brücke zwischen der marktlichen und der technischen Seite, beschreibt die Ausgestaltung der Informationslogistik zwischen den einzelnen Systemelementen über das zu entwickelnde Internet der Energie und hat somit einen stark integrativen Charakter. Die Smart Architecture bildet damit ein verbindendes Element zwischen den einzelnen Teilvorhaben, welche in den nachfolgenden Teilvorhabenbeschreibungen detailliert erläutert werden. Die Ergebnisse der ersten fünf Teilvorhaben werden in der **Modellregion** als Gesamtkonzept Smart Watts erprobt. Das **Gesamtprojektmanagement** überwacht die Zusammenarbeit der Partner und wahrt die Einhaltung des Gesamtziels.
Das Gesamtziel der Ende-zu-Ende-Optimierung lässt sich sowohl in wissenschaftliche als auch in technische Fragestellungen aufgliedern, die in den einzelnen Teilvorhaben adressiert werden.

**TV1 – Smart Architecture**: Aus wissenschaftlicher Sicht zielt das Teilvorhaben auf die Modellierung der Energiewirtschaft und ihrer Elemente. Im Fokus ist hierbei die Darstellung von Informationsflüssen und Prozessen unter dem Gesichtspunkt einer stärkeren Automatisierbarkeit von Geschäftsabläufen. Die Ergebnisse fließen schließlich in das Design des „Internets der Energie“ ein, das eine effiziente und diskriminierungsfreie Kommunikation zwischen den verschiedenen Akteuren und Komponenten in der Energiewirtschaft gewährleistet. Erklärtes Ziel ist hierbei die reibungslose Integration der Lösungen, die in den anderen Teilvorhaben konzipiert und umgesetzt werden. Die Entwicklung von Standards spielt besonders in Zusammenhang mit der Gestaltung der Kommunikationsinfrastruktur eine

zentrale Rolle. Diese Arbeiten sind Voraussetzung für eine starke Verbreitung des Internets der Energie nach Projektende.

**TV2 – Smart Portfoliomanagement**: Wissenschaftliche Arbeitsziele sind die Verfolgung und Umsetzung innovativer Ansätze zur Modellierung der Lastabhängigkeit durch automatisch verarbeitete Preissignale. Diese Ansätze werden zu neuen Prognosesystemen führen, die hierfür geeignete Prognosemodelle und Verfahren beinhalten. Ein weiteres Ziel ist die Verbesserung von Prognosemodellen und Verfahren zur möglichst genauen Abschätzung und Vorhersage der verfügbaren Einspeisung aus erneuerbaren Energiequellen. Darüber hinaus wird ein übergeordnetes Optimierungsmodell erarbeitet, das nicht nur die integrierte Betrachtung von der Erzeugung bis zum Absatzportfolio ermöglicht, sondern ebenso die Charakteristik und Verfügbarkeit von Energieerzeugung aus regenerativen Quellen und die Preissensitivität im Lastverhalten einschließt. Die technischen Arbeitsziele liegen im Entwurf und der Implementierung von Prototypen zum Nachweis der wissenschaftlichen Arbeitsergebnisse und deren Integration in das Projektgesamtvorhaben.

**TV3 – Smart Market:** Ziel dieses Teilvorhabens ist die Gestaltung und prototypische Realisierung eines Marktplatzes für neuartige Stromprodukte. Auf diesem können sich insbesondere dezentrale und fahrplanbezogene Angebote und Nachfragen treffen. Der Marktplatz muss dabei sowohl den neuen Anforderungen durch die Integration der wachsenden Menge an schwer einzuplanenden erneuerbaren Energien in die Portfolien der Lieferanten, als auch dem Bedarf an handelbaren Fahrplänen zur Reduktion von Portfoliorisiken gerecht werden. Für die hochautomatisierte Abwicklung von Transaktionen sind geeignete, internetbasierte Schnittstellen zu definieren und zu implementieren, über die auch das Smart Portfoliomanagement an den Marktplatz gekoppelt werden kann.

**TV4 – Smart Metering:** Das Teilvorhaben zielt auf ein wettbewerbskonformes und umsetzungsorientiertes Konzept zur flächendeckenden Einführung von intelligenten Stromzählern (Smart Meters) in Deutschland ab. Dabei werden ein technisches System für die Datenübertragung sowie ein entsprechendes liberalisierungskonformes Geschäftsmodell entwickelt. Dies ermöglicht, die durch die Liberalisierung bewusst herbeigeführten Unterbrechungen in den Informationsflüssen durch marktbasierte Mechanismen zu schließen. Untersucht wird darüber hinaus, welche technischen Konzepte den bisher festzustellenden Hemmnissen bei der Einführung einer intelligenten Infrastruktur entgegenwirken können.

**TV5 – Smart Demand:** Wissenschaftliches bzw. technisches Arbeitsziel dieses Teilvorhabens ist die Entwicklung von (externen oder internen) elektronischen Modulen, die in der Lage sind, Signale des Smart Meters zu verarbeiten und auf Basis dieser Signale Schnittstellen zu steuern, die bereits in den Haushaltsgeräten und elektrischen Anwendungen im Kleingewerbe vorhanden sind. Technische Arbeitsziele umfassen zum einen die Entwicklung der hierzu nötigen Hard- und Software und zum anderen die Herstellung einer Kleinserie für den Feldversuch und zur Erprobung in der Modellregion.

Gegenstand der wissenschaftlichen Untersuchung ist die Verringerung von unerwünschten Lastspitzen, indem intelligente elektrische Geräte im Haushalt und Kleingewerbe Preissignale verarbeiten und den Elektrizitätsverbrauch zeitlich anpassen. Ein weiteres wissenschaftliches Arbeitsziel dieses Teilvorhabens ist es, Geräte in Kategorien gleicher Eigenschaften und Merkmale der Steuerungslogik zu unterteilen. Übergeordnetes Ziel ist hierbei die Konzeption eines Kommunikationsstandards, der universell und unabhängig von Gerätetyp und Hersteller für die in diesem Teilvorhaben zu entwickelnden Steuerungsmodule einsetzbar ist.

**TV6 – Modellregion:** Das wissenschaftliche Ziel liegt vor allem in der statistisch abgesicherten Validierung der technischen Machbarkeit, verbunden mit der Etablierung einer Modellregion. Dabei steht die Akzeptanz der Feldversuchsteilnehmer für neue Tarifmodelle und Energiedienstleistungen im Vordergrund. Der Fokus liegt insbesondere auf Praxisrelevanz und Alltagstauglichkeit. Die Tests werden im Versorgungsgebiet der *STAWAG* durchgeführt.

### 2.6.4 Projektphasen

Das Projekt ist in verschiedene Phasen untergliedert, die logisch aufeinander aufbauen, zum Teil aber iterativ durchlaufen wurden.

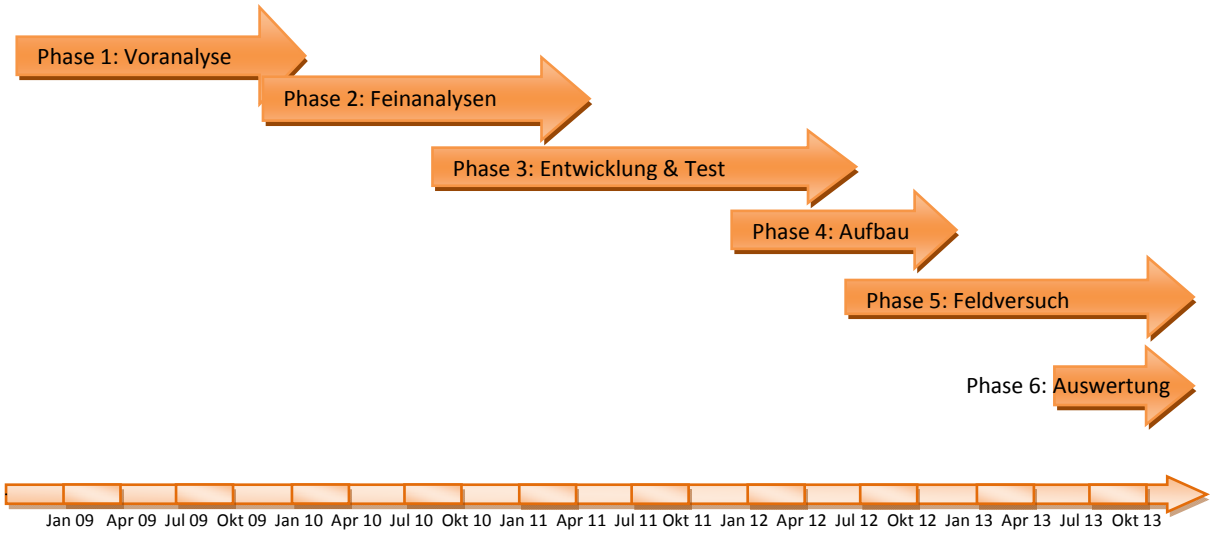



**Bild 5: Projektphasen von Smart Watts**

**Phase 1: Voranalyse der Anforderungen**

Die Anforderungen an die jeweiligen Aufgabenstellungen wurden analysiert. Hierbei sind neben den fachlichen und technischen Anforderungen auch die rechtlichen Rahmenbedingungen von großer Bedeutung. Es wurden Marktanalysen durchgeführt und die Einbindung in die Architekturdienste geprüft.

**Phase 2: Feinanalysen**

In der zweiten Phase wurden die Ergebnisse der Voranalyse verwendet und verfeinert, um darauf aufbauend die Lösungskonzepte für die Umsetzung der einzelnen Teilkomponenten auszuarbeiten. Für die technische Entwicklung wurden in dieser Phase alle wichtigen Basiskonzepte festgelegt, sodass sich im Hinblick auf die Entwicklung in den Teilvorhaben Änderungen ab diesem Zeitpunkt nur iterativ in die weitere Arbeit integrieren ließen. Gleichzeitig wurden weitergehende Konzepte, die grundlegende neue Aspekte beinhalten, entwickelt und weiter verfolgt.

Für die IT-Systeme wurden Pflichtenhefte erstellt und Daten- und Objektmodellierungen entwickelt.

**Phase 3: Softwareentwicklung, Implementierung und Labortest**

In dieser Phase wurden erste prototypische Softwaresysteme entwickelt und die Schnittstellen der Systeme umgesetzt. Die Kommunikationswege, insbesondere für die intelligente Kilowattstunde, wurden in einem Systemintegrationstest mit den Komponenten der Konsorten überprüft.

Die in der vorigen Phase erstellten Konzepte für die Komponenten von Smart Watts wurden in der Labortestphase prototypisch umgesetzt und unter Laborbedingungen getestet. Dabei wurde ein schrittweiser Ansatz verfolgt. Zunächst wurden die umgesetzten Komponenten einzeln auf ihre Funktion getestet. Danach wurden sie mit ihren jeweiligen direkten „Nachbarn“ verbunden und die Funktion auf diesem bilateralen Kommunikationsweg überprüft.

Im Rahmen des Labortests wurde eine Schulungsumgebung aufgebaut, in der die Installationsvorbereitung und der Installationsvorgang beim Kunden simuliert werden konnten.

Im weiteren Verlauf wurden alle Komponenten im Zusammenspiel getestet und auf ihre Interoperabilität hin evaluiert, um anschließend bis zum Aufbau der Modellregion angepasst werden zu können.

**Phase 4: Aufbau des Feldversuchs in der Modellregion und Friendly-User-Feldtest**

Für den Feldversuch musste möglichst früh ein erstes Konzept erarbeitet werden, in welchen Gebieten und mit welchem Funktionsumfang der geplanten Lösungen die Erprobung im Feld stattfinden soll. Es wurden schließlich potenzielle Haushalte für die Teilnahme am Feldversuch beworben und akquiriert. In einem weiteren Schritt wurden dezentrale Komponenten der Infrastruktur eingerichtet (Einbau und Parametrierung der Zählergateways, Anbindung an die Kommunikationsinfrastruktur, Einbau von Steuerungsmodulen für weiße Ware etc.).

Für eine kleine Anzahl von Testhaushalten (*Friendly User*) wurde der gesamte Installationsprozess unter realen Bedingungen durchgeführt und nach Einholung der ersten Feedbacks der Prozess für die Installation in der darauffolgenden Phase verbessert.

Die Integration der IT-Systeme in die Modellregion wurde schrittweise vorgenommen. Der Einsatz des Gesamtsystems mit den Systemkomponenten inklusive aller Kommunikationsbeziehungen im Feld wurde erstmalig im realen Betrieb getestet.

**Phase 5: Feldversuch in der Modellregion: Kalibrierungs- und Wirkungsphase**

Nachdem das System erfolgreich vorbereitet wurde, konnte der Feldversuch in der Modellregion gestartet werden. Der Feldversuch diente dabei einerseits der Erprobung der technischen Innovationen auf ihre Funktionstüchtigkeit unter Feldbedingungen und der Ermittlung von technischen Grenzen. Zum anderen wurden die Reaktionen der Kunden auf die entwickelten Tarife, IT-Systeme und Verfahren beobachtet. Damit wurden Hinweise auf die Schwerpunktsetzung für weitere Entwicklungen gewonnen. Soweit sich diese durch moderate Anpassung der Systeme oder durch Parametrisierung umsetzen ließen, wurden weitere technische Entwicklungen auch während des Feldversuchs umgesetzt und in die praktische Erprobung gebracht. Andererseits sind die Feldversuchsdaten wichtig, um empirische Daten zu erheben, die für die Entscheidungsfindung bei Energieversorgern erforderlich sind. Durch die Beobachtung der Reaktion auf bestimmte Preissignale kann beispielsweise abgeschätzt werden, wie sich Kunden und intelligente Geräte bei bestimmten Anreizen verhalten werden. Dies ist insbesondere für die Prognose von optimalen Preisen erforderlich, um ein Schwingen des Systems zu verhindern.

Diese Feldversuchsphase wurde in zwei Teilphasen untergliedert: In der Kalibrierungsphase wurden verschiedene vorgegebene Preissignale (Preismuster) an die Feldtestteilnehmer gesendet, um Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge (Preissignal → Reaktion) zu ermitteln. Mit den in dieser Phase ermittelten Daten wurde das neuronale Netz des Smart Balancings trainiert, welches Preissignale für gezielte Lastverschiebungen ermittelt. Das Sammeln und Auswerten war ein wichtiger Faktor für die Verbesserung der Prognose des Absatzverhaltens, der Erzeugungsprognose und der Parametrierung des Virtuellen Kraftwerks.

In der anschließenden Wirkungsphase wurden unter Berücksichtigung der jeweiligen Erzeugungs-, Bezugs- und Absatzsituation dynamische Preise generiert, um darüber mit einer gezielten Lastverschiebung den optimalen Ausgleich des Gesamtportfolios zu erreichen.

**Phase 6: Ergebnisauswertung**

Die vorliegenden Ergebnisse aus der Modellregion wurden ausgewertet und zu einem Abschlussbericht zusammengefasst.

# 3 Anforderungen und Lösungskonzept

## 3.1 Ausgangslage

### 3.1.1 Energiewirtschaftliche Rahmenbedingungen

Das EU-Recht stellt den Rahmen für nationale energiepolitische Gesetzgebung mit dem Ziel der Liberalisierung von Strom- und Gasmarkt dar (EU 2012).
Zu den relevanten Gesetzen im Zusammenhang mit der Konzipierung eines intelligenten Stromnetzes gehören aktuell das Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung (EnWG), das Gesetz für die Erhaltung, die Modernisierung und den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung (KWKG) sowie das Gesetz für den Vorrang erneuerbarer Energien (EEG). Zentraler Aspekt des EnWG ist hierbei die Entflechtung der Energiewirtschaft mit dem Ziel einer sicheren, preisgünstigen, verbraucherfreundlichen, effizienten und umweltfreundlichen leitungsgebundenen Versorgung der Allgemeinheit. Als weiterer Gesetzestext behandelt das KWKG die Bezuschussung von KWK-Strom, wobei der Begriff Kraft-Wärme-Kopplung die simultane Gewinnung von mechanischer Energie, die in Strom umgewandelt werden kann, und Wärmeenergie bezeichnet. Zuletzt regelt das EEG die bevorzugte Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Quellen ins Stromnetz sowie dessen feste Einspeisevergütung.

#### 3.1.1.1 Energiewirtschaftsgesetz

##### Hintergrund

Nach dem Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) von 1998, das nicht die erhoffte schnelle Öffnung der Märke bewirkte, wurde 2005 die „Beschleunigungsrichtlinie“ der EU umgesetzt. Diese sollte eine sichere, preisgünstige, verbraucherfreundliche, effiziente und umweltfreundliche leitungsgebundene Versorgung der Allgemeinheit erzielen (EnWG). Im Sommer 2011 wurden durch eine Novellierung des EnWG (EnWG-Novelle) weitere europarechtliche Vorgaben umgesetzt. Insbesondere umfassen die Änderungen die weitgehende Entflechtung von Übertragungs-, Fernleitungs- und Verteilnetzbetreibern, die Neuregelung der Vorschriften zu Messeinrichtungen und Messsystemen sowie die Einführung von Verbraucherschutzrechten.

##### Entflechtung

Vertikal integrierte Unternehmen mit mehr als 100 000 Kunden müssen „gesellschaftsrechtlich, buchhalterisch, operationell und informationell“ entflochten werden. Das Ziel des Gesetzes ist die Aufspaltung des Unternehmens, um einen möglichst hohen Wettbewerb auf den verschiedenen Ebenen der Wertschöpfungskette zu erzeugen (s. §111 EnWG). Die verschiedenen Aspekte der Entflechtung (engl. *unbundling*) sind in Tabelle 1 dargestellt.

| Buchhalterisches Unbundling | Informatorisches Unbundling | Organisatorisches Unbundling | Rechtliches Unbundling |
|---|---|---|---|
| gilt für alle vertikal integrierten Unternehmen | | nur für vertikal integrierte Unternehmen ab 100 000 Kunden | |
| Jahresabschluss nach Vorschriften für Kapital-gesellschaften<br>Trennung der Buch-führung der einzelnen Unternehmensteile | vertrauliche Behandlung wirtschaftlich sensibler Daten | Entflechtung Netzpersonal<br>Handlungsunabhängigkeit des Netzbetriebs<br>Entscheidungsbefugnisse über Netzvermögenswerte | Unabhängigkeit des Netzes von restlichen Unterneh-mensteilen<br>Netzbetrieb muss eigene Gesellschaft darstellen |

**Tabelle 1: Entflechtungsanforderungen**
**(in Anlehnung an: *LBD Beratungsgesellschaft mbH* 21.02.2006)**

Beim *Unbundling* hervorzuheben ist der Netzbetrieb, der ein natürliches Monopol darstellt und bei dem Wettbewerb nicht kosteneffizient wäre. Daher werden die wettbewerblichen Funktionen wie der Handel und die Lieferung vom Netzbetrieb getrennt.

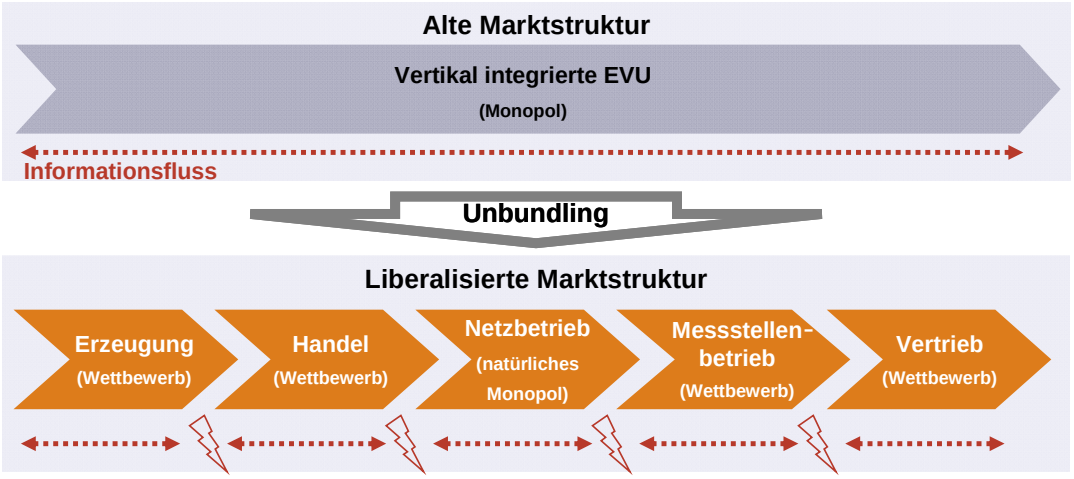



**Bild 6: Liberalisierte Marktstruktur**

### 3.1.1.2.3 Gesetzliche Grundlagen zum verpflichtenden Einbau von Smart-Metering-Technologie

Die gesetzliche Grundlage zur Einführung intelligenter Messsysteme und Zähler bildet die Novellierung des EnWG im Sommer 2011, mit der die Umsetzung des Dritten Binnenmarktpakets erfolgte. Teil dieses Pakets ist die EU-Richtlinie 2009/72/EG (Strom), die die Ausstattung von 80 Prozent aller Verbraucher mit intelligenten Messsystemen und Zählern bis 2020 vorschreibt. Die Richtlinie erlaubt den Mitgliedsstaaten die Einführung alternativ von einer gesamtwirtschaftlichen Bewertung abhängig zu machen.
Die EnWG-Novelle und insbesondere die umfassenden Ausgestaltungsmöglichkeiten zum §21i setzten den Startschuss zur konkreten Entwicklungs- und Umsetzungsplanung der Smart-Meter-Technologie in Deutschland.

Konkret wurden über den §8 des EnWG die eigentumsrechtliche Entflechtung (Unbundling) vorgeschrieben und damit der Marktzutritt externer Energielieferanten im Verteilnetz ermöglicht.
§14a regelt die Steuerung unterbrechbarer Verbrauchseinrichtungen in der Niederspannung und legt die rechtliche Grundlage für CLS (Controllable-Local-Systems).
In §21b wird der Messstellenbetrieb reguliert und dem Messstellenbentreiber ein Anspruch auf den Einbau von in seinem Eigentum stehenden Messeinrichtungen oder Messsystemen eingeräumt.
Im §21c wird der verpflichtende Einbau von Messsystemen definiert:

a) für Gebäude, die neu an die Energieversorgung angeschlossen oder einer größeren Renovierung unterzogen werden
b) bei einem Jahresverbrauch > 6.000 kWh
c) bei Anlagenbetreibern nach EEG oder KWKG bei Neuanlagen > 7.000kW
d) für alle übrigen Gebäude, soweit dies technisch möglich und wirtschaftlich vertretbar ist.

Im §21d wird das Messsystem selbst definiert und auf die Verordnung nach §21i Absatz 1 Nr.3 verwiesen, in der die näheren Anforderungen an Funktionalität und Ausstattung des Messsystems festgeschrieben werden. Aus dieser Verordnung entstand das BSI-Schutzprofil für die Kommunikationseinheit eines intelligenten Messsystems (BSI-PP) und die zugehörige technischen Richtlinien TR03109, die in Version 1.0 seit dem 18.03.2013 in Kraft getreten sind.

Zusätzlich werden in §40 Absatz 5 Tarife mit Anreiz zur Energieeinsparung oder Steuerung des Energieverbrauchs vorgeschrieben.
Zur gesamtwirtschaftlichen Bewertung eines flächendeckenden Roll-outs nach EU-Richtlinie hat das *Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)* eine „Kosten-Nutzen-Analyse für den flächendeckenden Einsatz intelligenter Zähler“ (ERNST & YOUNG 2013) in Auftrag gegeben, in der folgende Empfehlungen ausgesprochen werden:

- Für einen 80%igen Roll-out kommt das Gutachten zu einem negativen Ergebnis und zu der Einschätzung, dass es für Großteil der Kundengruppen wirtschaftlich nicht zumutbar sei
- Nach Einschätzung der Gutachter erfordert ein Energiewende-konformer Roll-out:

    (1) Einen technisch differenzierten Ansatz mit intelligenten Messsystemen und intelligenten Zählern,
    (2) die Einbindung von nahezu allen EEG- und KWKG-Anlagen,
    (3) die Einbindung von §14a EnWG-Anlagen,
    (4) Einkaufs- und Betriebskooperationen zur Hebung von Synergieeffekten,
    (5) fixierte Entgelte zur Finanzierung des Roll-outs.

Darüber hinaus wird aktuell in einem Rechtsetzungsvorhaben das sogenannte „Verordnungspaket intelligente Netze“ umgesetzt, in dem, den Empfehlungen der Kosten-Nutzen-Analyse folgend, die folgenden Rechtsverordnungen erarbeitet werden:

- Anpassung der StromNZV zur Erweiterung des Handlungsspielraums zur Einführung variabler Tarife,
- Messsystem-VO zur Definition von technischen und organisatorischen Mindestanforderungen im Zusammenhang mit dem Betrieb von intelligenten Messsystemen,
- Datenkommunkations-VO zur Ausgestaltung des bereichsspezifischen Datenschutzes zur Konkretisierung von §21g EnWG,
- Roll-out-VO, zur Entwicklung und Ausgestaltung von Regelungen zu Einbauverpflichtungen, Roll-out-Pfad, Finanzierungsmechanismen und Rechten und Pflichten der agierenden Parteien und Rollen,
- Lastmanagement-VO zur Aktivierung von netzdienlichen Lastmanagementpotenzialen im Bereich Niederspannung.

#### 3.1.1.2 Gesetze zur Kraft-Wärme-Kopplung

Das „Gesetz zur Erhaltung, Modernisierung und zum Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung“ (KWKG) von 2002 wurde eingeführt, nachdem kleine KWK-Anlagen dem durch die Liberalisierung der Märkte entstandenen Kostendruck nicht mehr standhalten konnten. 2009 wurde eine Novelle des Gesetzes verabschiedet. Das Gesetz wurde zuletzt 2011 durch Art. 6 des Gesetzes zur Neuregelung energiewirtschaftlicher Vorschriften geändert (BAFA 06.03.2012).

#### 3.1.1.3 Gesetze zur Förderung erneuerbarer Energien

##### Hintergrund

Seit 1990 gibt es eine Förderung erneuerbarer Energien durch das Stromeinspeisungsgesetz (StromEinspG, 07.12.1990). 2000 wurde dieses durch das Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (EEG) abgelöst. 2004 gab es eine aktualisierte Fassung, die 2008 novelliert wurde. Zum 1. Januar 2012 wurde das Gesetz zuletzt durch das Gesetz zur Neuregelung des Rechtsrahmens für die Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien geändert.

##### EEG 2009

Das Gesetz schreibt eine Anschluss-, Abnahme-, Übertragungs- und Verteilungspflicht für Strom aus erneuerbaren Energien vor. Der abgenommene Strom muss dem Betreiber der Anlage dem EEG entsprechend vergütet werden. Außerdem sieht das Gesetz vor, dass der Anlagenbetreiber die Kosten für den Anschluss und der Netzbetreiber die Kosten für eine etwaige Verstärkung des Netzes zu tragen hat.

##### EEG 2012

Als Ausbauziel im Stromsektor wurde ein Anteil der erneuerbaren Energien am Stromverbrauch von mindestens 35 Prozent bis spätestens 2020 verankert. Optionale Marktprämien sollen einen Anreiz zur marktorientierten Betreibung von EEG-Anlagen bieten. Biogasanlagen werden durch die Flexibilitätsprämie gezielt gefördert und die Speicherentwicklung wird durch die Befreiung von Speichern von Netzentgelten unterstützt.

Zusätzlich wird die Integration von PV-Anlagen ins Netz durch eine Reihe von Maßnahmen vorangetrieben. Weitere Veränderungen des Gesetzes betreffen die Vergütungsdetails für einzelne Energiequellen.

#### Auswirkungen

Das EEG beschleunigte den Ausbau der Erneuerbaren Energien und führte zu großen Einsparungen von $CO_2$. Aus dem EEG entstehen allerdings auch neue Anforderungen an das Stromnetz. So müssen größere Mengen an Regelenergie vorgehalten und Re-dispatch-Maßnahmen häufiger durchgeführt werden, da durch den größeren Anteil von Strom aus Erneuerbaren Energien auch die Anzahl und Höhe von Schwankungen zugenommen hat. Insgesamt bedarf es so einer umfassenderen Kommunikation der Marktteilnehmer, um den Voraussetzungen eines sicheren und kostengünstigen Netzbetriebs gerecht zu werden.

### 3.1.1.4 Gesetzliche Bestimmungen zum Datenaustausch

Im Zuge der Vereinheitlichung der Geschäftsprozesse im Bereich der Kundenbelieferung wurde erstmals 2006 durch die Bundesnetzagentur ein Standardisierungsprozess eingeleitet. Aktueller Standard beim Datenaustausch auf dem deutschen Strommarkt sind mit Inkrafttreten des Beschlusses der Bundesnetzagentur, BK-06-009, Nachrichtentypen auf der Basis von UN/EDIFACT bei den Strommarktteilnehmern. Dieser Standard ist eingeführt worden, um den Gebrauch von Faxformularen oder anderer verschiedener Datenübertragungsarten zu reduzieren (LEBEAU und BECKER 2000, S. 2). Unter der Dachmarke „EDI@Energy“ werden die UN/EDIFACT-Subsets für den deutschen Energiemarkt zusammengefasst. Der Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V. ist projektführend und für die stetige Anpassung und Entwicklung der Standards verantwortlich (BDEW 2013).

### 3.1.1.5 Rahmenbedingungen für Handelsprodukte

Energiewirtschaftliche Handelsprodukte unterliegen Rahmenbedingungen, da die aus dem Handel resultierenden Geschäfte Auswirkungen auf Bilanzkreise haben. Für die Kommunikation zwischen Bilanzkreisverantwortlichem und dem Übertragungsnetzbetreiber sind die folgenden technischen sowie zeitlichen Bedingungen für den Austausch von Fahrplänen vorgegeben.

Für jeden Marktteilnehmer ist eine eindeutige Identifikation erforderlich, die beim Austausch von Fahrplänen angegeben werden muss. Dies erfolgt durch den Energy-Identification-Code (EIC), der in Deutschland vom Verband der Netzbetreiber ausgegeben wird.

Seit Mitte 2003 ist ein Übertragungsformat für die Fahrpläne zwingend vorgeschrieben. Das ETSO-Scheduling-System (ESS) steht dafür zur Verfügung. Darin werden die Zeitreihen für einen Bilanzkreis und einen Liefertag immer vollständig übertragen. Neben der Festlegung des Formats ist auch der Übertragungsweg vorgegeben. Mittels File-Transfer-Protocol (FTP) werden die Daten an den Netzbetreiber übertragen. Dies bietet im Vergleich zum vorher verwendeten Verfahren per E-Mail eine deutlich höhere Sicherheit durch die zusätzlich erforderte Authentifizierung. Der Weg per E-Mail kann redundant verwendet werden.

Die zeitlichen Bedingungen werden in § 5 StromNZV (Stromnetzzugangsverordnung, 25.07.2005) geregelt. In §5 Abs. 1, S.2ff steht “Fahrpläne für den Zeitraum des folgenden Tages bis zum nächsten Werktag sind den Betreibern von Übertragungsnetzen bis spätestens 14:30 Uhr mitzuteilen […]. Rechtzeitig im Sinne der Absätze 2 bis 4 dem Betreiber von Übertragungsnetzen mitgeteilte Fahrpläne und Fahrplanänderungen sind von diesem der Bilanzierung des jeweiligen Bilanzkreises und der Regelzone zugrunde zu legen, es sei denn, Netzengpässe wurden nach § 15 Abs. 4 veröffentlicht und begründet.“
Neben der Meldung von Fahrplänen ist die kurzfristige Anpassung des Bedarfs von Bedeutung. Auch dies wird in § 5 Absatz 2 StromNZV geregelt: „Fahrpläne innerhalb einer Regelzone und regelzonenübergreifende Fahrpläne können mit einem zeitlichen Vorlauf von mindestens drei Viertelstunden zu jeder Viertelstunde eines Tages geändert werden. Der Betreiber von Übertragungsnetzen hat das Recht, Änderungen von regelzonenübergreifenden Fahrplänen abzulehnen, wenn durch die Anwendung der geänderten Fahrpläne ein Engpass entstehen würde. Die Ablehnung ist zu begründen.“
Eine nachträgliche Betrachtung kann nach § 5 Absatz 3 StromNZV folgendermaßen vorgenommen werden: „Nachträgliche Fahrplanänderungen regelzoneninterner Fahrpläne können bis 16:00 Uhr des auf den Erfüllungstag folgenden Werktags erfolgen. […]“
Für einen ausgeglichenen Bilanzkreis muss der Übertragungsnetzbetreiber auch über ungeplante Ausfälle informiert werden. Dies wird unter § 5 Absatz 4 StromNZV festgelegt: „Das durch ungeplante Kraftwerksausfälle entstehende Ungleichgewicht zwischen Einspeisungen und Entnahmen ist vom Betreiber von Übertragungsnetzen für vier Viertelstunden einschließlich der Viertelstunde, in der der Ausfall aufgetreten ist, auszugleichen. Für die Zeit nach Ablauf dieser vier Viertelstunden ist der Bilanzkreisverantwortliche zum Ausgleich der ausgefallenen Leistung verpflichtet. Hierzu kann er abweichend von Absatz 2 Satz 1 seine Fahrpläne mit einer Vorlaufzeit von 15 Minuten zum Beginn einer jeden Viertelstunde ändern.“
Über die gesetzlichen Verordnungen hinaus wird vorgegeben, dass Fahrpläne maximal mit einem Vorlauf von einem Monat beim Übertragungsnetzbetreiber eingereicht werden dürfen.

## 3.1.2 Prozesslandschaft

### 3.1.2.1 Allgemeine Ziele der Prozesslandkarte

Die Prozesslandkarte dient als erster Ausgangspunkt für die Aufnahme der relevanten Ist-Prozesse innerhalb der Stromwirtschaft. Hierzu wurden die wertschöpfenden Prozesse abgebildet. Kernprozesse wurden um unterstützende oder steuernde Prozesse ergänzt. Ziel der Prozesslandkarte ist es primär, die Wertschöpfungskette der Energiewirtschaft ganzheitlich darzustellen und als Einstieg in die Prozessbetrachtung zu dienen.

### 3.1.2.2 Die Prozesslandkarte der Stromwirtschaft

Die Prozesslandkarte der Stromwirtschaft ist in drei Detaillierungsebenen dargestellt. Ebene 1 umfasst dabei eine Übersicht aller energiewirtschaftlichen Prozesse mit funktionalem Fokus. Ebene 2 beschreibt als Zwischenschritt auch beteiligte Rollen, Teilprozesse und Prozesse. Zuletzt werden auf Ebene 3 diese Aspekte detailliert und erläutert.

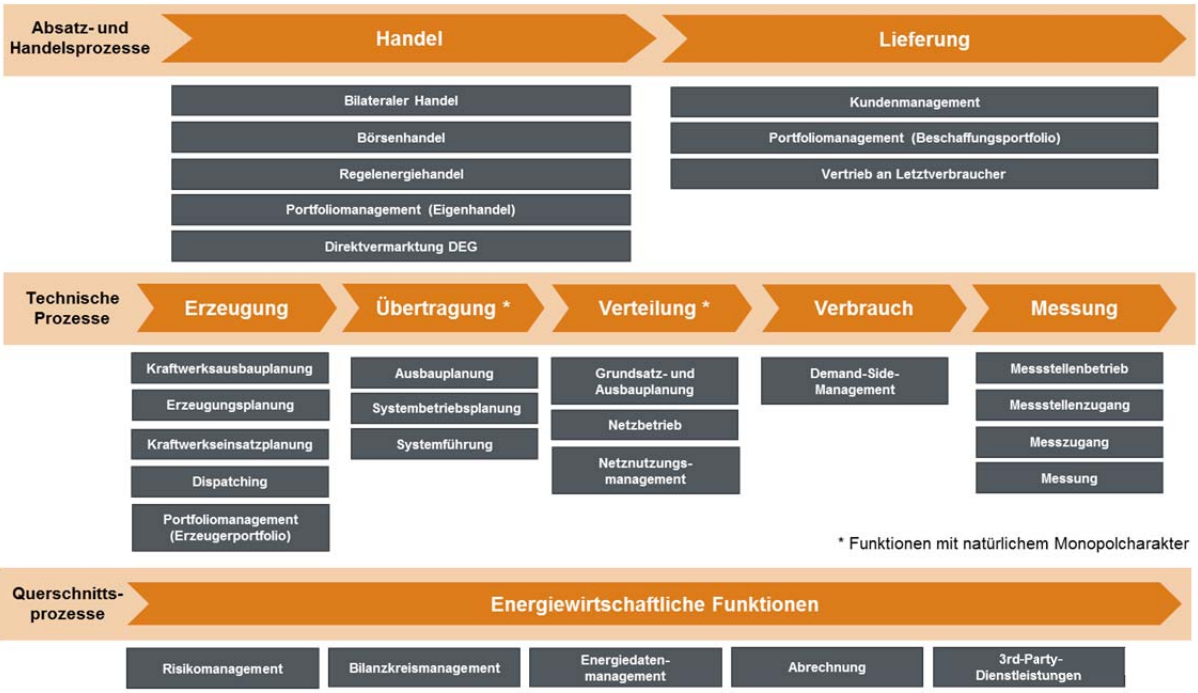



**Bild 7: Prozesslandkarte der Stromwirtschaft**

Bild 7 zeigt die Prozesslandkarte der Stromwirtschaft auf erster Ebene. Nach (CRASTAN 2009; BARTSCH 2008; KONSTANTIN 2009) lassen sich die Funktionen einer liberalisierten Elektrizitätsversorgung grundlegend in Absatz- und Handelsprozesse, in technische Aktivitäten und in Querschnittsprozesse unterteilen. Dabei fallen unter die technischen Funktionen die Stromerzeugung, -übertragung und -verteilung, der Stromverbrauch und die Messung. Die Absatz- und Handelsprozesse bestehen hingegen aus der Lieferung, also dem Vertrieb an den Letztverbraucher und den Stromgroßhandel (hier „Handel“), somit dem Verkauf von Erzeugern an Zwischenhändler oder Stromeinzelhändler. Neben diesen Kernfunktionen sind unter anderem das Bilanzkreismanagement, das Energiedatenmanagement und die Abrechnung als unterstützende Prozesse erforderlich.
Ebene 2 und Ebene 3 stellen die gleichen Informationen bereit, in Ebene 3 allerdings auf einem höheren Detaillierungsgrad. Den Ebenen sind neben einer Kurzbeschreibung des Prozesses auch beteiligte Rollen, Teilprozesse sowie Prozesse (d. h. Prozesse, zu denen eine direkte Verbindung besteht) zu entnehmen. Ein Beispiel bietet Bild 8 (siehe S. 45) anhand des Teilprozesses „Kundenmanagement“ des Lieferprozesses in Ebene 3.

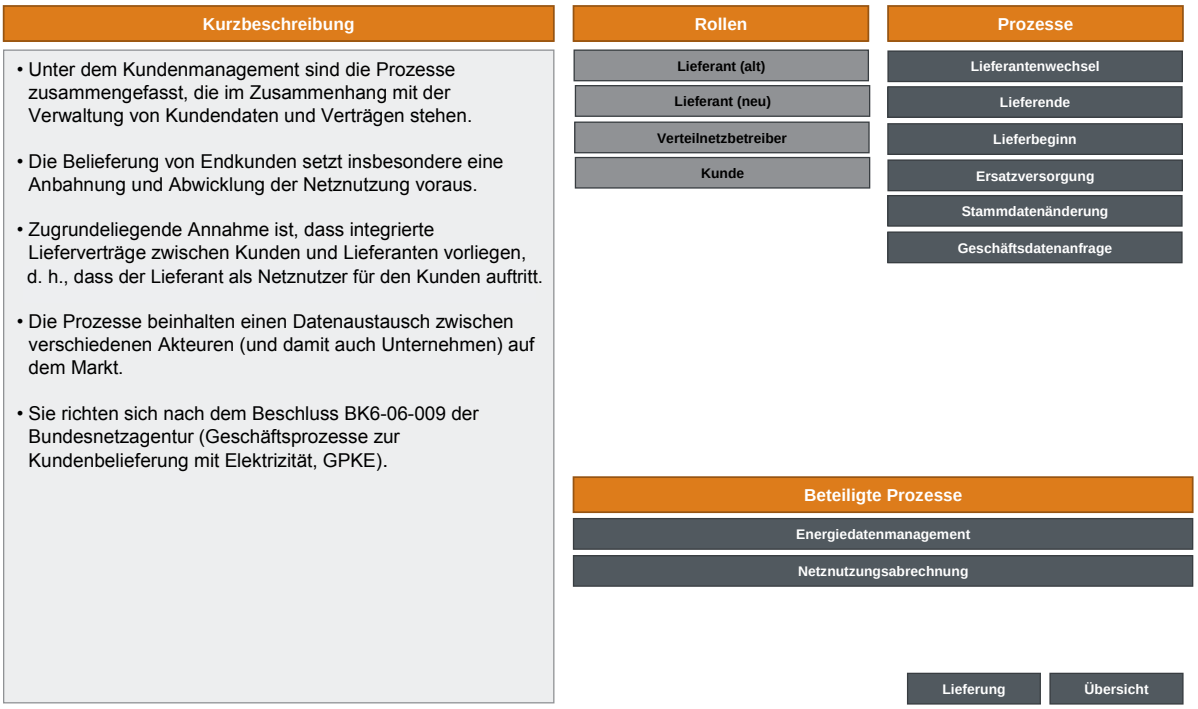



**Bild 8: Prozesslandkarte Ebene 3 (Kundenmanagement)**

### 3.1.2.3 Beschreibung der Schlüsselprozesse

Die Schlüsselprozesse sind solche Prozesse, die für die Funktion der Wertschöpfungskette im Energiemarkt sowie für das Vorhaben des Internets der Energie eine besondere Relevanz besitzen. Sie wurden anhand von Experteninterviews bei geringem Detaillierungsgrad der Prozessbeschreibung (erste Ebene der Prozesslandkarte) ausgewählt. Kriterium hierbei war die Relevanz für die Funktionsfähigkeit der energiewirtschaftlichen Abläufe und für das Internet der Energie. So wurden Handel, Lieferung, Verbrauch, Messung, Abrechnung und Third-Party-Dienstleistungen als Schlüsselprozesse identifiziert.

Der Schlüsselprozess Handel umfasst sämtliche Prozesse, die benötigt werden, um die erzeugte elektrische Energie vom Erzeuger auf die Lieferanten zu übertragen. Es wird zwischen einem bilateralen Handel zwischen zwei Partnern und dem Handel an der Börse unterschieden. Eine Besonderheit stellt ein Regelenergiemarkt dar. Zu den Unterprozessen des Handels gehören somit der bilaterale Handel, der Börsenhandel, der Regelenergiehandel, das Portfoliomanagement und die Direktvermarktung dezentraler Erzeugung. Als entsprechende Rollen lassen sich Energiehändler, Lieferant, Erzeuger und Übertragungsnetzbetreiber unterscheiden.

Im Rahmen der Lieferung sind Prozesse involviert, die benötigt werden, um beschaffte oder erzeugte elektrische Energie an den Endkunden zu verteilen. Eine zentrale Rolle hat der Lieferant inne. Er muss Abnahmemengen prognostizieren, Kundendaten verwalten und Lieferantenwechsel abwickeln. Weitere Rollen sind die des Verteilnetzbetreibers und des Kunden. Zu den Anwendungsfällen im Bereich Lieferung gehören das Kundenmanagement, der Vertrieb an den Letztverbraucher sowie das Portfoliomanagement. Letzteres hilft, die Lieferung insbesondere vor Preisrisiken abzusichern.

Zentraler Unterprozess des Schlüsselprozesses Verbrauch ist das Demand-Side-Management (DSM). Bereits eingesetzte Formen eines anreizbasierten DSMs umfassen

direkte Lastkontrolle oder unterbrechbare und begrenzbare Versorgung. Zu den wesentlichen Rollen im Verbrauch gehören der Anschlussnutzer/Kunde, der Übertragungs- und Verteilnetzbetreiber und der Lieferant.
Im Rahmen der Liberalisierung hat der Prozess des Messens an Komplexität zugenommen. Der Messstellenbetreiber ist für Einbau, Betrieb und Wartung der Messeinrichtungen verantwortlich, wohingegen ein Messdienstleister die Messung vornimmt und für die Messdatenqualität verantwortlich ist. Beide Rollen können zusammenfallen. Als weitere Rollen sind der Kunde/Anschlussnutzer, der Verteilnetzbetreiber und der Lieferant dem Prozess der Messung zuzuordnen. Er umfasst als Anwendungsfälle den Messstellenbetrieb, den Messstellenzugang, den Messzugang und die Messung an sich.
Als weiterer Schlüsselprozess erfolgt an zahlreichen Stellen der Prozesskette eine Abrechnung zwischen verschiedenen Akteuren. Zu unterscheiden ist zwischen der Netznutzungsabrechnung, der Bilanzkreisabrechnung, der Endkundenabrechnung und der Messabrechnung. In diesem Zusammenhang sind als Rollen der Kunde, der Bilanzkreisverantwortliche, der Übertragungs- und Verteilnetzbetreiber, der Lieferant, der Messdienstleister sowie der Messstellenbetreiber zu differenzieren.
Letzter Schlüsselprozess sind Third-Party-Dienstleistungen. Als Beispiele können Energiespar-Contracting, Energieverbrauchsberatung oder Energieauswertungs-management aufgeführt werden. Der Prozess umfasst die Schritte Beratung, Analyse, Planung, Umsetzung und Steuerung. Beteiligte Rollen sind die des Third-Party-Dienstleisters, der Lieferant, der Händler und der jeweilige Endkunde.

#### 3.1.2.4 **Referenzprozesse**

##### Ziel und Vorgehen

Ziel der Entwicklung und Dokumentation optimierter Referenzprozesse ist es, auf Basis der Prozesseinordnung in die Prozesslandkarte relevante Use-Cases auszuwählen und entsprechende Referenzprozesse zu modellieren.
Als Kriterien für die Auswahl relevanter Prozesse aus den modellierten Use-Cases wurden die Relevanz für einen funktionierenden Feldversuch und Beteiligung mehrerer Projektpartner beziehungsweise Akteure herangezogen. Auf Basis dieser Kriterien wurden die Prozesse „Übermittlung von Bezugskonditionen“, „An- und Abmeldung von Zählern/Gateways“, „Endkundenabrechnung (inklusive Verbrauchsdatenübermittlung)“ und „An- bzw. Abmeldung an bzw. von der Smart Architecture“ als relevant bewertet. Hierbei sind gerade die Prozesse „Übermittlung von Bezugskonditionen“ und „Endkundenabrechnung“ zentral für Kernkonzepte des Smart-Watts-Projekts (beispielsweise zeitvariable Tarife).
Ausgehend von den relevanten Use-Cases wurden gemeinsam mit den Projektpartnern Referenzprozesse modelliert. Die Ausarbeitung der Referenzprozesse erfolgte in Form von Workshops.
Die Erarbeitung und Modellierung eines Referenzprozesses erfolgte in mehreren Schritten. Zunächst wurden die relevanten Rollen ermittelt. Daraufhin wurden die Ereignisse identifiziert, die den Prozess auslösen. In einem weiteren Schritt wurde der Prozess aufgenommen, für den zunächst die eigentlichen Prozessschritte und im Anschluss daran die vor- und nachgelagerten Prozessschritte modelliert wurden. Im letzten Schritt wurden die

Inhalte und Formate des Datenaustauschs ermittelt, welche als Grundlage für eine spätere Spezifikation der Schnittstellen und Datenformate dienten. Als Modellierungsmethode wurde auf die in AP 1.1 ausgewählte „Business-Process-Model and -Notation“ (BPMN) zurückgegriffen.

### Erläuterung der Referenzprozesse

Die „Übermittlung von Bezugskonditionen“ lässt sich in der Prozesslandkarte funktional in den Bereichen Lieferung (Kundenmanagement, Vertrieb an Letztverbraucher) und Messung (Messung) verorten. Relevante Anwendungsfälle des Referenzprozesses aus Sicht des Smart Meterings sind:

- Price-Forward-Curve (zukünftige Bezugskonditionen) erfragen,
- Dienstnachrichten an Zählergateways versenden,
- Bezugskonditionen bestimmen,
- tarifspezifische Bezugskonditionen an Verbraucher senden,
- Übertragung von Bezugskonditionen,
- Daten über Abschalteffekte erfassen,
- Wirksamkeit der Bezugskonditionen überprüfen.

Der Referenzprozess „Endkundenabrechnung“ ist in der Prozesslandkarte in den Segmenten Lieferung (Kundenmanagement), Messung (Messung) und Supportleistung (Abrechnung) einzuordnen. Eine Betrachtung relevanter Anwendungsfälle umfasst:

- Verbrauchsabrechnung verifizieren
- Lastgang in nötiger Auflösung zur Abrechnung des Tarifmodells
- Verbrauchsabrechnung erstellen
- Lieferanten Abrechnungsdaten bereitstellen
    - Fernauslesung Verbrauch
    - Fernauslesung Blindleistung (4Q)
    - Fernauslesung Einspeisung
    - Fernauslesung nicht Strom
- Netznutzung abrechnen
- Zugriff auf Verbrauchsdaten über unterschiedliche Messdienstleister
- Monatliche Verbrauchsabrechnung
- Abrechnung mehrere Zähler (Unterzähler)
- Abrechnung Bündelprodukte
- Rechnungsstellung

Der Prozess „Anmeldung an der Smart Architecture“ berührt als Querschnittsprozess den Funktionsbereich „Supportleistungen“. Als relevante Use-Cases wurden definiert:

- Authentifizierungsmechanismus zur Verfügung stellen
- Service zur Autorisierung bereitstellen
- Service zur Integritätssicherung bereitstellen
- Service zur Verschlüsselung von Nachrichten bereitstellen
- Service zur Verbindlichkeitssicherstellung bereitstellen
- Plausibilität überprüfen
- Rechte vergeben

#### 3.1.2.5 **Beispiel der Wandlung eines Istprozesses zu einem Zielprozess**

##### Ist-Prozesse

Das Projekt „Smart Watts“ betrachtet als relevante Ist-Geschäftsprozesse die Leerstandsüberwachung, den Lieferantenwechsel, die Schlussrechnung, das Sperrinkasso, die Turnusablesung und die Zwischenrechnung. Anhand einer Charakterisierung des Ist-Zustands lassen sich innerhalb der Use-Cases Schwachstellen identifizieren, auf deren Basis Zielprozesse definiert wurden. Im Folgenden sind zunächst die einzelnen Prozesse beschrieben und Schwachstellen genannt:

##### Beispiel: Turnusablesung/Abrechnung Tarifkunden

Die Turnusablesung der Tarifkunden wird im rollierenden Verfahren nach einem, mit dem Netzbetreiber abgestimmten, Terminplan durchgeführt. Die Ablesung geschieht durch einen Beauftragten oder Mitarbeiter des Netzbetreibers oder durch Kundenablesung mittels einer Ablesekarte. Die Ergebnisse werden plausibilisiert und an die Abrechnungsabteilung übermittelt, wo die Rechnung ebenfalls plausibilisiert wird. Bei Freigabe wird die Rechnung erstellt, ansonsten werden vorher eine erneute Zählerablesung sowie eine Kontrolle des Zählers nötig. Im Rahmen der Turnusablesung ist abzuwägen zwischen möglichen Ungenauigkeiten von Schätzungen und einer geringeren Kundenzufriedenheit oder den Kosten einer manuellen Ablesung.

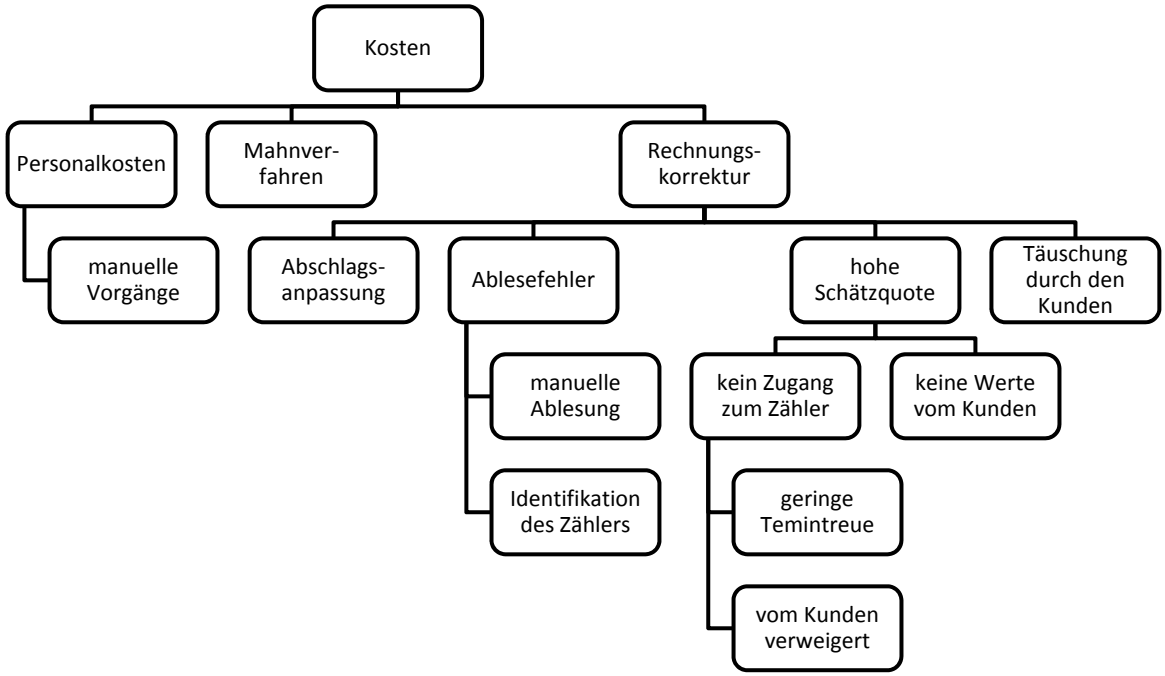



**Bild 9: Kosten aufgrund von Ineffizienzen**

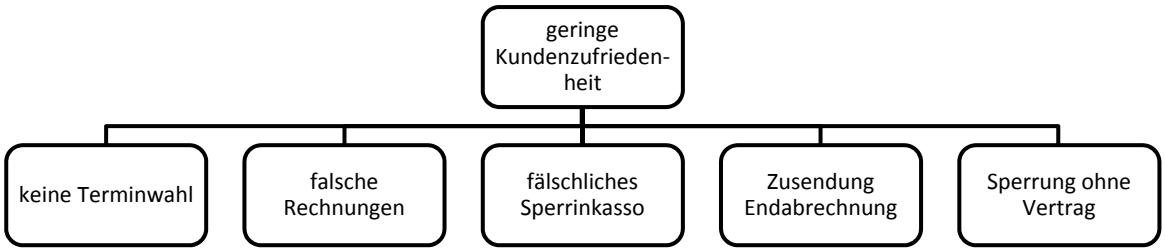



**Bild 10: Geringe Kundenzufriedenheit aufgrund von Ineffizienzen**

#### 3.1.2.6 **Ableitung von Zielprozessen**

Anhand einer Priorisierung der Schwachstellen wurden Zielprozesse entwickelt. Hierzu wurden vier Schritte vorgenommen. Nachdem zunächst relevante Rollen definiert wurden, wurden die entsprechenden Startereignisse der Prozesse identifiziert. Im Anschluss wurden die aktuellen Abläufe erfasst, um schließlich Inhalte und Formate des Datenaustauschs zu bestimmen. Exemplarisch zeigen Bild 11 (siehe S. 50) und Bild 12 (siehe S. 50) einen parallelen Vergleich von Ist- und Zielprozess im Bereich der Turnusablesung.

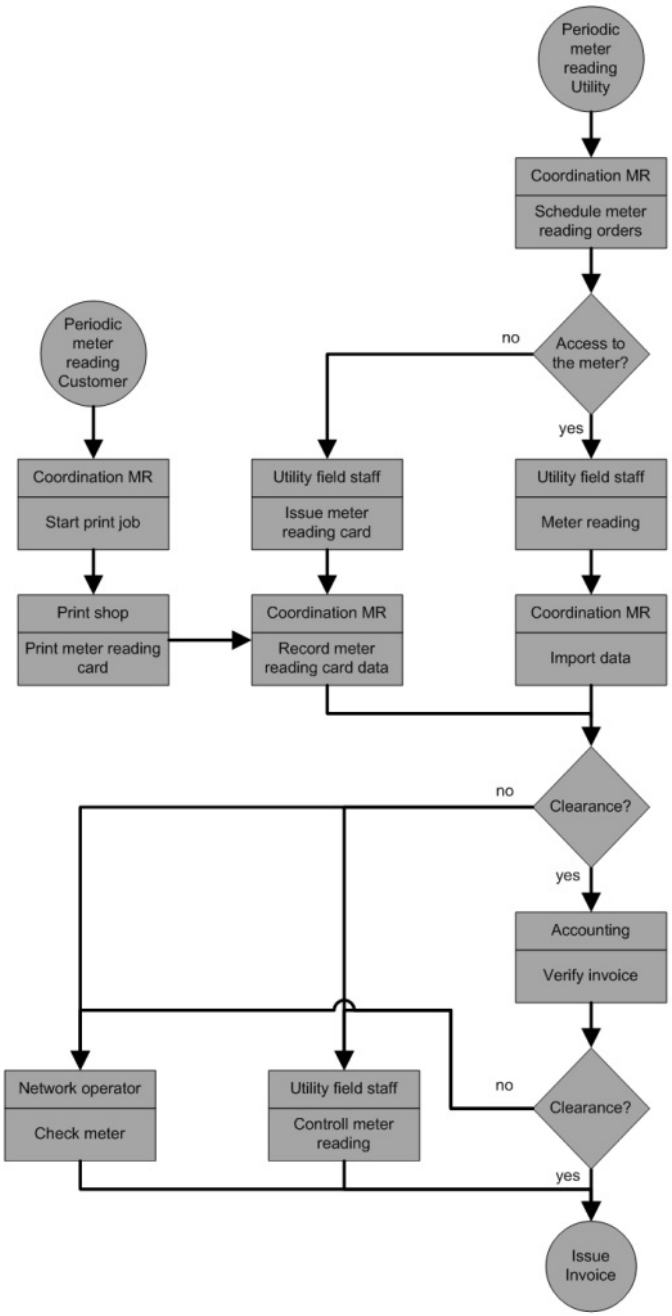



**Bild 11:**
**Ist-Prozess Turnusablesung**

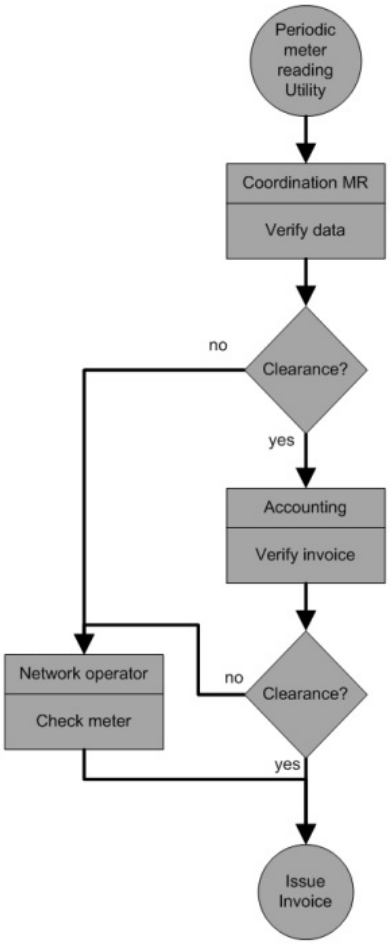



**Bild 12:**
**Zielprozess Turnusablesung**

### 3.1.3 **Rollen im Projekt**

Um reibungslose Prozesse in der Energiewirtschaft zu gewährleisten, sind Aufgaben in Form von Rollen verteilt. Im Rahmen der Konzeptionierung von Smart Watts wurden Rollen neu definiert oder um weitere Aufgaben ergänzt. Im Folgenden ist eine Übersicht aller für Smart Watts relevanten Rollen abgebildet.

### 3.1.3.1 Klassische Rollen der Energiewirtschaft

Bild 13 bietet einen Überblick der Ist-Situation der Rollenverteilung innerhalb der Energiewirtschaft insgesamt.

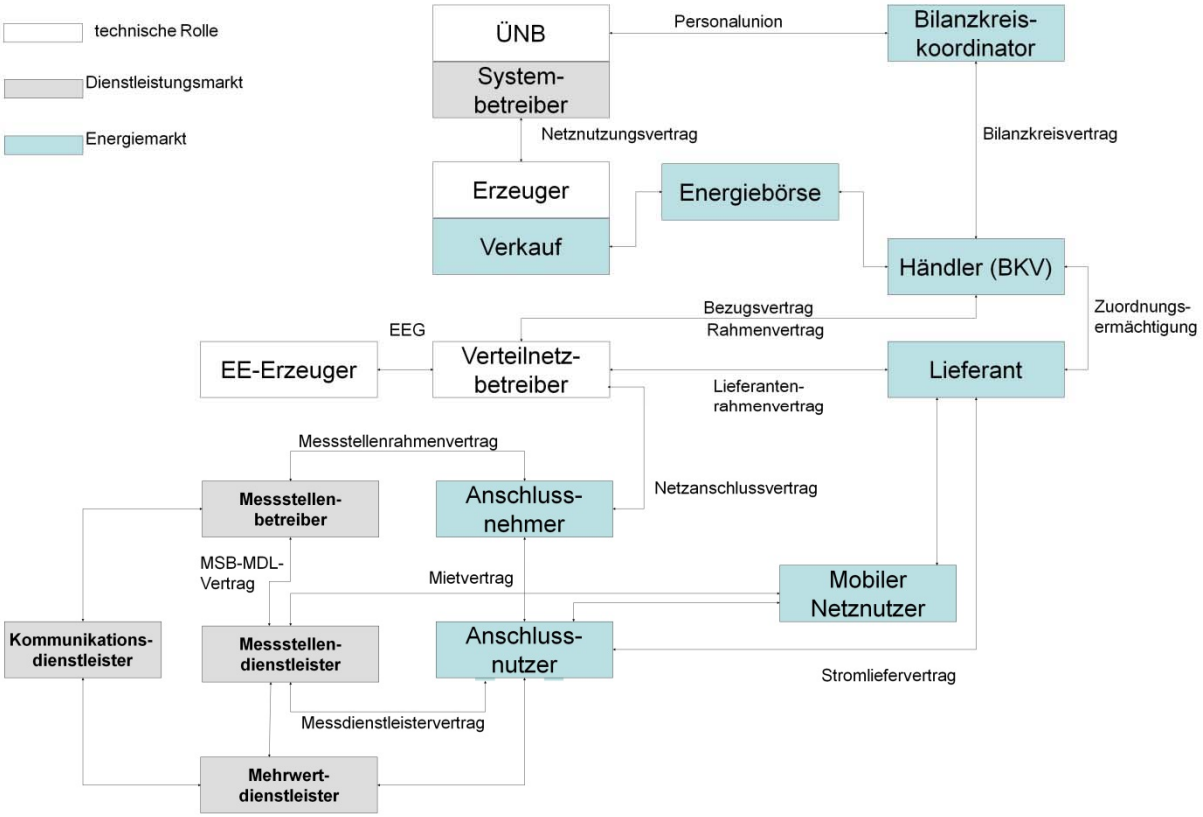



**Bild 13: Klassische Rollen in der Energiewirtschaft**

### 3.1.3.2 Projektrelevante Marktrollen

#### Gateway-Admin

Der Smart-Meter-Gateway-Administrator (kurz: SMGW-Admin) hat die zentrale Rolle beim Betrieb des Smart-Meter-Gateways nach (BSI 2013). Daher muss sichergestellt sein, dass der IT-Betrieb beim SMGW-Admin Mindestanforderungen zur Durchsetzung der Informationssicherheit genügt.

Generell muss der SMGW-Admin in der Lage sein, den Datenfluss derart zu organisieren, um sicherzustellen, dass die jeweiligen Anforderungen der verschiedenen möglichen Dienstleistungen und Anwendungsfälle intelligenter Messsysteme effizient erfüllt werden. Dies bedeutet im Einzelnen:

- Der Zugriff auf Daten muss über das SMGW diskriminierungsfrei erfolgen können.
- Es muss sichergestellt werden, dass die relevanten Datenschutz- und Datensicherheitsanforderungen eingehalten werden (z. B. BDSG, BSI-Schutzprofil und Technische Richtlinie TR-03109-1, Eichrecht).

- Er muss gewährleisten, dass die eingespielten Marktprozesse in der Energiewirtschaft wie Ablesung, Bilanzkreismanagement, Lieferantenwechsel reibungslos und zeitnah von den Marktteilnehmern abgewickelt werden können.
- Daten, die für eine Sicherstellung der Energieversorgung relevant sind (z. B. Steuerung von dezentralen Einspeiseanlagen), müssen mit der geforderten Zuverlässigkeit und Schnelligkeit über das SMGW übermittelt werden können.

Die Daten der intelligenten Messsysteme müssen über das SMGW allen Berechtigten zeitnah zur Verfügung gestellt werden können – dies gilt sowohl für energienahe als auch energieferne Dienstleistungen und Anwendungsfälle.

Durch die Anforderungen des BSI und die Aufnahme der Marktrolle „Gatewayadministrator“ ist allerdings die Abwicklung des Marktmodells im Detail deutlich komplexer (siehe Bild 14).

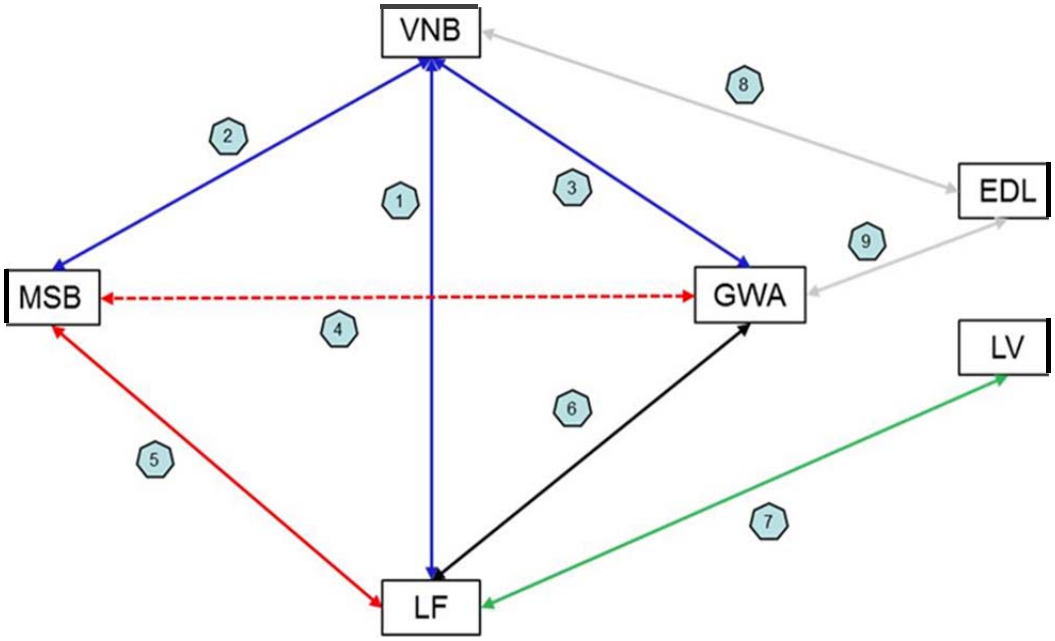



**Bild 14: Marktmodell**

Es besteht eine Reihe von Wechselbeziehungen und Interaktionen zwischen den einzelnen Marktakteuren. Gleichzeitig hat jede Marktrolle eine gewisse „Grundaufgabe“.
Zur Bild der generellen Interaktion der beteiligten Marktrollen Verteilnetzbetreiber (VNB), Messstellenbetreiber (MSB), Lieferant (LF), Letztverbraucher (LV), Gatewayadministrator (GWA) und Energiedienstleister (EDL) sind Marktregelungen zu folgenden Aspekten notwendig:

- Marktkommunikation (z. B. Intervall, Umfang),
- Bilanzierung (z. B. anzuwendende Profile, Betrachtungszeitraum),
- Zahlungsregeln (z. B. NNE, Bonus/Malus-Zahlung)
- Abrechnungsregeln (z. B. Grundlage, Häufigkeit)
- Zugriffsregeln (z. B. Steuerung über das Gateway).

### Smart-Architecture-Admin

Der Smart-Architecture-Admin ist verantwortlich für den Betrieb einer Kommunikationsinfrastruktur und -plattform, die auf vielfältige Art und Weise die Prozesse der Energiewirtschaft unterstützt. Dazu gehört neben der Bereitstellung von Basisdiensten der Kommunikation wie eines Namensdienstes auch die Administration der für die Bereitstellung der Basis Services notwendigen Daten und Prozesse. Darüber hinaus liegt auch die Evolution der Schnittstellen und Standards, die im Betrieb der Plattform Verwendung finden, in seinem Aufgabenfeld.

### Marktplatzbetreiber

Der Smart Market ermöglicht den Abschluss von Verträgen zwischen den Marktteilnehmern, die die Rolle Erzeuger, Lieferant, Aggregator, Großkunde oder Händler einnehmen. Im Gegensatz zur Energiebörse EEX und EPEX tritt der Marktplatz nicht als Zwischenhändler auf.

Für den Betreiber eines Smart Markets bedeutet dies, dass er nicht selbst in die Verträge der Marktteilnehmer eintritt, sondern lediglich die Marktplattform als Dienstleistung zur Verfügung stellen muss. Von den finanziellen und energetischen Risiken des Handels ist er nicht direkt betroffen, er kann aber die Ergebnisse der Geschäftsanbahnung an eine Clearing-Stelle übergeben. In diesem Fall stellt die Clearing-Stelle den Handelspartnern eine Versicherungsleistung zur Verfügung, die finanzielle und energetische Risiken abdeckt. Heute ist ein solches OTC-Clearing per European-Commodity-Clearing (ECC) möglich, wenn auch nur für börsenkompatible Produkte.

Den Nachweis von Energielieferungen und der damit verbundenen Freigabe von Zahlungen kann der Marktplatzbetreiber dagegen als Dienstleistung übernehmen.

Der Marktplatz wird durch eine juristische Person implementiert und betrieben. Zu der Rolle Marktplatzbetreiber gehört die Bereitstellung von Diensten zum Zweck der Geschäftsanbahnung im Rahmen von bilateralen Verträgen über die Marktplattform. Dazu schließt der Marktplatzbetreiber Marktzugangsverträge mit den Marktteilnehmern, überwacht den Marktplatz und stellt dessen Funktionsfähigkeit sicher. Die erbrachten Dienstleistungen des Marktes werden den Marktteilnehmern in Rechnung gestellt. Die ordnungsgemäße Durchführung und Abrechnung der Dienstleistungen sollte durch einen Wirtschaftsprüfer testiert werden. Eine weitere Aufgabe des Marktplatzbetreibers ist die Herstellung von Markttransparenz im Rahmen der Möglichkeiten. So werden Geschäfte veröffentlicht, falls die Vertragspartner zugestimmt haben, bzw. es werden anonymisierte und aggregierte Informationen über das Geschehen am Markt kommuniziert. Bei Konflikten zwischen Marktteilnehmern kann der Marktplatzbetreiber insofern eine vermittelnde Rolle einnehmen, dass er eine Aussage darüber tätigt, ob einer der Marktteilnehmer gegen die im Marktzugangsvertrag festgelegten Bedingungen verstoßen hat.

### Lieferant

Die Belieferung des Anschlussnutzers mit elektrischer Energie erfolgt ausschließlich über den Lieferanten. Abweichend vom heutigen Standardlastprofilverfahren erstellt er eine genauere Prognose über Kundengruppen und nutzt dazu die Lastgänge der Smart Meter.

Der Lieferant kann den Stromkunden (Anschlussnutzer) in seinem Verbrauch aktiv durch das Senden von Bezugskonditionen beeinflussen und hieraus einen Mehrwert für sich und seinen Kunden generieren.

### Portfoliomanager

Der Portfoliomanager steuert den Einsatz verschiedener Alternativen in seinem Portfolio unter Bewertung der aktuellen und zukünftigen Marktsituation mit dem Ziel, den bestmöglichen Ausgleich des Portfolios zu erreichen. Die Aufgaben des Portfoliomanagers umfassen neben der Strukturierung des Portfolios unter anderem die kostenorientierte Beschaffungsoptimierung, die in Smart Watts durch preisinduzierte Lastverschiebung auf der Absatzseite ergänzt wird. Im Portfoliomanagement fließen die Informationen anderer Unternehmensbereiche (z. B. Prognose, Risikomanagement) zusammen, werden aufbereitet und weiterverarbeitet.
In Abgrenzung dazu übernimmt der VKW-Betreiber die Bündelung kleiner Erzeugungsanlagen, die er in einem eigenen Portfolio darstellt. Deren Einsatzplanung (hier Mini-BHKW, da Erzeugung aus Wind und Photovoltaik nicht beeinflussbar sind) erfolgt ebenfalls unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten. Die gesamte Erzeugung des VKW ist als Produkt „VKW-Strom“ Bestandteil der Beschaffung des Portfoliomanagers und geht in das Gesamtportfolio Smart Watts ein.

### Smarter Verbraucher

Der smarte Verbraucher unterscheidet sich grundlegend vom klassischen Privathaushaltskunden. Zwar beziehen beide ihren Strom vom lokalen Energieversorger, allerdings zeigt der smarte Verbraucher ein gesteigertes Interesse am Energiesparen und ist aufgeschlossen für die Nutzung neuer Techniken, wie sie in Smart Watts eingesetzt wird. Diese „smarte“ Technik erfordert die Bereitschaft, den eigenen Energieverbrauch zumindest teilweise an die tatsächliche Verfügbarbarkeit, verursacht durch die volatile und unbeeinflussbare Einspeisung erneuerbarer Energien, anzupassen.

Marktrolle VKW-Betreiber

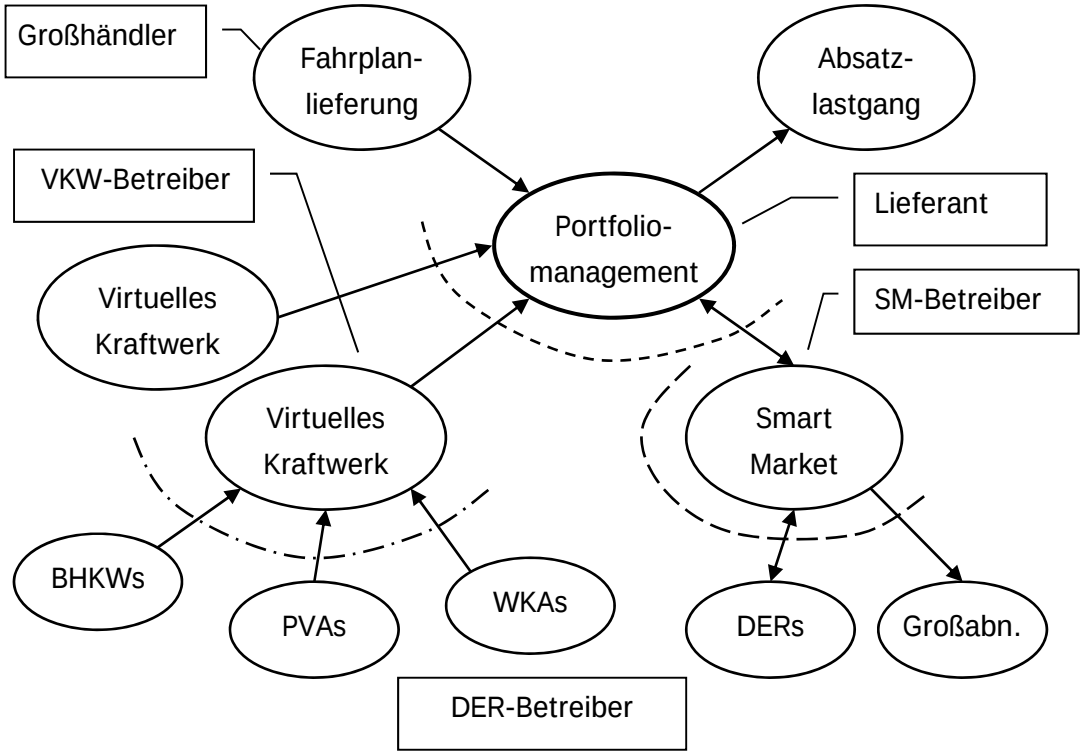



**Bild 15: Rollen, Systeme und Abhängigkeiten**

Besonders für kleinere Erzeugungsanlagen (erneuerbare oder auch konventionelle Energie) ist die Direktvermarktung schwierig. Spätestens dann, wenn die Regelvergütung nach EEG oder KWKG ausläuft, ist die Direktvermarktung die einzige Alternative zum Selbstverbrauch oder zum Rückbau der Anlage. Virtuelle Kraftwerke (VKW) bieten die Möglichkeit, vermarktbare Produkte aus der Erzeugung einer Vielzahl kleiner, dezentraler Anlagen darzustellen (siehe Kapitel 4.1.2, S. 140ff.).

Die in diesem Projekt verwendete Definition des Produkts „VKW-Strom“ geht von einer zentralisierten Steuerung und Vermarktung aus, bei der die einzelnen Anlagenbetreiber weitgehend passiv agieren. Diese Konstellation macht es erforderlich, eine unabhängige Marktrolle „VKW-Betreiber“ zu definieren. Der VKW-Betreiber kann als Dienstleister verstanden werden, der im Auftrag der Anlagenbetreiber deren Interessen gegenüber dem Händler vertritt und gleichzeitig auch den Einsatz der einzelnen Erzeugungs- und Speicheranlagen plant und steuert.

Die Rolle des VKW-Betreibers kann am einfachsten über seine Aufgaben beschrieben werden:

- Verträge mit den Anlagenbetreibern abschließen
- Vertrag zum Produkt „VKW-Strom“ mit einem Händler aushandeln und abschließen
- Erzeugungsprognose für die einzelnen Anlagen
- Planung der Anlagenbeschäftigung steuerbarer Erzeugung

- Kommunikation mit Anlagen- und Netzbetreiber sowie Energieversorger (Händler), beispielsweise:
  - Übermittlung von Steuersignalen an die Anlagen
  - Übermittlung von Fahrplänen und tatsächlicher Erzeugung an den Energieversorger
  - Abstimmung des zugesagten Lastganges mit dem Händler
  - ggf. untertägige Korrektur mit Händler vereinbaren
  - Abrechnung der vereinbarten Entgelte mit Händler und Anlagenbetreibern

In Smart Watts wurden nicht alle Prozessschritte, die von der Marktrolle des unabhängigen „VKW-Betreibers“ auszuführen sind, im Feldversuch erprobt, da die Rollen „Händler“ (Portfoliobetreiber) und „VKW-Betreiber“ in einer Hand lagen und auch in einem System realisiert wurden.

Die wichtigsten regelmäßigen Aufgaben des VKW-Betreibers im kurzfristigen Geschäft können Bild 16 (siehe S. 57) entnommen werden. In diesem Bild werden auch die Interaktionen mit den Anlagenbetreibern (Distributed-Energy-Resources, kurz DER) und dem Portfoliobetreiber deutlich.

- Hellbraun markiert ist der Bereich bis zu dem Zeitpunkt, zu dem ein vereinbarter Lastgang vorliegt.
- Gelb markiert sind optionale Aktivitäten zur Korrektur (Festlegung eines Differenzlastganges).
- Hellgrün ist der Bereich markiert, der die interne Optimierung der VKW-Beschäftigung und die Ansteuerung der Anlagen beinhaltet.
- Hellblau markierte Aktivitäten stellen die untertägige Überwachung und optionale Korrektur der VKW-Beschäftigung dar.

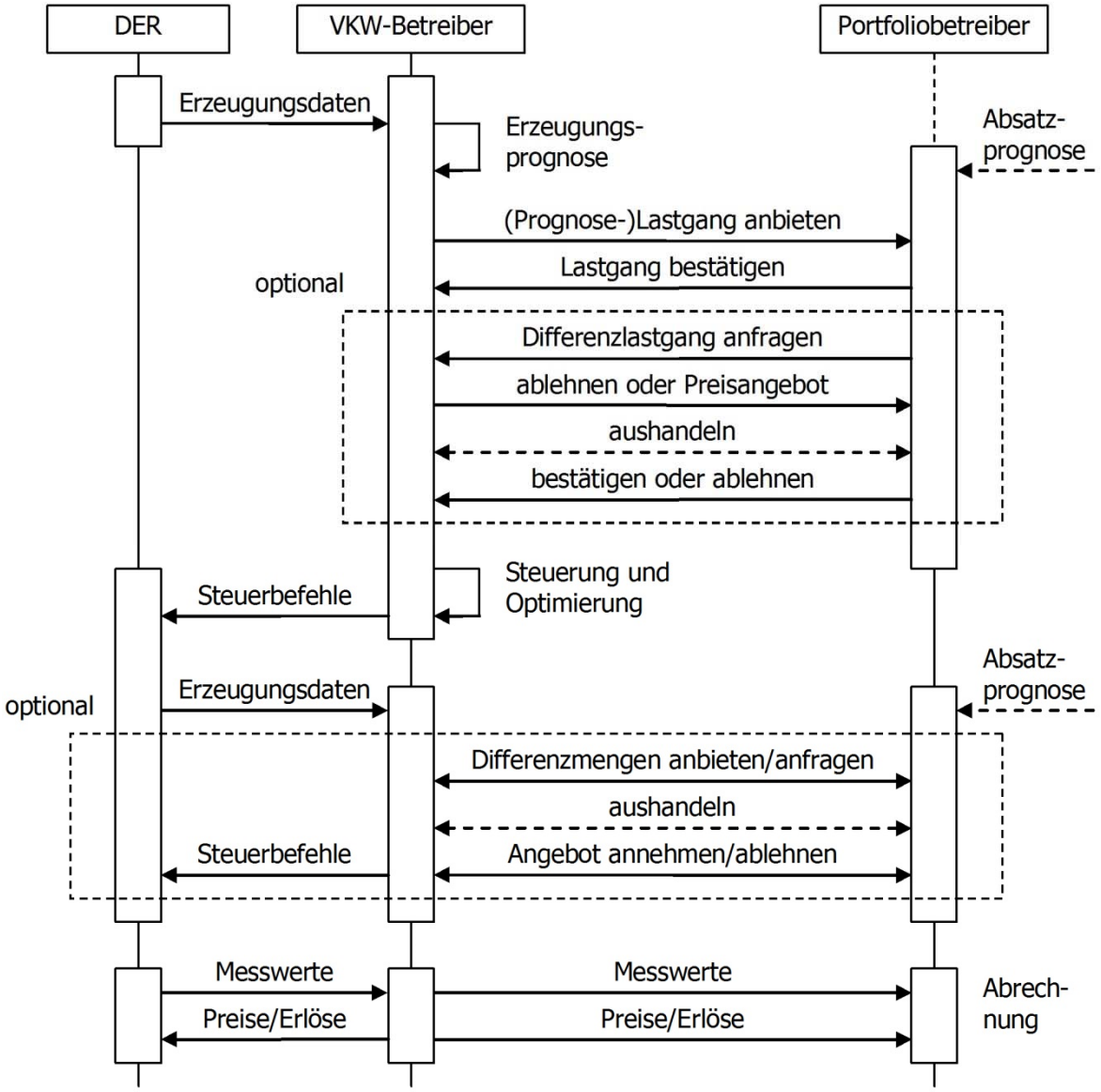



**Bild 16: Regelmäßige Aufgaben des VKW-Betreibers**

### 3.1.3.3 Akteure und Rollen am Smart Market

Am Smart Market (siehe auch Kapitel 3.2.5, S. 72f.) können Personen und Unternehmen aktiv Geschäfte anbahnen oder auf Geschäftsangebote eingehen und so mithilfe der Marktplattform Verträge abschließen. Da alle Aktivitäten über den Marktplatz abgewickelt werden, bezeichnet man diese Personen und Unternehmen als „Marktteilnehmer“. Dieser Begriff kennzeichnet damit auch eine grundlegende Rolle, die Kernbestandteil des Marktmodells ist:

#### Marktteilnehmer

Ein Marktteilnehmer nimmt aktiv als Händler auf dem Smart Market teil. Er kann Geschäftsanfragen einstellen und Angebote machen. Er schließt einen Marktplatzvertrag mit dem Marktplatzbetreiber ab, um Zugang zum Smart Market zu erhalten. Er kann Marktteilnehmerrahmenverträge mit den Marktteilnehmern abschließen, mit denen er OTC-

Geschäfte durchführen möchte. Ein Marktteilnehmer handelt durch seine natürliche Person oder als juristische Person in Form von zugeordneten und berechtigten natürlichen Personen, die sich über die Smart Architecture am Smart Market authentifizieren.
Durch diese Definition sind bereits zwei Akteure gegeben:

- Natürliche Person*:* Nur eine natürliche Person kann am Smart Market als Systemnutzer auftreten und in der Rolle „Marktteilnehmer“ aktiv werden. Dies ist erforderlich, um Aktivitäten rechtssicher handlungsbevollmächtigten Personen zuordnen zu können. Dies wäre durch einen teilweise anonymen Marktzugang, unter dem mehrere beauftragte Personen mit einem Systemnutzer Geschäfte tätigen, nicht möglich. Ein Sonderfall ist es, wenn ein Marktteilnehmer tatsächlich nur aus einer einzelnen Person besteht, und daher auch nur diese eine Person den Systemnutzer verwendet.
- Juristische Person*:* Am Smart Market werden in der Regel keine Privatpersonen für eigene Rechnung Geschäfte abschließen, sondern für ein Unternehmen handeln. Dieses Unternehmen tritt in Verträge als Vertragspartner ein und erwirbt damit Rechte und Pflichten. Die juristische Person erlangt ihre Rechtsfähigkeit durch Eintragung in einem bei Gericht geführten Register. Übliche Formen sind der eingetragene Verein (e. V.), die GmbH, die Genossenschaft und die Aktiengesellschaft. Handeln kann die juristische Person durch ihre Organe, die wiederum natürliche Personen sind.

### Market-Maker

Um einen attraktiven Marktplatz zu gestalten, ist dafür Sorge zu tragen, dass die gehandelte Ware in ausreichender Menge am Markt angeboten und nachgefragt wird. Im Energiehandel und dort insbesondere im Stromhandel erschwert die fehlende Speichermöglichkeit das Zusammenkommen von Angebot und Nachfrage. An der Börse wird dieses Problem durch stark standardisierte Stromprodukte angegangen, die aber nur in seltenen Fällen direkt dem Bedürfnis eines Marktteilnehmers entsprechen, sondern immer nur ein Baustein in seinem Portfolio darstellen. Am Smart Market wird durch die Einführung von Fahrplanprodukten das Angebot von speziellen Produkten, die ihren Ursprung in einer offenen Position in einem Portfolio haben, ermöglicht. Die Rolle des Market-Makers ist es nun, diese speziellen Geschäftsanfragen mit einem Angebot zu bedienen. Nur so haben Marktteilnehmer die Sicherheit, dass ein Geschäft überhaupt zustande kommt. Der Market-Maker bringt Liquidität aus anderen Märkten in den Smart Market und ermöglicht so auch Händlern, die keinen Zugang zu Energiebörsen haben, die Geschäftstätigkeit. Der Marktplatzbetreiber schließt mit dem Market Maker einen Vertrag, der dessen Rechte und Pflichten am Marktplatz, welche über die Rolle eines Marktteilnehmers hinausgehen, regelt.

### Geschäftsanfrager

Der Geschäftsanfrager ist ein Marktteilnehmer, der am Smart Market ein Bedürfnis in einer Geschäftsanfrage, die mit einem Produkt verknüpft ist, einstellt. Man kann die Anfrage mit einer Annonce, Ausschreibung oder einer Auktion vergleichen – auch in diesen legt ein Marktteilnehmer wesentliche Bedingungen der Preisfindung und die Geschäftsbedingungen sowie die gehandelte Ware oder Dienstleistung fest.

Anbieter

Auf eine Geschäftsanfrage können Marktteilnehmer Angebote abgeben. Mit diesen wird aus der Geschäftsanfrage ein unterschriftsfähiger Vertrag, d. h., alle für einen Abschluss nötigen Informationen und insbesondere der Preis sind vorhanden. Dem Angebot geht i. d. R. eine Suche im Markt nach geeigneten Produkten voraus. Sollte ein Interessent keine passenden Produkte finden, so kann er sein Bedürfnis in eine eigene Geschäftsanfrage umwandeln, die dann am Marktplatz sichtbar wird und z. B. durch andere Anbieter oder auch einen Market Maker bedient wird.

## 3.2 Fachliche Anforderungen und Lösungsansätze

### 3.2.1 Anwendungsfälle des Smart Meterings

Zur Ableitung der fachlichen Anforderungen wurde das ganze Smart-Metering-System in einzelne Anwendungsfälle, sogenannte Use-Cases, aufgeschlüsselt. Jeder Anwendungsfall definiert eine Teilfunktionalität des Systems. Die Summe aller Anwendungsfälle legt die Gesamtfunktion fest. Das Smart-Watts-Smart-Metering-System besteht aus den Komponenten Smart Meter, Smart-Meter-Gateway, Bridge und iPad-App.

Anwendungsfälle sind u. a.:

- die Erfassung des Verbrauchs für Abrechnungszwecke und zur zeitnahen Verbraucherinformation
- die Übertragung der erfassten Daten zum Messdienstleister
- der Transport von Preissignalen zur Unterstützung der Steuerung von Verbrauchern (Demand-Side-Management).

Neben den eigentlichen Anwendungen sind zusätzlich relevante Rahmenbedingungen bei der Systemdefinition zu finden und gegebenenfalls zu berücksichtigen. Dazu zählen u. a.

- Wirtschaftlichkeit: grobe Abschätzung der Auswirkungen von Gestaltungsalternativen auf Gestehungskosten, Betriebskosten, Installations- und Wartungskosten,
- Mechanische und elektrische Eigenschaften: Baugröße und Bauform, Zuverlässigkeit, Überspannungsfestigkeit
- Eigenenergieverbrauch
- Nutzerfreundlichkeit und Bedienerfreundlichkeit

Die daraus resultierenden generellen Anforderungen an das System und die einzelnen Komponenten werden dann zu einer Anforderungsdefinition aufbereitet.

#### 3.2.1.1 Lastmanagement im Smart-Home-Kontext

Das übergeordnete Ziel des Lastmanagements ist, zu jedem Zeitpunkt eine Balance zwischen der aktuellen Verfügbarkeit von elektrischer Energie und dem aktuellen Verbrauch

herzustellen. Mit dem in Zukunft steigenden Anteil der Einspeisung von regenerativen Energien stößt dieses rein am Verbrauch orientierte Konzept jedoch an seine Grenzen. Zeitpunkt und Menge der regenerativen Energien sind starken Schwankungen unterworfen, sodass eine langfristige Planung wie bei konventionellen Kraftwerken nicht möglich ist. Daher soll beim Lastmanagement ergänzend auch die Verbraucherseite berücksichtigt werden. Grundsätzlich kommen für das Lastmanagement elektrische Verbraucher mit Lastverschiebungspotenzial in Betracht; also Verbraucher, die ohne Komfortverlust zeitlich versetzt werden können. Hierzu zählen Waschmaschinen, die später starten, Kühlschränke, die zeitlich vorgezogen kühlen oder Wärmepumpen, die autark Laufzeiten wählen, zu denen der Strompreis günstig ist. Das Lastmanagement ist kooperativ ausgelegt – es erfolgt kein direktes „Steuern“ der Verbraucher oder gar “Schalten“ von Endgeräten. Vielmehr soll als Führungsgröße des Regelkreises zwischen „Verfügbarkeit“ und „Verbrauch“ ein zeitvariabler Strompreis dienen und dazu führen, dass der Stromverbrauch reduziert wird, wenn der Strompreis hoch ist, aber auch den Verbrauch von elektrischer Energie “vorwegzunehmen“, wenn der Strom gerade günstig ist.

Der Einfluss des Lastmanagements auf die Haushalte erfolgt über zwei Wege: Zum einen erhalten elektrische Verbraucher mit Lastverschiebungspotenzial die Strompreisprognose für die nächsten Stunden und optimieren sich anhand dieser Prognose und der Voreinstellungen der Besitzer selbst. Des Weiteren wird über die zukünftige Strompreisentwicklung informiert und Verhalten kann dementsprechend ausgerichtet werden, indem Verbraucher mit hohem Energiebedarf bevorzugt in einer Niedrigpreisphase betrieben werden – z. B. eine Stunde früher bzw. später Rasen mähen.

| Name des Anwendungsfalls | Zusammengesetzt: Lastmanagement Schalten nach Schwelle |
|---|---|
| Kurzbeschreibung | Vorgehensweise:<br>• Das Zähler-Gateway kommuniziert in regelmäßigen Abständen die Preise für Stromverbrauch und Rückspeisung zum Energie-management-Gateway – in diesem Zusammenhang Bridge genannt (entsprechend der EEBus-Spezifikation). Hierbei handelt es sich um ungefilterte, gesamtheitliche Preisinformationen.<br>• Alle teilnehmenden Geräte (abhängig von Einstellung für das einzelne Gerät durch den Benutzer oder der globalen Einstellung an der Bridge) erhalten die Preisnachrichten durch Verteilung von der Bridge aus und setzen entsprechend ihren Einstellungen die Anforderungen um. Dies wird durch eine pro Gerät definierte Schaltschwelle bei x €/kWh erreicht.<br>• Das Verhalten der Geräte bei Erhalt der Preisnachricht bestimmt jedes Gerät selbst.<br>• Die Konfiguration der Schaltschwelle erfolgt durch den Benutzer mittels iPad-Applikation.<br><br>Anmerkung: Final im Feldtest wurde die Führungsgröße auf den Preis festgelegt. Vom Konzept her werden andere Führungsgrößen unterstützt. |
| Beteiligte Rollen | Benutzer, Gateway, Endgerät, Bridge |
| Interaktion mit anderen TV | Smart Metering und Smart Demand |
| Annahmen | Kunde möchte Lastmanagement zulassen (Lastmanagement ist konfiguriert), Optimierungsgröße ist der durch das Gateway gelieferte Preis (Konzept sieht auch andere Führungsgrößen vor) |
| Annahmen | Kunde möchte Lastmanagement zulassen (Lastmanagement ist konfiguriert), Optimierungsgröße ist der durch das Gateway gelieferte Preis (andere Führungsgrößen optional) vor |
| Vorbedingung | Bridge ist „gepaired“, Endgeräte sind vorhanden, Optimierungsgröße vom Gateway liegt vor |
| Nachbedingung | Lastmanagement wird entsprechend Konfiguration umgesetzt |
| Auslöser | Gateway stellt Optimierungsgröße (Preise) für die Bridge zur Verfügung |
| Fristen / Laufzeiten | Lastmanagement soll nach max. 1 Minute entsprechend Vorgabe durch das Gateway im ganzen Haushalt umgesetzt sein |

| | | |
|---|---|---|
| Anforderungen | Rechte und Rollen | Gateway: gibt Optimierungsgröße (Preise) vor<br>Bridge: übernimmt Umsetzung auf andere Bus-Medien durch den EEBus, (ggf.) wird durch den Benutzer für Lastmanagement konfiguriert<br>Hausgerät: verhält sich entsprechend Konfiguration durch den Benutzer und empfangenen Preis-Informationen vom Gateway |
| | Datenhaltung | Konfiguration für Endgerät auf Endgeräten,<br>Konfiguration für Bridge auf Bridge (Standardwerte für neu einzubindende Geräte) |
| | Kommuni-kation | unidirektionale Kommunikation Gateway -> Bridge -> Endgeräte |
| | Weitere | - |
| Nutzen | | Realisierung eines Anreizsystems für Lastmanagements |
| Hinweise offene Fragen | | Das Lastmanagement wird realisiert durch folgende Use-Cases:<br>• Lastmanagement konfigurieren (Bridge, Endgerät)<br>• Lastmanagement durchführen (Endgerät)<br>• Lastmanagement temporär abbrechen (Endgerät, iPad-Applikation)<br>• Lastmanagement anstoßen (Gateway) |

**Tabelle 2: Anwendungsfall „Lastmanagement Schalten nach Schwelle“**

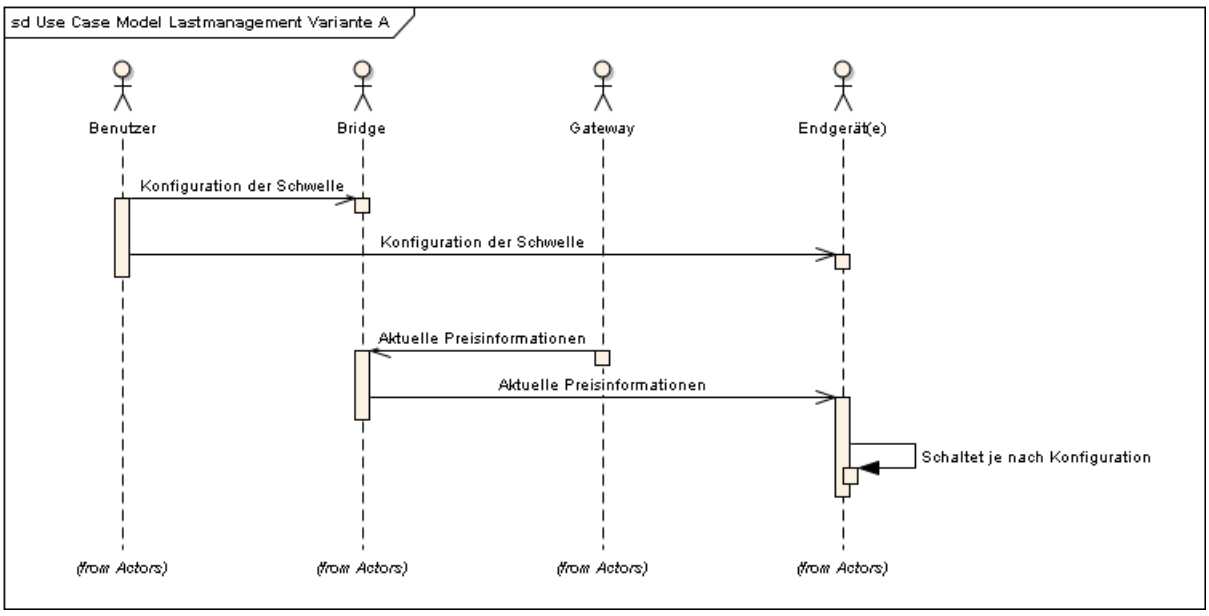



**Bild 17: Anwendungsfall „Lastmanagement Schalten nach Schwelle“**

#### 3.2.1.2 Intelligentes Messsystem

Die zentralen Eigenschaften eines Smart-Metering-Systems lassen sich im Wesentlichen vier Betrachtungsbereichen zuordnen:

1. **Messwerk**, also dem Zähler im engeren Sinne, mit eichrechtlicher Zulassung
2. **Gateway** als Kommunikationscontroller, der die Intelligenz des Smart Meters ausmacht
3. **Kommunikationssystem**
4. **Datenzentrale**/Leitstand, also dem System für die Datenhaltung und Steuerung

Die Eigenschaften dieser Teilsysteme sind entscheidend für die Leistungsfähigkeit des Smart-Metering-Systems insgesamt. Darüber hinaus sind zahlreiche periphere Bereiche von der Systemeinführung betroffen. Dazu zählen z. B. Zählerparkmanagement, Lagerverwaltung, Workforce-Management oder Feedback-Systeme (z. B. Kundenportal, Displays, Kunden-PC).

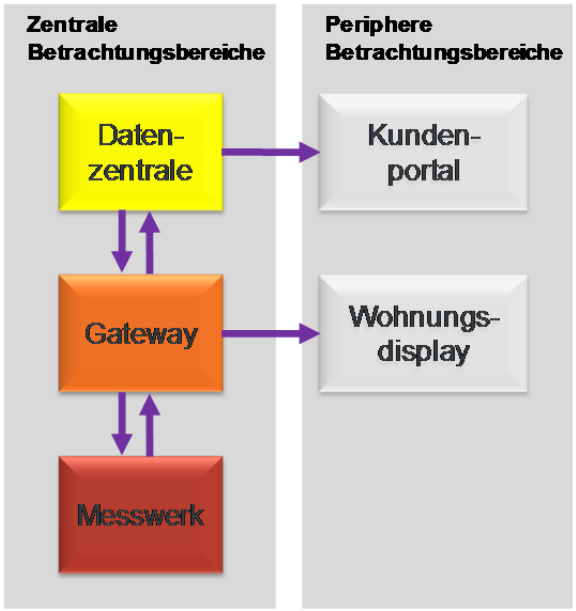



**Bild 18: Betrachtungsbereiche beim Smart Metering**

Bei der Analyse und Entscheidungsfindung bezüglich des Smart Meterings sind diese jedoch von untergeordneter Bedeutung. Für die Lösung dieser Aufgaben bestehen bereits weitgehend Lösungen mit hoher Reife. Darüber hinaus ist eine Anpassung solcher Systeme relativ leicht durch den Austausch von Software an zentraler Stelle möglich. Eine Ausnahme hiervon stellt das Wohnungsdisplay für den Kunden dar, das aber dem Verantwortungsbereich des Kunden zugeordnet werden kann und deshalb für die Systementscheidung beim Energieversorger nur mittelbar entscheidend ist. Die Auswahl dieser peripheren Funktionen folgt insgesamt den grundlegenden Entscheidungen in den vier zentralen Betrachtungsbereichen.

##### Das Messwerk

Das Messwerk stellt den eichrelevanten Teil des Smart-Metering-Systems dar. Da es Teil der verteilten Infrastruktur ist (im Gegensatz zu den zentralen Systemkomponenten, die dem

Energieversorger untergebracht sind), verursacht ein Austausch hohe Prozesskosten. Es sollte deshalb langlebig ausgelegt sein und nur den notwendigen Funktionsumfang bieten, da die Komponente mit dem kurzlebigsten Innovationszyklus bzw. die mit der geringsten Lebensdauer den Austauschzyklus bestimmt.

### Das Gateway

Die Eigenschaften eines Smart-Metering-Systems werden entscheidend von der Fähigkeit zur Kommunikation und zur Datenverarbeitung bestimmt. Damit werden auch die Möglichkeiten festgelegt, neue Produkte und Anwendung für den Kunden zu erschließen. Beim Gateway sind gerade in der Einführungsphase von Smart Metering kurze Innovationszyklen zu erwarten. Das Gateway sollte deshalb sowohl von der Hardware als auch insbesondere von der Software her so ausgelegt sein, dass neue Funktionen mit möglichst geringem Aufwand integriert werden können. Hierzu lassen sich Konzepte umsetzen, die das Einspielen neuer Software über die Kommunikationsstrecke erlauben.
Durch entsprechende modularisierte Gateways können Kosten gespart werden, indem ein Gateway Daten für mehrere Zählplätze sammelt, verarbeitet und überträgt. Weiterhin könnte auch eine Schnittstelle direkt zu den IT-Systemen des Anschlussnutzers, z. B. dem Kunden-PC oder einem Wohnungsdisplay, hergestellt werden.

### Die Kommunikation

Bei der Einführung von Smart-Metering-Technologien und -Systemen kommt der Betrachtung des Kommunikationskonzepts besondere Bedeutung zu. Dies betrifft sowohl die Weitverkehrskommunikation zwischen dem Messstellenbetreiber und dem Kundenhaushalt, als auch die Nahverkehrskommunikation zu anderen Zählern (Strom, Gas, Wasser, Wärme), den Anzeigesystemen beim Kunden (PC, Wohnungsdisplay) und Smart-Home-Anwendungen. Die Festlegung auf bestimmte Kommunikationstechniken bestimmt wesentlich die Folgekosten des Lösungsbetriebs, legt aber auch die Grundlage für mögliche Mehrwertdienste fest. Grundlegend ist dabei die Entscheidung zu treffen, ob ein eigenes Kommunikationsnetz aufgebaut werden soll, das die Weitverkehrsdatenübertragung übernimmt, oder ob ein bestehendes Netz dafür genutzt werden soll.

### Datenhaltung

Das Softwaresystem, in dem die Messdaten gespeichert und verarbeitet werden, bestimmt sehr wesentlich die Fähigkeiten des Gesamtsystems. Neben der Verarbeitung von Messdaten stellt es auch die Grundlagen für Mehrwertdienste zu Verfügung. Im Gegensatz zu den ausgebrachten Komponenten im Feld lässt es sich jedoch relativ gut erweitern. Dafür ist der Betrieb komplex und die Verfügbarkeit bzw. Ausfallsicherheit spielt im Massenkundengeschäft eine entscheidende Rolle.
Grundlegend bestehen verschiedene Möglichkeiten, die Softwaresysteme für Smart Metering ins Unternehmen einzubinden. Zum einen ist eine Ertüchtigung der bei den meisten Netzbetreibern vorhandenen Auslesesysteme für Industriekunden (ZFA-Systeme) für Haushaltskunden denkbar. Je nach den Umständen ist auch der Aufbau eines separaten Systems für Massenkundendaten zu analysieren und bei einer Entscheidung zu

berücksichtigen. Dieses kann im eigenen Unternehmen etabliert oder durch einen Dienstleister betrieben und gepflegt werden.

### 3.2.2 Anforderungen an das Internet der Energie

Die Use-Cases, die im Konsortium erhoben wurden, sind jeweils in den Arbeitsergebnissen der Projektpartner beschrieben. Wie oben beschrieben, konnten daraus Anforderungen an die Smart Architecture abgeleitet werden. Diese Anforderungen wurden dann zu generischen Anforderungen zusammengefasst. Aus diesen generischen Anforderungen wurden die Use-Cases für die Smart Architecture abgeleitet. Für die Entwicklung der Smart Architecture sind hierbei Anwendungsfälle relevant, die

- unternehmensübergreifende Prozesse betreffen und
- durch die Smart Architecture unterstützt werden sollen.

Bild 19 fasst die generischen Anforderungen und die daraus abgeleiteten Anwendungsfälle der Smart Architecture zusammen.

Diese geben zwar einen groben Überblick auf die im System relevanten Vorgängen, haben aber Black-Box-Charakter, da keine Prozessabläufe oder alternative Szenarien beschrieben werden. Deshalb müssen die Prozesse in einem nächsten Schritt definiert werden. Die Spezifikation ist Bestandteil der verschiedenen Deliverables zu den Basis-Services.

Aus der Beschreibung der Use-Cases konnten folgende, generische funktionale Anforderungen an die Geschäftsarchitektur der Smart Architecture abgeleitet werden:

1. Namensvergabe (IDs) und Namensauflösung
2. Sicherheitsmechanismen zur Verfügung stellen
3. Bereitstellung eines Meta-Services zur Publikation von Services durch Mehrwertdienstleister
4. Unstrukturierte Anfragen unterstützen
5. Schnittstellenspezifikationen bereitstellen (Dateitypen, -formate, -schemata)
6. Verschiedene Kommunikationsmechanismen unterstützen
7. User-Portal (rollenspezifisch) zur Verfügung stellen

Im Rahmen von Workshops mit Projektpartnern und auf Grundlage des Use-Cases konnten ebenfalls nichtfunktionale Anforderungen an die Smart Architecture abgeleitet werden:

1. Sicherheit
2. Flexibilität
3. Neutralität
4. Benutzerfreundlichkeit
5. Verfügbarkeit
6. Effizienz

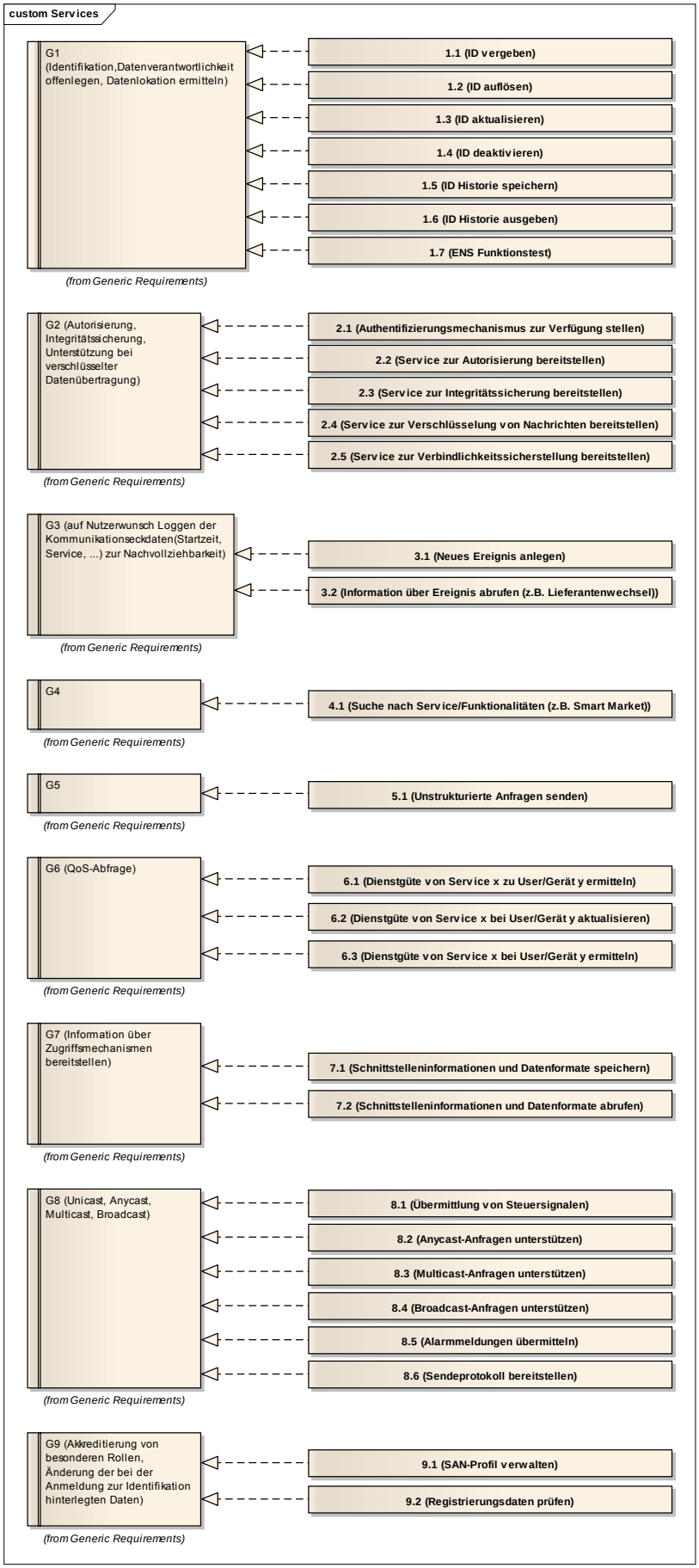
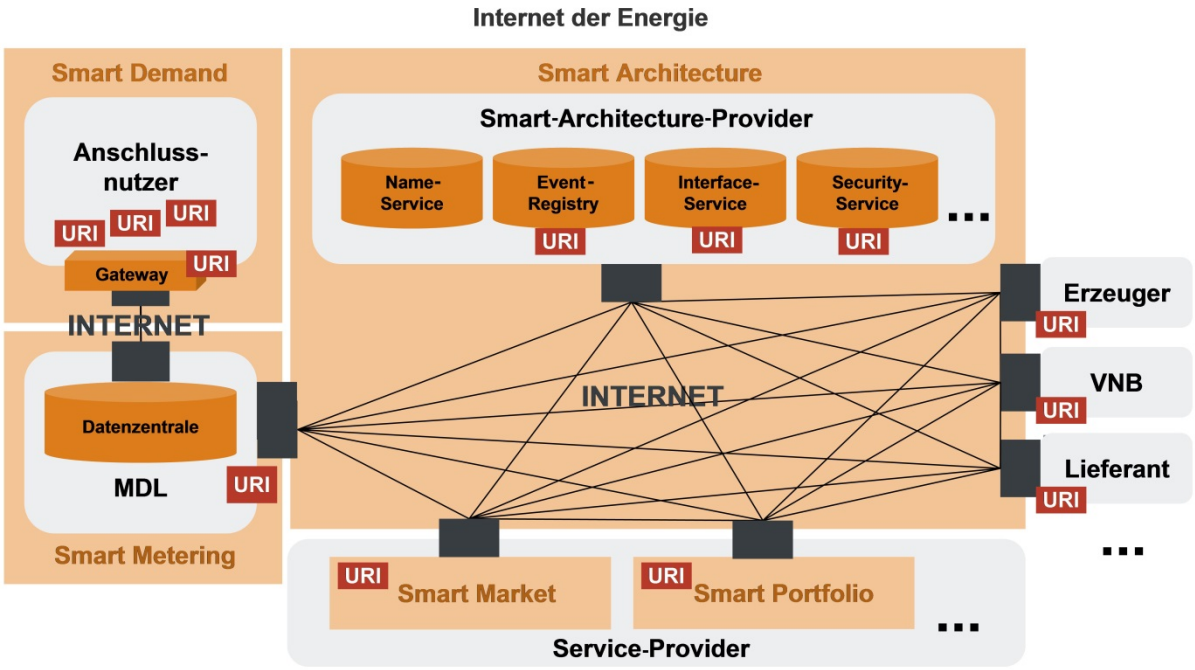



**Bild 19: Anforderungen und Use-Cases**

### 3.2.3 Smart Architecture

Durch das Internet der Energie werden die rollen- und unternehmensübergreifenden Geschäftsprozesse unterstützt, ein effizienter Datenaustausch und eine einfache Kommunikation zwischen den Akteuren ermöglicht. Durch die Nutzung der Internetstruktur müssen relevante Daten nicht zentral vorgehalten werden, sondern können direkt bei den Objekten abgerufen werden. Dazu ist als zentraler, vermittelnder Bestandteil des Internets der Energie die Kommunikationsplattform Smart Architecture notwendig (siehe Bild 20).




MDL: Messdienstleister; KDL: Kommunikationsdienstleister; VNB: Verteilnetzbetreiber

**Bild 20: Schematische Darstellung des Internets der Energie**

Die Smart Architecture wird als eine Service-Architektur implementiert, wobei als Vorgabe wo möglich und sinnvoll, von Webservice-Technologie Gebrauch gemacht werden soll. Es erfolgt eine Bereitstellung von Basis-Services und eine Unterstützung von komplexeren Geschäftsprozessen. Durch den Smart-Architecture-Provider werden die benötigten Basis-Services zur Verfügung gestellt, wodurch das öffentliche und unsichere Internet auf sichere Art und Weise zu Kommunikations- und Datenaustauschzwecken genutzt werden kann. Der Energy-Name-Service zur Namensauflösung sorgt dafür, dass eine 1:1-Kommunikation zwischen den Elementen des Energiesystems möglich wird. Durch den Energy-Security-Service erfolgt die Authentifizierung und Verschlüsselung, um sicherzustellen, dass das öffentliche Internet auch in sicherer Art und Weise genutzt werden kann und Informationen nur befugten Objekten zugänglich sind. Die Anforderungen an die Smart Architecture sind bereits in Kapitel 3.2.2 (siehe S. 65f.) beschrieben.

Die Smart Architecture besteht konkret aus sechs Basis-Services, die die Grundfunktionalität abbilden und somit eine sichere und skalierbare Kommunikation im Internet der Energie erlauben. Dabei sind drei Services im Rahmen von Smart Watts detailliert ausspezifiziert worden, drei weitere in ihrer Zielstellung. Diese Services werden im Folgenden vorgestellt.

### Energy-Name-Service (ENS)

Die Kommunikationsrichtlinie des BDEW setzt voraus, dass „alle netztechnischen, organisatorischen und vertraglichen Fragen zwischen den am jeweiligen Geschäftsprozess beteiligten Parteien (in ihrer jeweiligen Marktrolle) geklärt sind“ (BDEW 2012 Kommunikationsrichtlinie, S. 3). Insbesondere müssen folgende Bedingungen für den elektronischen Datenaustausch erfüllt sein:

- Die beteiligten Parteien haben sich im Vorfeld über die Kommunikationsparameter verständigt.
- Die Parteien teilen geänderte Kommunikationsparameter allen betroffenen Marktteilnehmern bei Veränderungen frühzeitig mit.

Die Kommunikationsparameter enthalten unter anderem den Übertragungsweg und die Datenaustauschadressen. Diese Parameter werden momentan in einer unstrukturierten, nicht automatisierten Art und Weise ausgetauscht, zum Teil sogar per Telefon. Genau hier setzt der ENS an. Insbesondere Änderungen der Kommunikationsparameter (z. B. neue Datenaustauschadressen für Wechselprozesse, egal ob URL eines Webservices oder eine E-Mail-Adresse) sind per ENS-Anfrage jederzeit erhältlich. Der in Entwicklung befindliche Interface-Service wird Standardschnittstellen zum Datenaustausch definieren, die eine sich anschließende direkte Kommunikation weiter vereinfacht.
Dazu wurde im Rahmen von Smart Watts Anforderungen an die Identifikation im Internet der Energie erhoben und diese in eine Spezifikation eines neuen Identifikationsschemas überführt. Dieses Identifikationsschema wurde weiterhin in eine Spezifikation eines entsprechenden Namensdienstes (ENS) überführt. Für den Identifikator wird folgende Struktur festgelegt:

„ioe:<region>:<class>:<type>:<id-type>:<alphanum>“

Ein Identifikator enthält also mindestens sechs Zeichenfolgen, die durch fünf Trennzeichen („:“) separiert werden. Die separierten Zeichenfolgen eines Identifikators können als Ebenen einer hierarchischen Struktur interpretiert werden. Identifikatoren haben folgende Gestalt, wie in Tabelle 3 (siehe S. 69) dargestellt:

| Ebene | Zeichen-folge | Erläuterung | Syntax |
|---|---|---|---|
| 1 | <ioe> | Internet der Energie | „ioe“ |
| 2 | <region> | Region | ( [A-Z] \| [a-z] \| [0-9] ) * |
| 3 | <class> | Objektklasse | „role“ \| „person“ \| „element“ \| „service“ \| „group“ |
| 4 | <type> | Objekttyp | ( [A-Z] \| [a-z] \| [0-9] ) * |
| 5 | <idtype> | Identifkationsschema | ( [A-Z] \| [a-z] \| [0-9] ) * |
| 6 | <alphanum> | Instanznummer | ( [A-Z] \| [a-z] \| [0-9] ) * |

**Tabelle 3: Festgelegte Zeichenfolgen des ENS**

Die oberste Ebene (ioe) dient der Verortung des Identifikators gegenüber anderen Namensräumen. Die Unterteilung des Identifikators nach sprachlichen und/oder geographischen Gesichtspunkten (region) auf hoher Hierarchieebene sichert langfristig die Möglichkeit zur internationalen Verbreitung des Schemas (z. B. Domain-Vorgabe) und erfolgt auf der zweiten Ebene. Unter Berücksichtigung der im Smart-Watts-Konsortium gesammelten Use-Cases wurde die Festlegung von fünf Objekttypen (class) als zweckmäßig eingestuft: Person, Element, Service, Gruppe und Rolle. Objekttypen (type) auf Ebene 4 spezifizieren den Objekttypen im Detail. Das Identifikationsschemata (idtype) bezeichnet eines der in der Energiewirtschaft üblichen Schemata, die der ENS berücksichtigt. Das Adressierungskonzept ist an dieser Stelle bewusst flexibel, um Adressierungsschemata, die anerkannt sind und sich durchgesetzt haben, integrieren zu können. Die Liste ist nicht abschließend. Eine Erweiterung ist jederzeit möglich. Die Instanznummer (alpha) auf Ebene 6 letztlich identifiziert die tatsächliche Entität im Internet der Energie. Das Identifikationsschema des ENS ist in der DIN SPEC 91214 spezifiziert.

### Energy-Security-Service (ESS)

Die Einführung von intelligenten Stromzählern, die Liberalisierung des Strommarktes und die Einbindung von verteilten Stromerzeugern wie zum Beispiel Windkraft- und Solaranlagen erhöhen bereits jetzt den Kommunikationsbedarf in der Energiebranche und stellen neue Forderungen an die Sicherheit dieser Kommunikation. Im Rahmen des Projekts „Smart Watts“ soll diese Kommunikation über die Smart Architecture vereinfacht, standardisiert und in Teilen automatisiert werden. Dies geschieht über verschiedene Services, die bereitgestellt werden. Als einer dieser Services wird der Energy-Security-Service für die Sicherheit und Vertraulichkeit dieser Kommunikation sowie für die Zugriffskontrolle zum Beispiel auf den Smart Market oder auf das Gateway zum Zähler zuständig sein. Voraussetzung für die Abwicklung von Geschäftsprozessen über die Smart Architecture ist das Vertrauen in die Sicherheit und Zuverlässigkeit der Kommunikationsplattform. Da bei Geschäftsprozessen in der Energiewirtschaft sensible Daten ausgetauscht werden, muss die Smart Architecture über robuste Sicherheitsmechanismen verfügen.

Der Basisservice „Energy-Security-Service“ (ESS) setzt das Sicherheitskonzept für die SMA um. Hauptbestandteile des Sicherheitskonzepts des ESS ist die Umsetzung einer

Registrierung der Objekte der SMA, die Zertifikatsvergabe und eines Single-Sign-on-Verfahrens (SSO). Durch das SSO-Verfahren wird einem Subjekt ermöglicht, durch eine einmalige Authentifizierung für mehrere Dienste authentifiziert zu sein. Die technische Umsetzung kann durch ein Ticket-Verfahren in einer Public-Key-Infrastruktur (PKI) realisiert werden. Hier wird einem Subjekt nach der Authentifizierung durch den ESS ein „digitales Zertifikat“ (auch „Ticket“ oder „Security-Token“ genannt) ausgestellt, wodurch das Subjekt für alle anderen Dienste einen Authentifizierungsnachweis besitzt.
Ein rollenbasiertes Rechtekonzept entkoppelt Nutzer von Rollen und Berechtigungen. Dies schafft Flexibilität bei einer sich über die Zeit verändernden Wahrnehmung der Funktionen von Nutzern sowie bei der Änderung von Rechten einer Rolle. Durch diese Flexibilität wird die Konfiguration des Nutzer-, Rollen- und Rechtekonzepts übersichtlicher und dadurch sicherer. Die Verbindung von Nutzern und Rollen erfolgt zum Beispiel für eine gewisse Zeit über sogenannte Sessions. Ebenso können Rechte zu einer Rolle nur für eine bestimmte Zeit zugewiesen werden.
Eine eindeutige und zuverlässige Identifikation der Energiemarktteilnehmer ist für die Kommunikationsflüsse innerhalb der Smart Grids unerlässlich. Gleichzeitig muss gewährleistet werden, dass ein Gleichgewicht zwischen eindeutiger Identifikation auf der einen und einem angemessenen Schutz des informationellen Selbstbestimmungsrechts auf der anderen Seite bestehen bleibt. Damit ein Akteur durch einen Serviceanbieter gemäß seiner Rolle bzw. seinen Rechten richtig eingestuft werden kann, ohne ein großes Maß an persönlichen Daten preiszugeben, erhalten die Marktteilnehmen (hier die Akteure) vom ESS ein Zertifikat, welches ihre Rolle im Energiemarkt bestätigt und nachweist. Anschließend können die Serviceanbieter durch das Zertifikat authentifizierte Akteure autorisieren und entsprechende Rechte gewähren.
Der Security-Token des ESS, in Form einer Erweiterung des X.509-Standards, ist in der DIN SPEC 91297 spezifiziert.

### Energy-Interface-Service (EIS)

Der Energy-Interface-Service ist einer der Basisservices der Smart Architecture (SMA), der in der ersten Entwicklungsphase für den Feldtest implementiert wird. Er zielt darauf ab, unternehmensübergreifende Geschäftsprozesse zwischen heterogenen Akteuren in der Energiewirtschaft durch die Bereitstellung syntaktischer und semantischer Informationen zu unterstützen. Zu diesem Zweck stellt er den Marktteilnehmern Schnittstelleninformationen und Beschreibungen zu Geschäftsprozessen zu Verfügung. Dabei liegt besondere Betonung darauf, dass er die Schnittstelleninformationen lediglich anbietet, jedoch keinen Einfluss auf den über diese Schnittstelle ausgetauschten Inhalt nimmt. Im Einzelnen verfolgt der EIS die folgenden Ziele:

- Der EIS soll über ein Webinterface der Smart Architecture als Wissensbasis für Smart-Architecture-Nutzer (SAN) dienen.
- Die Plattform soll SAN mit syntaktischen und semantischen Beschreibungen der Schnittstellen und Prozesse versorgen.
- Der EIS soll Nutzern einen systematischen Zugriff auf die angebotenen Daten bieten.

- Die Plattform soll Möglichkeiten bieten, die Nutzer bei Veränderungen über diese zu benachrichtigen.

Die relevante Ziel- bzw. Nutzergruppe des EIS sind SAN, die das Ziel besitzen, ein System zu implementieren, um damit an dem bilateralen Datenaustausch des Internets der Energie teilzunehmen.

### Weitere Basisservices

Ziel des Energy-Discovery-Service (EDS) ist die Strukturierung und Katalogisierung der im Internet der Energie verfügbaren Schnittstellen. Aufbauend auf den einheitlichen Schnittstellenbeschreibungen des Energy-Interface-Services wird durch den EDS ein Verzeichnis der Services geschaffen, das sich über die gesamte Smart Architecture erstreckt und so die Möglichkeiten des Informationsaustauschs darstellt. Zum einen sollen Geschäftspartner in die Lage versetzt werden, die gegenseitigen Schnittstellen an zentraler Stelle in einheitlicher Dokumentation aufzufinden, zum anderen dient der EDS für Mehrwertdienstleister als primäre Informationsquelle über mögliche anbindbare Schnittstellen in der Smart Architecture.
Der Energy-Lookup-Service (ELS) bietet eine komfortable Möglichkeit zur Recherche von Objekten in der Smart Architecture, also vor allem von Schnittstellen und Akteuren. Dafür bietet er aufbauend auf den anderen Basisservices Such- und Filtermechanismen an, die eine zielgerichtete Informationsbeschaffung ermöglichen. Eine typische Anwendung des ELS ist die aktive Recherche bestehender Schnittstellen durch einen Mehrwertdienstleister. Er kann die Verfügbarkeit von Informationen in Abhängigkeit der Informationsbereitsteller, der Region und weiteren Kriterien überprüfen, die existenten Schnittstellen einsehen und so früh erkennen, ob mit der bestehenden Infrastruktur bestimmte Dienstleistungen möglich sind oder nicht. Ein weiterer Anwendungsbereich ist die Recherche von Akteuren, also beispielsweise ein Anbieter, der eine Übersicht über seine Anschlussnutzer einer gewissen Region erhält.
Der Event-Registry-Service (ERS) stellt im Wesentlichen ein Protokoll und einen Archivierungsdienst für kritische Ereignisse im Internet der Energie dar. Über eine standardisierte und offene Schnittstelle können im ERS Informationen hinterlegt werden, die an dieser Stelle für zugriffsberechtigte Akteure im Internet der Energie sicher archiviert sind. Dies soll vor allem die Geschäftsprozesse zur Kundenbelieferung mit Elektrizität (GPKE) unterstützen, indem auch kleineren Unternehmen eine zentrale Anlaufstelle zur einwandfreien Archivierung der Geschäftsvorfälle geboten wird.

### Kurzevaluation der Smart Architecture

Zum Projektabschluss wurde die Smart Architecture evaluiert, um den monetären und nicht-monetären Nutzen aus Sicht der Unternehmen, die sie nutzen, einzuschätzen. Die Schwierigkeit bei der Bewertung bestand darin, dass die Smart Architecture nicht Teil des Feldversuchs und eine umfassende Bewertung anhand von Erfahrungsdaten daher nicht möglich war. Aus der vorgeschlagenen Bewertungsmethodik konnten daher lediglich einige ausgewählte Kriterien bewertet werden.

Die Auswertung wurde durch Experten des Smart-Watts-Konsortiums auf Basis der GPKE-Prozesse vorgenommen. Dabei werden verschiedene Ausgangssituationen (weitgehend manuelle vs. automatisierte Bearbeitung) berücksichtigt. Die Experteninterviews kommen zu dem Ergebnis, dass sowohl bei manueller als auch automatisierter Bearbeitung Verbesserungspotenzial durch die Smart Architecture erwartet wird, wobei sich dieses Potenzial aufgrund der erwähnten Einschränkung schwer quantifizieren lässt. Weiterhin wird die Smart Architecture vor dem Hintergrund der geplanten Rolle des Smart–Meter-Gateway Administrators diskutiert. Ergebnis der Diskussion ist, dass sich hier ein weiterer Anwendungsfall für die Smart Architecture ergibt, der durch geringe Adaptionen ermöglicht werden kann.

### 3.2.4 Home-Automation

Um eine Regelungswirkung im Gesamtenergieverbrauch durch das Lastmanagement zu erzielen, bedarf es einer Vielzahl an elektrischen Geräten, die am Lastmanagement teilnehmen. Dazu ist es notwendig, zum einen "intelligente" Hausgeräte zu entwickeln und einzusetzen, die selbständig auf Preisprognosen (oder allgemeiner Bezugskonditionen) reagieren, zum anderen aber auch Altgeräte zu integrieren, die über keine eigene Intelligenz verfügen.

Für die Steuerung der Endgeräte bedarf es eines durchgängigen Kommunikationskonzepts, das alle Geräte umfasst. Um das zu realisieren, müssen die Geräte auf ihre Energieverbrauchseigenschaften abstrahiert werden, damit sie einheitlich von einer übergeordneten Zentrale gesteuert werden können. Die Zentralen wiederum bedürfen einer Kommunikationsanbindung zu Back-end-Servern, die diese unter anderem mit den Strompreisprognosen versorgen.
Weitere Home-Automation-Anforderungen für die Eignung im Smart Grid sind:

- Möglichst einfache Einbindung und Konfiguration der Geräte,
- durchgängiges und intuitives Bedienkonzept,
- Kommunikationswege, die keiner neuen Verkabelung bedürfen.

### 3.2.5 Direktvermarktung von erneuerbaren Energien

Der heutige Stromhandel ist dominiert durch den Spotmarkt, den Terminmarkt und den OTC-Handel großer Energiehändler. Auf diesen Märkten spielt die Herkunft der Energie keine Rolle – man spricht ganz allgemein vom EEX-Mix, dessen Zusammensetzung immer erst im Nachgang durch die Bundesnetzagentur bestimmt wird. Dabei verteilen sich Eigenschaften der eingespeisten Energie über lange Zeiträume und viele Ausspeisepunkte und erlauben kaum eine Differenzierung von Produkten in der Wertschöpfungskette. Es besteht bei der Vermarktung der Energie durch den Übertragungsnetzbetreiber auch kein Mechanismus, die besondere Eigenschaft Erneuerbarer Energien für die Wertschöpfung zu nutzen, da diese in anonyme Zertifikate umgewandelt wurde.
Die Direktvermarktung Erneuerbarer Energien über EEX und EPEX unterliegt ähnlichen Einschränkungen wie oben bereits erwähnt, da der Handel hier anonym über den

Zwischenhändler Börse abgewickelt wird. Erst ein OTC-Marktplatz wie der in Smart Watts konzipierte Smart Market erlaubt eine Direktvermarktung differenzierter Produkte mit Potenzial zur Wertschöpfung. Insofern ist die Direktvermarktung auch im Projekt Smart Watts das bevorzugte Marktmodell.

### 3.2.6 **Smart Market**

Der Marktplatz im Forschungsvorhaben wurde als Smart Market konzipiert und hat im Feldversuch die Aufgabe, das System „Smart Watts“ an einen oder mehrere Märkte zu koppeln und damit Einfluss auf die an die Teilnehmer gesendeten Preise zu nehmen.
Darüber hinaus bietet der Smart Market weitergehende Konzepte zum Handel der „Intelligenten Kilowattstunde“.
Seit der Liberalisierung des Strommarktes ist die Verantwortung für die Bereitstellung der Energie für die Verbraucher von den großen, integrierten EVU auf die Lieferanten übergegangen. Diese können in der Regel die Energie nicht mit eigenen Kraftwerken erzeugen, sodass sie den Bedarf von Händlern und Kraftwerksbetreibern decken lassen müssen. Für diesen Handel haben sich verschiedene Märkte etabliert, die zum einen dazu dienen, elektrische Einspeisung zu handeln (Spotmarkt) als auch Geschäfte mit Verbrauchern in der Zukunft über Optionsgeschäfte abzusichern (Terminmarkt). Für die Abwicklung solcher Geschäfte gelten klare Regeln, da die Übertragungsnetzbetreiber in Mengenrisiken der Geschäfte über die Beschaffung von Regelenergie involviert werden. Änderungen an Ein- und Ausspeisungen sowie Handelsgeschäfte müssen über Bilanzkreise täglich an den ÜNB gemeldet werden.
Für den Smart Market gilt das oben Ggenannte analog. Die Marktteilnehmer haben die gleichen Verpflichtungen wie im heutigen OTC-Handel und an der Strombörse. Der Marktplatz selbst ist darin aber nicht direkt involviert, da er nur die Dienstleistung der Geschäftsanbahnung und weitere Services erbringt, die aber alle keine Lieferung von Energie zum Bestandteil haben. Für die Dokumentation und Archivierung gelten für den Marktplatz die Regelungen des HGB in gleicher Form wie für alle übrigen Dienstleistungsunternehmen. Regelungen der Finanzdienstleistungsaufsicht (BaFin) und der EU-Verordnung REMIT sollten den Marktplatzbetreiber nicht direkt betreffen.
Der Smart Market adressiert die Bedürfnisse neuer Marktakteure, die bislang eher passiv am Ende der Wertschöpfungskette Energie und Dienstleistungen konsumiert, aber nicht angeboten haben. Neben den etablierten Energieversorgern treten neue Akteure als Lieferant oder Erzeuger am Energiemarkt auf. Bei den neuen Erzeugern handelt es sich zu einem großen, weiter wachsenden Teil von Betreibern Erneuerbarer-Energie(EE)-Anlagen. Zusätzlich treten Energiehändler als Akteure am Markt auf, die neue Geschäftsmodelle wie zum Beispiel die Aggregation von Energie verfolgen. Eine Übersicht der Akteure am Smart Market befindet sich in Kapitel 3.1.3.3 (siehe S. 57ff.). Mit dem Ansatz der intelligenten Kilowattstunde werden im Projekt Smart Watts neue Möglichkeiten zur Produktdifferenzierung (bis hin zu den Endkunden) und für die Bedarfsbeeinflussung erschlossen. Die derzeit auf der Handelsseite verfügbaren Produkte, Markt-/Handelsplätze und Verfahren zur Geschäftsanbahnung und -abwicklung sind für eine Umsetzung unzureichend. Hier setzt Smart Market an. Die Ziele von Smart Market sind:

- Betreibern dezentraler Erzeugungsanlagen (insbesondere EE- und KWK-Anlagen) und Energielieferanten mit flexiblen Endverbrauchern Produkte zur Verfügung zu stellen, die diese nutzen können, um einen dezentralen Ausgleich zu schaffen und so die Effizienz der Energieversorgung zu steigern.
- Den Handel von Strom mit bestimmten Qualitätszusagen (z. B. Strom aus Windkraft, Strom aus der Region) zu ermöglichen.
- Einen Marktplatz aufzubauen, auf dem diese komplexen Produkte gehandelt werden.
- Die Abwicklung von Handelsgeschäften zu standardisieren und somit Transaktionsaufwand und Transaktionsrisiken für alle Marktteilnehmer erheblich zu reduzieren.

#### 3.2.6.1 Anwendungsszenarien für den Smart Market

In den folgenden Abschnitten sollen ein paar Anwendungsszenarien dargestellt werden, die zeigen, wie der Smart Market zukünftig in der Praxis eingesetzt werden kann und welchen Nutzen er in Bezug auf die energiepolitischen Ziele der Initiative E-Energy bietet.

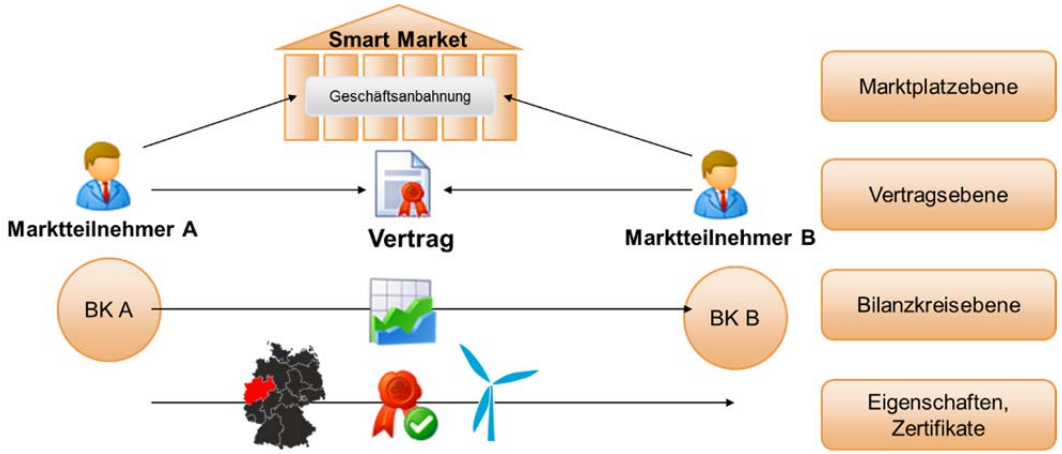



**Bild 21: Ebenen der Geschäfte und Verträge des Smart Markets**

#### 3.2.6.2 Szenario Beschaffung und Verkauf

Während die strukturierte Beschaffung von Energie über Broker-Plattformen und OTC-Handel auch heute schon gängige Praxis ist, ist der Wiederverkauf aus dem Portfolio des Verbrauchers heute noch nicht der Standard. In der Regel werden bei der Belieferung auftretende Differenzen zur vertraglich vereinbarten Energiemenge zum mittleren Arbeitspreis der Lieferung vergütet oder in Rechnung gestellt, je nachdem, ob zu viel oder zu wenig Energie verbraucht wurde. Diese Abrechnung bezieht sich in den meisten Fällen auch nur auf die Gesamtenergie im Vertrag, nicht aber auf die zeitliche Verteilung, d. h. die Unterschreitung des Fahrplans kann durch die Überschreitung an einem anderen Tag kompensiert werden.

Diese Risiken werden vom Lieferanten, sofern er der Bilanzkreisverantwortliche ist, getragen und im Arbeitspreis oder in die Preisformel des Vertrages eingebracht.

Hier setzt nun ein Anwendungsszenario „Beschaffung und Verkauf“ an: Lieferkunden, die vereinbarte Fahrpläne möglichst gut einhalten und eventuell anfallende Kosten für Mehr- und Mindermengen sowie für Ausgleichsenergie vom Lieferanten übernehmen, können die

Risiken selber kontrollieren. Durch den Anreiz zur exakten Prognose kommt ein stabilisierendes Moment für das Gesamtsystem der Energieversorgung als Benefit für Übertragungsnetzbetreiber und damit für die Netzentgelte hinzu, da dieses Szenario hilft, Regelenergie zu vermeiden und Regelreserven unnötig zu machen.
Der Lieferkunde als Marktteilnehmer kann und muss nun regelmäßig eine gute Prognose dazu nutzen, seinen Vertrag beim Lieferanten entweder zu renominieren oder durch weitere Geschäfte am Marktplatz die Beschaffung der Prognose zu erzielen. Dazu gehört sowohl der Verkauf von Energie, entweder an den Lieferanten oder auch an andere Marktteilnehmer, als auch die Reduktion eines vereinbarten Fahrplans und den Verkauf der daraus resultierenden Tranche, soweit die Energie schon durch den Lieferanten beschafft und eingepreist wurde.

#### 3.2.6.3 **Szenario Prosumer**

In Erweiterung zum vorigen Szenario können die „Verbraucher“ aus der alten Energieversorgerwelt in Zukunft auch als Produzenten von Energie auftreten. In der Rolle als Verbraucher handelt es sich hierbei eventuell sogar um Endkunden, die heute nach dem Standardlastprofilverfahren bilanziert werden. Diese haben heute kaum Möglichkeiten, mit ihrer Ausspeisung einem vereinbarten Fahrplan zu folgen und somit am Markt teilzunehmen.
Durch verschiebbare Eigenerzeugung, verschiebbaren Verbrauch und Smart Metering könnte sich dies in der Zukunft ändern. Mini-Blockheizkraftwerke, Wärmepumpen, Warmwasserspeicher, Nachtspeicherheizungen, PV-Anlagen und Elektromobile können über ein Inhouse-Energiemanagementsystem dazu genutzt werden, auf der Ebene von 15min-Messungen einen Fahrplan einzuhalten. So wird am Zählpunkt nicht nur ein definierter zeitlicher Energieverbrauch erreicht, sondern direkt die volatile Einspeisung kontrolliert.
Diese Fähigkeit würde dem Eigentümer der Anlage die Möglichkeit bieten, über den Smart Market einen Preisvorteil zu erzielen, da er dem Handelspartner verringerte Risiken gegenüber einem herkömmlichen Endkunden in das Portfolio einbringt.
Zu diesem Geschäftsmodell gehört natürlich die Kontrolle der Einhaltung des Fahrplans ebenso wie die Abrechnung von Abweichungen über zuvor vereinbarte marktorientierte Pönalen.

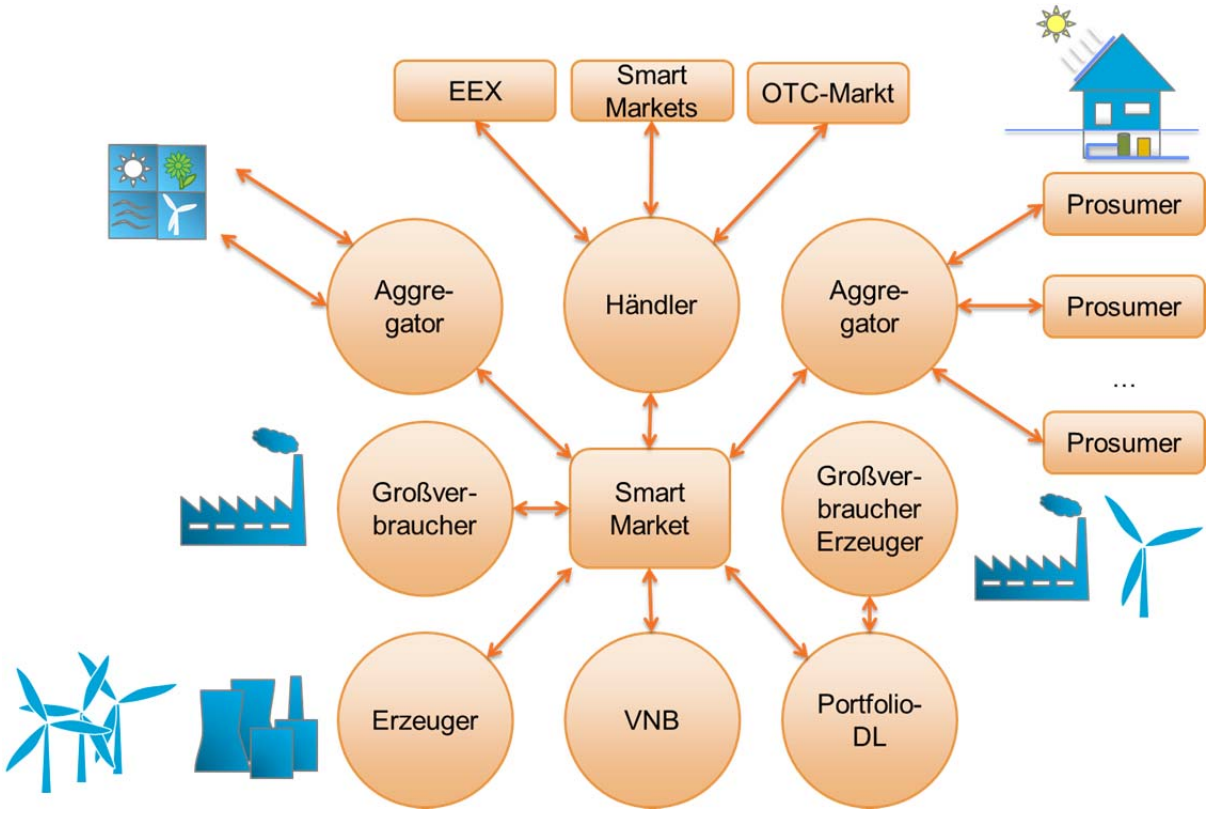



**Bild 22: Akteure und Anwendungsfälle des Marktmodells**

### 3.2.6.4 Szenario Beschaffung und Verkauf von „Intelligenten Kilowattstunden“

Die Grundidee hinter dem Internet der Energie und der damit verbundenen „Intelligenten Kilowattstunde“ ist es, neue Stufen der Wertschöpfung im Energiesystem zu schaffen, um darüber klimapolitische Ziele mittels marktlicher Mechanismen erreichen zu können. Für den Smart Market bedeutet dies, dass das Produkt Strom nicht nur eine Energielieferung ist, die sich wie der „graue“ Strom von den Energiebörsen lediglich im Nachhinein gleichverteilt auf alle Verbraucher auf Jahresebene mit einem Herkunftsnachweis versehen lässt, sondern von der Information über Art und Ort der Erzeugung begleitet wird. Diese Informationen werden am Markt dargestellt und mit der Energie bei Geschäftsabschlüssen in das Marktplatzportfolio des Käufers transferiert. Über Zertifikatnummern ermöglicht der Smart Market z. B. den nachvollziehbaren Handel von erneuerbarer Einspeisung in der Direktvermarktung. Von der Ausspeisung über den Handel und die Einspeisung lässt sich ein lückenloser Nachweis über die zugesicherte Eigenschaft der Energie führen.

### 3.2.6.5 Szenario Verbrauchsbeeinflussung

Hat ein Stromlieferant in seinem Portfolio Abnahmestellen, die er im Verbrauch beeinflussen kann, so kann er diesen Effekt zur Optimierung von Wert und Risiko seiner Absatz- und Beschaffungsposition nutzen. Genau dieser Mechanismus des Demand-Response kommt auch im Projekt Smart Watts zum Einsatz. Da er kurzfristig über die Kommunikation dynamischer Preise an die Endkunden ausgelöst werden kann, muss auch die im Portfolio hieraus resultierende Differenz kurzfristig am Markt gehandelt werden können – genau dies bietet der Smart Market. Der Markt bietet die Möglichkeit, einen Preis für das

Beeinflussungspotenzial zu ermitteln und den Mehrwert aus der Flexibilität der Kunden zu schöpfen.

### 3.2.7 Smart Portfoliomanagement

Im Rahmen des Gesamtsystems Smart Watts zielt das „Smart Portfoliomanagement“ auf die Analyse, Konzeption und prototypische Implementierung von Systemkomponenten, die eine intelligente Steuerung und den optimalen Ausgleich von Gesamtportfolios aus unterschiedlichen Erzeugungs- und Verbrauchsstrukturen ermöglichen sowie die hierfür erforderlichen Geschäfte, Steuermaßnahmen und Eingriffe allen beteiligten Partnern gegenüber abrechnen können. Hierbei werden die Erzeugung aus erneuerbaren Energien sowie die Möglichkeiten der Lastbeeinflussung u. a. durch Versenden von Preissignalen bis in den Bereich der Haushalte hinein einbezogen. Grundlage hierfür sind möglichst genaue Prognosen, sowohl für die verfügbare Einspeisung aus erneuerbaren Energiequellen als auch für die Abhängigkeit des Absatzes von Preissignalen, die ebenfalls Gegenstand des Smart Portfoliomanagements sind. Schließlich ist eine umfassende Datenbasis für die entstehenden Daten und Informationen erforderlich, die die Grundlage für weitere neue Produkte, Dienstleistungen und Services in diesem Umfeld bieten kann.

Wesentliche übergeordnete Ziele sind hierbei,

- eine konkurrenzfähige Vermarktung von **Erzeugung** aus erneuerbaren Quellen ermöglichen,
- **Verbrauchern** die Möglichkeit zu bieten, durch ihr Verhalten ökologisch vorteilhafte und kostenmindernde Effekte zu erzielen,
- für **Handel und Vertrieb** Werkzeuge zu schaffen, die
    - innovative Produkte und Dienstleistungen abbilden und abrechnen können,
    - ein intelligentes Management komplexer Portfoliostrukturen gestatten und dadurch
- gesamtwirtschaftlich sinnvolle **energieökonomische Marktstrukturen** fördern.

Die Vorgehensweise ist von einem umfassenden Ansatz geprägt, der von der für die Optimierung erforderlichen Prognose bis zur Abrechnung und Aufbereitung aller Daten für weitergehende Statistiken und Analysen reicht. Demgemäß ist das Smart Portfoliomanagement in vier Aufgabenblöcke gegliedert.
Inhalte der vier Aufgabenbereiche im Smart Portfoliomanagement:

- **Smart Forecasting** (Prognose erneuerbarer Erzeugung und Absatzprognose): Zur besseren Einbindung der Energieerzeugung aus erneuerbaren Quellen in den Energiemarkt muss die Prognosegüte der zu erwartenden Einspeisung verbessert werden. Durch die Einführung dynamischer preissensitiver Tarifsysteme ist die Prognose der Veränderung des Absatzverhaltens in Abhängigkeit von automatisch verarbeiteten Preissignalen erforderlich. Für beide Aufgabenstellungen wurden neue Prognosemodelle erarbeitet.

- **Smart Balancing**: Die Aufgabe des Smart Balancings ist der optimale Ausgleich von Einkauf, Erzeugung und Verbrauch der Energie unter Wahrung einer ausgeglichenen Energiebilanz. Kleine, dezentrale Erzeuger werden als virtuelles Kraftwerk modelliert und ebenso in der Optimierung des Gesamtportfolios berücksichtigt.
- **Smart Accounting**: Die Ausrüstung mit Smart Meters und Geräten, die automatisiert auf Preissignale reagieren können, bietet vielfältige Möglichkeiten für flexible innovative Tarifsysteme. Diese Vielfalt erfordert ein ebenso flexibles Vertragsmanagement- und Abrechnungssystem, welches Gegenstand des Smart Accountings ist.
- **Smart Information & Advice**: Als Mehrwertdienste (engl. *value added services*[1]) werden Analysen, Informationen und Handlungsempfehlungen aus allen vorliegenden Daten und deren Auswertungen erzeugt. Diese Daten stehen zum Abruf über ein Webportal zur Verfügung.

Die folgende Darstellung zeigt die Zusammenhänge:

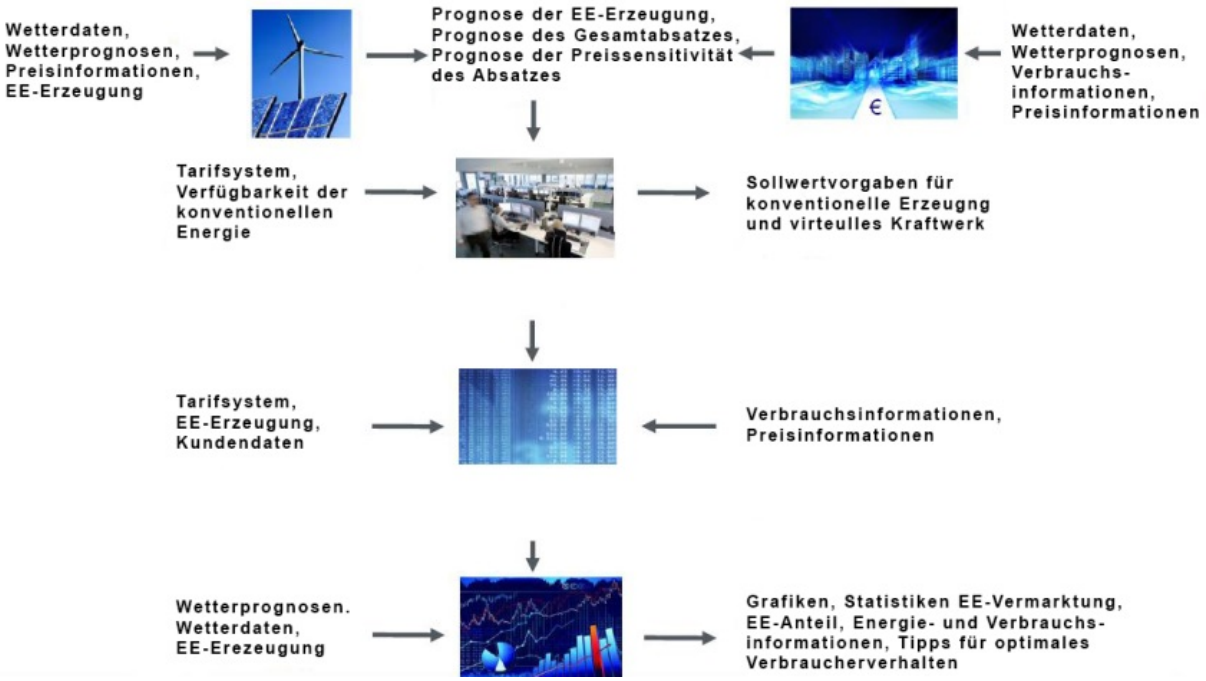



**Bild 23: Struktur des Smart Portfoliomanagements**

## 3.2.8 Kundenakquise und Rahmenbedingungen Feldversuch

### 3.2.8.1 Kunde

Insgesamt sollen mindestens 500 Kunden, repräsentativ – sowohl sozio-demografisch als auch geografisch – für die Einwohnerstruktur der Stadt Aachen, für den Feldversuch begeistert werden. Um größtmögliche Repräsentativität zu erreichen, erfolgt keine

[1] Mehrwertdienste beinhaltet eine Wertsteigerung über die Basisdienste hinaus.

Vorabselektion, beispielsweise Lage an einem bestimmten Netzabschnitt oder ausschließlich Bewohner eines Einfamilienhauses. Im Sinne der IKT-Struktur aller E-Energy-Projekte gilt: Die Teilnehmer verfügen über eine Internet-Flatrate mit W-LAN-Router, da ansonsten das „Smart-Watts"-System nicht genutzt werden kann.

#### 3.2.8.2 **Ausgangslage Stadt Aachen**

Aachen ist die westlichste Großstadt der Bundesrepublik Deutschland mit rund 250 000 Einwohnern. Das Leitbild der Stadt ist: Europa. Eine Stadt macht Zukunft. Aachen gilt als Wissenschaftsstadt. Mit der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule (RWTH), den 260 Instituten in neun Fakultäten und mehr als 30 000 Studenten gilt die RWTH als eine der führenden Hochschulen in Europa und darf bis 2017 den Titel Elite-Universität tragen.

#### 3.2.8.3 **Strategie Kundenakquise**

Die Akquisestrategie setzt im Sinne der IKT-Struktur der E-Energy-Projekte auf einen rein/ausschließlich online geführten Rekrutierungsprozess. Damit ist sichergestellt, dass ausschließlich zielgruppenorientiert geworben wird und zusätzlich ein effizienter/verschlankter Verwaltungsprozess implementiert werden kann.

#### 3.2.8.4 **Akquisemedium**

Als Akquisemedium wird ein Infoportal, erreichbar an sieben Tagen und 24 Stunden, eingerichtet. Das Portal ist integriert in die Homepage der Stadtwerke Aachen AG und wird als Unterseite (Microsite) der Unternehmenshomepage geführt.
Inhaltlich wird die sehr komplexe Technik in aussagekräftige Videosequenzen übersetzt. Die Technik gibt sich menschlich und begeistert für das Thema Energie. Getragen werden die Videos über die Projektfamilie „Trams“, die dem hochtechnischen Projekt eine emotional-sympathische Note verleiht und auf humorvolle Weise das „Smart Watts“-System für Zuhause erklärt und praktisch erlebbar macht.
Die Schwerpunkte der Sequenzen liegen auf:

- Nutzen
- Funktionsweise
- Datensicherheit/Datenschutz

Auf den einzelnen Seiten können sich Interessenten und Meinungsbildner detailliert über das Projekt, den Projektrahmen, die Einbettung in die deutsche F&E-Landschaft und den genauen Ablauf des Feldversuchs informieren.

#### 3.2.8.5 **Akquisephasen**

Die Kundenakquise wird in drei Phasen gegliedert. Sie beginnt vier Monate vor offiziellem Start als Feldversuch. Alle begleitenden Kommunikationsmaßnahmen, auch der administrative Schriftverkehr, von der Registrierung bis zum letzten Schritt der Installation der „Smart Watts“-Technik im Kundenhaushalt, sind inhaltlich und zeitlich festgelegt und prozessual verankert (siehe Bild 24, S. 80).

Die „Friendly User“ sind nicht Bestandteil der Akquisephasen, sondern werden vorab über die direkten und engsten Projektmitarbeiter ausgewählt und auf Interesse an Teilnahme angesprochen.

**Bild 24: Akquise – Dreiphasenkonzept**

### 3.2.8.6 Teilnehmermanagement – Clustering – der „Online-Check“

Aufgrund der Vielzahl von Informationen, die für eine erste Eignungsabschätzung und Wahrscheinlichkeitsbetrachtung des Kundenhaushalts für eine erfolgreiche Installation und Teilnahme notwendig sind, wird ein strukturierter Fragebogen mit Cluster-Mechanismus entwickelt. Die große Herausforderung bei der Entwicklung des Fragebogens war, die hohe technische Komplexität des „Smart Watts“-Systems in einen gelungenen Programmierprozess für die Machbarkeit des Feldversuchs in den Kundenhaushalten bei gleichzeitig leicht verständlicher, komprimierter und eingängiger Kundensprache überzuleiten.

Insbesondere die Integrationsprüfung der Hausgeräte, wie Spül-, Waschmaschine und Trockner, stellt eine sehr große Herausforderung dar. Als Grundlage dient ein Gewichtungs- und Bewertungsmodell, nach dem die Programmierung geplant wurde.

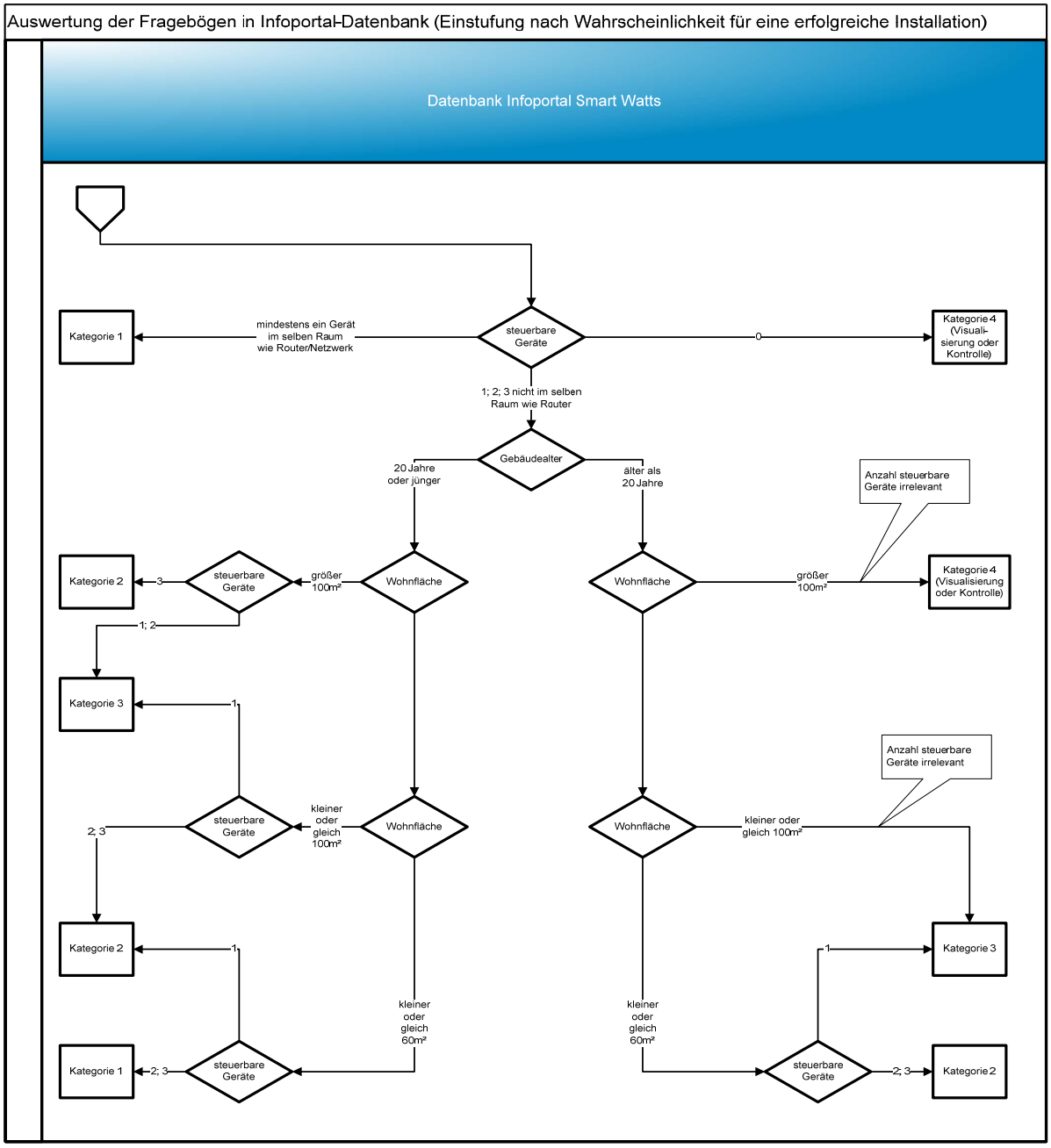



**Bild 25: Auswahlprozess Teilnehmer**

Der „Online-Check“, ein Online-Fragebogen, der die grundsätzlichen Teilnahmebedingungen, wie Zugehörigkeit zum Netzgebiet der *STAWAG*, vorhandener Internetzugang mit Flatrate und wichtige Angaben zur Wohnsituation und Steuerbarkeit von Hausgeräten, abfragt, ist die Drehscheibe zur Teilnehmerregistrierung & -auswahl und zum anschließenden Kundenmanagement. Der Fragebogen soll bei den Teilnehmern ein grundsätzliches und umfassendes Verständnis zum „Smart Watts“-Gesamtsystem und den daraus resultierenden technischen Rahmenparametern schaffen. Die Teilnehmer sollen sich durch die selbst durchgeführte Registrierung und die Tests zur Prüfung der Machbarkeit im eigenen Haushalt deutlich besser informiert und in den Auswahlprozess integriert fühlen. Mögliche Absagen wegen Nichteignung, z. B. kein Vorhandensein steuerbarer Hausgeräte, können so mit Verständnis und Sachkenntnis entgegengenommen werden.

Nach Durchlaufen des Registrierungsprozesses werden mögliche Teilnehmer in einer Datenbank abgelegt, die bereits verschiedene Selektionskriterien berücksichtigt. Die ausgewerteten Teilnehmerdaten werden an ein CRM-System übertragen und können so standardisiert und automatisch in die weitere Prozesskette (siehe Bild 26) eingebunden werden. Ein Abgleich der Stammdaten mit dem SAP-IS-U-System erfolgt regelmäßig als semi-automatische Schnittstelle zum Systemdienstleister der *STAWAG* für das Kundentagesgeschäft – die FACTUR.

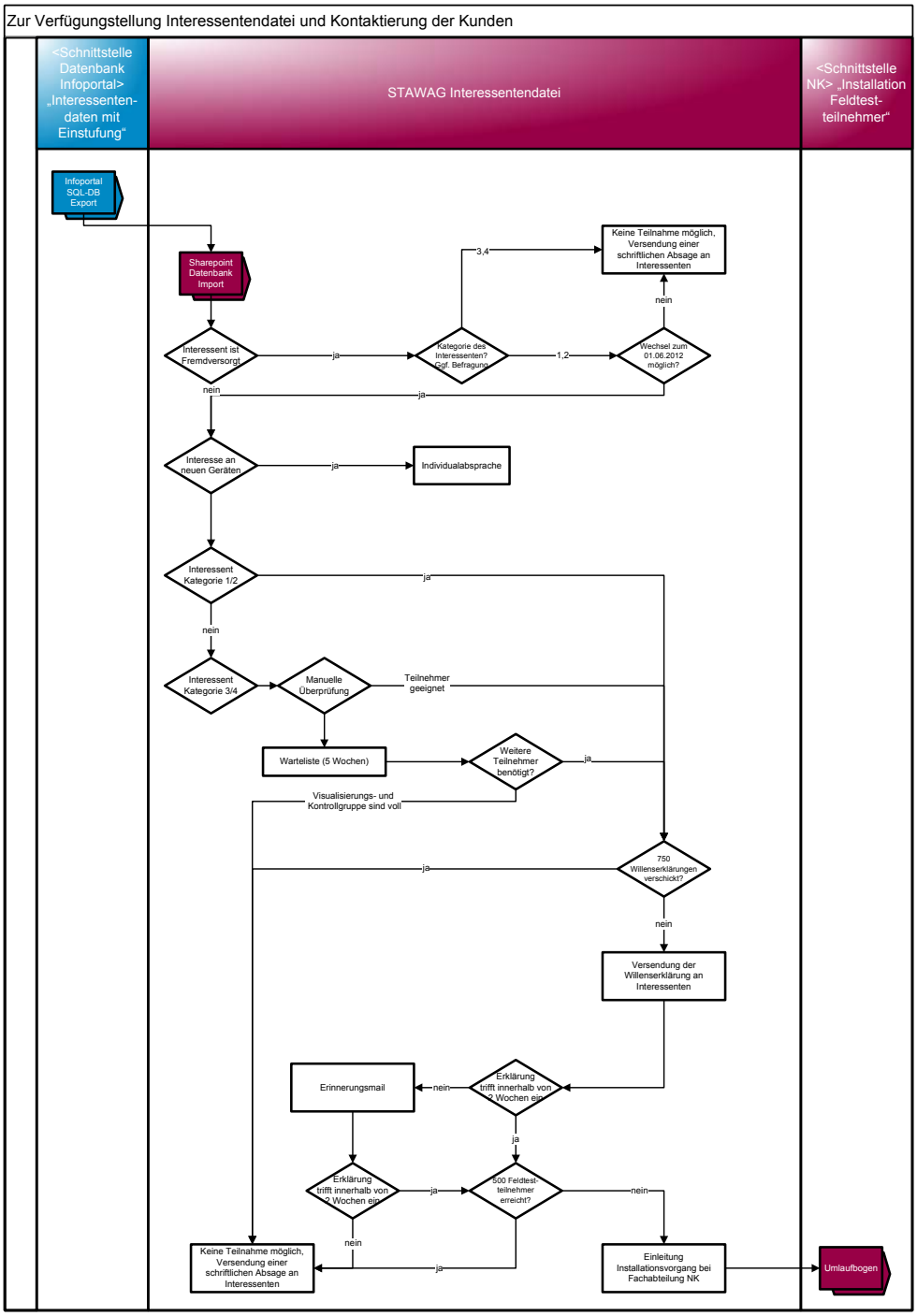



**Bild 26: Interessendatei und Kontaktierung der Kunden**

## 3.3 Systemkonzept und Umsetzung

### 3.3.1 Gesamtarchitektur Smart Watts

Das Internet der Energie ist eine Schlüsselkomponente zur informationstechnischen Vernetzung der Akteure in der Energiewirtschaft. Es ist das virtuelle Abbild der physischen Energiewelt. Dazu bedarf es einer eindeutigen Identifikation der Akteure. Unser Akteur ist in diesem Zusammenhang als jede Komponente in diesem System zu verstehen, also z. B. als Energieanlage, Gerät, die Zählertechnik usw. bis hin zu einzelnen Verträgen. Es muss zum Beispiel möglich sein, Vertragsparameter über dieses Netzwerk zu erfahren. Nur so lässt sich erkennen, wie Kunden in ihrem Verbrauchsverhalten beeinflusst werden können. Dazu ist ein Satz an grundlegenden Diensten im Sinnen einer Kommunikationsinfrastruktur erforderlich. Diese Schlüsselkomponenten sind dabei mit einem Datenschutz- und Datensicherheitskonzept unterlegt. Es scheint absehbar, dass es nicht einen einzigen Internet-der-Energie-Anbieter geben wird, der eine große Infrastruktur aufbaut, sondern dass eine föderative Umgebung entstehen wird. Dazu wird eine universelle und flexible Kommunikation benötigt. An dieser Stelle nutzt das Projekt Smart Watts die Mechanismen des Semantik-Webs in Form von Ontologien und Webservices, um eine hohe Flexibilität zu erreichen.

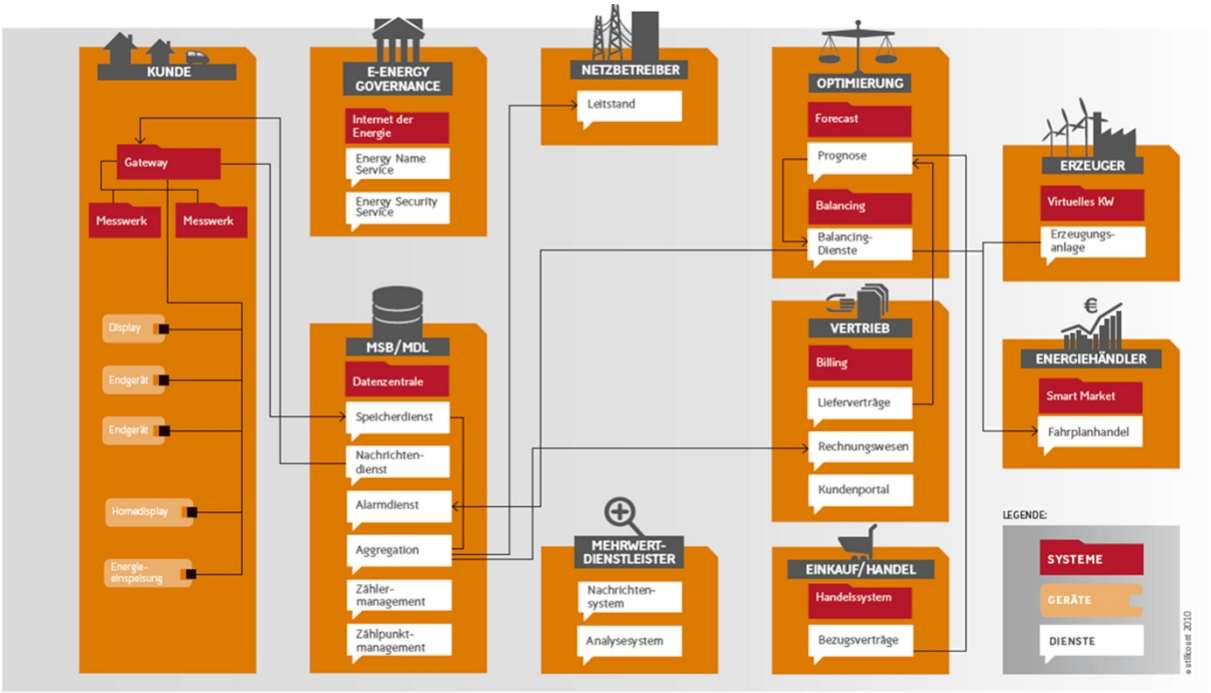



**Bild 27: Akteure im Internet der Energie**

Bild 27 zeigt, wie dieses Internet der Energie die einzelnen Akteure verbindet. Besondere Bedeutung kommt aus Sicht des Marktes im zukünftigen Energiesystem dem Diensteanbieter zu. Die Infrastruktur des Internets der Energie ist in Smart Watts so angelegt, dass heute noch nicht im Detail absehbare Geschäftsmodelle unterstützt werden können . Dazu wurden flexible Schnittstellen und Datenaustauschformate definiert.

Aus der Sicht eines Energielieferanten betrachtet, bestehen mit seinem Kunden Lieferverträge, denen ein bestimmtes Portfolio an Energieerzeugungsprodukten

gegenübersteht. Dabei muss er für jede Viertelstunde genau abschätzen, was alle Kunden zusammen für diesen Zeitpunkt verbrauchen werden, und genau diese Menge Energie einkaufen. Verhalten sich die Kunden anders als prognostiziert, muss der Lieferant heute teure Ausgleichsenergie beziehen, um seine Bilanz auszugleichen – in Smart Watts kann er nahezu in Echtzeit z. B. mit dynamischen Preissignalen das Verbrauchsverhalten seiner Kunden in seinem Sinne beeinflussen (anreizbasierte Lastverschiebung).
Bei einer intelligenten Infrastruktur, wie sie Smart Watts darstellt, wird auch die Möglichkeit eröffnet, neben den Kunden auch die Erzeugung durch dynamische Einspeisekonditionen (dynamisch flexible Einspeisevergütung) anreizen zu können. Lieferanten werden dadurch in die Lage versetzt, einen Ausgleich zwischen Erzeugung und Verbrauch dadurch zu erreichen, dass z. B. Erzeuger einen Bonus für zusätzliche Erzeugung in Knappheitssituationen erhalten.
Das Preissignal in Richtung Kunden ist ein ebenso wichtiges Steuerungsinstrument. So kann man dem Kunden einen finanziellen Anreiz bieten, Energie vor allem dann zu verbrauchen, wenn diese in ausreichendem Maße und damit entsprechend günstig zur Verfügung steht. Das Projekt Smart Watts zielt in diesem Zusammenhang darauf ab, die Intelligenz, also die Entscheidung, was mit den Informationen zu Preis und Qualität gemacht wird, möglichst weit zu dezentralisieren und in den einzelnen Geräten zu fällen. Dadurch erreicht das System maximale Flexibilität und innerhalb der Infrastruktur sind möglichst wenige Informationen über das einzelne Gerät erforderlich.

## 3.3.2 Technische Anforderungen

### 3.3.2.1 Smart-Metering-Struktur

#### Ableitung der Vorgaben für ein technisches Grobkonzept

In diesem Kapitel sollen die Vorgaben für die Entwicklung von Smart-Metering-Komponenten im Projekt Smart Watts abgeleitet werden. Mithilfe von Recherchen bei Anwendern, Forschungsinstituten und Beratungsunternehmen wurden die Anforderungen an Produkte und Dienstleistungen aus Kundensicht erfasst und gewichtet. Auf Basis der Ergebnisse des Marktscans wurden die wesentlichen Einflussfaktoren und Merkmale von Produkten und Dienstleistungen im Bereich Smart Metering herausgearbeitet. Im nächsten Schritt wurden die Korrelationen zwischen Kundenanforderungen und Einflussfaktoren untersucht. Ziel ist es, zu identifizieren, welche technischen Lösungen zur Erfüllung der Kundenanforderungen von Bedeutung sind. Der Vergleich der geforderten technischen Lösungen mit den Ausstattungsmerkmalen der am Markt erhältlichen Produkte und Dienstleistungen liefert die Vorgaben für die Neuentwicklung der Komponenten im Projekt Smart Watts. Auf Basis dieser wurde das technische Grobkonzept in Form eines Lastenheftes formuliert. Das nachfolgende Bild (Bild 28, siehe S. 85) fasst den Ablauf zusammen.

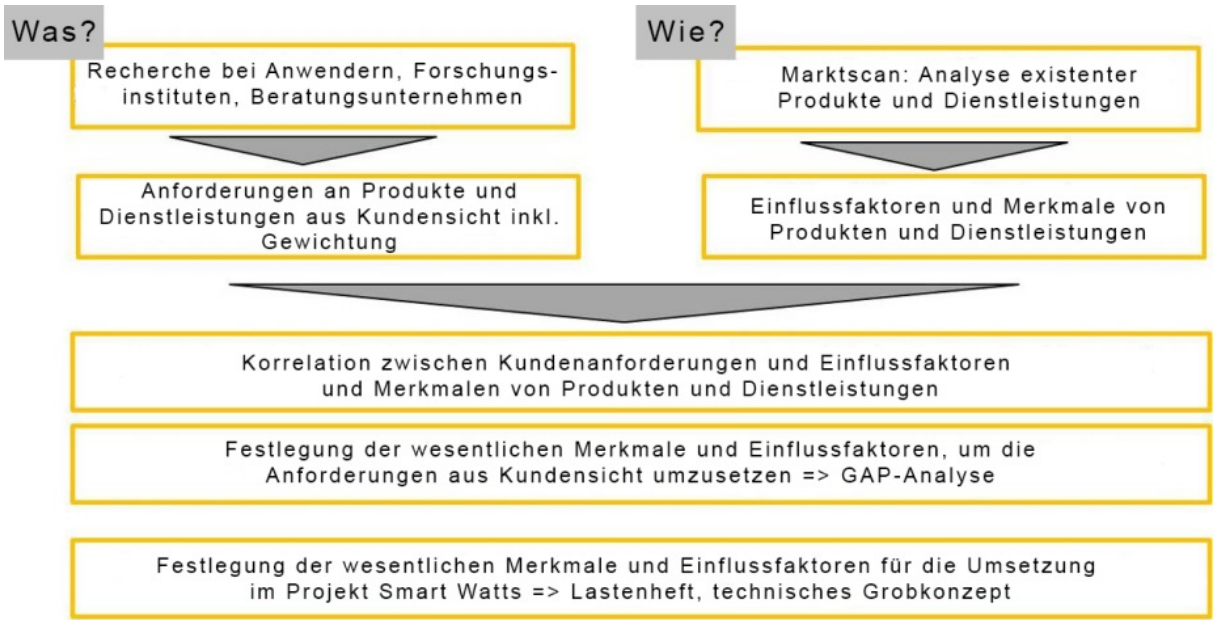



**Bild 28: Entwicklung der Anforderungen für ein technisches Grobkonzept von Smart-Metering-Komponenten**

### Erhebung der Kundenanforderungen

Für eine Erhebung der Kundenanforderungen empfiehlt sich eine schrittweise Vorgehensweise. Die Vorgehensweise im Rahmen dieses Arbeitspakets umfasst folgende Stufen:

1. Schritt: Anforderungsliste durch Literaturrecherche
2. Schritt: Validierung der Anforderungen durch Experten
3. Schritt: Redundanzprüfung der Anforderungen
4. Schritt: Auswahl der wesentlichen Anforderungen

Nachfolgend sind die Ergebnisse der Erhebung aufgeführt. Neben der Auflistung der Kundenanforderungen an Smart-Metering-Produkte und Dienstleistungen umfasst die Darstellung eine Definition der Anforderungen. Bild 29 veranschaulicht diese.

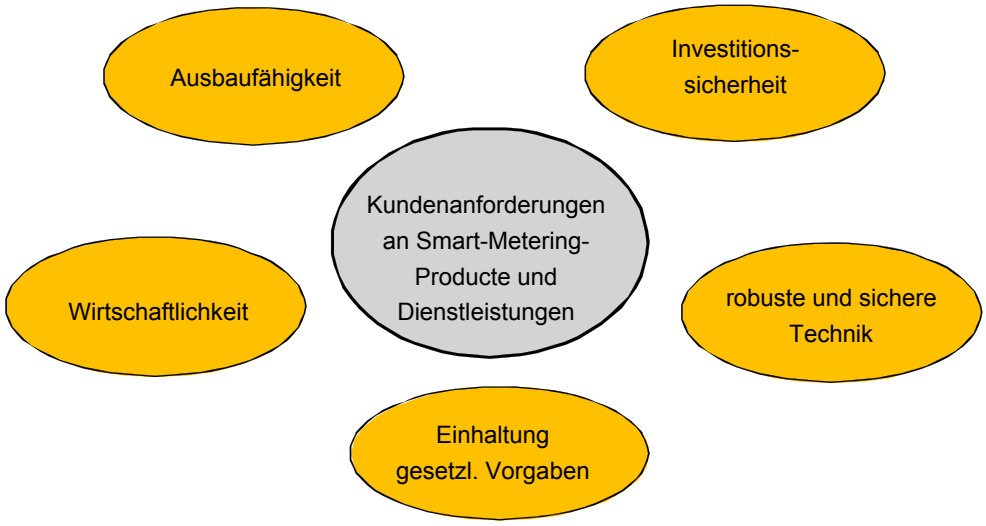



**Bild 29: Kundenanforderungen an Smart-Metering-Komponenten**

### Einhaltung gesetzliche Vorgaben

Für den Einsatz von Smart-Metering-Komponenten gelten generelle Leitlinien. Dazu gehören die Erfüllung gesetzlicher Anforderungen und Normen, insbesondere die CE-Kennzeichnung, die Kompatibilität mit dem Energiewirtschaftsgesetz und den zugehörigen Verordnungen und eine hinreichende Störfestigkeit für elektromagnetische Verträglichkeit (EMV).

### Robuste und sichere Technik

Ein wesentliches Merkmal für den Erfolg des technischen Konzepts ist die Akzeptanz durch den Kunden hinsichtlich einer robusten und sicheren Technik. Dazu sind neben dem Einsatz von robuster, zuverlässiger, fehlerfreier und wartungsarmer Technik drei wesentliche Faktoren wichtig: Datenschutz, Datensicherheit, Verbraucherschutz. Verbraucherschutz bezeichnet die Gesamtheit der Bestrebungen und Maßnahmen, die Menschen in ihrer Rolle als Verbraucher von Gütern oder Dienstleistungen schützen sollen. Unter Datenschutz versteht man den Schutz von Personen und Unternehmungen vor dem Missbrauch ihrer Daten, wohingegen Datensicherheit alle Maßnahmen beschreibt, welche die Daten vor Verlust, Verfälschung und Zerstörung schützen.

### Wirtschaftlichkeit

Die Lösungen im Bereich Smart Metering müssen einen wirtschaftlichen Betrieb für die Anwender sicherstellen. Dies bedeutet, dass über eine realistische Einsatz- bzw. Vertragsdauer Systeme und Dienstleistungen zu einer Amortisation führen müssen. Dabei sind die Möglichkeiten im Bereich von Dienstleistungen und kundenindividuellen Produkten, die durch eine umfassende Kommunikation entstehen, heute nur bedingt abschätzbar. Es ist deshalb wichtig, einen flexiblen, durchgängigen Informationskanal zu schaffen, der diese Potenziale erschließt. Ein solches Konzept benötigt leistungsfähige Komponenten, die sich an den Anforderungen zukünftiger Märkte orientieren und sich nicht auf die Verbesserung bestehender Elemente und Vorgehensweisen beschränken.

### Investitionssicherheit

Die Einführung von Smart Metering erfordert Konzepte, die über die Betrachtung des Zählers als Messgerät hinausgehen. Die Fernauslesbarkeit des Zählers stellt zweifellos einen erheblichen Fortschritt dar. Die mit dem Aufbau der dafür notwendigen Infrastruktur verbundenen Kosten sind allerdings erheblich. Es absehbar, dass mit den daraus erwachsenden Möglichkeiten allein die Investitionen nicht zurückverdient werden können. In jedem Fall würde eine Beschränkung auf die fortschrittliche Messung die Potenziale, die mit einer solchen Infrastruktur verbunden sind, bei weitem nicht ausschöpfen. Investitionen im Bereich Energiewirtschaft brauchen langfristige Sicherheit. Die gewählten Produkte und Systeme müssen auch nach Jahrzehnten erweitert oder ersetzt werden können. Aus Sicht der Kunden müssen sogenannte „Stranded Investments“ vermieden werden.

### Ausbaufähigkeit

Smart-Metering-Komponenten müssen ausbaufähig sein. Diese Ausbaufähigkeit kann sowohl hardware- als auch softwaretechnisch realisiert werden. In einem liberalisierten Markt, in dem Differenzierung vom Wettbewerb eine Schlüsselrolle spielt, ist die Möglichkeit,

auf unterschiedliche Gegebenheit mit Varianten reagieren zu können, ein wichtiges Merkmal. Smart-Metering-Komponenten sollen über Software- bzw. Hardwareschnittstellen verfügen, die den flexiblen Anschluss an über- bzw. untergeordnete Systeme sowie Peripheriegeräte verschiedener Hersteller und Anbieter ermöglichen, um auf geänderte gesetzliche Rahmenbedingungen und/oder Kundenwünsche reagieren zu können.

### Technisches Grobkonzept Smart Watts

Im Folgenden wird auf Basis der Kundenanforderungen erörtert, welche technischen Lösungen zur Erfüllung der Kundenanforderungen von Bedeutung sind. Der Vergleich der geforderten technischen Lösungen mit den Ausstattungsmerkmalen der am Markt erhältlichen Produkte und Dienstleistungen liefert die Vorgaben für die Neuentwicklung der Komponenten im Projekt Smart Watts. Auf Basis dieser kann das technische Grobkonzept in Form eines Lastenheftes formuliert werden.
Bild 30 veranschaulicht exemplarisch die Korrelation von Kundenanforderungen, Einflussfaktoren und Merkmalen von Produkten und Dienstleistungen und zeigt beispielhaft mögliche Ausprägungen auf.

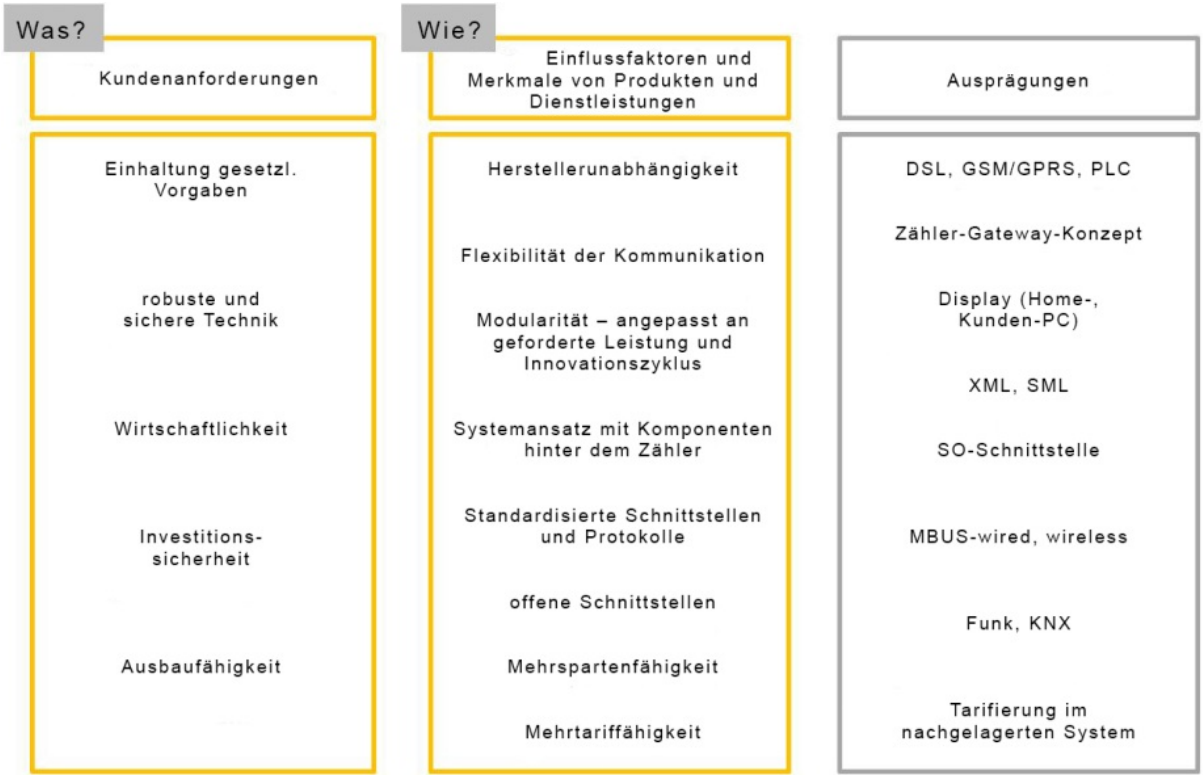



**Bild 30: Beispiele für technische Ausprägungen**

Das technische Grobkonzept, das im Smart-Watts-Projekt entwickelt wird, kann unterteilt werden in Komponenten und Schnittstellen:

- Elektronisches Messwerk (Stromzähler im engeren Sinne)
- Kommunikations- und Datenverarbeitungsgateway
- Display
- Datenzentrale

Neben der Gestaltung der Komponenten spielt die Ausgestaltung der Schnittstellen eine entscheidende Rolle für den Erfolg des technischen Konzepts. Die Gestaltungsbereiche umfassen dabei insbesondere folgende Schnittstellen:

- Messwerk zu Gateway
- Gateway zu Datenzentrale (Direktverbindung)
- Gateway zu anderem Kommunikationsknoten (indirekte Verbindung)
- Gateway zu Display
- Gateway zu Hausgeräten
- Gateway zu weiteren Zählern (andere Sparten)
- Datenzentrale zu anderen Systemen

Das technische Konzept zeigt grundlegende Gestaltungsmöglichkeiten auf und trifft Festlegungen hinsichtlich möglicher Alternativen, sofern dies im Rahmen des Projekts möglich und sinnvoll ist. Wichtig ist dabei aber auch, den Gestaltungsspielraum hinsichtlich der geplanten Entwicklung nicht zu sehr einzuschränken, um auf neue Erkenntnisse und Marktentwicklungen reagieren zu können.
Die folgenden Absätze beschreiben die technischen Komponenten hinsichtlich der grundlegenden Anforderungen, möglicher Gestaltungsalternativen und konkreter Lösungsansätze. Die Vor- und Nachteile der Alternativen werden kurz diskutiert und das verfolgte Konzept dargestellt.

### Elektronisches Messwerk

Das Messwerk liefert die Messwerte über die gelieferte elektrische Energie. Es unterliegt damit dem Eichrecht und der Zulassungspflicht. Auch nach der neuen Messgeräterichtlinie (MID – Measuring-Instrument-Device) der EU ist in jedem Fall eine Baumusterprüfung von einer „benannten Stelle“ und eine zertifizierte Fertigung erforderlich. Die Baumusterprüfung umfasst dabei auch den Softwarecode, der in diesem Element verwendet wird. Jede Änderung an dieser Software zieht deshalb eine erneute Baumusterprüfung nach sich.

#### Anforderungen

Das elektronische Messwerk muss so gestaltet sein, dass abrechenbare Lastgänge erzeugt werden. Diese Möglichkeit bietet kein heute verfügbarer Zähler für elektrischen Strom. Stattdessen arbeiten verfügbare Geräte mit Summenzählwerken für 2 bis 6 unterschiedliche Tarifstufen (Tarifregister). Die flexible Tarifierung außerhalb des Zählers ist aber zweifellos ein Trend, der für eine zukunftsfähige Lösung erforderlich ist.

Eine wichtige Anforderung ist darüber hinaus der Schutz vor Manipulation bei der Datenübertragung. Dieser muss schon bei der Übergabe der Daten aus dem eichrechtlich geprüften Messwerk an weitere Geräte wie z. B. den Kommunikationscontroller gewährleistet sein. Dies betrifft die Verfälschung von Messwerten auf dem Weg in die Datenzentrale, aber auch der Empfang von Preisinformationen muss entsprechend gesichert werden.
Um den Aufwand möglichst gering zu halten, sollen alle eichrechtlich relevanten Teile des Systems, die dem Kunden installiert werden, in dieser Komponente zusammengefasst

werden. Dadurch werden Änderungen an den anderen Komponenten ohne erneute Baumusterprüfung möglich.

Insgesamt muss der Messteil die Nachvollziehbarkeit der Rechnung im Sinne des Verbraucherschutzes gewährleisten. Dabei muss der Aufwand sowohl für die beteiligten Marktrollen (Messstellenbetreiber, Netzbetreiber, Lieferant) als auch für den Kunden mit vertretbarem Aufwand verbunden sein.

Alternativen

Die Aufzeichnung von Lastgangdaten und Preissignalen kann durch einen elektronischen Speicher einfach und kostengünstig umgesetzt werden. Gestaltungsvarianten existieren insbesondere bei der Absicherung der Korrektheit und der Nachvollziehbarkeit der Daten.
Die Nachvollziehbarkeit der Daten durch eine direkte Anzeige am Zähler zu verbessern, stellt bei Systemen, die über eine kleine Anzahl von Tarifregistern hinausgehen, keine zumutbare Lösung dar. Um den Zählerstand einer bestimmten Viertelstunde zu überprüfen, deren Lieferung ca. 6 Monate zurückliegt, wäre ca. 17 000 Mal Tastendrücken erforderlich.
Grundsätzlich ist eine Variante vorstellbar, die die Daten digital ausgibt und den Kunden dabei aktiv in den Prozess einbezieht. In diesem Fall bietet der eichrechtlich geprüfte Teil ein „Laufwerk“, auf das die Daten für die weitere Analyse übertragen werden. Dies könnte beispielsweise ein USB-Anschluss für entsprechende Speichersticks des Kunden sein. Für Kunden, die selbst einen PC besitzen und mit dieser Technik umgehen können, wäre dies unter Umständen eine akzeptable Lösung. Für weniger technikaffine Kunden müsste der örtliche Messstellenbetreiber (in den meisten Fällen gleichzeitig das örtliche Stadtwerk) aber entsprechende Terminals vorhalten, auf denen die Daten durch den Kunden überprüft werden könnten. Es ist absehbar, dass diese Terminals Teil des eichrechtlich zu prüfenden Systems werden würden und daher eine Bauartzulassung benötigen. Darüber hinaus ist diese Möglichkeit für Kunden nicht besonders bequem und da kundeneigenes Material (USB-Stick) zum Einsatz kommt, stellen sich Fragen des Supports und der Haftung für unter Umständen verloren gegangene Daten.
Statt eines USB-Sticks könnte auch eine SmartCard (ähnlich der Krankenkassen-Karte) zum Einsatz kommen. Diese könnte vom EVU ausgegeben werden oder in Kooperation mit anderen Einrichtungen (z. B. Sparkassen) für unterschiedliche Zwecke genutzt werden. Die SmartCard bietet die Möglichkeit einer sicheren, gegen Manipulation geschützten Aufbewahrung der Daten und kann mit einfachen, eigenen Softwareanwendungen ausgestattet werden. Sie würde allerdings in jedem Fall das Aufsuchen des Zählers und anschließend eines Terminals durch den Kunden erfordern.
Eine weitere Variante ist die Integration einer digitalen Signatur in das Messwerk. Die Funktionen ähneln denen einer SmartCard, der entsprechende Chip wird aber fest mit dem Gerät verbunden. Die vom Messwerk ausgegebenen Datenströme werden mit einer digitalen Signatur versehen und so gegen Manipulation geschützt. Durch die Anwendung auf die Datenströme statt auf einen Datenträger kann die digitale Signatur in bestehende Prozesse integriert und auf dem gesamten Weg der Datenverarbeitung (Messstellenbetreiber, Netzbetreiber, Lieferant, Abrechner etc.) genutzt werden. Sie kann dem Kunden auf seiner

Rechnung mitgeteilt und von diesem über jeden Internetzugang überprüft werden. Bestehende Konzepte, die in Zusammenhang mit dem Sym² (ehemals tIZ – taktsynchroner Lastgangzähler) entwickelt wurden, sehen diese Ansätze bereits vor.
Ein weiteres wichtiges Kriterium ist die Integration eines Uhrwerks in das Messwerk sowie die Synchronisation von Uhrwerk und Messwerk. Da die Lastgänge einen Zählerstand zu einem bestimmten Zeitpunkt abbilden, wird neben dem Stromsensor die Uhr zu einem abrechnungsrelevanten Messgerät. Diese kann grundsätzlich im Kommunikationsmodul angebracht sein, und dort den Lastgang bilden, indem zum richtigen Zeitpunkt der Zählerstand abgefragt wird. Dies bietet den Vorteil, dass sich das Messwerk selbst einfacher aufbauen lässt. Darüber hinaus lässt sich die Synchronisation einfacher bewerkstelligen, da im Kommunikationsmodul leistungsfähige Möglichkeiten der Datenübertragung zur Verfügung stehen.
Die Integration des Uhrwerks in das Messwerk bringt jedoch den Vorteil, keine eichrechtlich relevanten Teile im Kommunikationscontroller vorsehen zu müssen und so die Notwendigkeit der Zulassung auf das Messwerk zu beschränken. Die Synchronisation muss dann entweder über das Kommunikationsgateway erfolgen (ähnlich wie internetfähige PCs dies bewerkstelligen) oder über ein Funksignal (Zeitsignal der PTB/DCF77 oder Funkrundsteuerung/EFR) erfolgen.

Lösungsansatz

Das technische Konzept im Projekt Smart Watts sieht den Einsatz der digitalen Signatur vor. Diese wird vom Datenaustauschstandard SML bereits unterstützt und es existieren Erfahrungen bei den beteiligten Marktparteien. Neben der Fähigkeit zur Aufzeichnung von Lastgängen werden auch Preisgänge des dynamischen Preissignals aufgezeichnet und signiert, sodass alle abrechnungsrelevanten Daten gegen Manipulation geschützt sind.
Die Analyse bestehender Zählplätze hat ergeben, dass die 3-Punkt-Befestigung bei Stadtwerken fast ausschließlich verbreitet ist. Es ist auch keine wesentliche Zunahme alternativer Konzepte wie des elektronischen Haushaltszählers (eHZ) im Stadtwerkeumfeld erkennbar. Eine Variante für eine 3-Punkt-Befestigung ist daher auf jeden Fall erforderlich. Eine weitere sorgfältige Beobachtung der Verbreitung alternativer Konzepte wird aber auf jeden Fall Bestandteil der Entwicklung sein.
Neben der Frage, ob eine Variante z. B. für eine eHZ-Befestigung erforderlich werden könnte, ist zu klären, welche Komponente das Grundmodul (im Sinne einer Grundplatte, die weitere Module aufnimmt) werden soll und welche als Einsteckmodul ausgeführt werden soll. Für das Messwerk als Grundmodul spricht die ausgereifte Technik der Messwertermittlung, die einem weniger raschen Fortschritt unterworfen ist als die Informations- und Kommunikationstechnik. Andererseits wird derzeit ein Austausch der eichrechtlich relevanten Komponenten nach 8 Jahren, bzw. eine Verlängerung über eine entsprechende Stichprobe erforderlich, während die Gateway-Komponente solange im Feld verbleiben kann, wie sie funktioniert. Die Notwendigkeit der Nacheichung steht allerdings derzeit in der Diskussion. Vor diesem Hintergrund besteht eine Präferenz, *das Messwerk als Grundmodul zu nutzen*, welches das Kommunikationsgateway als „Huckepack-Modul“ aufnehmen kann.

### Kommunikations- und Datenverarbeitungsgateway

Das Kommunikations- und Datenverarbeitungsgateway stellt die zentrale Intelligenz beim Kunden dar. Es enthält die Hardware- und Softwarekomponenten, die die fortschrittlichen Funktionen des Systems ermöglichen.

#### Anforderungen

Eine wesentliche Anforderung an das zu entwickelnde technische System ist die Möglichkeit des flächendeckenden Einsatzes. Diese Möglichkeit wird ganz wesentlich durch die Fähigkeiten und die Gestaltung des Kommunikations- und Datenverarbeitungsgateways bestimmt.
Darüber hinaus soll aber auch ein Einsatz von einzelnen Zählpunkten möglich sein. Dies ist beispielsweise für Out-of-area-Belieferungen interessant, aber auch teilweise für Roll-outs oder Sonderlösungen in speziellen Fällen, in denen die Anforderungen an die Kommunikation von der massentauglichen Lösung abweichen.
Eine wichtige Voraussetzung für den erfolgreichen Einsatz in der Fläche ist die Begrenzung der mit dem Einsatz verbundenen Kosten. Dies betrifft die Kosten für das Gateway selbst, die Montage bzw. den Installationsaufwand und die Folgekosten z. B. in Form von Kosten für die Kommunikation und die Lösung technischer Probleme bzw. die Vermeidung von Kundenrückfragen.

#### Alternativen

Die Gestaltung des Kommunikations- und Datenverarbeitungsgateways kann grundsätzlich auf drei verschiedene Arten umgesetzt werden:

- integriert,
- modular oder
- abgesetzt.

Bei der integrierten Gestaltung sind die Einzelteile des Messwerks und die Kommunikationskomponenten auf einer Platine und in einem Gehäuse untergebracht.
Damit ist jedoch der Nachteil verbunden, dass sämtliche Komponenten Teil der eichrechtlichen Prüfung und Zulassung werden. Jede Änderung an einer dieser Komponenten verlangt deshalb eine erneute Baumusterprüfung. Insbesondere im Hinblick darauf, dass die Software sich bei fortschrittlichen Konzepten in der Anfangszeit oft ändert, stellt dies einen substanziellen Nachteil dar.
Darüber hinaus können Komponenten hier nicht einzeln gewechselt werden. Ein defektes Teil macht den gesamten Zähler inklusive Kommunikationsmodul unbrauchbar. Auch ein unterschiedlicher Wechselturnus lässt sich so nicht durchführen, sondern die Komponente mit dem kürzesten Turnus bestimmt die Wechselrate.
Im integrierten Konzept verfügen alle Zähler über die gleiche Funktionalität. Dies ist ein Vorteil im Hinblick auf logistische Prozesse. Darüber hinaus können Konzepte gleichförmig angewandt werden; die technische Basis ist immer für alle Zählpunkte gleich, was Unterscheidungen sowohl bei der Montage als auch bei der Gestaltung von Produkten überflüssig macht. Gleichzeitig bedeutet dies jedoch auch gravierende Nachteile. Eine

Differenzierung nach Anwendungsgegebenheiten kann nicht stattfinden, so dass letztlich der kleinste gemeinsame Nenner die Funktionalität des Systems bestimmt. Dies führt unweigerlich dazu, dass Elemente in einer Reihe von Geräten zwar eingebaut sind, aber nicht genutzt werden, weil sie in der jeweiligen Situation nicht benötigt werden. Dies führt zu wirtschaftlichen Ineffizienzen. Gleichzeitig werden Situationen auftreten, in denen bestimmte, im Einzelfall wirtschaftliche sinnvolle Konzepte nicht umgesetzt werden können, weil das Vorsehen entsprechender Bauelemente in jedem Zähler zu teuer wäre.
Diese Nachteile können durch ein Modularisierungskonzept überwunden werden. Dabei kann insbesondere der eichrelevante Teil vom Gateway getrennt werden. Das für die Kommunikation und die Datenverarbeitung zuständige Gateway unterliegt in diesem Fall nicht der Eichordnung und kann ohne Bauartzulassung durch eine benannte Stelle (also z. B. die PTB) verändert werden. Der getrennte Austausch von Messwerk und Gateway wird mit diesem Ansatz ermöglicht. Dies bringt einerseits Vorteile bei der Reparatur, andererseits macht es eine situationsspezifische Anpassung der Funktionalität des Systems möglich. Bei gleicher Funktionalität ist die Modulbauweise etwas teurer, was durch den Einsatz angepasster Module ausgeglichen werden kann.
Die dritte Möglichkeit besteht in einer abgesetzten Bauweise, d. h. für das Gateway für Kommunikation und Datenverarbeitung wird ein komplett eigenständiges Gehäuse z. B. für die Wand- oder Hutschienenmontage vorgesehen. Damit ist die Auswahl einer situationsspezifischen Variante wie beim modularen Konzept möglich. Es ist damit zusätzlich ebenso wie beim modularen Konzept unabhängig vom Messwerk auswechselbar und auch ohne vorhandenen Stromzähler verwendbar. Damit ist für den Betreiber des abgesetzten Gateways eine stärkere Unabhängigkeit vom jeweils gelieferten Medium erreichbar. Das MUC-(Multi-Utility-Communication)-Konzept verfolgt diesen Ansatz.
Zusätzlich stellen sich die Aufgabe der Verbindung des abgesetzten Controllers mit dem Stromzähler und die Frage der Stromversorgung, insbesondere für Lieferanten anderer Medien als Strom. Beim integrierten und modularen Konzept kommt dafür ungezählter Strom zum Einsatz, der auch bei einer Unterbrechung der Kundenbelieferung zur Verfügung steht. Inwieweit dies bei abgesetzten Lösungen sinnvoll und zulässig ist, ist bisher nicht abschließend geklärt.

Lösungsansatz

Nur die korrekte Anpassung des Formfaktors der einzelnen Komponenten an die vorhandenen Installationsmöglichkeiten ermöglicht einen schnellen Einbau im Haushalt. Eine besondere Rolle spielt beispielsweise die richtige Gehäuseauswahl, die auch Einfluss auf Sicherheit und Manipulationsschutz hat. Das System soll möglichst flexibel eingesetzt werden können. Dazu ist eine Modularisierung der Kommunikationsschnittstellen notwendig. Durch Einstecken individueller Kommunikationsmodule soll so das System auf proprietäre Verbrauchserfassungsgeräte und Schnittstellen nach außen angepasst werden können. Als wichtige Kriterien bei der Modularisierung sind beispielsweise zuverlässige Steckverbindungen und adäquater Überspannungsschutz zu nennen, die einen Dauerbetrieb ohne Störungen sicherstellen müssen.

Es wird während der Entwicklung geprüft, ob sich das Gehäuse so gestalten lässt, dass man das Gateway-Modul auch für eine abgesetzte Montage (Wand oder Hutschiene) verwenden kann. Dies hängt auch mit der oben angeführten Entscheidung zusammen, ob das Messwerk oder das Gateway das Grundmodul darstellen wird.

### Heim-Display

Das Heim-Display stellt das primäre Feedback-Instrument für den Kunden dar. Es dient einerseits der Visualisierung von Verbrauchsinformationen, andererseits der Anzeige und Kontrolle der Korrektheit der Mess- und Preisdaten. Darüber hinaus stellt es die Schnittstelle zum Kunden für weitere Dienste mit Mehrwerten dar.

#### Anforderungen

Das Display soll einerseits kosteneffizient und andererseits flexibel einsetzbar sein. Es soll sich beispielsweise für die Übermittlung von Text- oder Werbebotschaften eignen. Um Akzeptanz bei den Nutzern zu finden, muss es darüber hinaus ansprechend gestaltet sein und darf in einer Wohnung nicht als Fremdkörper wahrgenommen werden.
Es benötigt die Fähigkeit zur spartenübergreifenden Anzeige von Verbrauchs- und Tarifdaten und muss neben den Zählerständen und -vorschüben auch den Momentanverbrauch, historische Verbrauchsdaten und Preisinformationen darstellen können. Es sollte so gestaltet sein, dass eine Nutzung für zukünftige Dienste und Anwendungen ermöglicht wird und dass die Anzeige von beliebigen Inhalten im Sinne einer „Nutzlast“ von der Datenzentrale aus initiiert werden kann.

#### Alternativen

Grundlegende Alternativen existieren hinsichtlich der Bauform des Displays. Das Display kann wie heute üblich am Zähler selbst angebracht sein. Der Vorteil liegt in diesem Fall darin, dass sich kein Problem der Datenübertragung vom Gateway zum Display ergibt. Außerdem sind keine ästhetischen Akzeptanzprobleme zu erwarten, da das Display nicht als separates Gerät in der Wohnung des Kunden platziert wird.
Das Ziel eines kurzfristigen Feedbacks lässt sich mit einer solchen Bauform allerdings kaum erfüllen. Der Kunde ist damit gezwungen, nach jeder Schalthandlung, deren Konsequenzen er sehen möchte, zu seinem Zähler zu gehen. Darüber hinaus würde in einem Multi-Sparten-Metering dieser Ansatz zu einer Situation führen, dass auch beispielsweise der Gasverbrauch am Stromzähler angezeigt würde.
Ein abgesetztes, frei in der Wohnung platzierbares Display bietet hier den Vorteil, dass der Kunde unmittelbar kontrollieren kann, wie sich bestimmte Verhaltensweisen auf den Energieverbrauch auswirken. Darüber hinaus kann ein abgesetztes Display mit Steuerelementen ausgestattet werden, die die Bedienung auch dann ermöglichen, wenn der Zähler selbst nicht zugänglich ist. Voraussetzung ist dabei die Akzeptanz der Kunden, die auch mit der äußeren Gestaltung des Displays zusammenhängt.
Ein wesentliches Element bei der Gestaltung des Displays ist der mögliche Einsatz als Steuerinstrument. Das Display kann einerseits als unidirektionales Gerät gestaltet werden, dass eine reine Anzeigefunktion erfüllt. Es empfängt dann ausschließlich Daten von dem ihm

zugeordneten Zähler; Benutzereingaben beziehen sich dann aber lediglich darauf, welche dieser Informationen tatsächlich angezeigt werden. Eine Rücksendung von Informationen zum Zähler (und damit in das System insgesamt) ist damit nicht möglich. Dafür kann die Technik vergleichsweise günstig ausfallen. Auch Sicherungsmechanismen, z. B. hinsichtlich der Überprüfung der Berechtigung zu bestimmten Eingaben, können bei diesem Ansatz entfallen.
Eine Kommunikation in beide Richtungen eröffnet dagegen die Möglichkeit, das Display als universelles Steuergerät einzusetzen. Damit lässt sich beispielsweise die Freigabe eines gesperrten Breakers ohne Zugang zum Zähler umsetzen.

### Lösungsansatz

Der mit der Entwicklung verfolgte Lösungsansatz sieht ein Display-Konzept vor, das ein ansprechendes, abgesetztes Wohnungsdisplay umsetzt. Dieses soll technisch als Mehrbereichsdisplay angelegt sein, also einen fest definierten und einen für die grafische Darstellung von beliebigen Inhalten geeigneten Teil besitzen. Die Verwendung von Farben sollte, falls möglich, auf vorgedruckte Inhalte beschränkt sein.
Teil der weiteren Entwicklung wird die Frage sein, wie die Gestaltung der Display-Elemente im Einzelnen aussehen soll und ob eine bi-direktionale Anbindung mit Steuermöglichkeiten umgesetzt werden kann, ohne den gesetzten Kostenrahmen zu verlassen. Ebenso wird eine Abwägung hinsichtlich einer eigenen „Intelligenz“ im Display im Laufe der Entwicklung getroffen.

## Datenzentrale

Die Datenzentrale für das Smart Metering und Messaging stellt den zentralen Anlaufpunkt für die Datenübertragung dar. Sie sammelt und verwaltet die Lastgänge, verteilt die Preissignale, verwaltet die Zählplätze und stellt die Schnittstellen für die Datenabfrage andere Marktrollen nach einem Berechtigungskonzept bereit.

### Anforderungen

Die Datenzentrale muss liberalisierungskonform gestaltet sein, sodass eine Trennung nach Marktrollen erfolgen kann. Sie muss deshalb auch mandantenfähig sein. Dies unterstützt gleichzeitig das vorgesehene Geschäftskonzept, das auch den gemeinsamen Betrieb der Datenzentralen mit einer Reihe von Messstellenbetreibern bzw. Messdienstleistern erlauben soll. Wichtig ist darüber hinaus die Massentauglichkeit, die für einen flächendeckenden Roll-out benötigt wird. Die Software muss die vorgesehenen Dienste unterstützen, also z. B. den Versand von Preissignalen, den Umgang mit digitalen Signaturen, die Weiterleitung von Alarmen und die Verwaltung von Steuerinformationen inklusive der Prüfung der Berechtigung. Wichtig ist dabei auch, die Funktionen für die Abrechnung dieser Leistungen vorzusehen.
Gleichzeitig muss sichergestellt werden, dass zukünftige Erweiterungen am System der Datenzentrale vorgenommen werden können und dass die Ankopplung weiterer Systeme einfach umgesetzt werden kann.

Alternativen

Für die Umsetzung der Datenzentrale bestehen drei grundlegende Alternativen. Die erste Möglichkeit besteht darin, die heute bereits verfügbaren Systeme zur Zählerfernauslesung (die für die registrierte Lastgangmessung eingesetzt werden) zu verwenden und mit den Herstellern eine entsprechende Erweiterung zu vereinbaren. In verschiedenen Pilotinstallationen werden die bestehenden ZFA-Systeme zum Auslesen von Haushaltszählern genutzt. Die fortschrittlichen Funktionen, die im Smart-Watts-Gesamtkonzept vorgesehen sind, werden von diesen Systemen aber nicht unterstützt. Neben den notwendigen Verfahren zur Übertragung und Priorisierung von Ende-zu-Ende-Datenverkehr (also vom Lieferanten zu den Hausgeräten im Haushalt und zurück) fehlen insbesondere Mechanismen zur Verwaltung von Berechtigungen und zur Abrechnung von Datenübertragungsdienstleistungen. Solche tiefgreifenden Mechanismen sind nachträglich nur schwer und unter hohem Aufwand in bestehende Systeme zu integrieren. Darüber hinaus sind solche Systeme für das Auslesen mehrerer zehntausend Zähler ausgelegt.
Ein leistungsfähiges Konzept schlägt die Firma SAP mit MDUS (*Meter Data Unification and Synchronization System*) vor. Hierbei wird ein gesondertes Modul als zusätzliche Abstraktionsschicht zwischen die Module der Datenübertragung eingeführt. Das Konzept sieht vor, diese Abstraktionsschicht so zu gestalten, dass beliebig viele Instanzen gekoppelt werden können. Dadurch kann einerseits die Vorverarbeitung von Daten stärker verteilt werden, sodass sich ein Ausbau durch zusätzliche Server-Hardware (und zusätzliche Softwarelizenzen) relativ leicht umsetzen ließe. Zum anderen ist eine logische „Partitionierung“ möglich, was dem Aufteilen der beteiligten Zähler in mehrere „virtuelle Stadtwerke“ entspräche. Diese Lösung ist jedoch zu allererst auf die USA zugeschnitten. In wieweit sie mit den deutschen Anforderungen des Unbundlings konform ist, ist bisher nicht genau geklärt. Das MDUS-Konzept sieht aber nach wie vor eine ZFA oder vergleichbare Software als Frontend für die Verwaltung vor. Zudem sind bei der üblichen SAP-Preispolitik die Lizenzkosten absehbar sehr hoch. Hinzu kommt der Anpassungsaufwand, der aufgrund der Tatsache, dass in Deutschland bislang kein solches System im Einsatz ist, kaum abzuschätzen ist.
Besondere Potenziale bietet daher in diesem Zusammenhang die spezialisierte Eigenentwicklung einer geeigneten Software. Die Anforderungen bezüglich Mandantenfähigkeit, Marktrollen, Datensicherheit, Abrechnungsfähigkeit und unterstützten Diensten kann so von Beginn an in der Software angelegt werden.

Lösungsansatz

Der verfolgte Ansatz bei der Umsetzung sieht eine zumindest teilweise Neuentwicklung unter Nutzung vorhandener Komponenten vor.
Das System soll mit seinen Schnittstellen eine semantische Kopplung über eine Ontologie ermöglichen und damit zum „Internet der Energie“ kompatibel sein. Dadurch werden Erweiterungen und Kopplungen der Datenzentrale mit weiteren Systemen stark vereinfacht und die Prozessabläufe, z. B. durch erhöhte Fehlertoleranz, verbessert. Dies wird durch einen modularen Aufbau der Software weiter unterstützt. Darüber hinaus werden bei der

Entwicklung meteringverwandte Prozesse berücksichtigt. Hierzu zählen z. B. Montage-workflows inklusive Problembehebung und die Assetverwaltung.
Neben der Frage der Wiederverwendung bestehender Module sind auch Fragen von Berechtigungen weiter zu klären. Dies betrifft z. B. die Datenhoheit, also letztlich die Frage, ob ein Kunde seine Daten beim Wechsel des Messdienstleisters mitnehmen darf.

### Gestaltung der Schnittstellen

Die Gestaltung der Schnittstellen und Übertragungswege ist ein weiteres wichtiges Element des technischen Gesamtkonzepts. Hierzu wurden ausführliche Betrachtungen angestellt und Gespräche mit einer Reihe von Komponenten- und Systemherstellern geführt.

#### Messwerk/Gateway

Die Verbindung zwischen Messwerk und Gateway sollte möglichst wenig Installationsaufwand verursachen. Durch ein modulares Huckepack-Konzept kann dies leicht erreicht werden, während bei einer abgesetzten Bauweise eine Kabelverbindung benötigt wird. Die Datenübertragung kann optisch erfolgen oder unter Nutzung bewährter Industriestandards (z. B. USB). Durch die Verwendung von digitalen Signaturen ist diese Schnittstelle manipulationsgeschützt.
Die Gestaltung der Schnittstelle hat dabei nicht nur eine Hardwarekomponente, sondern muss auch als Softwareprotokoll realisiert werden. Hier bietet eine Anbindung über USB den Vorteil, dass die notwendige Software zur Verwaltung dieser Schnittstelle in beinahe jedem Betriebssystem bereits vorhanden ist. Damit kann auf eine stabile und ausgetestete Codebasis zurückgegriffen werden und leistungsfähige Funktionen können leicht nutzbar gemacht werden. Ebenso kann eine galvanische Trennung umgesetzt werden. Aus diesem Grunde wird vorrangig eine Verbindung dieser Module über die USB-Schnittstelle angestrebt.

#### Gateway/Zentrale (direkt)

Die Daten, die vom Gateway empfangen und verarbeitet werden, müssen an die Datenzentrale weitergegeben werden. Umgekehrt muss das Gateway Daten von dort empfangen können. Diese Verbindung kann grundsätzlich auf zwei Arten ausgelegt werden. Bei der direkten Verbindung besteht eine unmittelbare Kommunikationsmöglichkeit zwischen Gateway und Datenzentrale. Bei der indirekten Verbindung werden die Daten zunächst entweder von einem Konzentrator gesammelt (Sternarchitektur) oder von einem Knoten zum nächsten per Funk (*meshed radio*) und dann an die Datenzentrale weitergereicht.
Die Schnittstelle zwischen Gateway und Datenzentrale soll sowohl bei direkter als auch indirekter Verbindung die Selbstanmeldung der Zähler an der Datenzentrale unterstützen. Die direkte Verbindung ist vor allem in solchen Situationen von Vorteil, wo eine indirekte Anbindung des Gateways über einen Konzentrator nicht möglich oder nicht wirtschaftlich ist (punktueller Einsatz).
Die direkte Anbindung der Gateways an die Datenzentrale kann entweder per Funk oder über eine Breitbandtechnik erfolgen.
Die Übertragungsstrecke liegt in der Hoheit des Kunden und kann von diesem jederzeit unterbrochen werden. Prozesskostenvorteile wie z. B. die Stichtagsablesung bei Auszug

können so nicht genutzt werden. Darüber hinaus besteht die Gefahr, vom Kunden für technische Probleme mit dem Internetanschluss verantwortlich gemacht zu werden, was hohe Folgekosten in Support-Prozessen nach sich zieht.
Alternativ zu Breitbandanschlüssen kann eine direkte Anbindung von Zählern über Mobilfunk erfolgen. Hierzu stehen GSM, GPRS und UMTS zu Verfügung. Das UMTS-System ist wesentlich leistungsfähiger, die dazu erforderliche Hardware aber auch teurer. Zudem ist die Netzabdeckung deutlich geringer.
Für die direkte Verbindung kommt nach derzeitigem Stand vor allem eine Anbindung per GPRS in Betracht. Die Kommunikationskosten für eine Verbindung über Mobilfunk sind jedoch vergleichsweise hoch und machen eine flächendeckende Nutzung unwirtschaftlich. Zudem entsteht eine Abhängigkeit von einem Telekommunikationsdienstleister. Dieser bestimmt bei der Telekommunikation damit Preisgestaltung und technische Strategie.

Gateway-Konzentrator (indirekt)

Für flächendeckende Lösungen eignen sich Ansätze, die die letzte Meile in der Hoheit des Stadtwerks belassen. Dadurch entsteht keine Abhängigkeit von Dritten (z. B. Kunde oder Telekommunikationsanbieter). Darüber hinaus sind niedrige Kommunikationskosten wichtig, um die Wirtschaftlichkeit sicherzustellen.
Dafür kommen grundsätzlich zwei Kommunikationsarten in Betracht: Powerline-Communication (PLC) und Meshed Radio.
Bei der PLC-Technik wird die Stromleitung zur Datenübertragung genutzt. Dazu ist ein spezielles Frequenzband reserviert. Da diese Art der Übertragung eine begrenzte Reichweite hat, wirken die eingesetzten Zähler bzw. Gateways als Verstärker. Diese Daten werden an einen Konzentrator in der Niederspannungsstation gesendet und dort auf eine Weitverkehrsübertragungstechnik umgesetzt. Die Anbindung per PLC wurde in den meisten größeren Pilotversuchen in Deutschland verwendet, die nicht auf das Kunden-DSL setzen. Außerdem verwendet ENEL diese Technik bei seinen Kunden in Italien.
Einen anderen Ansatz verwendet Göteborg, um die Zähler und andere Geräte mit der Datenzentrale zu verbinden. Hier kommt ein „vermaschtes Funknetz“ (Meshed Radio) auf Basis von ZigBee zum Einsatz. Bei einem vermaschten Netz empfangen die Knoten die Nachrichten ihrer Nachbarn und reichen sie an denjenigen Knoten weiter, der dem Ziel (in diesem Fall der Datenzentrale) näher ist als sie selbst. Dadurch finden die Datenpakete automatisch ihren Weg durch das Netz. Der Vorteil liegt vor allem darin, dass jeder Knoten die Pakete weiterreichen kann, unabhängig von seiner Funktion. Pakete mit Zählerdaten werden also nicht nur von einem Zähler zum nächsten Zähler weitergereicht, sondern auch von anderen Geräteklassen, z. B. von mit ZigBee ausgestatteten Smart-Home-Geräten. Dadurch lassen sich größere Distanzen überbrücken und das Netz wird dichter, je mehr ZigBee-Geräte installiert werden. Allerdings konkurrieren in diesem Fall auch immer mehr Geräte um die verfügbare Bandbreite. In Göteborg werden an zentralen Stellen spezielle Knoten betrieben, die über eine leistungsfähige Direktverbindung mit der Datenzentrale verfügen.

PLC stellt eine erprobte Technik dar. Die Herausforderung liegt hier in der Interoperabilität und der begrenzten Reichweite. Die ZigBee-Technologie ist eine moderne Technik, die großes Potenzial bietet. Insbesondere eignet sie sich auch für die Gestaltung weiterer Schnittstellen (z. B. Einbindung von Gaszählern, Displays oder Hausgeräten). Sie hängt allerdings stark von einer geeigneten Knotendichte ab. Die derzeit verfügbaren Bauteile arbeiten ausschließlich im lizenzfreien 2,4GHz-ISM-Band, in dem auch andere Funktechnologien operieren (z. B. WLAN, Bluetooth).
Eine Entscheidung für eine Technologie kann erst nach weiteren Untersuchungen getroffen werden. Dabei sind insbesondere die detaillierten Anforderungen aus Stadtwerkesicht genau zu untersuchen und in die Entscheidung mit einzubeziehen.

Gateway/Display

Die Frage der Anbindung des Displays an den Zähler stellt sich insbesondere für ein abgesetztes Wohnungsdisplay. Grundsätzlich besteht die Möglichkeit, diese Anbindung per Funk oder über das Stromnetz im Haushalt umzusetzen.
Die Umsetzung per Inhouse-Powerline bietet sich insbesondere an, wenn das Preissignal über diese Technik ohnehin an die Steckdosen verteilt wird. In diesem Fall lassen sich neben den Preissignalen auch die Daten für das Display übertragen. Dadurch ergibt sich allerdings die Notwendigkeit, das Display in der Nähe einer Steckdose zu platzieren. Andererseits ist so die Frage nach der Stromversorgung geklärt. Darüber hinaus ergibt sich aus der Anbindung per PLC im Inhouse-Bereich eine vergleichsweise hohe Bandbreite, so dass existierende Protokolle auf der Softwareseite (IP-Protokoll, http-Verbindung), genutzt werden können.
Die Anbindung per Funk erlaubt hingegen die freie Positionierung des Displays in der Wohnung. Die Stromversorgung kann dabei wahlweise über ein Netzteil oder über Batterie erfolgen.
Neben dieser Technologie existieren weitere proprietäre Funktechnologien im 868-MHz-Bereich, die hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit (Reichweite, Energieeffizienz) ähnlich sind. Das Fraunhofer Institut für integrierte Schaltungen (IIS) in Erlangen hat beispielsweise eine Funktechnik entwickelt, die eine virtuelle drahtgebundene M-Bus-Schnittstelle über ein vermaschtes Funknetz realisiert und die Technologie in Zusammenarbeit mit der Veraut GmbH für einen Gaszähler umgesetzt.
Die Auswahl der Technologie für die Display-Anbindung steht in engem Zusammenhang mit den anderen Komponenten, die an das Gateway angebunden werden. Grundsätzlich lassen sich Verbindungen für Integration von weiteren Zählern oder Hausgeräten auch für die Einbindung des Wohnungsdisplays nutzen. Damit ergibt sich, dass die Schnittstelle zwischen Display und Gateway vorzugsweise über Inhouse-PLC oder Meshed Radio realisiert werden wird. Die Verwendung von standardisierten Verfahren mit Inhouse-Powerline bietet unter Umständen zusätzlich den Vorteil, den PC des Kunden direkt mit dem Gateway zu verbinden und so eine schnelle Verbindung herzustellen, die eine sehr kurzzyklische Anfrage der Messdaten erlaubt. Voraussetzung hierfür ist, dass ein PLC-Verfahren verwendet wird, für das Konverter zwischen PLC und der bei PCs üblichen Ethernet-Technik existieren. Hier haben sich drei Standards am Markt durchgesetzt. Neben dem HomePlug-Standard (14 bzw.

85 MBit/s) existiert eine leistungsfähigere Variante HomePlugAV (die für die Audio- und Videoübertragung ausgelegt wurde) und der UPA-Standard. Hinsichtlich des Energieverbrauchs haben Diskussionen mit Herstellern zu dem Ergebnis geführt, dass der Eigenverbrauch je Knoten bei breitbandigen PLC-Varianten nur unwesentlich höher ist als bei schmalbandigen.

Gateway/Hausgerät

Untersuchungen bestätigen, dass die Akzeptanz von dynamischen Preisen am höchsten ist, wenn Geräte als Stromverbraucher automatisch auf die jeweilige Netzsituation reagieren. Dazu muss eine Datenverbindung zwischen dem Gateway, an das die Preissignale vom Lieferanten übermittelt werden, und den Geräten hergestellt werden. Darüber hinaus werden die Potenziale des Systems nur ausgeschöpft, wenn diese Verbindung auch für andere, fortschrittliche Zwecke der Datenübermittlung genutzt werden kann. Geräte sollen über diesen Weg Statusinformationen liefern oder Steuersignale empfangen können. Das Konzept sieht dabei ausdrücklich auch die Einbindung solcher Geräte vor, die keine eigene Steuerintelligenz besitzen. Hier wird über einen Zwischenstecker mit einer lernfähigen Elektronik das Schalten von Kontakten in Abhängigkeit vom Preis oder eine Dimmung umgesetzt.
Grundsätzlich kommen die gleichen Schnittstellentechnologien wie bei der Anbindung des Wohnungsdisplays in Betracht. Da die zu steuernden Geräte alle mit dem Stromnetz verbunden sind, bietet sich eine Datenübertragung auf diesem Wege an. Dies gilt auch für große Gasverbraucher, z. B. die Heizung. Einschränkungen entstehen hier durch die begrenzte Reichweite.
Die Auslegung als Meshed Radio hat das Potenzial, diese Problematik zu überwinden, da jedes Gerät als Knoten im Netzwerk die Daten an seine Nachbarn weiterreicht und damit die Reichweite erhöht. Die Schwäche dieses Ansatzes liegt jedoch in der notwendigen Anfangsdichte. Da die Reichweite eines einzelnen Knoten in einem Meshed Radio Netzwerk gering ist, entsteht eine hinreichende Abdeckung erst oberhalb eines gewissen Verbreitungsgrads.
Die Abwägung hinsichtlich der Technologieauswahl muss im Zusammenhang mit den anderen Schnittstellen getroffen werden. Die PLC-Anbindung bietet den Vorteil einer hohen Standardisierung. Gleichzeitig haben alle wichtigen Energieverbraucher eine Verbindung zum Stromnetz. Meshed Radio auf Basis von ZigBee bietet das Potenzial, die Herausforderung hinsichtlich der Reichweite durch eine zunehmende Gerätedichte zu überwinden. Zusätzlich steht den Herstellern der Technik hier der amerikanische Binnenmarkt zur Verfügung, der sich positiv auf die Preisentwicklung der Bauteile auswirken könnte.

Datenzentrale/übrige Systeme

Die Datenzentrale benötigt eine Reihe von Schnittstellen zu weiteren Systemen in der Landschaft der Stadtwerke und darüber hinaus. Die Liberalisierung des Messwesens hat neue Marktrollen geschaffen, die eine zusätzliche Komplexität in die Datenaustauschprozesse hineinbringen. Dafür sind teilweise über die GPKE Datenformate

definiert worden. Es ist damit zu rechnen, dass entsprechende Datenformate auch für die neuen Prozesse im liberalisierten Metering definiert werden. Die Datenzentrale muss diese Formate vollumfänglich unterstützen.
Die dabei eingesetzte Technologie nutzt allerdings nicht die Potenziale moderner Methoden der Systemkopplung. Hier haben sich in letzter Zeit XML-basierte Datenformate durchgesetzt, die leicht erweitert und für neue Einsatzzwecke angepasst werden können. Auch neue Internettechnologien sind mittlerweile verfügbar, die Verbesserungen in der technischen Anbindung erlauben. Insbesondere die Semantik bzw. das „*semantic web*“ stellen in diesem Zusammenhang eine interessante Entwicklung dar. Auf Basis einer Ontologie lässt sich die Prozesswelt so beschreiben, dass die gekoppelten Systeme einfache Probleme der Datenübermittlung selbständig beheben können (selbstheilendes System). Die Definition der dafür notwendigen Ontologie wurde im Rahmen des Projekts Smart Watts von utilicount und den anderen Konsortialpartnern in Zusammenarbeit mit den Systementwicklern erstellt. In Analogie zum „Internet der Dinge“, das sich in der Produktions- und Logistikwelt zunehmend etabliert, entsteht so ein „Internet der Energie“, das einen universellen Datenaustausch zwischen IT-Systemen erleichtert.

Datensicherheit und Signatur

Die Datenübertragung wird gegen Manipulation durch eine digitale Signatur geschützt. Dadurch kann sichergestellt werden, dass Daten auch bei der Weitergabe zwischen den Marktrollen nicht verfälscht werden können. Diese Signatur wird bereits im bauartgeprüften Messwerk erzeugt. Dies hat der Erzeugung im Kommunikationsmodul gegenüber den Vorteil, dass eine Manipulation auch auf der Übertragungsstrecke zwischen Messwerk und Gateway ausgeschlossen ist. Die Verwendung einer digitalen Signatur basiert auf den Erkenntnissen des SELMA-Projekts (Sicherer Elektronischer Messdatenaustausch), an dem die PTB beteiligt war. Das Verfahren ist von der PTB damit auch im Sinne des Verbraucherschutzes anerkannt. Die PTB kann hier als Vertrauensinstanz herangezogen werden.
Neben den Lastgängen wird die digitale Signatur auch auf die übermittelten Preissignale angewandt. Dadurch kann jederzeit nachgewiesen werden, dass die zur Abrechnung verwendeten Preisdaten auch beim Kunden vorgelegen haben.
Die Übertragung wird durchgängig verschlüsselt. Aus juristischer Sicht ist nicht abschließend geklärt, ob dies erforderlich ist. Die MUC-Spezifikation geht von einer hinreichenden Pseudonymisierung im Sinne des Datenschutzgesetzes aus. Unabhängig davon kann unterstellt werden, dass die Kunden dem möglichen Abhören der Übertragung zum Beispiel auf der Powerline sehr kritisch gegenüberstehen. Eine durchgängige Verschlüsselung ist deshalb wichtig für die Akzeptanz.

### Wirtschaftliche Rahmenbedingungen

Um hinsichtlich der Kosten für Anschaffung und Betrieb von Smart Metering Zielvorgaben ableiten zu können, wurden die am Markt angebotenen Lösungen analysiert. Bei Herstellern und Dienstleistern im Bereich Smart Metering wurden Angebote für den Betrieb der Smart-

Metering-Lösung angefragt. Die angefragten Angebote wurden ausgewertet und den Kosten gegenübergestellt, die sich aus dem technischen Konzept vom Projekt Smart Watts ergeben. Bild 31 zeigt die Analyseergebnisse – aufgetragen sind die Kosten je Zählpunkt abhängig von der eingesetzten Fernverkehrskommunikationstechnik.

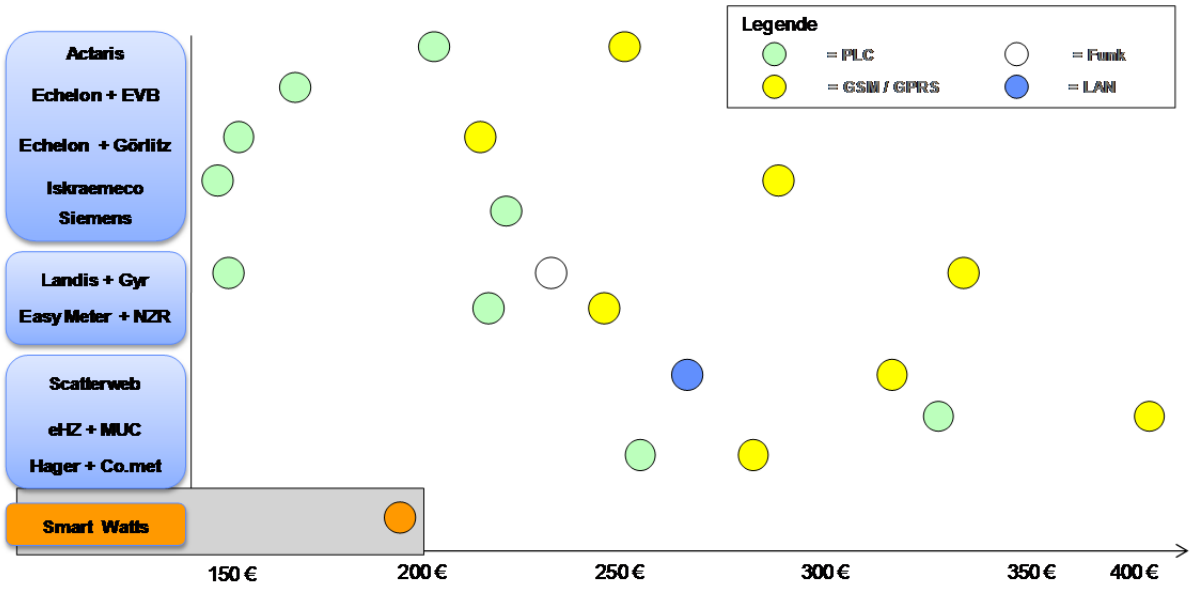



**Bild 31: Kosten je Zählpunkt**

In den Kosten sind enthalten: die Lizenzgebühren des Smart-Metering-Systems, die Kosten für die Installation und die Einführungsworkshops, die Datenkollektoren und Datenkonzentratoren, die Kommunikationstechnik und die Stromzähler. Die Kosten umfassen nicht die notwendige Systemhardware (inkl. Installations-, Betriebskosten) und die Kommunikationskosten für die Zählerfernauslesung (z. B. GSM/GPRS).

#### 3.3.2.2 Administration (inhaltlich) Datenzentrale (MDM)

##### Funktionale Anforderungen

Übersicht

Die Smart-Watts-Datenzentrale soll die notwendigen Funktionen zur Umsetzung von Messstellenbetrieb und Messung in unterschiedlichen Sparten wie Strom, Gas, Wasser zur Verfügung stellen. Die dafür erforderlichen funktionalen Anforderungen werden für die folgenden Anforderungsblöcke in den weiteren Kapiteln detailliert beschrieben.
Die Anforderungen wurden unter anderem anhand der Anwendungsszenarien für das Smart-Watts-System erstellt, welche im Dokument „Beschreibung von Anwendungsszenarien“ aufgeführt sind.

Eine Kernaufgabe der Messung ist es, Messdaten zu jedem Zählpunkt von den Gateways zu übernehmen, zu verifizieren, zu speichern und Marktteilnehmern zur Verfügung zu stellen. Dies wird unter dem Begriff Messdatenverarbeitung zusammengefasst.

Des Weiteren soll die Datenzentrale ermöglichen, Nachrichten von Lieferanten, Netzbetreibern oder anderen berechtigten Parteien an Geräte beim Anschlussnutzer oder umgekehrt zu versenden. Auf diese Weise kann beispielsweise ein Lieferant dem Anschlussnutzer zeitvariable Tarifkonditionen übermitteln.

Eine Aggregationseinheit soll Messdaten verschiedener Zählpunkte zu Aggregaten zusammenfassen, so können etwa alle Zählpunkte eines Bilanzkreises aufsummiert werden.
Die Abwicklung der Wechselprozesse von Messstellenbetreiber und Messdienstleister nach GPKE oder GeLiGas soll durch das Wechselmanagement unterstützt werden.
Das Gerätemanagement soll Funktionen zur Verwaltung von Zählern und Gateways bereitstellen. Dabei muss der Einbau- oder Lagerort der Geräte verwaltet werden, ebenso wie Bauart und Eichfristen.
In der Zählpunktverwaltung soll eine logische Bündelung und Zuordnung von Geräten und gespeicherten Datenreihen durchgeführt werden.
Ein Workforce-Management soll es ermöglichen, Monteureinsätze für Gerätewechsel und Störungsbeseitigung zu planen.
Die Betriebsüberwachung der Datenzentrale soll die Administration und die Verfolgung von Vorgängen und Störungen im laufenden Betrieb ermöglichen.
Die Datenzentrale soll die Abrechnung von Messdienstleistungen und Mehrwertdiensten durch Bereitstellung von Abrechnungsdaten an das Fakturierungssystem unterstützen.
Die Kundenverwaltung soll Informationen zum Anschlussnutzer/Anschlussnehmer zur Verfügung stellen.
Über ein Webportal sollen die Anschlussnutzer auf ihre Messdaten zugreifen können.

Um berechtigte Parteien zu authentifizieren und autorisieren zu können, erfordert die Datenzentrale eine Rechteverwaltung. Dabei wird zwischen einer Authentifizierung im Internet der Energie durch Smart Architecture und Authentifizierung innerhalb der Datenzentrale unterschieden.

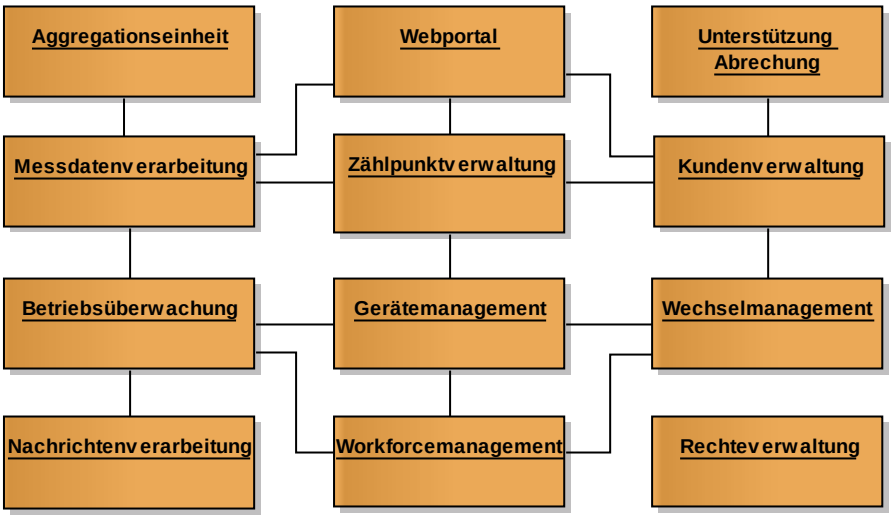



**Bild 32: Anforderungsblöcke der Datenzentrale**

#### 3.3.2.3 **Home Automation**

Die technischen Lösungsansätze für Home-Automation ergeben sich durch die Randbedingungen.
Bei den Smart Plugs (intelligenten Steckdosen) reicht ein einfaches Schalten beim Über- bzw. Unterschreiten einer Preisschwelle nicht aus. Die für Lastverschiebung geeigneten Geräte, Waschmaschine, Spülmaschine und Wäschetrockner, benötigen zur Einstellung des entsprechenden Geräteprogramms eine eingeschaltete Stromversorgung. Das heißt, dass im Normalfall die Stromversorgung der nicht in Benutzung befindlichen Geräte eingeschaltet sein muss. Eine Erkennung, dass das Gerät ein Programm startet, muss stattfinden, um eine Unterscheidung zwischen Geräteprogrammierung und Programmstart zu ermöglichen. Der Programmstart wird im Falle der Lastverschiebung durch Abschalten der Stromversorgung verschoben. Ein einmal gestartetes Programm wird nicht wieder unterbrochen, sondern bis zum Ende ausgeführt.
Dadurch ergeben sich die folgenden technischen Anforderungen:

- Leerlauf und Programmierung des angeschlossenen Gerätes durch Kunden – Stromversorgung bleibt eingeschaltet
- Lastverschiebung (aktueller Strompreis höher als vom Kunden eingestellte Schwelle): Stromversorgung abschalten, wenn das Programm startet.
- Automatisches Einschalten bei Unterschreitung der Strompreisgrenze.
- Ein gestartetes Programm wird nicht unterbrochen.

Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, muss die durch das Gerät aufgenommene Leistung überwacht werden. Zwei Schwellen werden detektiert:

1. Die Einschaltschwelle: Unterhalb dieser Schwelle wird Leerlauf oder Standby oder das Programmieren des Haushaltgeräts angenommen. Wird diese Schwelle überschritten, so wird von einem Programmstart ausgegangen – in der Praxis betrug die Schwelle 10 Watt.
2. Die Abschaltschwelle: Unterschreitet die an der intelligenten Steckdose übertragene Last die Abschaltschwelle für eine einstellbare Überwachungszeit, so wird von einem Programmende ausgegangen.

Diese beiden Schwellen sowie die Überwachungszeit der Abschaltschwelle sind individuell einstellbar. Default-Werte wurden durch Tests an 20 Haushaltsgeräten ermittelt und ergaben ebenfalls eine Schwelle von 10 Watt.
Weiterhin müssen die intelligenten Steckdosen Nachrichten verschicken. Damit können die jeweiligen Betriebszustände der intelligenten Steckdosen zum Energiemanagement-Gateway (EEBus-Bridge) und von dort aus weiter zur Visualisierung auf ein entsprechendes Gerät – final ein iPad übertragen werden. Gleichzeitig werden diese Betriebsdaten mit Zeitstempel versehen und auf einem Logging-Server gespeichert, sodass nach dem Ablauf des Feldversuchs diese Daten zur Auswertung der erzielten Lastverschiebungen bereitgestellt werden können.

Die Funktionen der intelligenten Steckdose sind:

- Integration von Altgeräten ins Lastmanagement durch zeitlich versetztes Einschalten
- vollautomatisches Erkennen der Betriebszustände
- Messen des Stromverbrauchs des eingesteckten Endgeräts
- Übertragung der Stromverbrauchsmesswerte per ZigBee zur EEBus-Bridge
- Messaging (Verschicken von Nachrichten über den aktuellen Gerätezustand)
- Veto-Taste (der Anwender kann über diese Taste das angeschlossene Gerät für einen einzelnen Gerätezyklus aus dem Lastmanagement nehmen und damit das Gerät unmittelbar starten)

Als permanent stromversorgtes Gerät dient die intelligente Steckdose zudem für die anderen ZigBee-Komponenten als ZigBee-Router, stabilisiert damit das Meshed-Funknetz und dient überdies zur Vervielfachung der Funkreichweite.

Der technische Lösungsansatz für die intelligenten Hausgeräte beruht darauf, dass die Endgeräte automatisch auf die übermittelten Strompreise reagieren.

### *Liebherr*-Gefrierschrank

Der *Liebherr*-Gefrierschrank soll automatisch die Gefriergut-Temperatur so anpassen, dass bei Zeiten mit günstigen Strompreisen die Temperatur von dem eingestellten Sollwert um weitere Minusgrade abgesenkt wird. Damit kann in den Zeiten höherer Strompreise der Gefrierschrank mit der gespeicherten Kälte länger inaktiv bleiben und so Lastverschiebung realisieren. Dabei ist sicherzustellen, dass in jedem Falle (Fehlerfall und lange Phasen mit teurem Strompreis) die Temperatur des Gefrierguts in einem Bereich bleibt, der dessen Qualität nicht beeinträchtigt. Der dynamische Strompreis muss kompatibel zu dem restlichen Smart-Watts-System übertragen werden. Da der Nutzer hier nicht aktiv eingreifen soll, ist dessen Interaktion nicht vorgesehen.

### *Miele*-Waschmaschine

Auch für die *Miele*-Waschmaschine soll der im System übertragene Strompreis automatisch ausgewertet werden. Die Lastverschiebung muss – genau wie mit den intelligenten Steckdosen – unter der Kontrolle des Benutzers stattfinden. Die Maschine soll nach dem Beladen und dem Einschalten mit dem Waschprogramm erst dann beginnen, wenn der Strompreis unter einer vom Benutzer einstellbaren Schwelle liegt oder unter diese Schwelle fällt. Ein einmal gestartetes Waschprogramm darf nicht mehr unterbrochen werden. Das Einbinden in die Smart-Watts-Installation soll kompatibel mit den anderen Systembestandteilen sein, damit keine gesonderte Entwicklung bei diesen stattfindet. Der Status der Maschine soll – da es durch die bessere Integration in die Geräteelektronik möglich ist – dem Benutzer in Klartext angezeigt werden.

### *LG*-Geräte

Mithilfe der Kooperation mit dem koreanischen Großkonzerns und Gerätehersteller *LG Electronics* sollten Seriengeräte, die bereits eine Smart-Grid-Funktionalität besitzen, im

Rahmen des Projekts Smart Watts so modifiziert werden, dass diese kompatibel zu den Smart-Watts-System sind. Hier sollen eine Kühl-Gefrier-Kombination und eine Waschmaschine eingebunden werden. Der Kühlschrank soll ohne Benutzer-Eingriff automatisch auf die verteilten dynamischen Strompreise reagieren, die Waschmaschine soll dann waschen, wenn der Strompreis günstig ist.

#### 3.3.2.4 **Flexibles Portfoliomanagement**

Das Smart Portfoliomanagement soll auch perspektivisch die Stromhandels-, Planungs- und Vertriebsgeschäftsprozesse ermöglichen, die sich aus den neuen Anforderungen durch die Marktintegration erneuerbarer Energie, die Vermarktung virtueller Kraftwerke und die Unterstützung von Demand-Side-Management und Demand-Response ergeben. Schnelle Anpassungen an gesetzliche Rahmenbedingungen sollen zeitnah durch flexible Tools im IT-System erfolgen können.
Der Datenaustausch muss über ein flexibel konfigurierbares Tool erfolgen, das auf verschiedene Datenquellen in diversen Protokollen zugreifen kann. Die Daten in Smart Watts sollen auf diese Weise flexibel anpassbar in die festgelegten Formate importiert werden können.
Aufbauend auf der Grundkonfiguration der Verträge sollen über Vertragsvorlagen individuelle Konfigurationen (Produkte) erstellt und für die weitere Verwendung gespeichert werden. Diese ermöglichen nicht nur die Vorbelegung von Werten, sondern gestatten auch die optimierte Vorkonfiguration von Verträgen für die Parametrierung bei der Vertragseingabe sowie die Erweiterung der Vertragstypen mit zusätzlichen Zeitreihen und Formeln. Zeitreihen müssen flexibel mit frei konfigurierbaren Formeln verknüpfbar sein. Zur Parametrierung dient ein Formeleditor mit einer umfangreichen Funktionsbibliothek. Der Prototyp enthält zusätzlich Simulationsprogramme (z. B. zur BHKW-Simulation).
Zur Generierung von vertragsübergreifenden Auswertungen und Analysen nach verschiedenen Kriterien wird ein Portfolioanalysemodul benötigt. Dieses ermöglicht frei definierbare Filterkriterien über beliebige Auswertungszeitbereiche festzulegen und beliebige Zeitreihen (entsprechend fachlichen Inhalten) auszuwerten. Portfolioauswertungen sind flexibel vorkonfigurierbar und speicherbar auszulegen. Über Gruppierungseinstellungen soll zusätzlich ein Drilldown, z. B. nach Portfolio-/Buchstrukturen, erfolgen. Über das Datenaustauschtool können die Ergebnisse aus dem System exportiert und für ein Reporting oder zur Übergabe an andere Systeme wie beispielsweise ein Webportal aufbereitet werden. Neben der Möglichkeit des konfigurierbaren Reportings nach Excel und CSV auf Basis von Portfolioauswertungen sollen die Ergebnisse aus dem Portfoliomanagement über eine konfigurierbare Übergabeschnittstelle an Data-Warehouse (DWH) weitergegeben werden.
Die Bild und Umsetzung der Geschäftsmodelle im Smart-Portfoliomanagement- Prototypen soll weitestgehend automatisierbar sein durch zyklische Batchjobs, z. B. Preissignalversendung über die Web-Service-Schnittstelle, automatisierter Handel am Smart Market, Rechnungserstellung.

Weitere technische Anforderungen ergeben sich aus den bereits genannten fachlichen Anforderungen in Kapitel 3.2.7 (siehe S. 77f.), Smart Portfoliomanagement**.**

#### 3.3.2.5 **Marktschnittstelle**

Ein wesentlicher Mehrwert des Smart Markets liegt für die Marktteilnehmer in der Automatisierbarkeit der Handelsaktivitäten. So kann eine Vielzahl von kleineren Transaktionen durchgeführt werden, um ein bestimmtes Ziel zu erreichen. Dies kann durch Software-Systeme teilautonom geschehen, da der Smart Market über eine auf Webservices basierende Marktschnittstelle verfügt.

#### 3.3.2.6 **Agentensysteme**

Im Teilprojekt „Smart Market“ wird ein Marktplatz für neuartige Stromprodukte gestaltet und prototypisch realisiert. Hier sollen sich insbesondere dezentrale und fahrplanbezogene Anfragen bzw. Angebote treffen. Der Marktplatz wird dabei sowohl den neuen Anforderungen bei der Integration der wachsenden Menge an schwer einzuplanenden erneuerbaren Energien in die Portfolien der Lieferanten als auch dem wachsenden Bedarf an handelbaren Fahrplänen zur Reduktion von Portfoliorisiken gerecht. Dieser Marktplatz soll nicht als Börse ausgestaltet werden, die als Vertragspartner auftritt und Risiken übernimmt, sondern als Vermittlungsplattform, auf der Anfragen verschiedener Händler sichtbar werden und auf der Angebote zu Anfragen abgegeben werden können.

Die Automatisierung von Prozessen auf den Smart Market unter Einbeziehung von Agenten verspricht hierbei ein großes Effizienzsteigerungspotenzial zur Senkung des Transaktionsaufwands. Es wurde untersucht, inwieweit Marktteilnehmer durch Automatisierung unterstützt werden können, die Komplexität des Marktangebots besser zu handhaben und bessere Ergebnisse bei niedrigerem Transaktionsaufwand zu erzielen.

Ziel der Agentenanwendungen auf dem Smart Market ist die Förderung des Handels, insbesondere soll die Erstellung und Übertragung von Angeboten unterstützt werden. Dabei liegt der Schwerpunkt auf dem Suchmechanismus, der die relevantesten Anfragen für den Händler herausfiltern soll.

Aufbauend auf dem Ergebnis der Analyse wurden folgende mögliche Agentenanwendungen identifiziert:

- **Matchmakingagent:** überprüft Anfragen auf Ähnlichkeit.
- **Requestagent:** unterstützt den Händler bei der Verwaltung von Anfragen
- **Offeragent:** unterstützt den Händler bei der Verwaltung von Angeboten
- **Platformagent:** Schnittstelle zur Smart-Market-Datenbank.

Umgesetzt in Software wurden der Request-Agent und der Offer-Agent. Sie wurden benutzt, um den Marktplatz für den Feldversuch mit Liquidität gemäß einem vereinbarten Preisszenario zu befüllen und um die Marktplattform automatisiert testen zu können. Etwa 10 Request-Agents kamen zum Einsatz, die jeweils mit eigenen Produkten am Marktplatz Geschäfte angebahnt haben.

#### 3.3.2.7 **Anforderungen Sicherheitskonzept**

Die in Smart Watts erzeugte Menge von Daten lässt viele Rückschlüsse auf das Handeln von Verbrauchern zu, sodass ein großes Interesse darin besteht, die Daten vor missbräuchlichem Zugriff zu schützen. Die Datensicherheit muss transparent gestaltet und der Datenschutz konsequent berücksichtigt sein, um eine hohe Akzeptanz zu erreichen.
Folgende Informationen werden als Daten an verschiedenen Stellen in der Architektur gespeichert und zwischen den einzelnen Komponenten übertragen:

- Messwerte
- Zählerwerte
- Preissignale
- Preisschwellen
- Virtuelle Rechnungen

Um eine detaillierte Risikoanalyse vornehmen zu können und daraus angemessene und wirtschaftliche Sicherheitsmaßnahmen bestimmen zu können, muss klargestellt werden, welcher genaue Bedarf an Schutz besteht. Dieser Schutzbedarf kann

die Vertraulichkeit der Daten betreffen: Kein Unberechtigter soll die übertragenen oder gespeicherten Daten mitlesen und für seine Zwecke missbrauchen können.
die Verfügbarkeit der Daten betreffen: Heutige und/oder künftige Geschäftsprozesse sind auf das Vorhandensein der übertragenen und gespeicherten Daten angewiesen.
die Integrität und Verbindlichkeit Daten betreffen: die übertragenen und gespeicherten Daten müssen unverändert in heutige und/oder künftige Geschäftsprozesse einfließen.

Diese Bewertung des Schutzbedarfs der übermittelten und gespeicherten Daten muss einheitlich für das Projekt erfolgen und mit allen Interessengruppen abgestimmt sein. Dabei sollte unterschieden werden, welches Schutzinteresse die Projektbeteiligten auf der einen Seite aus wirtschaftlichen Interessen und ggf. auch regulatorischen Vorgaben haben und wie sich das Schutzinteresse für die Kunden auswirken kann.

### 3.3.3 **Sicherheitskonzept Smart Watts**

Im Projekt Smart Watts wird im Feldversuch ein integriertes Sicherheitskonzept getestet. Dieses stellt sicher, dass durch den Einsatz der in Smart Watts entwickelten Systeme keine Risiken für die teilnehmenden Kunden entstehen, die eine Gefährdung der Datensicherheit oder des Datenschutzes bedeuten könnten. Das Sicherheitskonzept berücksichtigt sowohl technische Maßnahmen in den verteilten Komponenten und deren zentralen Kommunikationsendpunkten (z. B. Gateway, Datenzentrale) als auch organisatorische Maßnahmen. So wurden Konzepte erarbeitet, die die Grenzen der Datenweitergabe aus Sicht des Feldversuchs und des späteren Betriebs zwischen verschiedenen beteiligten Systemen regeln. Diese Systeme entsprechen den in der Energiewirtschaft festgelegten Marktrollen, sodass eine Übertragung für den Systembetrieb in einer späteren Verwertung möglich ist.

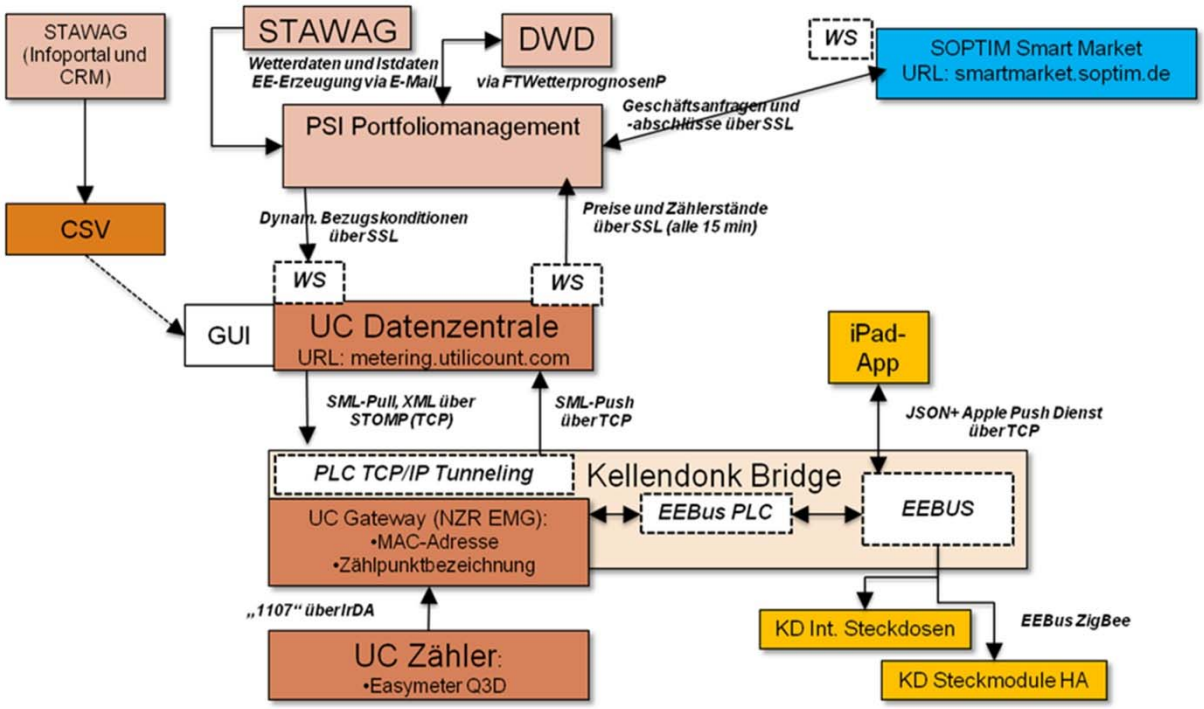



**Bild 33: Kommunikationsarchitektur und Datenflüsse**

### 3.3.3.1 Sicherheitskonzept für Smart Metering und Smart Demand

Für das Teilvorhaben Smart Metering hat die utilicount ein Sicherheitskonzept erstellt. In der Untersuchung werden die einzelnen Kommunikationswege und deren Protokolle mit den zugehörigen Sicherheitsstandards erläutert. Hierzu zählen die Vertraulichkeit der Daten, also der Abhörschutz, sowie die Authentizität bzw. Autorisierung zur Kommunikation der einzelnen Geräte untereinander und mit dem Benutzer. Innerhalb des Smart-Watts-Konzepts gibt es drei wesentliche Kommunikationsbereiche, die durch ihre unterschiedlichen Protokolle gekennzeichnet sind: erstens die Kommunikation zwischen den Zählern und dem Gateway, zweitens, die Kommunikation zwischen Gateway, Bridge, den Hausgeräten und dem iPad und schließlich drittens die Kommunikation von der Bridge über den Router zur Datenzentrale und weiteren Komponenten. Als gesonderte Kommunikationsstrecke kann die logische Verbindung zwischen dem Gateway und der Datenzentrale angesehen werden. Hier wird auf bestehende physikalische Verbindungen aus zwei Bereichen zurückgegriffen und ein sogenanntes Tunneling angewendet. Die Vorgaben sind in die Untersuchungen der *STAWAG* zum Sicherheitskonzept im Teilprojekt 6 eingeflossen – ergänzt durch detaillierte Angaben zu Hardware- und Softwareschnittstellen.

Komponentenübersicht

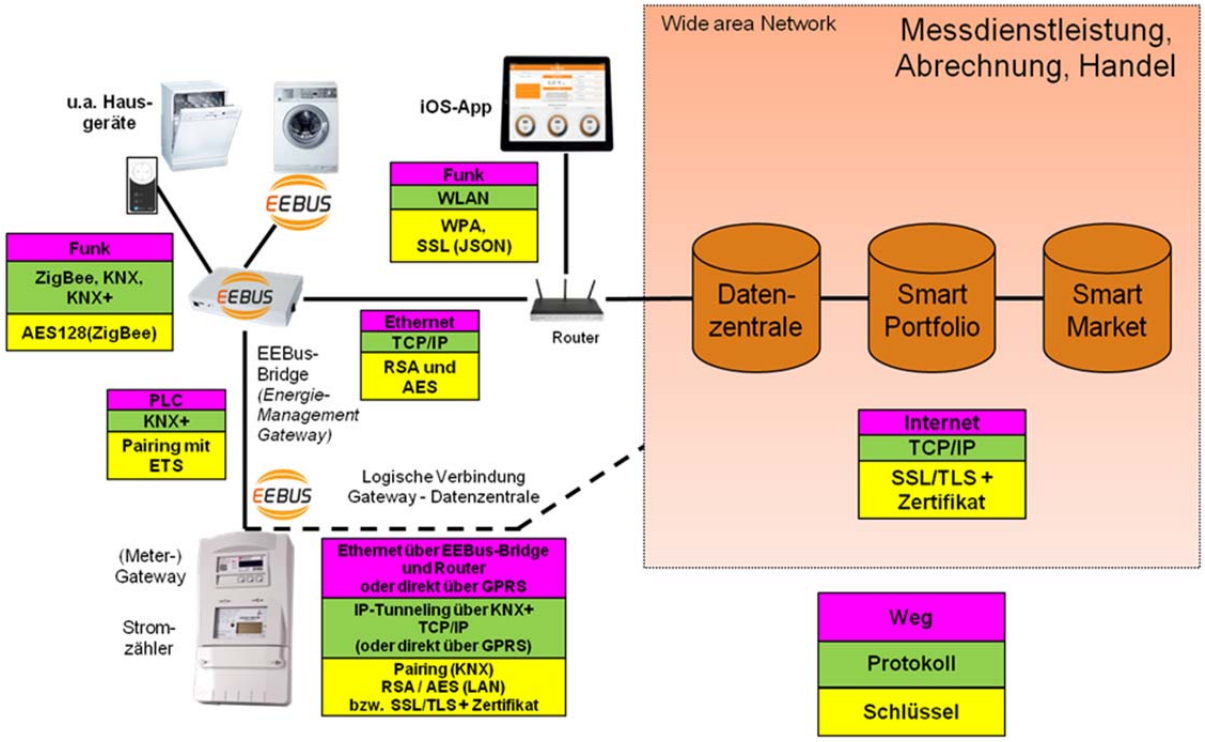
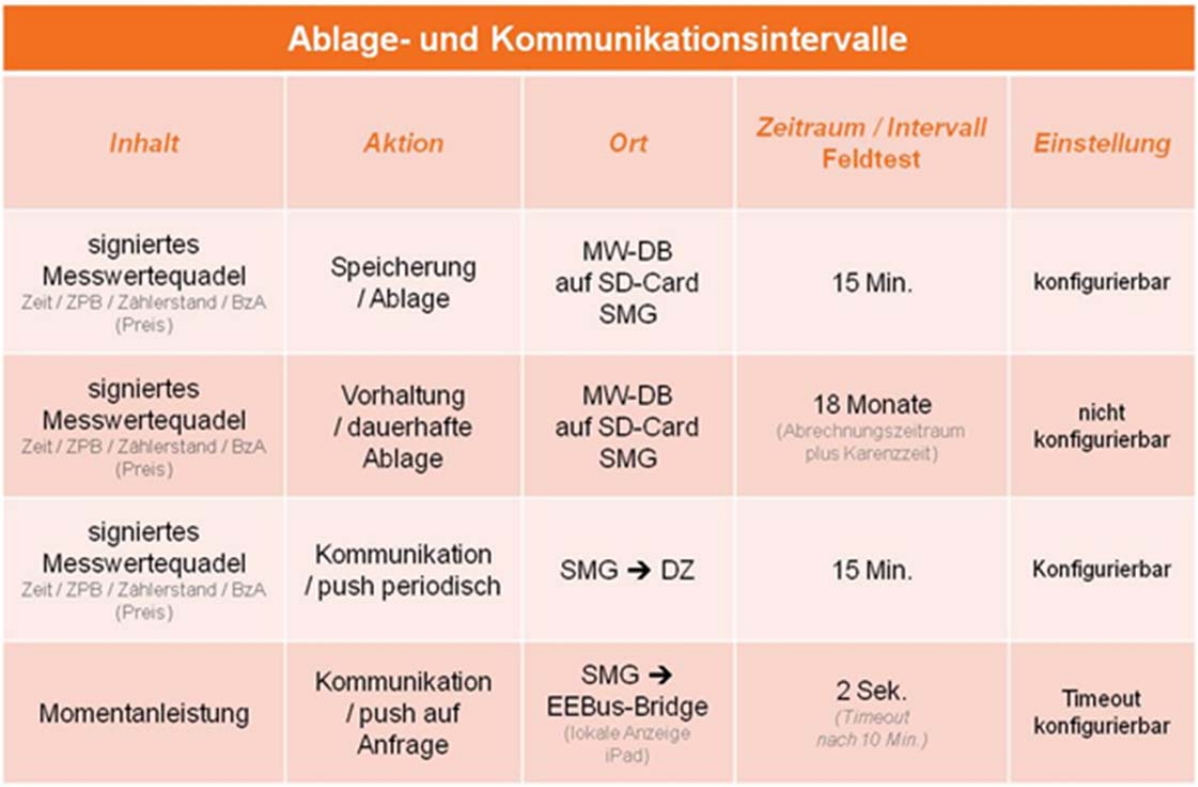



**Bild 34: Systeme und Komponenten im Feldversucheinsatz**

Kommunikation Protokolle und Standards

Im Folgenden werden die einzelnen Kommunikationswege und deren Protokolle mit den zugehörigen Sicherheitsstandards erläutert. Hierzu zählen die Vertraulichkeit der Daten, also der Abhörschutz, sowie die Authentizität bzw. Autorisierung zur Kommunikation der einzelnen Geräte untereinander und mit dem Benutzer.



| Ablage- und Kommunikationsintervalle | | | | |
|---|---|---|---|---|
| *Inhalt* | *Aktion* | *Ort* | *Zeitraum / Intervall Feldtest* | *Einstellung* |
| signiertes Messwertequadel Zeit / ZPB / Zählerstand / BzA (Preis) | Speicherung / Ablage | MW-DB auf SD-Card SMG | 15 Min. | konfigurierbar |
| signiertes Messwertequadel Zeit / ZPB / Zählerstand / BzA (Preis) | Vorhaltung / dauerhafte Ablage | MW-DB auf SD-Card SMG | 18 Monate (Abrechnungszeitraum plus Karenzzeit) | nicht konfigurierbar |
| signiertes Messwertequadel Zeit / ZPB / Zählerstand / BzA (Preis) | Kommunikation / push periodisch | SMG ➔ DZ | 15 Min. | Konfigurierbar |
| Momentanleistung | Kommunikation / push auf Anfrage | SMG ➔ EEBus-Bridge (lokale Anzeige iPad) | 2 Sek. *(Timeout nach 10 Min.)* | Timeout konfigurierbar |

**Bild 35: Ablage- und Kommunikationsintervalle**

Kommunikationsstrecke Zähler - Gateway

| | |
|---|---|
| **Kommunikationsweg** | Die Kommunikation zwischen dem oder den Zählern und dem Gateway kann über verschiedene Medien realisiert werden. In der Grundkonstellation wird ein Stromzähler installiert und das Gateway auf diesen Zähler aufgesteckt. Kommuniziert wird hierbei über IrDA (siehe Anhang Infrarot), eine bidirektionale Infrarotschnittstelle. Die Strecke ist komplett umbaut und verplombt. Weitere Zähler können via zweiadrigem Kabel (M-Bus Draht), oder per Funk, 868MHz (drahtloser M-Bus, siehe Anhang), mit dem Gateway verbunden werden um eine Kommunikation zu gewährleisten. |
| **Protokoll** | Die Kommunikation über Kabel oder Funk wird mithilfe des M-Bus (siehe Anhang) realisiert. Für die Infrarotstrecke zwischen dem Zähler und dem aufgesetzten Gateway wird der IEC-62056-21-Standard verwendet. |
| **Verschlüsselung** | Die Verschlüsselung im M-Bus-Protokoll ist lediglich bei Funkübertragung notwendig. Dies geschieht über den Verschlüsselungsalgorithmus AES128 (siehe Anhang). Zum Pairing des Gateways mit einem Zähler werden sogenannte preshared Keys (vom Hersteller bei der Produktion vergebene Schlüssel) benutzt. Durch die Umbauung und die Verplombung ist eine Verschlüsselung der Infrarotkommunikation nicht notwendig. |

Kommunikationsbereich Gateway – Bridge – iPad – Verbrauchsgeräte

Mit den Komponenten Bridge und Gateway wird im Haushalt ein Smart-Home-Netzwerk aufgebaut, an das viele verschiedene weitere Komponenten wie das IPad oder Verbrauchsgeräte angeschlossen werden können. Gateway und Bridge stellen dabei eine feste Einheit dar, die durch Pairing logisch und fest miteinander verbunden ist. Jegliche Daten laufen dabei in der Bridge zusammen und werden von dort aus an die verschiedenen Stellen weitergeleitet. Dabei wird je nach Kommunikationsart das Signal von einem Standard in einen anderen übersetzt. Als übergreifender Standard in der Kommunikation wird der EEBus eingesetzt. Dies bedeutet die Nutzung bestehender Kommunikations-standards, -normen und Produkte. Innerhalb des EEBus sind die folgenden Protokolle enthalten um eine umfassende Abdeckung hersteller- und geräteübergreifend zu gewährleisten: ZigBee, KNX, KNX+ und IP.

Kommunikationsstrecke Gateway – Bridge

| | |
|---|---|
| **Kommunikationsweg** | Die Kommunikation zwischen dem Gateway und der Bridge wird über Powerline realisiert. Hierbei wird OFDM-PLC (siehe Anhang) zur Übertragung genutzt. |
| **Protokoll** | Die Kommunikation findet auf dieser Strecke über KNX+ (OFDM-PLC) statt. Dieses Verfahren stellt einen weltweiten offenen Standard für die Gebäudeautomation dar. KNX+ ist dabei die Weiterentwicklung des KNX-Standards und gewährleistet durch eine breitere Bandbreite eine höhere Übertragungsrate. |
| **Verschlüsselung** | Powerline KNX+ (die exakte Bezeichnung ist KNX PL110+) wird im Smart-Watts-Feldversuch als Kommunikationsweg zwischen dem Metering-Gateway im Keller und der EEBus-Bridge im Inhouse-Bereich eingesetzt. In Haushalten, die mit einer Vaillant-Wärmepumpe am Feldversuch teilnehmen, erfolgt die Kommunikation zwischen der EEBus-Bridge und der Wärmepumpe ebenfalls per KNX+.<br><br>Die Signale, die die Daten tragen und über das Stromnetz übertragen werden, sind über den eigentlichen Wohnbereich hinaus detektierbar – das lässt sich grundsätzlich nicht verhindern. Der Schutz der Daten ist aber durch das Übertragungsverfahren an sich gewährleistet. Die KNX+-Kommunikation basiert auf der von Kellendonk neu entwickelten OFDM-Übertragung in den Seitenbändern des CENELEC-B-Bandes und ist somit quasi „in Hardware“ verschlüsselt. Die Demodulation der Daten aus dem OFDM-Signal ist nicht möglich, ohne Detailkenntnisse der Kellendonk-Protokolle und der Algorithmen zu besitzen, die für die Aufteilung der Daten auf die OFDM-Seitenbänder zuständig sind. Diese Detailkenntnisse sind nicht öffentlich zugänglich und auch die für eine Detektion notwendige Hardware-Schnittstelle gibt es nur in Form der Prototypen von Kellendonk. |

Kommunikationsstrecke Bridge – iPad

| | |
|---|---|
| **Kommunikationsweg, Protokoll** | Die Kommunikation zwischen der Bridge und dem iPad findet über Wireless-LAN IEEE802.11im 2,4GHz Frequenzbereich statt. Dazu ist die Bridge mit dem Kundenrouter über kabelgebundenes LAN (IEEE802.3) angeschlossen (TCP/IP). |
| **Verschlüsselung** | Die kabelgebundene LAN-Verbindung ist durch die physikalische Punkt-zu-Punkt-Verbindung und Wireless LAN durch den vom Kunden eingerichteten Netzwerkschlüssel gesichert. Dieser basiert auf den Standards WEP oder WPA. WEP nutzt dabei eine RSA-Verschlüsselung (siehe Anhang) und WPA eine EAS-Verschlüsselung. Das gesamte Heimnetz ist darüber hinaus durch die Verwendung des Routers über eine NAT-Firewall geschützt. Eine Konfiguration dieser Firewall ist nicht erforderlich, da sämtliche Kommunikationsprozesse von innen nach außen stattfinden, d. h., die Initiierung der Kommunikation findet stets vom Haushalt zur Zentrale statt. Solche Kommunikationsprozesse können eine NAT-Firewall ohne besondere Einrichtung passieren. |

Kommunikationsstrecke Bridge – Hausgeräte/Verbraucher

| | |
|---|---|
| **Kommunikationsweg** | Je nach Gerät und Einsatzort sind verschiedene Medien zur Kommunikation möglich. Die Geräte können per Funk im 2,4GHz-Frequenzbereich angefunkt werden oder per Powerline über das Stromkabel. Einige Geräte, wie zum Beispiel Wärmepumpen, verfügen heute schon über IP-Schnittstellen und lassen sich somit auch per Ethernet IEEE802.3 (LAN) ansteuern. |
| **Protokoll** | Hier kommen drei unterschiedliche Protokolle zum Einsatz. Im 2,4GHz-Bereich wird der ZigBee-Standard verwendet. Für Powerline wird der KNX-(PL-110)- und KNX+-(OFDM-PLC)-Standard verwendet und für die Ansteuerung per Ethernetkabel wird das TCP/IP-Protokoll (siehe Anhang) verwendet. Einige Hausgeräte können nur im älteren KNX-Standard kommunizieren. Daher ist die Bridge in der Lage, die KNX+-Signale für KNX-Geräte umzuwandeln. Das System ist somit auch abwärts kompatibel. Reine KNX-Geräte (PL-110) sind nicht für den Einsatz im Smart-Watts-Feldversuch vorgesehen. |
| **Verschlüsselung** | Die Verschlüsselung geschieht im ZigBee-Protokoll per AES128-Algorithmus. Die Kommunikation über TCP/IP findet im gesicherten Hausnetzwerk statt und bedarf daher keiner gesonderten Verschlüsselung auf dieser Kommunikationsstrecke.<br><br>KNX+-Geräte werden mithilfe der ETS-Software (siehe Kapitel 2.1) gepaired. Dadurch können nur Smart-Watts-Endgeräte miteinander kommunizieren. |

| | |
|---|---|
| | Des Weiteren wird eine List of Inventory in der Bridge angelegt, die den Umfang aller im Haushalt genutzten und im Netzwerk angeschlossenen Geräte listet und somit nur die eigenen Geräte ausliest. |

Kommunikationsstrecke Bridge – Router

| | |
|---|---|
| **Kommunikationsweg** | Dieser Weg wird per Ethernet über IEEE802.3 (LAN) realisiert. |
| **Protokoll** | Als Protokoll kommt hier TCP/IP zum Einsatz. |
| **Verschlüsselung** | Durch die Punkt-zu-Punkt-Verbindung per Kabel ist die Kommunikationsstrecke physikalisch geschützt. Weiterer Schutz wird hier ebenfalls durch die Firewall und durch eventuelle Verschlüsselung des WLAN-Netzes gewährleistet. |

Kommunikationsstrecke Router – Datenzentrale

| | |
|---|---|
| **Kommunikationsweg** | Diese Kommunikation findet im Internet statt. Durch den Internetanschluss des Routers werden die Daten über das Internet an die Datenzentrale weitergegeben. |
| **Protokoll** | Als Protokoll wird, wie im gesamten Internet, auf den TCP/IP Standard zurückgegriffen. |
| **Verschlüsselung** | Die Verschlüsselung geschieht per SSL (*Secure Socket Layer*) bzw. TLS (*Transport Layer Security*) (siehe Anhang). Innerhalb dieser Verschlüsselung wird auf RSA- und AES-Algorithmen zurückgegriffen. Um sogenannte „Man-In-The-Middle-Angriffe“ auszuschließen, wird eine zertifikatbasierte Authentifizierung eingesetzt. Diese basiert auf dem X.509-Standard (siehe Anhang). |

Kommunikationsstrecke Datenzentrale – Smart Portfoliomanagement

| | |
|---|---|
| **Kommunikationsweg** | Auch diese Kommunikation findet ausschließlich im Internet über Webservices statt. |
| **Protokoll** | Als Transport- und Vermittlungsprotokoll wird ebenfalls TCP/IP zum Tragen kommen. |
| **Verschlüsselung** | Die Verschlüsselung und Authentifizierung geschieht bei der Nutzung von Webservices über SSL und ein Zertifikat aus der in Smart Watts verwendeten Vertrauenskette. |

## Software-Sicherheit im Gateway

Die folgenden Erläuterungen stellen die wichtigsten Designmerkmale bei der Entwicklung der Gateway-Software dar:

### Zukunftssicherheit

Ein von vornherein berücksichtigtes und implementiertes Updatekonzept stellt die Zukunftsfähigkeit sicher. Nachträglich bekannt gewordene Sicherheitslücken in der Anwendungssoftware lassen sich durch ein solides Updatekonzept mit geringem Aufwand schließen. Auch der Einsatz in wechselnden Infrastrukturen wird durch ein sinnvolles Updatekonzept ermöglicht. Zudem ist die Basissoftware mit minimalem Aufwand durch den Einsatz entsprechender Abstraktionsmechanismen auf eine andere Hardware-Plattform portierbar.
Die Basissoftware verhindert die unbefugte Nutzung der Hardware-Schnittstellen und somit den unautorisierten Zugriff auf das System sowie einen Austausch und die Ausführung von Softwarebestandteilen durch unautorisierte Personen und Instanzen. Darüber hinaus führt die Basissoftware eine regelmäßige Integritätsprüfung der installierten Softwarebestandteile durch und erkennt Beschädigungen oder Manipulationen selbsttätig. Die Basissoftware lässt Netzwerkkommunikation nur mit vertrauenswürdigen Gegenstellen zu und benötigt für den erfolgreichen Aufbau der Verbindung eine strenge, gegenseitige Authentifizierung, um Angriffe auf das Gateway über das Weitverkehrsnetz abzuwehren. Sie verlässt sich für die Wahrung der Systemsicherheit auf einen Kreis vertrauenswürdiger Personen oder Instanzen mit jeweils genau umrissenen Aufgaben. Um die Vertrauenswürdigkeit sicherzustellen, kommen kryptographische Verfahren (Signatur) zum Einsatz. Die Basissoftware bietet eine Möglichkeit für Mehrwertdienste, auf bestimmte Hardware oder Systemressourcen (etwa EE-Bus oder Gateway-Display) zuzugreifen, ohne dass die Gateway-Funktion oder Systemintegrität dadurch gefährdet wird.

### Funktions- und Betriebssicherheit

Die Basissoftware führt beständig eine Betriebsmittelprüfung durch und meldet aktiv den Verlust von Betriebsmitteln. Sie erkennt Beschädigungen von Software-Updates und ist redundant ausgelegt, sodass bei einer Beschädigung eine vorhergehende, als funktionsfähig bekannte Softwareversion weiterverwendet werden kann. Sie ist zudem so ausgelegt, dass durch einen unerwarteten Verlust der Betriebsspannung kein permanenter Totalausfall der Software oder ein kompletter Verlust der Konfigurations- und Betriebsdaten erfolgen kann.

### Datensicherheit

Die Basissoftware sichert schützenswerte Daten mit kryptographischen Verfahren vor unerkannter Manipulation. Sie verhindert einen unberechtigten Zugang zum Signaturschlüssel, um eine Manipulation der Daten und deren Verschleierung durch nachträgliche Neusignierung zu unterbinden. Ebenso unterbindet sie den unberechtigten Zugang zu den schützenswerten Daten auf Dateiebene. Diese werden nur in signierter Form an Kommunikationspartner ausgeliefert, damit diese die Möglichkeit einer Authentizitätsprüfung haben. Der Zugriff auf unsignierte schützenswerte Daten während der

erforderlichen Verarbeitung innerhalb des Gateways ist auf Softwarebestandteile innerhalb der Basissoftware beschränkt, die einer speziellen Prüfung durch die PTB unterzogen wurden.

Datenschutz

Personenbezogene Daten, insbesondere Verbrauchsdaten, gelten als schützenswert im Sinne des Datenschutzes. Dem trägt die Basissoftware Rechnung und verhindert einen unberechtigten Zugriff auf personenbezogene Daten. Die Basissoftware verhindert ein Ausspähen der personenbezogenen Daten bei der Übertragung über öffentliche Netzwerk-Infrastrukturen durch den Aufbau verschlüsselter Kommunikationskanäle. Sie hält sich an den Grundsatz der Datensparsamkeit, um den möglichen Datenmissbrauch durch berechtigte oder unberechtigte Personen zu erschweren.

Anforderungen und Abgrenzungskriterien

Die Basissoftware kann entsprechend den gesetzlichen Richtlinien zum Datenschutz und der Datensparsamkeit Lastprofile mit einer Auflösung von höchstens einer Messung pro 15 Minuten für elektrische Energie aufzeichnen und an die Applikation weiterreichen, welche die Übermittlung an die Datenzentrale realisiert. Die Basissoftware ist auf bestimmte Informationen aus der Datenzentrale angewiesen, die als vertrauenswürdige Instanz gilt. Dies sind beispielsweise:

- Die Konfiguration der Zähler und die Zuordnung zu einem Mandanten
- Die Aufforderung für das Schalten von Weitergabekontakt, Lastrelais oder Breaker eines Mandanten
- Die Gateway-Konfiguration sowie die Softwareausstattung (einschließlich der Versionierung) auf dem Gateway
- Mandantenbezogene Tarifinformationen (z. B. Preis, Schaltzeitpunkte, Schwellenwerte)

Das Sicherheitskonzept des Smart-Metering-Gateways erfordert, dass die für die Software und Konfigurationsverwaltung zuständigen (juristischen) Personen ihre im Rollenmodell festgeschriebenen Aufgaben sorgfältig wahrnehmen und die Erfüllung dieser Aufgaben durch Anbringen elektronischer Signaturen gegenüber dem Gateway beglaubigen. Sämtliche Kommunikationspartner (Server), mit denen das Smart-Metering-Gateway über eine Weitverkehrsnetzanbindung Kontakt aufnimmt, müssen den Aufbau verschlüsselter Datenkanäle sowie eine strenge gegenseitige Authentifizierung unterstützen.

### Sicherheit in der Datenhaltung in der Datenzentrale

Genutzt wird ein DMZ-Aufbau (Demilitarisierte Zone) mit zweistufigem Firewall-Konzept (siehe Bild 36, S. 116). In diesem Fall trennt eine Firewall das Internet von der DMZ und eine weitere Firewall die DMZ vom eigenen Netz. Das Hosting-Unternehmen ist für den internen Rechneraufbau und ein angemessenes Sicherheitskonzept verantwortlich.

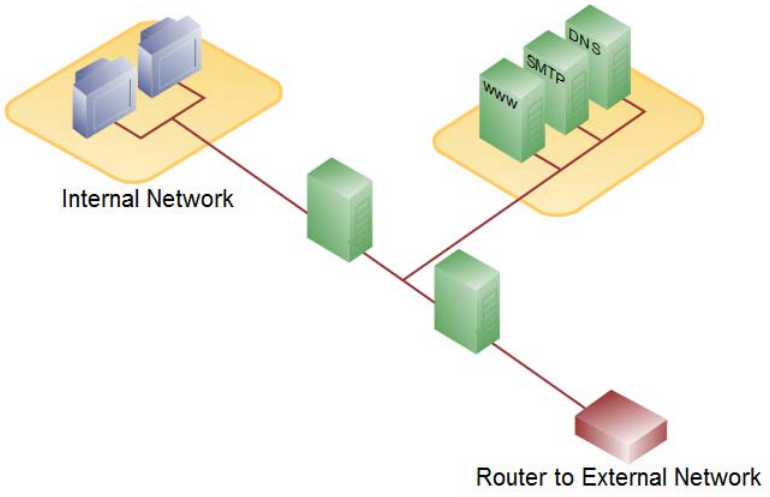



**Bild 36: Aufbau mit zweistufigem Firewall-Konzept**

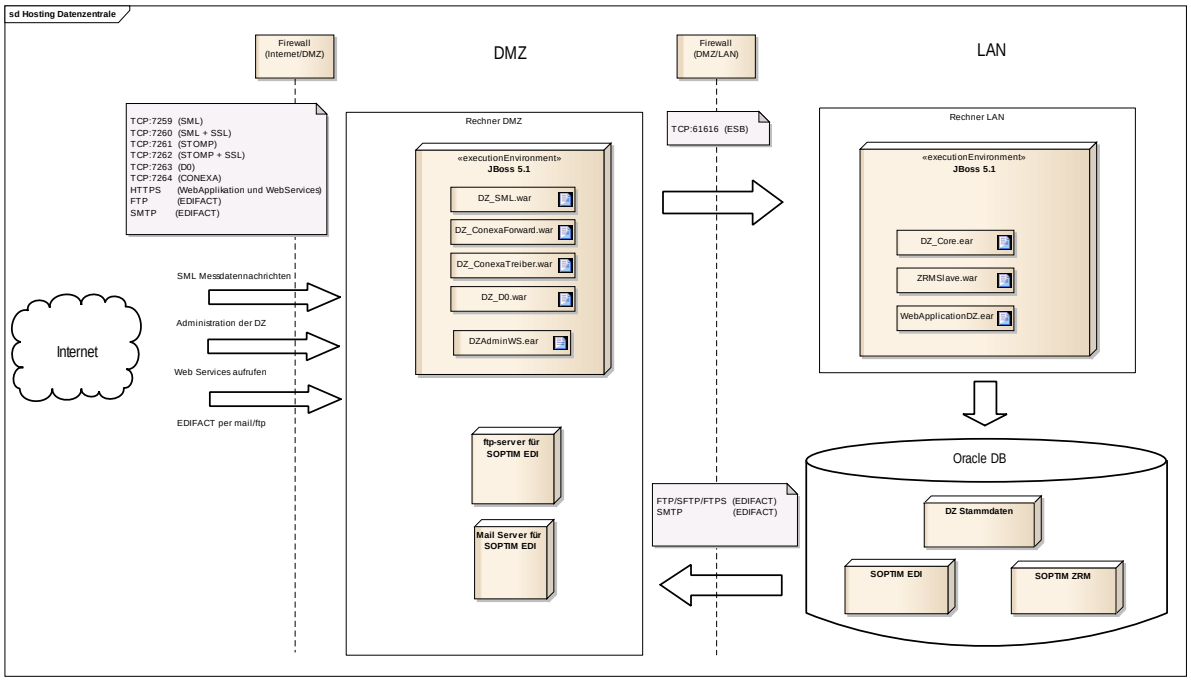



**Bild 37: Systemüberblick Datenzentrale DMZ/LAN**

### 3.3.3.2 **Sicherheitskonzept Smart Market**

Im IT-System Smart Market wird der Zugang zur Anwendung auf einen bestimmten Personenkreis eingeschränkt. Beim Starten der Anwendung authentifiziert sich ein Benutzer mit Name und Passwort. Zugriffsrechte regeln im Smart Market, ob ein Benutzer bestimmte Anwendungsteile und Operationen auf Objekten ausführen darf. Die Rechte von Anwendern mit gleichartigen Aufgabenbereichen werden in aufgabenbezogenen Benutzerrollen gebündelt. Dies erleichtert die Rechteverwaltung, da insbesondere bei Änderungen der Rechtestruktur nur die Rechte der Benutzerrolle angepasst werden müssen. Über die Zuordnung zu Gruppen hinausgehende Rechte, die sich aus Prozessen in der Anwendung ergeben, bringen weiter Anforderungen mit sich. Weitere Sicherheitsanforderungen ergeben

sich aus der Anwendung Smart Market selbst. So ist vorgesehen, dass nur generalbevollmächtigte Personen eines Marktteilnehmers unbeschränkt am Smart Market tätig werden können. Für handlungsbevollmächtigte Personen können Limits festgelegt werden (z. B. Preisgrenzen, Mengengrenzen, zeitliche Beschränkungen).
Das Sicherheitskonzept des Smart Markets setzt die Anforderungen gängiger IT-Systeme an eine Rechteverwaltung um. Dazu gehören:

### Mandantenfähigkeit

- Single-Sign-on
- Rechte auf Anwendungsbereiche
- Rechte auf Datenobjekte
- Gruppierung von Rechten in Rollen
- Mandantenspezifische Rechte
- Verwaltung mehrerer Anwendungen
- Stellvertretung

IT-technisch werden die Anforderungen durch die Anwendungskomponenten „Security-Module“ erfüllt. Dieses Modul mitsamt den Anforderungen ist in einem UML-Modell spezifiziert worden, welches im Weiteren für die Implementierung des Systems genutzt wird. Dabei kann eine Anwendung entsprechend den eigenen Anforderungen eine Teilmenge der angebotenen Funktionalität der Rechteverwaltung nutzen. In der vollen Ausbaustufe wird das Sicherheitskonzept als Webservice zur Verfügung stehen, um weitere Anwendungen plattformunabhängig und lose gekoppelt an das zu erstellende Security-Modul anbinden zu können. So können weitere Dienste und Anwendungen rund um den Smart Market später leicht integriert werden. Um eine gesicherte Datenübertragung auch über das Internet zu erreichen, stehen vielfältige Sicherheitsmechanismen zur Verfügung, die im Folgenden skizziert werden.

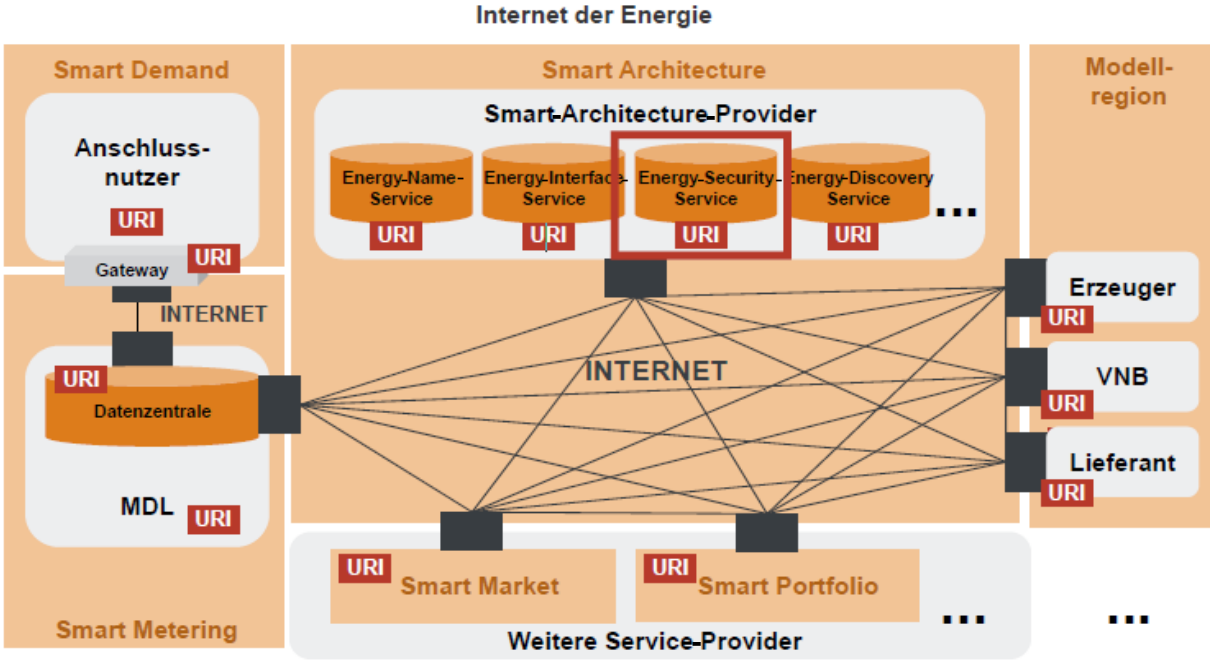
### Sicherheit der Datenhaltung im Smart Market

Die Marktplattform tritt zwar nicht als Vertragspartner in den Geschäften der Marktteilnehmer auf, übernimmt aber in festgesetztem Rahmen das Clearing der Transaktionen, indem sie diese registriert und nachvollziehbar dokumentiert. Alle Daten, die mit diesen Geschäften verbunden sind, müssen revisionsfest und konsistent gespeichert werden. Der Smart Market wird diese Anforderungen durch den Einsatz von transaktionssicheren Datenbankmanagementsystemen und Applikationsservern erfüllen. Zusätzlich müssen die Daten vor Manipulation und unerwünschter Änderung durch Unbefugte geschützt werden. Dies wird jeweils auf der untersten möglichen Ebene in der Softwarearchitektur des Systems realisiert werden. Es wurde im Rahmen der Analyse eine Evaluation der Verarbeitung von Massendaten durchgeführt. Insbesondere bei Fahrplanprodukten mit Toleranz (Trichter) sind große Datenmengen in Form von Zeitreihen mit täglichen Aktualisierungen zu erwarten. Die Evaluation hat gezeigt, dass die angestrebte Datenbankplattform dies zu leisten vermag.

### 3.3.3.3 Sicherheitskonzept Smart Portfoliomanagement

Das System Smart Portfoliomanagement ist ein System, welches im Basissystem bereits viele Sicherheitsmechanismen mitbringt, damit es die hohen IT-Anforderungen der Kunden erfüllen kann. Damit ist das Basissystem für den Einsatz im Smart-Watts-Projekt gut gerüstet. Der Zugang zum System wird nur registrierten Benutzern mit Benutzer und Passwort gewährt. Die Passwörter werden grundsätzlich verschlüsselt im System gehalten und abgeglichen. Weiterhin werden die Benutzer je nach Aufgabenbereich (Rolle) verschiedenen Benutzergruppen zugeordnet. Eine Benutzergruppe beinhaltet ein Rechteprofil, welches die Rechte zum Ausführen bestimmter Funktionen einschränkt. Ebenso gibt es die Möglichkeit, z. B. für bestimmte Portfolioauswertungen, den Benutzerkreis für bestimmte Datenobjekte einzuschränken. Im System tätig werdenden Händlern kann über ein Limitsystem ein spezielles, definierbares Limitprofil zugewiesen werden. Damit können ihm vom System sowohl energetische als auch finanzielle Grenzen gesetzt werden. Das System ist in der Lage, revisionssicher die zwischen Geschäftspartnern getätigten Verträge abzubilden, die Bewegungsdaten können versioniert und/oder historisiert abgelegt werden und sind zu einem späteren Zeitpunkt abrufbar. Das System bietet die Möglichkeit, für Schnittstellen nach außen besondere Sicherheitsmechanismen einzusetzen. Im Smart-Watts-Umfeld wurde hier die Verwendung von SSL -Technologien im Umfeld Webservices eingesetzt. Das Smart-Portfoliomanagement-System beinhaltet umfangreiche Administrations- und Loggingfunktionalitäten, die eine Nachvollziehbarkeit bestimmter Prozesse gewährleisten.

### 3.3.3.4 Sicherheitskonzept Smart Architecture




MDL: Messdienstleister; VNB: Verteilernetzbetreiber

**Bild 38: Komplett Internet-/IP-basiertes Modell von Smart Watts**

Im Teilvorhaben 1 Smart Architecture wurden insbesondere die in 2011 aufgekommenen Entwicklungen bezüglich des BSI-Schutzprofils im Bereich der Sicherheitsanforderungen an die Smart Architecture berücksichtigt: Zur Spezifikation dieser Smart Architecture wurden zuerst Anwendungsfälle (Use-Cases) über alle Konsortialpartner hinweg gesammelt. Aus diesen Anwendungsfällen heraus wurde abgeleitet, an welchen Stellen eine flexible und offene Informations- und Kommunikationsplattform ein Internet der Energie unterstützen kann. Neben nichtfunktionalen Anforderungen wurden insbesondere folgende neun generischen funktionalen Anforderungen identifiziert:

- G1: Identifikation, Datenverantwortlichkeit offenlegen, Datenlokation ermitteln
- G2: Autorisierung, Integritätssicherung, Unterstützung bei verschlüsselter Datenübertragung
- G3: auf Nutzerwunsch Loggen der Kommunikationseckdaten (Startzeit, Service, ...) zur Nachvollziehbarkeit
- G4: (strukturierte) Suche nach Funktionen/Funktionalitäten bzw. Services im Internet der Energie
- G5: unstrukturierte Suche nach Information oder Services
- G6: QoS-Anfrage
- G7: Information über Zugriffsmechanismen bereitstellen
- G8: Unicast, Anycast, Multicast, Broadcast
- G9: Akkreditierung von besonderen Rollen, Änderung der bei der Anmeldung zur Identifikation hinterlegten Daten

Diese neun Anforderungen bilden die Basis, um die Services der Smart Architecture zu konzeptionieren. Die Services wurden durch „Anwendungsfälle der Smart Architecture“ konkretisiert und anschließend spezifiziert. Die wesentlichen Services haben folgenden Status erreicht:

### Energy Name Service (ENS)

Der ENS wurde vollständig ausspezifiziert und in Form der DIN SPEC 91214 „*Identification scheme and name service in the Internet of Energy (Energy Name Service)*“ im März 2011 als DIN SPEC vorgeschlagen und somit der Öffentlichkeit zugänglich gemacht. Das Spezifikationsverfahren erfolgte mit öffentlicher Kommentierung, das detaillierte Feedback wurde in die Spezifikation eingearbeitet.
Der Energy-Name-Service wurde von der *regioIT* in Form eines Prototyps umgesetzt und ist bereits voll in den DNS integriert. Durch eine Weboberfläche können neue IDs angelegt, geändert, durch Funktionen verknüpft und gelöscht werden. Während des Smart-Watts-Feldversuchs wird der Prototyp in einer Laborumgebung weiter getestet und verfeinert.

### Energy-Security-Service (ESS)

Der Energy Security Service ist noch nicht abschließend umgesetzt. Es wurden Möglichkeiten der Einbindung des ESS in den Prozess der Gateway-Nutzung untersucht und die Schnittpunkte mit den restlichen Services genauer definiert.

Es wurde ein Entwurf einer weiteren DIN SPEC erstellt. Gegenstand der Spezifikation ist unter anderem auch die Absicherung von personenbeziehbaren und personenbezogenen Daten im ENS. Im Gegensatz zum ENS wurde beim ESS jedoch ein nichtöffentliches Kommentierverfahren gewählt werden.
Zusätzlich wurde mit der prototypischen Implementierung des ESS begonnen. Ziel ist hier die Demonstration verschiedener sicherheitssensitiver Abläufe in der Smart Architecture und die Entwicklung eines Leitfadens zur Umsetzung des Rollenkonzepts.

#### Energy-Interface-Service (EIS)

Für den EIS wurde eine detaillierte Ausarbeitung der benötigten Funktionen und Anforderungen durchgeführt.

#### Energy-Lookup-Service (ELS), Energy-Discovery-Service (EDS) und Event-Registry-Service (ERS)

Für diese drei Basisservices, die für das Gesamtkonzept eine untergeordnete Rolle spielen, wurden keine detaillierten Spezifikationen entwickelt. Der Status aller drei Beschreibungen ist auf höherem Abstraktionsgrad, Funktionen und Aufgaben sind als Blackbox dargestellt.

### 3.3.4 Aufbau der Modellregion und Durchführung des Feldversuchs

Im Folgenden werden die Vorbereitungen, Phasen und Aktivitäten des Feldversuchs in der Modellregion Aachen erläutert, darunter Systemtest, Labortest, Friendly-User-Test und Kalibrierungsphase. In der letzten Feldversuchsphase, der Wirkungsphase, stand die Validierung der Ergebnisse im Vordergrund. Diese Ergebnisse werden in Kapitel 4.6 (siehe S. 228ff.) behandelt.

#### 3.3.4.1 Rahmenbedingungen

Der Feldversuch findet bei interessierten Kunden statt, bei denen das Smart-Watts-System in den üblichen Ablauf des Haushalts eingreift. Damit der Feldversuch von den Testteilnehmern akzeptiert wird, ist es unabdingbar, dass die Systeme in der Regel fehlerfrei arbeiten und eine hohe Form der Einsatzreife zeigen. Die *STAWAG* als Energielieferant und Netzbetreiber hat den Anspruch, einen störungsfreien Langzeitbetrieb sicherzustellen.

Entsprechende Ansprüche von den Kunden der *STAWAG* an die Versorgungssicherheit werden automatisch an die von der *STAWAG* ausgelieferten Systeme gestellt. Bei einem im Rahmen eines Forschungsprojekts durchgeführten Feldtest kann eine entsprechende Zuverlässigkeit nicht mit den zur Verfügung gestellten Mitteln erreicht werden – zudem ist letztlich für die Ergebnisse des Feldversuchs eine derartige Zuverlässigkeit nicht erforderlich. Diese Diskrepanz kann in der Regel nur durch ausreichende Kommunikation mit dem Endkunden als Feldversuchsteilnehmer gelöst werden.
Dennoch zeigt sich, dass eine hohe Zuverlässigkeit der eingesetzten Systeme unabdingbar ist.
Der Feldversuchsteilnehmer muss für eine Teilnahme an dem Feldversuch eine Anzahl von Bedingungen erfüllen.

So ist ein DSL-Anschluss mit Flatrate-Tarif unabdingbar, damit jederzeit die Systeme im Versuchs-Teilnehmerhaushalt über das Internet mit ihren Partnersystemen Kontakt aufnehmen können. Durch die Verwendung des iPads als Visualisierungshardware ist überdies ein WLAN (WIFI-) Netzwerk in dem Haushalt notwendig und eine weitere Grundbedingung für die Teilnahme.

#### 3.3.4.2 **Test-/Laboraufbau, Entwicklung Installationsprozess**

Der Test des Smart-Watts-Gesamtsystems wurde in Abstimmung mit dem Konsortium dreistufig durchgeführt: Dem Systemtest folgt ein Systemintegrationstest, bevor der Labortest den Gesamttest abschließt.

##### Systemtest

Dieser Test in den Räumen der einzelnen teilnehmenden Konsorten sorgt für entwicklungsnahe Testbedingungen und schnelle Reaktionsmöglichkeiten bei festgestellten Abweichungen.
In dieser Phase testet jeder Konsorte seine eigenen Entwicklungen auf vollständigen Funktionsumfang; Schnittstellen zu anderen Konsorten werden, sofern technisch möglich, simuliert.
Um die entwickelten Hardware- und Softwarekomponenten vor der Ausbringung in den Feldtest intensiv testen zu können, war es notwendig, ein reales Testszenario aufzubauen. Hiermit kann das Komponentenverhalten und das Gesamtsystemverhalten unter realen Einsatzbedingungen getestet werden.

Das Smart-Meter-Gateway wurde fest im Verteilerraum des Firmengebäudes von Kellendonk Elektronik im Erdgeschoss installiert. Der restliche Testaufbau war im dritten Stockwerk verteilt. Damit stand eine reale Powerline-Strecke zwischen dem Metergateway und der EEBus-Bridge zur Verfügung, in die zusätzlich Dämpfungsglieder und Powerline-Störer für die Testung eingebracht wurden.

**Bild 39: Darstellung der Test-Powerline-Verbindung im Gebäude**

Der Gesamttestaufbau, der die Komponenten der Großzahl der Haushalte abdeckt, sah skizziert wie folgt aus:

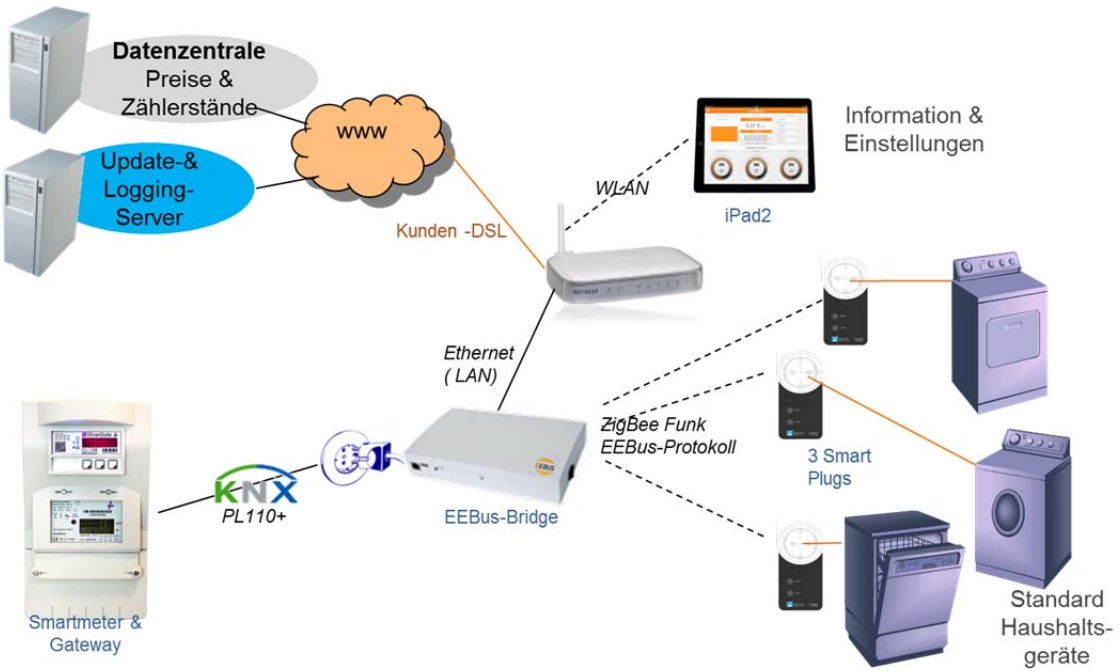



**Bild 40: Standard Feldtestausstattung**

Die sogenannten „Sonderausstattungen von Feldtest-Haushalten“ mit *Miele*-Waschmaschinen, *Vaillant*-Wärmepumpen, *LG*-Geräten und *Liebherr*-Gefriereinheiten wurden im Testlabor separat aufgebaut und getestet.

**Bild 41: Sonderausstattungen im Smart-Watts-Feldtest**

Der Systemtest wuchs mit dem entsprechenden Reifegrad der Komponenten. Mit dem zu Beginn des Systemtests vorliegenden Testaufbau, bei dem das Smart-Meter-Gateway auf einem simplen Linux-Kernel basierte und von einem dezidierten Testserver die Preise erhielt, war ein Szenario geschaffen, welches das Smart-Watts-Inhouse-System durch hauseigene Teillösungen unabhängig von anderen Zulieferern bestmöglich simulierte.

Der entscheidende Schritt für einen vollständigen Systemtest war die Integration des Gateways und der Datenzentrale in der endgültigen Ausprägung.

Beim nächsten Schritt konnte das Gateway mit der Datenzentrale Kontakt aufnehmen, in dem eine Internetverbindung durch ein in das Gateway eingebautes GPRS-Modem aufgenommen wurde. Die Verbrauchsdaten und Preise wurden mittels EEBuS-Kommandos direkt über die KNX+-Powerline-Strecke an die EEBus-Bridge weitergeleitet. Das gleiche Szenario wurde dann später auch für die Ausbringung der sogenannten Friendly-User-Tests verwendet.
Eine weitere Stufe war die Integration einer durchgängig verschlüsselten Verbindung zwischen Datenzentrale und Gateway.

Finale Ausprägung war die Anbindung des Gateways an das Internet über ppp-Tunnel, ebenfalls via EEBus über das Transportmittel KNX+-Powerline. Damit war das komplette Gateway über Powerline-Kommunikationsstrecke mit der Außenwelt verbunden.
Die zuerst verwendeten iPad-Simulationen wurden durch echte iPads mit Smart-Watts-Applikation ersetzt. Im Rahmen des Systemtests und des Systemintegrationstests konnte die iPad-Applikation zur Ausbringungsreife fertiggestellt werden.

### Systemintegrationstest

Aufbauend auf den einzelnen Systemtests wurde das Zusammenspiel der Komponenten getestet. Der Systeintegrationstest besteht daher aus einem im Konsortium abgestimmten Testaufbau und beinhaltet Tests, deren Augenmerk eher auf die Abstimmung der unterschiedlich lokalisierten Teilsysteme in der Gesamtheit richtet. Hier werden die räumlich entfernten Systemteile Datenzentrale und Logging- und Update-Server in die gemeinsame Testung mit den Systemteilen im Haushalt – EEBus-Bridge, Gateway, intelligente Steckdosen und iPad sowie Haushaltsgeräten als Sonderausstattung – gebracht. Die Kommunikationsstrecke des Preissignals vom Smart Portfoliomanagement über die Datenzentrale bis hin zum Gateway, der Bridge und den Steckdosen im Haushalt wurde getestet.

Grundlage für den Systemintegrationstest (SIT) waren die im Konsortium gemeinsam definierten Test-Cases. Dabei wurden erstmals alle Systemkomponenten der verschiedenen Projektpartner gleichzeitig zusammengeführt, wodurch ein umfassender Gesamtsystemtest möglich war.

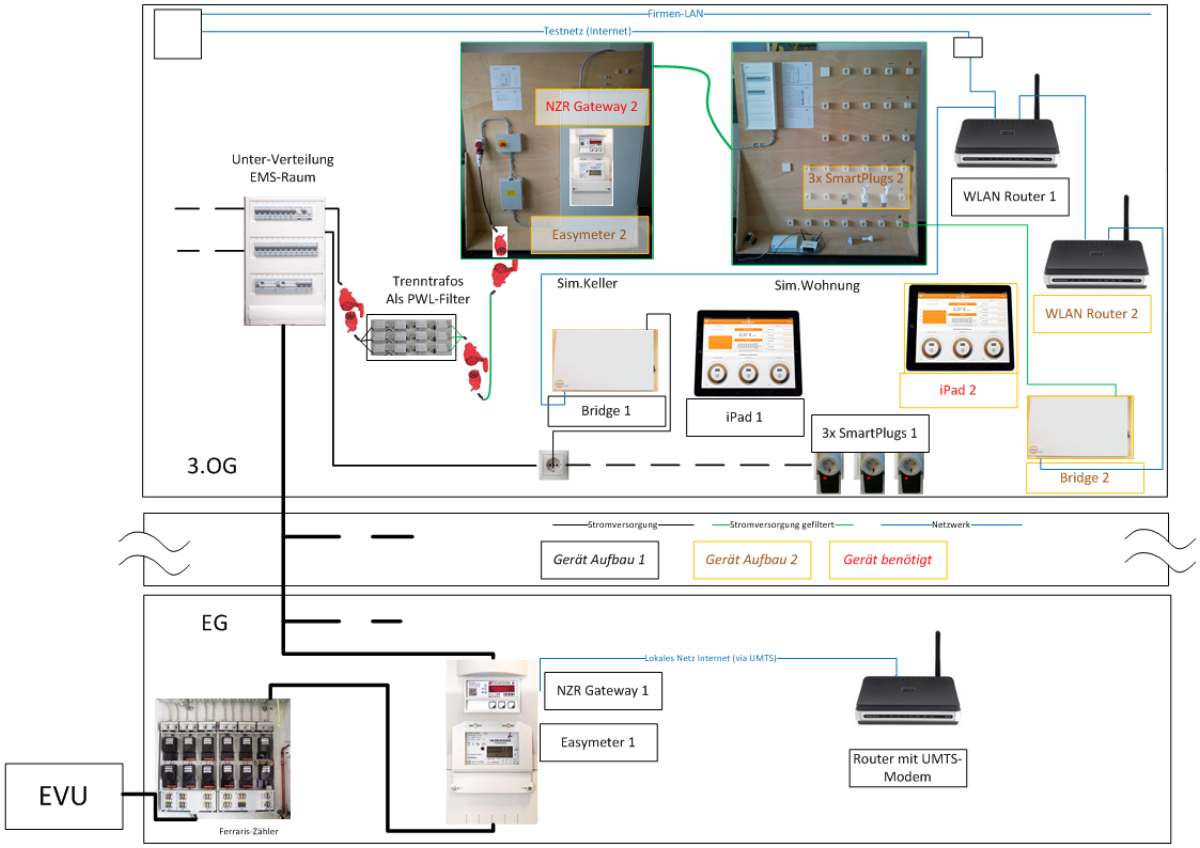



**Bild 42: Aufbau des SIT**

Um die Testkapazität zu verdoppeln, wurde neben dem vorhandenen Zähler mit Gateway ein zweiter Zähler mit Gateway auf einer Stellwand angebracht. Damit sich die Powerline-Strecken untereinander nicht stören – genauer gesagt: sich die Bandbreite nicht teilen müssen – wurde das zweite Testsystem mit Powerline-Filtern ausgestattet, die aus Trenntrafos bestanden.

## Labortests

Für den Labortest, sowie zur effizienten und optimalen Durchführung des Smart-Watts-Kernprozesses „Installationen planen“, wurde eine zukunftsorientierte Prüfplatz-Infrastruktur bei der STAWAG konzipiert, projektiert und aufgebaut. Die Prüfplatz-Infrastruktur basiert mechanisch auf dem Gestell einer modernen Zählerprüfstation, ist jedoch komplett galvanisch vom Stromnetz der Zählerprüfstation getrennt. Die Trennung der Stromkreise sowie die umgesetzte Architektur der Anlage ermöglichen den Parallelbetrieb von Smart-Watts-Aktivitäten sowie die Durchführung von amtlichen Eichungen an elektronischen Zählern.

Die Prüfplatz-Infrastruktur bietet fünf räumlich getrennte Prüffelder, an denen gleichzeitig gearbeitet werden kann. Durch den gezielten Einsatz von Trenntransformatorstufen wurden alle elektronischen Schaltkreise netzrückwirkungsfrei von der externen Netzversorgungs-Spannung und intern an den Netzverteilungsknotenpunkten innerhalb der Prüfplatz-Infrastruktur getrennt. Dies verhindert zum einen das Übersprechen von Signalen auf dem Frequenzband der einzelnen Testplätze und bietet zum anderen die Möglichkeit, flexibel und gleichzeitig verschiedene Technologien für den Einsatz im Feld testen und bewerten zu können.

Zusätzlich verfügt jeder Prüfplatz auf der Vorderseite über sechs Schuko-Steckdosen, um die intelligenten Steckdosen zu pairen (pairen = paarweise miteinander verbinden) und jeweils über einen eigenen Router (hier: *Fritz!Box*), um die Netzwerksegmente untereinander zu trennen.

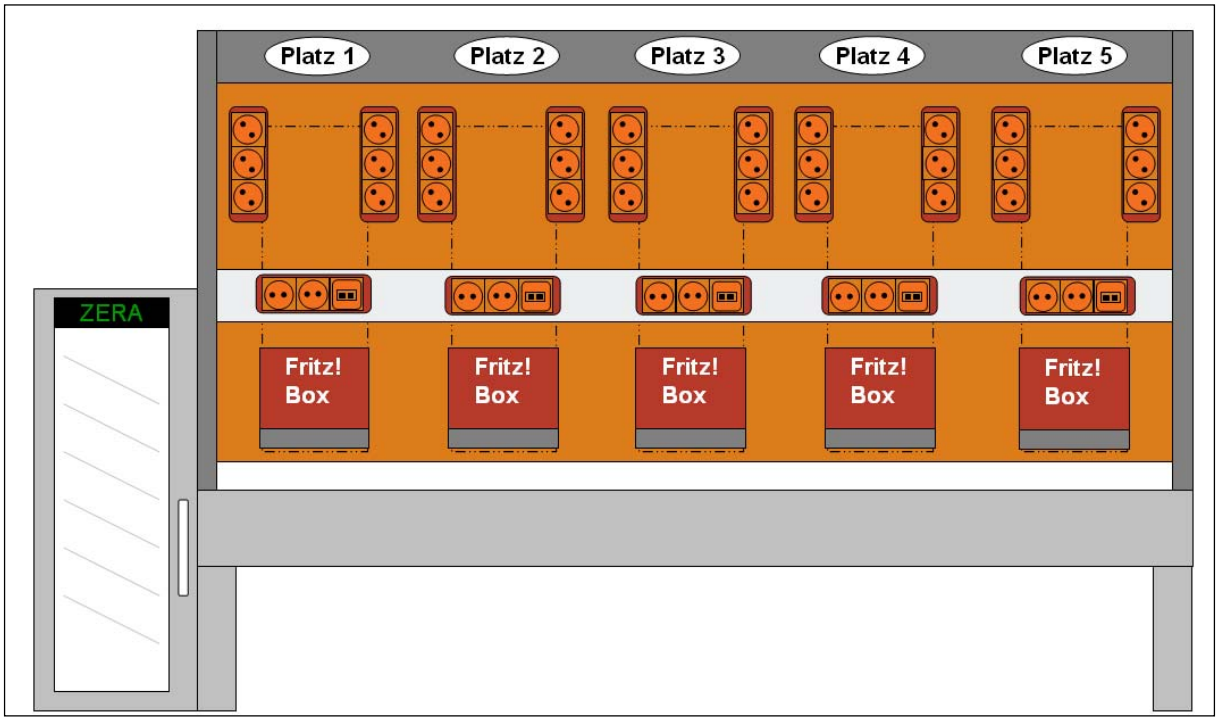



**Bild 43: Prüfplatz Vorderseite**

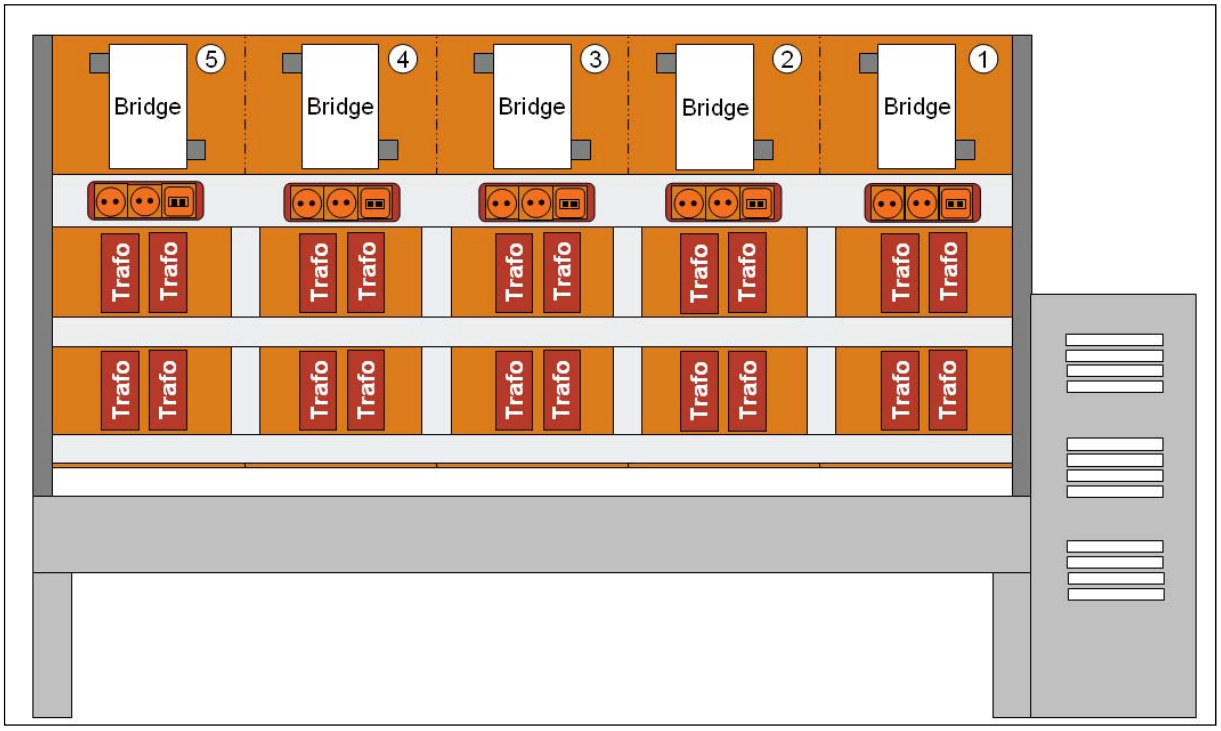



**Bild 44: Prüfplatz Rückseite**

**Bild 45: Der Labortest vor Ort**

Während der Labortests und der Friendly-User-Phase (siehe nächster Abschnitt „Feldversuchsaufbau“) wurden gemeinsam mit den beteiligten Konsorten die Installationsprozesse durchgeführt und auf ihre Eignung für den Vollausbau hin geprüft. Auf diese Weise konnten Nachbesserungen und Optimierungen am Prozess vorgenommen werden.
Alle IT-Systeme und Geräte in Smart Watts werden im Installationsprozess individuell je Teilnehmer konfiguriert und miteinander verbunden. So muss beispielsweise der Datenzentrale im Vorfeld bekannt sein, welche Geräte (Gerätenummern von Zähler und Gateway) welchem Kunden zugeordnet werden (Zählpunktbezeichnung). Ein Austausch einzelner Geräte ist nur möglich, wenn in sämtlichen anderen Systemen die Konfiguration angepasst wird.
Das generelle Vorgehen der vollständigen Konfiguration der Komponenten für den Kunden einschließlich Funktionstest wurde während des Vollausbaus bestätigt, da vereinzelt Komponenten defekt waren. Eine Fehlersuche beim Kunden ist nicht möglich, da dort zusätzliche Fehlerquellen liegen können, die eine schnelle Fehlerbehebung unmöglich machen. Zusätzlich ist ein Austausch von Komponenten aufgrund des oben genannten Konfigurationsprozesses nicht ohne weiteres möglich.

#### 3.3.4.3 **Feldversuchsaufbau**

##### Friendly-User-Testphase

Nach erfolgreichem Labortest wurden 50 sogenannte „Friendly User“ mit Smart-Watts-Geräten ausgestattet. Hierbei wurde zur Einhaltung der Deadlines von Terminketten eine Modifikation der Geräte angewendet, um die noch notwendige Zeit zur Realisierung der letzten Bugfixes zu gewinnen.
Das Gateway hat hierbei die Verbindung zum Internet über ein eingebautes GPRS-(Mobilfunk-)-Modem aufgebaut, statt die Verbindung zum Internet über die Powerline-Verbindung zur EEBus-Bridge zu erhalten. Dadurch war bereits der volle Funktionsumfang des Systems gegeben, wenn auch die Weitverkehrskommunikation zur Datenzentrale nicht über Powerline, sondern Mobilfunk erfolgte.

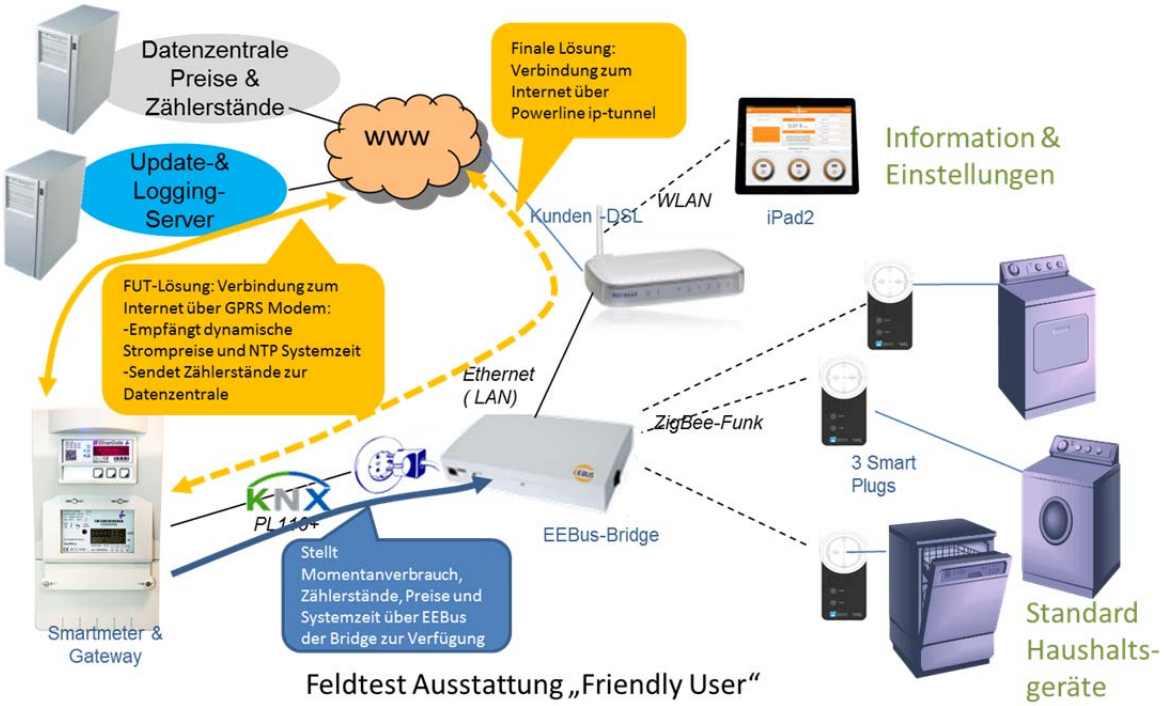



**Bild 46: Modifikation für die Friendly-User-Ausbringung**

Die Ausbringung geschah durch Teams mit je mindestens einem Mitarbeiter von Kellendonk und der *STAWAG*.

Vor der Ausbringung eines jeden Satzes an Geräten (Zähler, Gateway, EEBus-Bridge, intelligente Steckdosen) wurden diese im Labor der *STAWAG* konfiguriert, einander zugeordnet und einem Kurztest unterzogen. Dabei wurde auch die korrekte Konfiguration der Geräte und der Datenzentrale überprüft, dazu musste mindestens ein Eintrag des Zählerstands in die Datenzentrale abgelegt werden.

In der Friendly-User-Phase war das Smart Portfoliomanagement operativ in Betrieb. Es wurden beispielsweise Prognosen für die Erzeugung der erneuerbaren Energien generiert, die Steuerung im virtuellen Kraftwerk vorgenommen, Marktprodukte eingekauft und Abrechnungen erstellt.

### Feldversuch Vollausbau

Ab August 2012 startete die Ausbringung in den Vollausbau des Feldtests. Dabei zeigte sich, dass die vorliegende Gerätekombination empfindlich auf Störungen auf der Powerline-Strecke reagiert. Eine mit vernünftigem Aufwand in planbarer Zeit nicht behebbare Grenze eines Timeouts in der Software des NZR-Gateways verhinderte die Kommunikation. Dies geschah, wenn durch Störungen auf der Powerline-Strecke eine Bandbreitenreduktion eintrat und dadurch eine Verlangsamung der Datenübertragung auftrat.

Da die Einflussmöglichkeiten auf die Störer (und deren Lokalisierung), sofern sie sich nicht im Haushalt selbst befanden, gering sind, mussten die Nutzsignaldämpfungen im System so gering wie möglich gehalten werden. Daher war bei der Installation bei den Feldtestteilnehmern eine Messung der Signalpegel im Haushalt notwendig, um eine geeignete Steckdose für die Bridge zu ermitteln. Dies wurde dadurch erschwert, dass das Gateway baubedingt die Powerline-Signale nur auf einer Phase aussendet (L2).

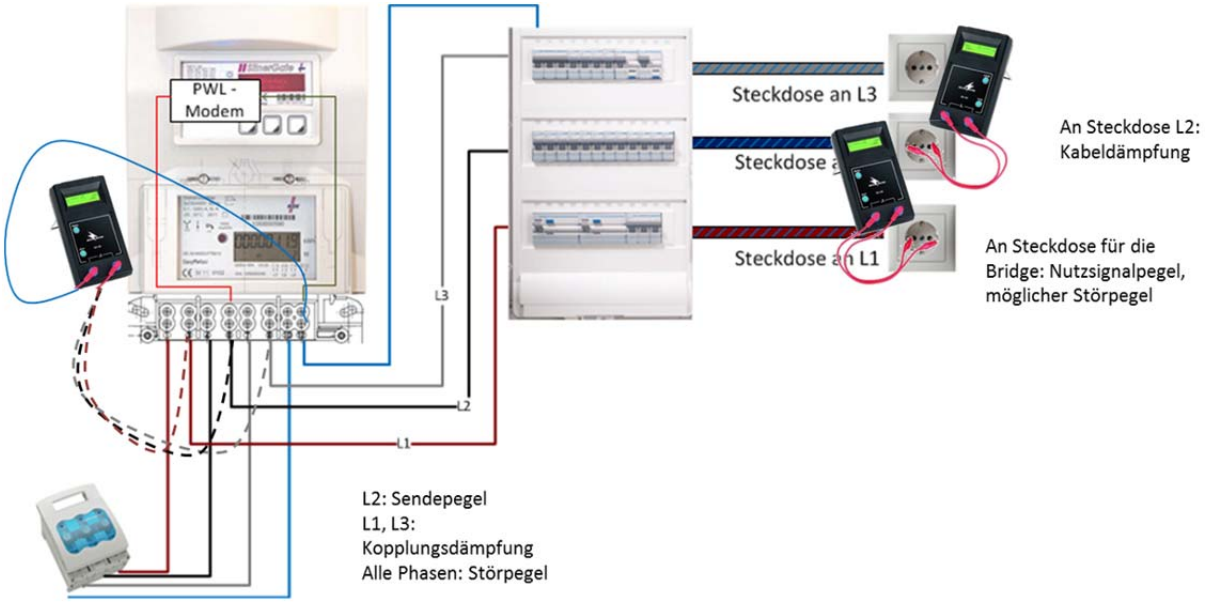



**Bild 47: Phasenprüfung, um die Powerlineverbindung auf L2 herzustellen**

Bei einigen Feldtestteilnehmern konnte keine geeignete Steckdose in der Nähe der EEBus-Bridge gefunden werden. Die Verbindung zu den DSL-Routern erfolgte bei diesen Feldtestteilnehmern dann durch andere Kommunikationstechnologien (z. B. WLAN oder Breitband-Powerline-Kommunikation, bekannt unter anderem durch die Firma *Devolo*). In der Konsequenz erschwerten die zusätzlichen Messungen die Terminplanung, da deren Dauer je nach Störlevel stark variieren konnte.

Weiterhin führten technische Unwägbarkeiten außerhalb der eigentlichen Smart-Watts-Komponenten zu Verzögerungen im Installationsablauf. So wurden Hausinstallationen angetroffen, die nicht mehr betriebssicher waren und erst vom Eigentümer nachgebessert werden mussten. Insbesondere das Kundennetzwerk war ein großer Unsicherheitsfaktor, hier wurde neben unterschiedlichster Hardware auch unterschiedlichste Konfiguration angetroffen. Auch die menschliche Komponente führte zu Verzögerungen, so kam es häufiger vor, dass Teilnehmer trotz vorheriger Bitte nicht ihre Passwörter für Router und WLAN zur Hand hatten. Auch die vorher notwendige Einrichtung einer Apple-ID zur gemeinsamen Inbetriebnahme des iPads mit Smart-Watts-App wurde des Öfteren vergessen.

Trotz der unterschiedlichsten Installationssituationen vor Ort und Vorbereitungsstufen sowie der schwankenden Vorkenntnisse der Feldtestteilnehmer, wurden durch die Mitarbeiter von *Kellendonk* und *STAWAG* vor Ort die Ausbringungen in der Regel erfolgreich abgeschlossen.

**Bild 48: Installationssituation ohne Zählerschrank (worst Case, linkes Bild) und Installation von mehreren Smart-Watts-Teilnehmern in einem Altbau-Mehrfamilienhaus (rechtes Bild)**

Am Ende des Jahres 2012 konnte die Mindestteilnehmerzahl zum Starten der Kalibrierungsphase erreicht werden, es waren 169 Haushalte mit funktionsfähigen Systemen ausgestattet.

#### 3.3.4.4 **Kalibrierungsphase**

In dieser dreimonatigen Phase wurden weitere Teilnehmer installiert. Verschiedene Preissignale wurden an die Feldtestteilnehmer gesendet, um Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge (Preissignal  Reaktion) zu ermitteln.

##### Preise

In der Kalibrierungsphase wurden bestimmte Preismuster verschickt, die teilweise nach definierten Mustern („Treppenstufen“) und teilweise zufällig erzeugt wurden. Bezüglich Dauer und Betrag (Stufen) der einzelnen Abschnitte gibt es keinen grundsätzlichen Unterschied zur Wirkungsphase. In der Wirkungsphase ergibt sich die Preiskurve aus dem Residuallastgang und einem Optimierungsalgorithmus (Lastverschiebung).
Die Kunden sollten in beiden Phasen (Kalibrierungs- und Wirkungsphase) in gleicher Weise auf die Preise reagieren.

##### Vorgehen zur Datenauswertung

Im Folgenden wird das Vorgehen der formalen Auswertung der Preis- und Verbrauchsdaten aus der Kalibrierungsphase des Smart-Watts-Feldversuchs beschrieben. Diese Daten dienten in erster Linie zum Training der verwendeten neuronalen Netze und zur Kalibrierung des Gesamtsystems vor Beginn der eigentlichen „Wirkungsphase“.
Die aus den beteiligten Haushalten in der Datenzentrale (DZ) gesammelten Daten (wirksamer Preis und Verbrauch; ¼-Std.-Werte) wurden unter Berücksichtigung der Gruppenzugehörigkeit (Visualisierung, intelligente Geräte etc.) in das Smart Portfoliomanagementsystem importiert.
Zielsetzung der durchgeführten Datenanalyse und -auswertung war es, festzustellen, ob die vorliegenden Daten für das geplante Training geeignet sind. Kriterien waren dabei die Vollständigkeit und formale Plausibilität der vorliegenden Daten. Auf Grundlage der Befunde

wurden Vorschläge für die weitere Überprüfung und Behandlung der Daten (Ersatzwertbildung) gegeben.

### Analyseergebnis

Die Analyse des zurückgemeldeten Preissignals und Verbrauchs nach Zeitraum×Anschluss erfolgte mittels Heatmaps. Die X-Achse stellt die Zeit dar und auf der Y-Achse sind die einzelnen Anschlüsse aufgeführt (siehe Bild 49).
Die Farbgebung bedeutet dabei folgendes:

- weiß: kein Preissignal
- schwarz/blau: Ersatzpreis
- dunkelgrün/grün/grüngelb/gelb/gelborange/rotorange/rot: Preisstufen von niedrig bis hoch

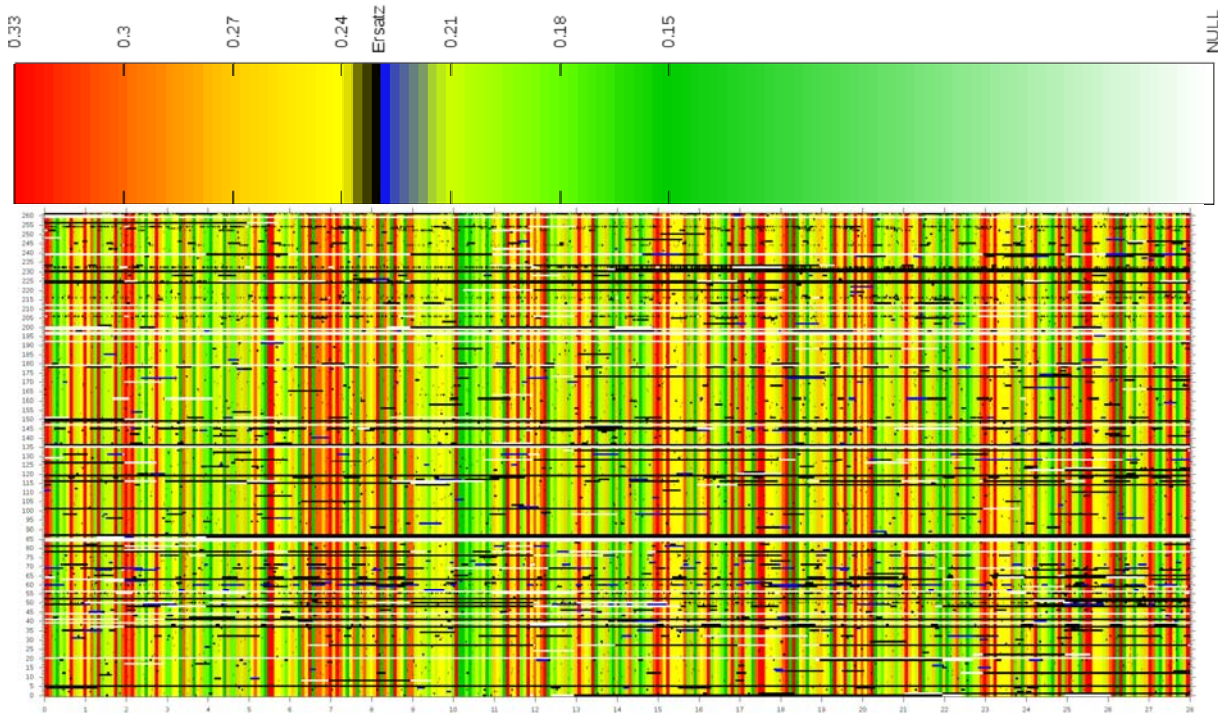



**Bild 49: Zurückgemeldetes Preissignal nach Zeitraum und Anschluss**

Während der Kalibrierungsphase wurde bei einigen Anschlüssen das Gateway auf GPRS umgestellt, sodass in der Phase des Wechsels kein Preissignal an den Verbrauch gesendet werden konnte (weiße Markierung).

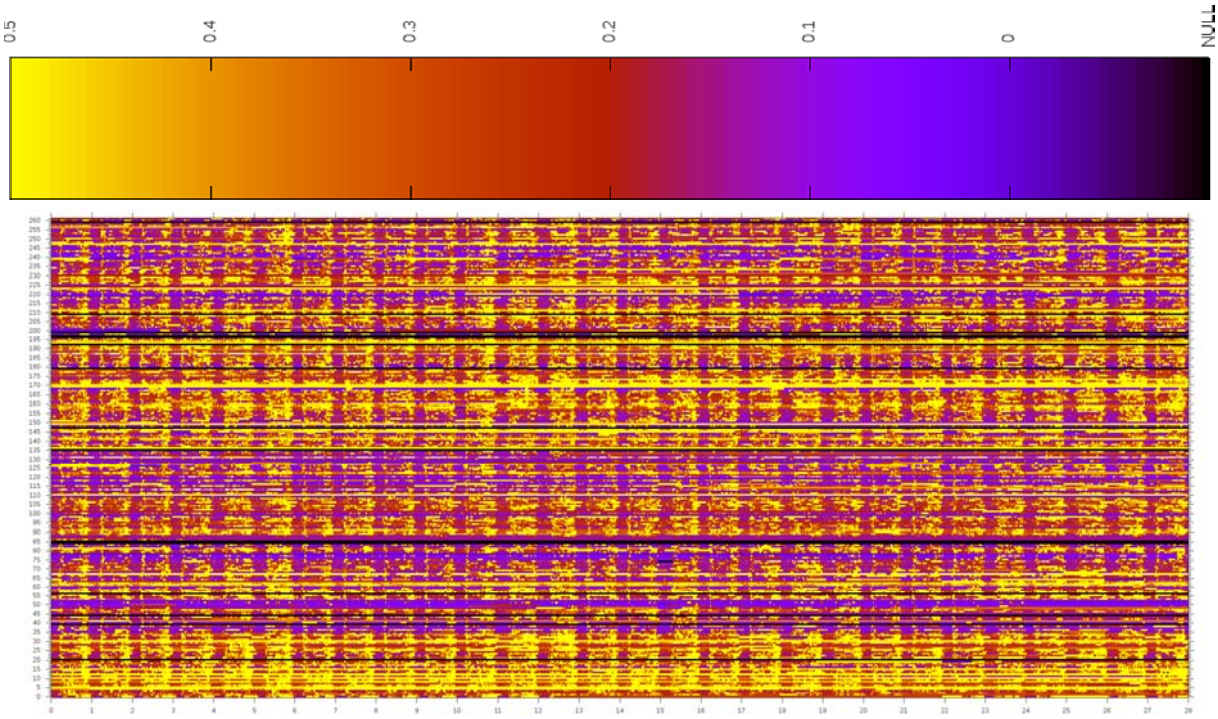



**Bild 50: Zurückgemeldeter Verbrauch nach Zeitraum und Anschluss**

Die zeitliche Struktur ist gut erkennbar. Das Wochenende konnte rein optisch eindeutig identifiziert werden, ebenso die Unterschiede in der Tagesstruktur.

Betrachtung der Zählpunkte mit jeweils bester Verbrauchsrückmeldung:

- Top10: ~ 3 %
- Top50: ~ 8 %

Nach Aggregation auf Stundenbasis (Mittelwertbildung unter Auslassung von fehlerhaften Werten) kann die Fehlerrate reduziert werden:

- Top10: ~ 2 %
- Top50: ~ 5 %

Für das Training des neuronalen Netzes im Lastverschiebungsmodul wurden die extremen Ausreißer eliminiert, die generelle Struktur blieb durch das Filtern jedoch unverändert.

### Zusammenfassung

In der Kalibrierungsphase wurde wenig Laständerung bei Preisänderungen festgestellt. Dies hatte unterschiedliche Gründe, weil die Stabilität einzelner Systemkomponenten beim Teilnehmer noch nicht zufriedenstellend war. Es mussten noch vereinzelt ausgefallene Geräte ausgetauscht oder ein Update der intelligenten Steckdosen durchgeführt werden. Ein weiterer Grund bestand in dem noch nicht eingeführten Bonussystem, welches einen finanziellen Anreiz für die Nutzung des Smart-Watts-Systems geboten hätte. Während der Wirkungsphase wurde mit den dann besseren Ergebnissen ein erneutes Training

durchgeführt. Die Ergebnisse der Wirkungsphase sind in Kapitel 4.9 (siehe S. 242ff.) beschrieben.

#### 3.3.4.5 **Wirkungsphase**

Nach der Kalibrierungsphase schloss sich bis zum Ende des Feldtests die Wirkungsphase an. In diesem Zeitraum wurden unter Berücksichtigung der jeweiligen Erzeugungs-, Bezugs- und Absatzsituation dynamische Preise gebildet, um den Residuallastgang auszugleichen und mit einer gezielten Lastverschiebung den optimalen Ausgleich des Gesamtportfolios zu erreichen. In der Datenzentrale, aber auch auf dem Logging-Server wurden die für die Auswertung notwendigen Daten gesammelt. Die Ergebnisse der Wirkungsphase werden in Kapitel 4.9 (siehe S. 242ff.) beschrieben.

#### 3.3.4.6 **Kundenbetreuung**

Die Kundenbetreuung über die gesamte Feldversuchsdauer war für die Lauffähigkeit der Systeme, aber auch für die Motivation der Kunden als Versuchsteilnehmer von entscheidender Bedeutung. Hier galt es, sowohl den Anspruch der Kunden als auch die des Projekts mit wirtschaftlich vertretbaren Mitteln in Übereinstimmung zu bringen.

##### Kundenmanagement/Kundenbetreuung/1st-Level-Support

Bereits im frühen Stadium zeigte sich, dass die für den Feldversuch benötigten Prozesse und Abläufe nicht im Standard CRM-System der *STAWAG* ohne weiteres abgebildet werden können. Zusätzlich sind für ein Forschungsprojekt Prozessflexibilisierungen und -anpassungen erforderlich, die ein Produktivsystem für rund 150 000 Aachener Haushalte nicht ad hoc leisten kann. Aus diesem Grund fiel die Entscheidung, alle feldversuchsrelevanten Prozesse, d. h. Kundenakquise, -betreuung, 1st-Level-Support inklusive Ticketsystem für 2nd und 3rd Level, durch die Konsorten über einen CRM-System abzubilden.

##### Anforderungen an das CRM-System:

Ziel war es, mit einem Werkzeug den Gesamtprozess Feldversuch und den 1st Level Support abzudecken:

- Prüfung und Selektion der Neuanmeldungen
- Datenkomplettierung und -korrektur
- Standardisierte Korrespondenzverwaltung und Dokumentation
- Unterstützung der Teilnehmerbetreuung
- Terminverwaltungen und Nachfassaktionen
- Durchführung und klare Dokumentation des Installationsprozesses
- Dokumentation sämtlicher Kundenkontakte
- Ticket-System für 1st-Level-Support
- Einhaltung der Datenschutzbestimmungen für 2nd-Level-Support über Projektpartner

Die grafische Oberfläche des eingesetzten CRM-Systems ist exemplarisch in Bild 51 zu sehen.

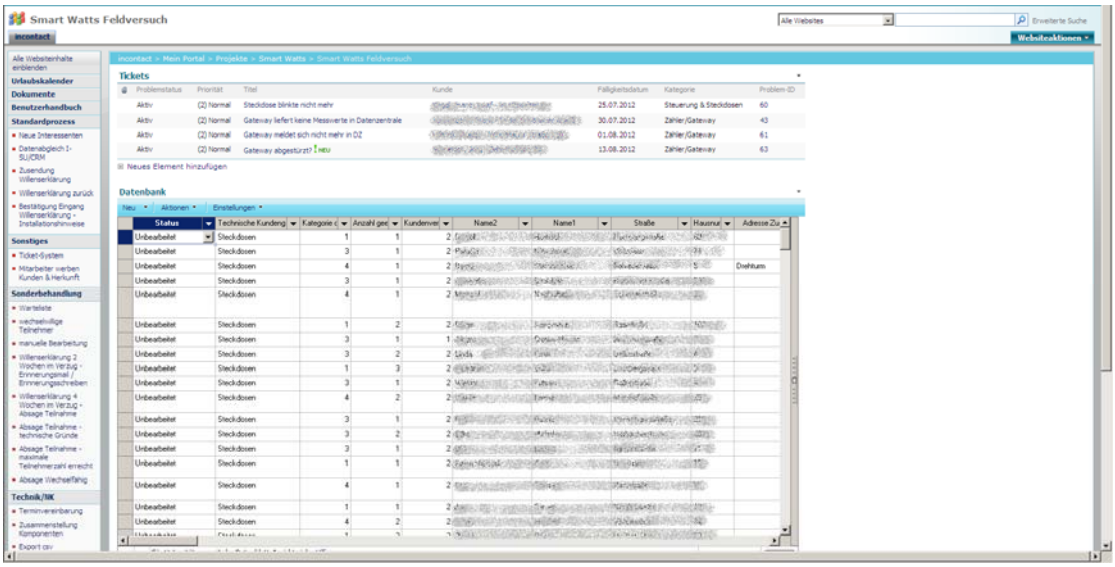



**Bild 51: Grafische Oberfläche CRM-System**

### Darstellung der Standard-Prozesskette im Sharepoint von der Neuanmeldung bis zur Installation

Durch die ausschließlich online mögliche Registrierung für den Feldversuch lagen alle Daten direkt in digitaler Form vor. Sie wurden automatisiert in das CRM importiert, sodass neue Interessenten dort täglich überprüft und ihrer Eignung entsprechend für den Feldversuch selektiert werden können. Interessenten, die die Eingangsvoraussetzungen, wie z. B. Wohnort Aachen und schneller Internetzugang, nicht erfüllen, wurden bereits während der Online-Registrierung darauf hingewiesen, dass eine Teilnahme nicht möglich ist. Haushalte ohne steuerbare Geräte erhielten innerhalb von max. drei Werktagen eine schriftliche Absage. Dazu werden diese im CRM für den Versand eines Absageschreibens vorgemerkt, sodass anschließend der gebündelte Ausdruck mehrerer Absagen möglich war. Auf die gleiche Weise werden sämtliche Schreiben vorbereitet, da die individuelle Erstellung von Schreiben zu aufwendig gewesen wäre.
Haushalte mit steuerbaren Geräten erhielten das Merkmal „Steckdosen“ und wurden damit als potenzielle Teilnehmer mit steuerbaren Lasten registriert. Analog dazu erfolgte die Markierung von Haushalten, die als „Kontrollgruppe“ oder „Visualisierung“ am Feldversuch teilnehmen können.

#### Zusendung der Teilnahmevereinbarung

Voraussetzung für die Teilnahme war die Unterzeichnung der Teilnahmevereinbarung durch den Kunden. Nach Eingang der unterschriebenen Teilnahmevereinbarung erhielt der Kunde ein Bestätigungsschreiben mit vorbereitenden Hinweisen zur Installation. Zusätzlich verfügte

das CRM über ein Monitoring, mit dem die verzögerte/ausgebliebene Rücksendung der Teilnahmevereinbarung erkannt wurde. Nach Abschluss dieses Prozessschritts erfolgt die Übergabe des Kunden an den technischen Kundenservice. Dieser bereitet die individuelle Haushaltsausstattung vor, koordiniert und führt die Installationstermine durch.

Installationsprozess

Der Technische Kundendienst der *STAWAG* begleitete den Installationsprozess, angefangen bei der Terminvereinbarung bis hin zum Kundentermin vor Ort zur Installation. Weiterhin war der Kundendienst für die Durchführung von Nachbesserungsterminen zuständig, wenn diese Zähler und Gateway betrafen.
Die Terminvereinbarung erfolgte telefonisch direkt zwischen Kunde und Technischem Kundendienst. Anschließend wurde anhand der Terminreihenfolge die Zusammenstellung der Feldtestkomponenten (intelligenter Zähler, Gateway, Bridge, intelligente Steckdosen, iPad) vorgenommen, die in diesem Zuge von utilicount und Kellendonk konfiguriert wurden. Bei der Zusammenstellung in Transportboxen wurden die Seriennummern der Komponenten im Sharepoint erfasst und direkt dem jeweiligen Kundendatensatz zugeordnet. Durch die Beschriftung der Transportboxen mit der individuellen Smart-Watts-ID war in allen nachfolgenden Prozessschritten eine schnelle Zuordnung gewährleistet. Zusätzlich wurde ein Umlaufbogen ausgedruckt und in einer Dokumententasche beigelegt. Der Umlaufbogen erhielt neben Details zum Termin und Komponenten sämtliche Kundeninformationen.

### 1st-Level-Support

Der 1st-Level-Support wurde ausschließlich durch das *STAWAG*-Projektteam geleistet. Im Feldversuch Smart Watts wurden innovative Komponenten mehrerer Konsortialpartner eingesetzt. Zusätzlich stellte die individuelle Situation des teilnehmenden Haushalts eine Fehlerquelle dar. Dies hatte zur Folge, dass ein erhöhter Betreuungsaufwand der Feldversuchsteilnehmer gewährleistet werden musste, zusätzlich musste bei technischen Problemen eine enge Abstimmung mit den Konsortialpartnern sichergestellt sein.
Zu diesem Zweck wurde ein mehrstufiges Betreuungskonzept im Konsortium entwickelt. Die *STAWAG* war als 1st-Level-Support erster Ansprechpartner der Teilnehmer. Generelle Fragen zum System, Verständnisfragen zur Technik oder Teilnahmebedingungen konnten in der Regel direkt an der Hotline beantwortet werden. Auch die meisten technischen Probleme konnten direkt im 1st-Level-Support gelöst werden. Hierfür wurde mit allgemeinverständlichen Technik-FAQs gearbeitet. Die wichtigsten und häufigsten Fehlerbilder mit Lösungsmöglichkeiten waren zusätzlich auf einer „Erste-Hilfe-Seite“ im Infoportal für die Teilnehmer rund um die Uhr erreichbar. So war gewährleistet, dass auch außerhalb der Bürozeiten kleinere generelle Fehlerbilder durch die Teilnehmer selbst gelöst werden konnten. Andere technische Probleme erforderten die Mitwirkung der Konsortialpartner, dies wurde als Second-Level-Support definiert. Hier direkt involviert waren vor allen Dingen Kellendonk und utilicount.
Da im Support sämtliche Anfragen der Kunden in personenbezogenen Tickets dokumentiert werden, mussten diese bei notwendigem 2nd-Level-Support durch die Projektpartner pseudonymisiert werden. Dies erfolgte über das CRM semistandardisiert über eine

Benachrichtigungsmail an den verantwortlichen Projektteammitarbeiter. Dieser leitete dann das Ticket in pseudonymisierter Form, d. h. ohne Namen und Anschrift, jedoch mit Merkmalen, die er zur Zuordnung und Fehlerbehebung benötigt (Zählpunktbezeichnung, Bridge-Nummer etc.) per E-Mail direkt an den verantwortlichen Projektpartner weiter. Damit war den Regeln des Datenschutzes Rechnung getragen.

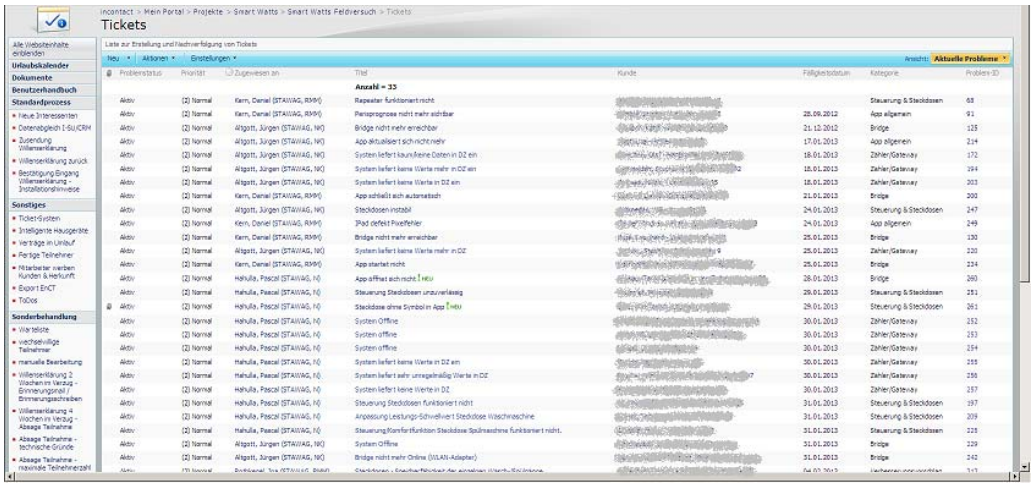



**Bild 52: Ticketsystem**

# 4 Ergebnisse

Im folgenden Kapitel werden wesentliche Projektergebnisse beschrieben. Hierbei handelt es sich einerseits um erarbeitete grundlegende Konzepte, Modelle, Standards und Normen und andererseits um prototypische IT-Systeme und Hardware, die in einem anschließenden Feldtest praktisch erprobt wurden. Der Feldtest ist das Ergebnis einer intensiven Analyse-, Entwicklungs- und Testphase. Bereits beim Aufbau der Modellregion konnten Erkenntnisse für zukünftige Installationen und Inbetriebnahmen gewonnen und verfeinert werden. Entsprechende Prozessbeschreibungen sind unter anderem in Kap. 4.4.3 „Installation bei den Teilnehmern“ (siehe S. 211ff.) aufgeführt.
Die Visualisierung von Preisen, Verbrauch und weiteren Informationen spielt für die Akteure der Energiewirtschaft eine wesentliche Rolle. Um die unterschiedlichen Anforderungen der beteiligten Rollen (Energieversorger, Endkunde etc.) zu erfüllen bzw. auch speziell dem Endkunden eine intuitive Übersichts- und Steuerungsoption zu geben, wurden im Smart-Watts-Projekt verschiedene Ausprägungen von Visualisierungskomponenten analysiert bzw. entwickelt, wie z. B. iPads, verschiedene Displays und ein Webportal (siehe Kapitel 4.3.9 Visualisierungskomponenten, S. 194ff.).
Neben der Demonstration der technischen Umsetzbarkeit der Smart-Watts-Systemkomponenten und dem entwickelten Lösungs- und Betriebskonzept entlang der gesamten Wertschöpfungskette wurden im Feldversuch Erkenntnisse über die Prognosen des Abnahmeverhaltens bei preissensitiven Verbrauchern und das mögliche Lastverschiebungspotenzial, die Akzeptanz dynamischer Tarife und intelligenter Mess- und Endgeräte gewonnen. Ebenfalls konnte im Feldtest die Integration der erneuerbaren Energien in virtuelle Kraftwerke und damit in den Markt dargestellt werden.

## 4.1 Fachkonzepte

### 4.1.1 Informationslogistikkonzept

Als Ausgangsbasis für die Entwicklung der Smart Architecture ist ein Informationslogistikkonzept notwendig, welches nicht nur die Kommunikationsflüsse in der Energiewirtschaft beschreibt, sondern einen Lösungsansatz für die Kommunikationsreduktion und Kommunikationsstandardisierung bietet. Grund hierfür sind die Ergebnisse einer Status-quo-Analyse hinsichtlich des Informationsaustauschs in der Energiewirtschaft, die bestätigen, dass sehr viele Informationen zwischen den Akteuren der Energiewirtschaft unstrukturiert, teilweise redundant und ungesteuert ausgetauscht werden. Im Rahmen der Status-quo-Analyse wurde eine Informationslandkarte erstellt (siehe Bild 53, S. 138), welche die Beziehung und Abhängigkeiten von Informationsakteuren, Informationsobjekten und Informationsflüssen konsolidiert beschreibt. Basierend auf diesen Ergebnissen wurde ein Informationslogistikkonzept entwickelt. Insbesondere verfolgt das Informationslogistikkonzept zwei Aspekte: Zentralisierung und Standardisierung des Informationsaustauschs in der Energiewirtschaft.

#### 4.1.1.1 **Informationslandkarte**

Die Informationslandkarte als Bestandteil des Informationslogistikkonzepts ist eine grafische Darstellung einer dreidimensionalen Informationsmatrix, welche den Informationsaustausch aller Akteure bezüglich der regulierten Geschäftsprozesse GPKE, MaBiS und WiM ermittelt. Zur Erstellung der Landkarte wurde eine eigene Ontologie entworfen. Die Landkarte stellt alle Akteure gleichzeitig als Quelle (rechte, graue Hälfte) und als Senke (linke, weiße Hälfte) dar. Die Farbe der Pfeile gibt die Zeitlichkeit der Informationen zwischen zwei Akteuren vor. So gibt es vorauseilende Informationen (rot), vorauseilende bis begleitende Informationen (dunkelorange), begleitende Informationen (braun), begleitende bis nacheilende Informationen (dunkelgrau) und nacheilende Informationen (hellgrau). Art, Relevanz und benötigte Reaktionen werden durch Beschriftung gemäß Tabelle 4 angegeben. Dabei wird durch die Betrachtung der Informationslandkarte erkenntlich, wie komplex die Energiewirtschaft in ihren regulierten Prozessen strukturiert ist.

| Aktualität | Faktor | Bedeutung | Faktor | Informationsbehandlung | Suffix |
|---|---|---|---|---|---|
| **hoch** | **3** | **hoch** | **3** | **ohne Rückmeldung** | **A** |
| **mittel** | **2** | **mittel** | **2** | **teilweise Rückmeldung** | **B** |
| **gering** | **1** | **gering** | **1** | **einmalige Rückmeldung** | **C** |
| **-** | **-** | **-** | **-** | **mehrfache Rückmeldung** | **D** |

**Tabelle 4: Gewichtungsfaktoren der Informationsobjekte**

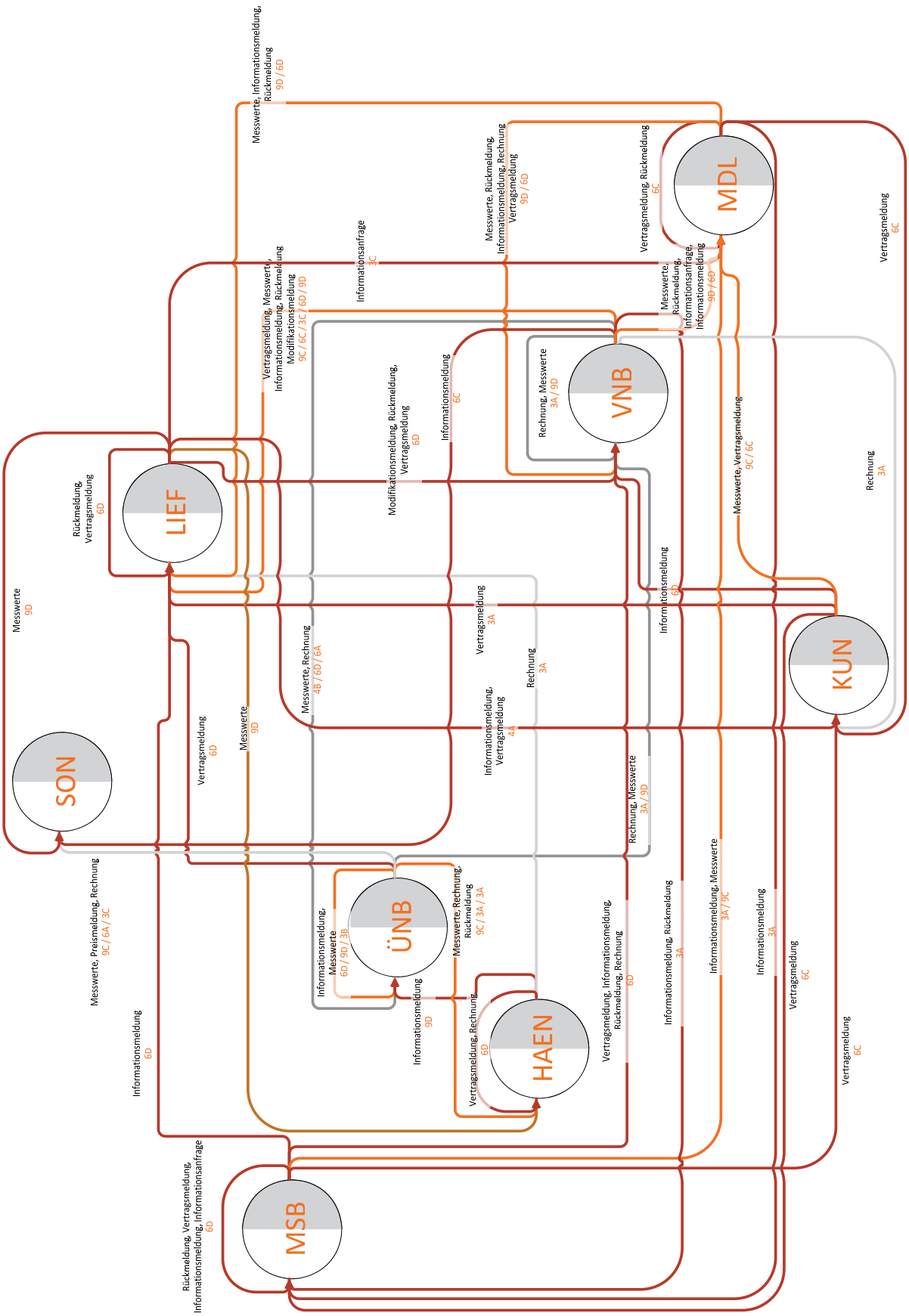



**Bild 53: Informationslandkarte der regulierten Marktprozesse in der Energiewirtschaft**

#### 4.1.1.2 Zentralisierung des Informationsaustauschs im Informationsnetzwerk der Energiewirtschaft

Die Kommunikation in der Energiewirtschaft weist die gleiche Struktur und Problemstellung wie in einem vermaschten Netzwerk der Rechnernetztopologie auf. Zur Resolution der komplexen Struktur kann die Entwicklung eines solchen Informationsnetzwerks, wie es in der Energiewirtschaft herrscht, durch die Umwandlung in eine Sterntopologie erfolgen, wie in Bild 54 dargestellt. Eine Sterntopologie beschreibt eine zentrale Struktur, in dem ein zentraler Knoten mit allen anderen Knoten verbunden ist und folglich der zentrale Knoten die Rolle der Lenkung und Steuerung der Informationen/Nachrichten vornimmt. Diese Umwandlung kann auf das Kommunikationsnetzwerk der Energiewirtschaft übertragen werden: Eine zentrale Instanz soll die Kommunikation zwischen den Akteuren verwalten und ist als ein Energy-Market-Information-Management (EMIM) zu verstehen, welches die Informationslogistik steuert. Das EMIM organisiert jeglichen Informationsfluss innerhalb des Netzwerks und kann als zentrale Servicestelle betrachtet werden. Dadurch kann auch im Kommunikationsnetzwerk der Energiewirtschaft eine Sterntopologie realisiert werden.
Das EMIM muss vier Aufgaben bewältigen:

1. Empfangen und Senden von Informationsanfragen
2. Identifizierung von Sender und Empfänger von Informationsanfragen und Antworten
3. Registrierung von Informationsanfragen mitsamt ihrer Abwicklung
4. Absicherung des Informationsflusses durch geeignete Sicherheitsprotokolle

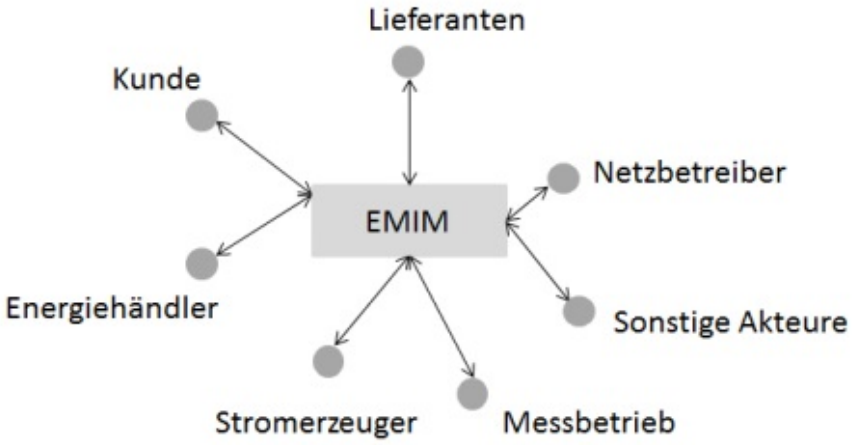



**Bild 54: Sterntopologie**

Das EMIM erhält größtenteils Informationsanfragen und leitet diese zu den dazugehörigen Senken weiter. Nachrichten werden nur von registrierten Netzwerkteilnehmern weitergeleitet. Dem liegt zum einen die Absicht zugrunde, die Komplexität der Informationsflüsse zu reduzieren, indem nur Prozesse verarbeitet werden, die wiederum für eine bestimmte Zielgruppe oder einen bestimmen Teilnehmer definiert wurden. Zum anderen wird durch eine Registrierung der Teilnehmer beabsichtigt, die Qualität der Nachrichten zu sichern, indem Nachrichten von unbekannten Parteien, die irrelevante Informationen senden könnten, vermieden werden. Daher muss das EMIM den Sender validieren und im Falle einer fehlgeschlagenen Validierung eine Anfrage zurückweisen. Die Registrierung sowie die Identifizierung der Teilnehmer wird durch die Smart Architecture implementiert.

Jede erfolgreich übertragene Nachricht wird mit einem Identifikator, konkret einer Reference-Identification-Number (RID), versehen. Antwortet ein Marktteilnehmer auf eine Anfrage, bezieht er sich mit der RID auf die Anfrage. Das EMIM kann anhand der RID einfach Ursprungsort und Initiator einer Anfrage ermitteln.

#### 4.1.1.3 Standardisierter Datenaustausch im Informationsnetzwerk der Energiewirtschaft

Um eine bestmögliche Transparenz und Kompatibilität innerhalb des Informationsnetzwerks zu erreichen, ist es essenziell, beim Datenaustausch auf Standards zurückzugreifen, um den Aufwand einer Schnittstellenimplementierung gering zu halten. Für den Datenaustausch wurden mehrere Standards evaluiert und folgende für die Umsetzung des Informationslogistikkonzepts empfohlen:

**Datenübertragung (Protokolle):** Der derzeit am meisten verbreitete Übertragungsweg ist die Übermittlung von Nachrichtendateien im Internet. Dies geschieht größtenteils über SMTP (Simple-Mail-Transfer-Protocol), aber auch über SFTP (Secure-File-Transfer-Protocol) und AS2 (Applicability Statement 2, ein Standard für gesicherten Nachrichtentransport) (s. BDEW 2012, S. 10). Ein weiterer Übertragungsweg ist das X.400-Netz, einer Alternative zum Internet-E-Mailing, in dem nur namentlich bekannte Domänenbetreiber existieren (s. BDEW 2012).

**Datenformat:** UN/EDIFACT (United-Nations-Electronic-Data-Interchange for Administration, Commerce and Transport) ist ein branchenübergreifender, internationaler Standard (ISO 9735) für das Format elektronischer Daten im Geschäftsverkehr und umfasst rund 300 genormte Nachrichtentypen für Branchen wie Handel, Transport, Zoll, Banken, Tourismus, Versicherungen und Energiewirtschaft. Für den deutschen Energiesektor wurde das Subset „Edi@Energy“ definiert. Zu beachten ist auch die sich in Entwicklung befindliche Norm *IEC 61970* (analog DIN EN 61970). Sie definiert standardisierte Programmierschnittstellen für Energiemanagementsysteme. Wichtiger Bestandteil ist dabei das „*Common Information Model*“ (CIM), welches das Informationsnetzwerk der Energiewirtschaft als genormtes UML-Modell beschreibt. Anhand dieser Erkenntnisse werden anschließend die Schnittstellen definiert.

#### 4.1.1.4 Realisierung des Informationslogistikkonzepts

Wie zuvor beschrieben, soll auf bereits existierende Standards und Technologien zugegriffen werden, um das entwickelte Informationslogistikkonzept für die Energiewirtschaft umzusetzen. Zur Realisierung des beschriebenen Informationslogistikkonzepts werden mehrere Lösungen der Informations- und Kommunikationstechnologie benötigt. Das Konzept, das durch das EMIM beschrieben wird, wird durch die Smart Architecture implementiert.

### 4.1.2 Modell VKW-Strom

Eine besondere Herausforderung beim Einsatz virtueller Kraftwerke im Smart Balancing ist deren Integration in die bestehende Marktsituation. Dieser Anforderung kann durch die Definition des Produkts „VKW-Strom“ entsprochen werden. Die Produktmerkmale sind so

gestaltet, dass eine Bild in „Handelsverträgen“ erfolgen kann, wodurch ein weitgehend automatisierter Handel dieses Produkts möglich ist.

Ein wichtiges Merkmal von „VKW-Strom“ ist die gerechte Verteilung der Risiken. Das Prognoserisiko der EE-Erzeugung verbleibt beim VKW, während das Prognoserisiko des Verbrauchs durch den Händler dadurch getragen wird, dass die Preise für den vereinbarten Lastgang fixiert sind.
Der Rahmenvertrag bietet als Option auch die Möglichkeit einer untertätigen Nachverhandlung. Wenn sich die Parteien finanziell einig werden, schickt der VKW-Betreiber (s. a. Marktrolle VKW-Betreiber) eine Fahrplankorrektur.

Das Produkt „VKW-Strom“ wird durch die folgenden Merkmale charakterisiert:

- Es gibt ein „Tagesband“ (max. und min. Stundenmengen; evtl. nach Wochentag und Monat differenziert). Das Tagesband beschreibt die angestrebte Verteilung der vom VKW gelieferten Tagesmenge, nicht die absoluten Stundenmengen.
- Der VKW-Betreiber bietet einen Fahrplan an (angebotener Lastgang), der auch teilweise außerhalb des „Tagesbandes“ liegen kann (siehe Bild 55, S. 142).
- Angemeldete Mengen innerhalb des „Tagesbandes“ werden mit einem fixen Preis (Preis 1) vergütet, angemeldete Mengen außerhalb des Tagesbandes mit einem geringeren Preis (Preis 2 oder 3 bei Unter- oder Überschreitung des Tagesbandes).
- Der Händler (Portfoliobetreiber) kann einen korrigierten Lastgang anfordern. Die Mehr- oder Mindermengen werden mit einem vertraglich vereinbarten (höheren) Preis vergütet. Alternative: VKW-Betreiber bietet einen Preis für diese Differenzmengen an, Portfoliobetreiber nimmt an oder lehnt ab. Bei Ablehnung des Portfoliobetreibers kann die Energiemenge ggf. anderweitig verkauft werden.
- Struktur und Spreizung des „Tagesbandes“ können einvernehmlich angepasst werden (quartalsbezogen oder jährlich). Die Preise für die drei Preiszonen sind zwischen VKW-Betreiber und Händler verhandelt.
- Differenzen zwischen angemeldetem Fahrplan und tatsächlicher Lieferung werden pönalisiert. Im Unterschied zur Alternative in 2. nimmt der Portfoliobetreiber den vom VKW-Betreiber korrigierten Lastgang (Fahrplanänderung) an, vergütet aber auch dementsprechend weniger.

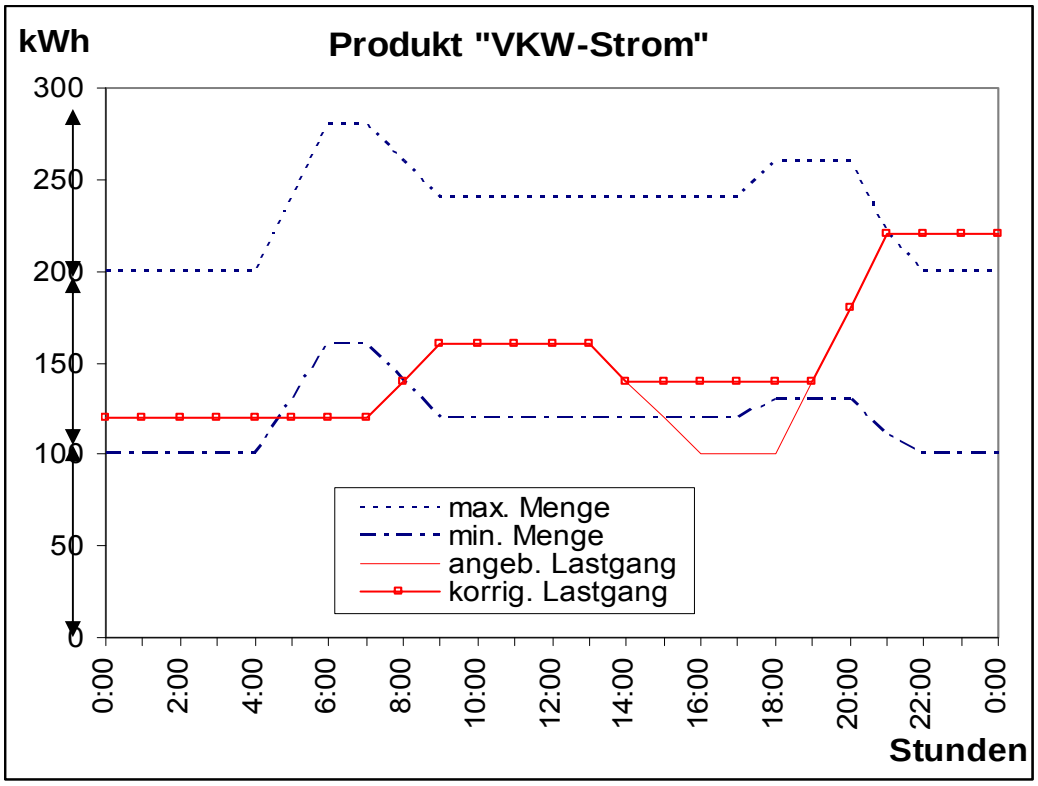



**Bild 55: Preiszonen des Produkts „VKW-Strom“**

#### 4.1.2.1 Rahmenvertrag „VKW-Strom“

Zwischen dem VKW-Betreiber und dem Portfoliobetreiber (Händler) wird ein Rahmenvertrag abgeschlossen, der das Produkt „VKW-Strom“ definiert.

Hierzu werden nachfolgend die wichtigsten Merkmale des Produkts „VKW-Strom“ sowie einige Randbedingungen für dessen Anwendung im Feldversuch genannt:

- Das VKW besteht aus EE-Erzeugungsanlagen (WKA, PV) und mini-BHKWs, die in diesem Projekt allerdings über eine BHKW-Simulation dargestellt werden. Die Lastverschiebung der BHKWs ermöglicht es, annähernd einen vereinbarten Fahrplan zu liefern.
- In diesem Projekt ist ein VKW vorgesehen, dessen gesamte Erzeugung von einem Händler (Portfoliobetreiber) abgenommen wird.
- Der vereinbarte Fahrplan ergibt sich aus einer Tagesstruktur, die zwischen VKW-Betreiber und Händler verhandelt ist. Diese Struktur orientiert sich am Lastprofil des Absatzes und kann in vereinbarten Intervallen angepasst werden.
- Aus der Erzeugungsprognose und der Tagesstruktur (%-Wert je Stunde) wird für den kommenden Tag ein Zielkorridor gebildet (obere und untere Grenze für Stundenmengen), in dem sich die vom VKW gelieferten Mengen bewegen sollen.
- Der VKW-Betreiber bietet einen Fahrplan an, der mögliche Lastverschiebungen durch die BHKWs berücksichtigt. Stundenwerte des Lastganges außerhalb des vereinbarten Korridors werden geringer vergütet als solche, die im Korridor liegen.
- Abweichungen (Über-/Unterschreitungen) der tatsächlichen Lieferung gegenüber dem zugesagten Fahrplan werden pönalisiert.

- Der Rahmenvertrag legt fest, unter welchen Bedingungen und mit welchen Fristen die Tagestruktur und die Preise der Preiszonen neu verhandelt werden können.
- Zeitpunkte und Datenformate für den Austausch von Lastgängen und Preisen (für den Folgetag und untertägig) sowie deren Bestätigungen sind ebenfalls im Rahmenvertrag zu fixieren.

#### 4.1.2.2 **Vertragsbeschäftigung (Beispiel)**

In Bild 56 sind die vertraglich vereinbarte Tagesstruktur (%-Werte je Stunde) und die Prognosewerte für den Folgetag gegenübergestellt. Per Definition ergibt die Summe der Stundenwerte der Tagesstruktur 100 Prozent. Die Prognose der Erzeugung des VKW für den Tag beträgt 6,75 MWh mit einem Spitzenwert von ca. 390 kWh in der 7. Stunde.

In diesem Beispiel ist der BHKW-Anteil relativ hoch, was ein größeres Lastverschiebungspotenzial des VKW zum Ausgleich der Differenz zwischen Prognose und vereinbartem Lastgang bedeutet.

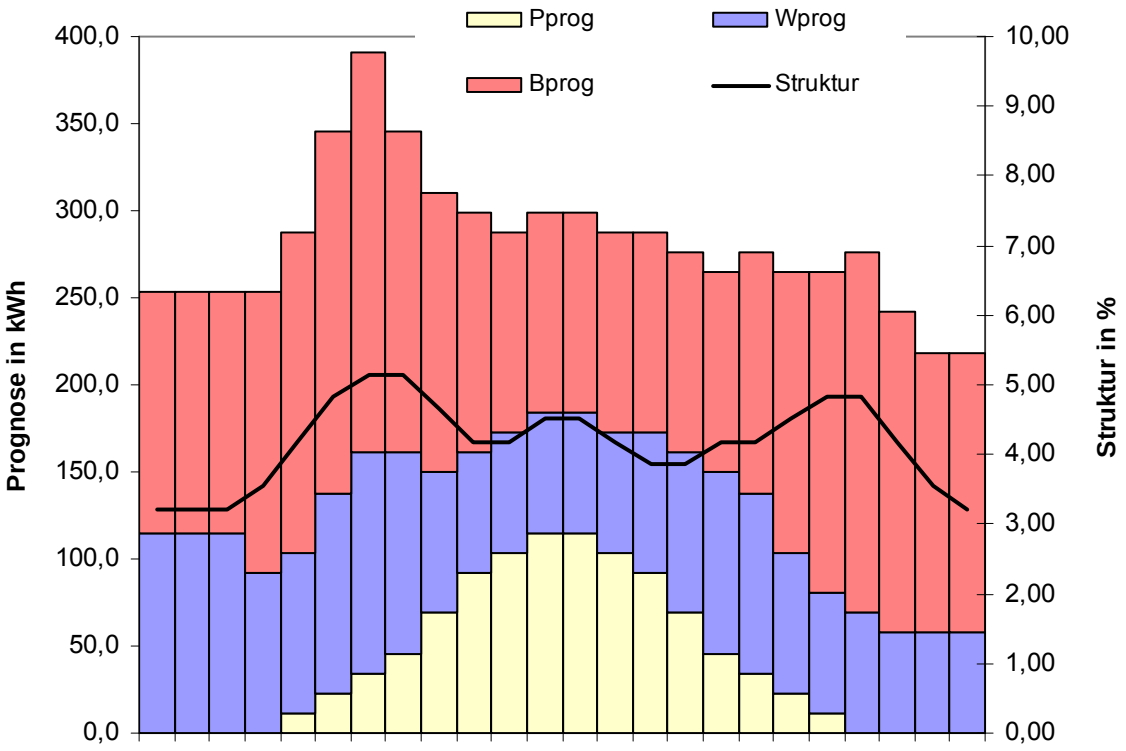



**Bild 56: Gegenüberstellung von Prognose (PV+WKA+BHKW) [kWh] und Tagesstruktur [%]**

$P_{prog}$, $W_{prog}$ und $B_{prog}$ sind die Erzeugungsprognosen für PV, WKA und BHKW

#### 4.1.2.3 **Sollwert und Tagesband**

Im zweiten Schritt erfolgt die Normierung der Tagesstruktur auf den Prognosewert. Hierzu wird die Tagessumme der Prognose gemäß den Prozentwerten der Tagesstruktur auf die Stunden verteilt. Das Ergebnis ist $VKW_{Sol}$ das Soll-Profil der VKW-Erzeugung (Bild 57, siehe S. 144).

Um $VKW_{Soll}$ ist das Tagesband (hier: +/- 20 kWh; zwischen $VKW_{min}$ und $VKW_{max}$) dargestellt, innerhalb dessen der vertraglich festgelegte Höchstpreis für den zugesagten Lastgang gezahlt wird.

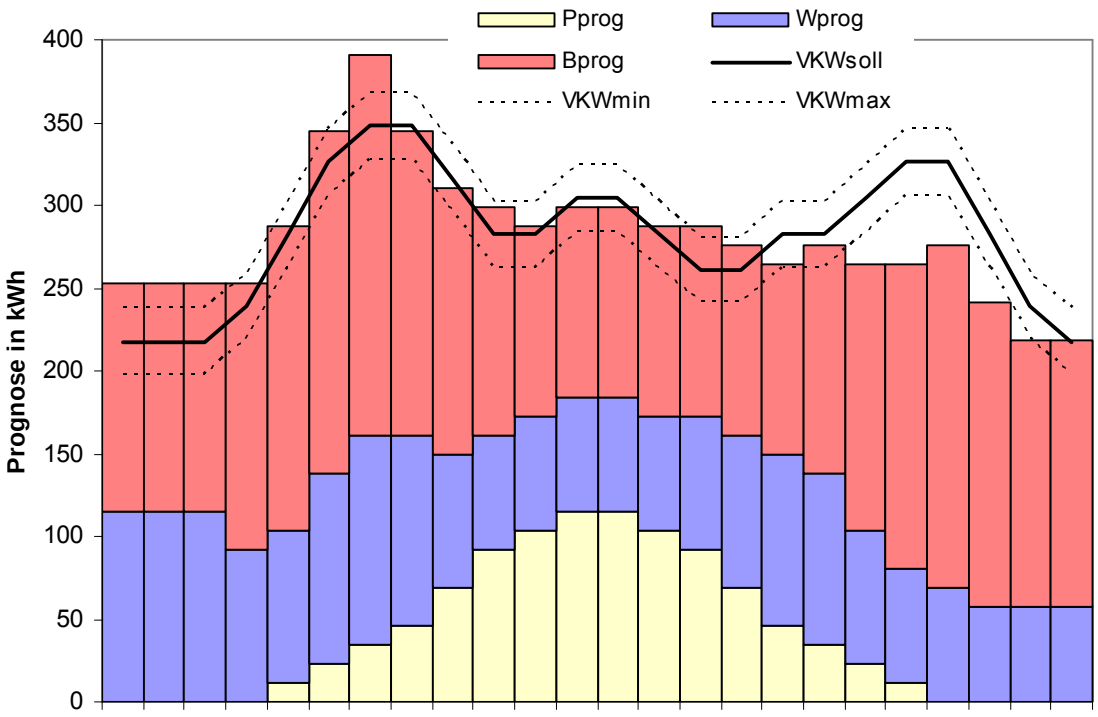



**Bild 57: Aus der „Struktur“ wurde „VKWSoll“ mit Tagesband (+/- 20 kWh) entwickelt**

#### 4.1.2.4 Zugesagter Lastgang

In einem weiteren Schritt wird der Lastgang des VKW, der gegenüber dem Händler zugesagt werden soll, bestimmt. Die Tagessumme dieses Lastgangs entspricht der Tagessumme der Erzeugungsprognose; es wird also lediglich eine Lastverschiebung innerhalb des Tages vorgenommen.

Da PV- und Winderzeugung als nicht beeinflussbar angenommen werden, kann der Ausgleich nur durch eine veränderte Vorgabe für die BHKW-Erzeugung erzielt werden, wobei die Tagessumme unverändert bleibt.

Bild 58 (siehe S. 145) zeigt den resultierenden Lastgang. Zusätzlich sind durch Pfeile die Stellen markiert, an denen der kalkulierte Lastgang die Grenzen des Tagesbandes verlässt. Für diese Zeiten wird der im VKW erzeugte Strom mit einem ungünstigeren Preis vergütet.

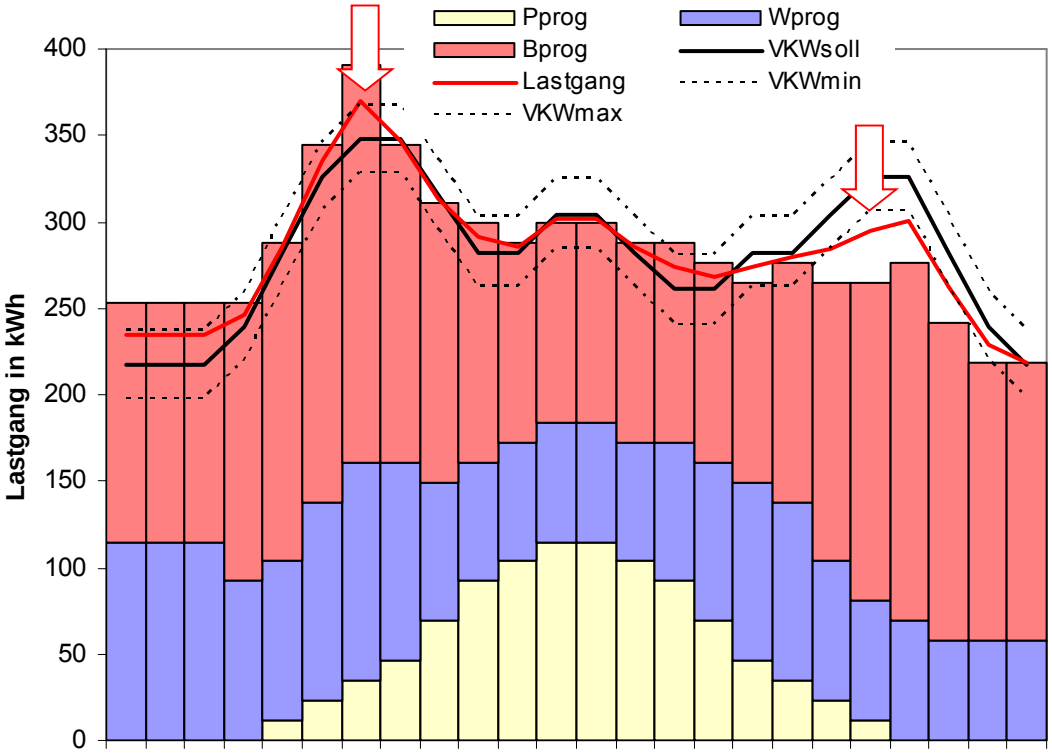



**Bild 58: Kalkulierter Lastgang, der für einige Stunden das Tagesband verlässt (siehe Pfeile)**

#### 4.1.2.5 **VKW-Betrieb**

Der Betrieb des VKW ist weitgehend durch die vertraglichen Vorgaben des Produkts „VKW-Strom“ geregelt. Trotzdem sind zusätzliche Regelungen und Annahmen zu treffen.

Die für die Kalkulation des VKW-Lastgangs verwendete Prognose der BHKW-Erzeugung wird aus der Prognose des Wärmebedarfs der Objekte, die über ein BHKW zur Wärmeerzeugung verfügen, abgeleitet. Dabei wird ein festes Verhältnis zwischen Wärme- und Stromerzeugung angenommen (anlagentypische Kennzahl).
Ein Warmwasserspeicher ermöglicht die Entkopplung von Erzeugung und Verbrauch (→ Lastverschiebung). Aus der Speichergröße und den zulässigen Temperaturgrenzen (Minimal- und Maximaltemperatur) des Speichers lässt sich das thermische Speichervolumen der Anlage bestimmen.
Wegen der unterschiedlichen Verhältnisse in den betrachteten Objekten ist eine Ansteuerung der einzelnen BHKW erforderlich. Die Steuerinformation beinhaltet eine Angabe zu der in einer Zeiteinheit zu erzeugenden thermischen Energie, was bei bekannter Leistung der Anlage dann über die erforderliche Laufzeit pro Zeiteinheit möglich ist.
Die autonome Steuerung der einzelnen BHKW sorgt dafür, dass notfalls auch gegen die Vorgaben der zentralen Steuerung die Anlage so gefahren wird, dass kein merklicher Komfortverlust zu verzeichnen ist (An- und Abschalten des BHKW bei Unter- bzw. Überschreiten der Temperaturgrenzwerte für den Speicher).
Es ist zu erwarten, dass sich die tatsächliche EE-Produktion anders verhält als am Vortag prognostiziert. Sind deutliche Unterschiede erkennbar und liegen evtl. sogar abweichende Prognosen für den laufenden Tag vor, dann sind eine Neukalkulation von $VKW_{soll}$ und ein

Lastgang für die verbleibenden Stunden des Tages sinnvoll. Die Ergebnisse einer Neukalkulation müssen allerdings mit dem Portfoliobetreiber verhandelt werden.

Da im Feldversuch keine geeigneten Mini-BHKW verfügbar waren, mussten der Betrieb und die Ansteuerung der BHKW simuliert werden. Die echten Erzeugungswerte der Photovoltaik- und Windkraftanlagen wurden entsprechend skaliert, um in der Größendimension in etwa dem geringen Absatz (ca. 250 Haushaltskunden) zu entsprechen.

### 4.1.3 Tarifmodell und Ersatzpreisbildung

#### 4.1.3.1 Grundpreis

Der Grundpreis für den im Feldversuch betrachteten Tarif wurde auf 113,65 €/Jahr brutto festgelegt. Der Grundpreis beinhaltet auch die Messentgelte und sonstige Kosten, die im Betrieb anfallen. Dadurch liegt er höher als der aktuelle Grundpreis, der dem Kunden in Rechnung gestellt wird. Da im Feldversuch aufgrund eichrechtlicher Vorgaben nicht nach dem Smart-Watts-Arbeitspreis abgerechnet wird, wurde auch von der Erhebung des höheren Grundpreises abgesehen.

#### 4.1.3.2 Arbeitspreis

Die Preisspanne des Arbeitspreises wurde wie folgt festgelegt:

| | Parameter | Tarif Smart Watts |
|---|---|---|
| **Zeitliche Parameter** | Gültigkeitsdauer eines Preises | ≥ 2 Stunden |
| **Preisliche Parameter** | dynamisch bepreister Verbrauch | gesamter Verbrauch |
| | Führungsindex des Arbeitspreises | Portfolio des Lieferanten (Tarifführung durch Smart Balancing) |
| | Preisspanne | 18 ct/kWh |
| | Maximalpreis | 33 ct/kWh |
| | Minimalpreis | 15 ct/kWh |
| | Standardpreis (Rückfalloption) | 23 ct/kWh |

#### 4.1.3.3 Modell zur Preisbildung

Der Smart-Watts-Endkundenpreis (Bruttopreis) wird durch das Smart Balancing gebildet. Das Preissignal (sogen. „Bezugskonditionen“ – BzK) ist der für den Abnehmer wirksame Bruttopreis. Durch Änderungen dieses Preises sollen Lastverschiebungen im Absatz induziert werden, mit denen ein Ausgleich des Residuallastganges angestrebt wird.

Stündlich werden die Preise der nächsten 24 Stunden an die Verbraucher gesendet. Während die Preise der ersten Stunden jeweils fix sind, handelt es sich bei den restlichen Stunden um eine Preisprognose. Die aktuelle „Price-Forward-Curve“ (PFC) kann untertägig mit einer Ankündigungsfrist überschrieben werden, wobei auch bei einer Änderung die Maßgabe der Preiskonstanz im Intervall von mindestens zwei Stunden gewahrt sein muss.

Bei Ausfall der Kommunikation und einem Ablauf der aktuellen PFC ohne Mitteilung einer neuen PFC gilt der Standardpreis (Rückfallpreis).

#### 4.1.3.4 Abrechnung anhand tatsächlich vorliegender Preise im Haushalt und Ersatzwertbildung für Preise

Der abrechnungsrelevante Bruttopreis ist der Preis, der tatsächlich beim Zähler des Endkunden registriert wird. Falls bei der Übertragung des Preissignals eine technische Störung auftritt und kein Preissignal übermittelt wird, so gilt das bisherige Preissignal bis zur Grenze des Gültigkeitszeitraums und danach der Rückfallpreis.

Um sicherzustellen, dass der Endkunde über die Preise, die tatsächlich an seinen Zähler gesendet wurden, abgerechnet wird, wird je Kunde der in seinem Haushalt gültige Preis vom Gateway an die Datenzentrale und von dort ans Smart Accounting übermittelt. Das bedeutet, dass der abzurechnende Endpreis eines Kunden im Einzelfall vom gesendeten Preissignal aus dem Smart Balancing abweichen kann.

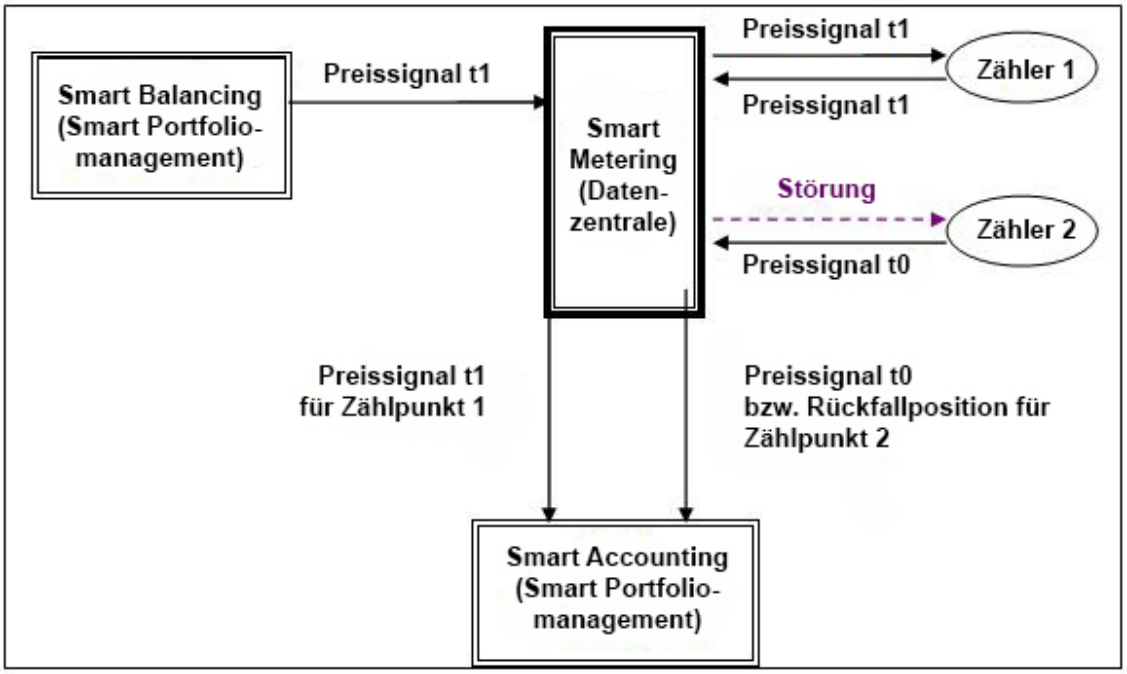



**Bild 59: Schematische Darstellung der Abrechnungspreisbildung**

Für den Fall, dass in einem Zeitbereich kein Messwert vom Messsystem an die Datenzentrale übertragen wurde und die Datenzentrale einen Ersatzwert für den Zählerstand gebildet hat und demzufolge kein Wert in der Preiszeitreihe vorliegt, wird für diesen Zeitbereich ein Ersatzpreis im Smart-Portfoliomanagement-System gebildet.

### 4.1.4 Smart-Market-Konzept

Zur Deckung ihres Energiebedarfs können sowohl Lieferanten als auch sehr große Endverbraucher mit eigenen Bilanzkreisen heute neben den Vollversorgungsverträgen (relativ teuren Verträgen, die mit Vorlieferanten abgeschlossen werden und den gesamten Bedarf decken) und der eigenen Erzeugung zurückgreifen auf

- die an der Börse gehandelten Standardprodukte (Futures und Forwards mit konstanter Leistung im Vertragszeitraum),
- bilateral mit Händlern, Erzeugern oder anderen Lieferanten verhandelte Fahrplangeschäfte (OTC-Handel),
- offene Verträge mit Vorlieferanten (teure Verträge, die den Rest des nicht anderweitig gedeckten Bedarfs abdecken)
- und Ausgleichsenergie, die zum Ausbalancieren von Ungleichgewichten als Regelenergie von den TSO eingesetzt wird.

Mit dem Ansatz der intelligenten Kilowattstunde werden im Projekt Smart Watts neue Möglichkeiten zur Produktdifferenzierung (bis hin zu den Endkunden) und für die Bedarfsbeeinflussung erschlossen. Die derzeit auf der Handelsseite verfügbaren Produkte, Markt-, Handelsplätze und Verfahren zur Geschäftsanbahnung und -abwicklung sind für eine Umsetzung unzureichend. Hier setzt Smart Market an. Die Ziele von Smart Market sind:

- Betreibern dezentraler Erzeugungsanlagen (insbesondere EE- und KWK-Anlagen) und Energielieferanten mit flexiblen Endverbrauchern Produkte zur Verfügung zu stellen, die diese nutzen können, um einen dezentralen Ausgleich zu schaffen und so die Effizienz der Energieversorgung zu steigern.
- Den Handel von Strom mit bestimmten Qualitätszusagen (z. B. Strom aus Windkraft, Strom aus der Region) zu ermöglichen.
- Einen Marktplatz aufzubauen, auf dem diese komplexen Produkte gehandelt werden.
- Die Abwicklung von Handelsgeschäften zu standardisieren, um somit Transaktionsaufwand und Transaktionsrisiken für alle Marktteilnehmer erheblich zu reduzieren.

Die verbesserte Abwicklung von Energiegeschäften zwischen Erzeugern und Endkundenlieferanten durch den Einsatz von Informationstechnik insbesondere für Fahrplanlieferungen ist einer der wesentlichen Faktoren zur Steigerung der Effektivität und Effizienz im Energiesektor. Besonders unter dem Aspekt der Aufwands- und Fehlerminimierung bieten sich mit neuen Ansätzen des Handelns enorme Potenziale für Anbieter und Nachfrager.
Für einen funktionierenden Marktplatz wurden folgende Grundlagen geschaffen:

- Definition von standardisierten Produkten, die auf Angebot und Nachfrage von schwankender Erzeugung und flexiblem Verbrauch abgestimmt sind. Diese Produkte sind z. B. Fahrpläne, die innerhalb eines Toleranzbandes schwanken können (dargebotsabhängige Erzeugung), oder der Bezug einer festgelegten Energiemenge in einem bestimmten Zeitfenster (steuerbare Verbraucher)
- Festlegung von standardisierten und automatisierbaren Prozessen zur Abwicklung der Beschaffungsgeschäfte
- Definition der Mechanismen für die Kommunikation zwischen Marktplatz und Marktteilnehmern
- Aufbau eines IT-Systems zur revisionssicheren Verwaltung und Durchführung aller Aktionen am Marktplatz. Das System muss sowohl über ein Webfrontend für die direkte Bedienung, z. B. Eingabe von Nachfragen und Angeboten, als auch über leistungsfähige elektronische Schnittstellen zur Anbindung von Handels-, Portfolio- und Risikomanagementsystemen verfügen

Mit dem Projekt „Smart Market“ wurde ein Marktplatz für neuartige Stromprodukte gestaltet und prototypisch realisiert, auf dem sich insbesondere dezentrale und fahrplanbezogene Angebote und Nachfragen treffen. Zusätzlich wird er sowohl den neuen Anforderungen bei der Integration der wachsenden Menge an schwer einzuplanenden erneuerbaren Energien in die Portfolien der Lieferanten als auch dem Bedarf an handelbaren Fahrplänen zur Reduktion von Portfoliorisiken gerecht. Dieser Marktplatz ist nicht als Börse ausgestaltet worden, die als Vertragspartner auftritt und Risiken übernimmt, sondern als Vermittlungsplattform, auf der Angebote und Nachfrage sichtbar werden.
Für die Durchführung von Geschäften wurde der Prozess der Geschäftsanbahnung entwickelt, der es den Marktteilnehmern ermöglicht, zu einer Geschäftsanfrage geeignete Vertragspartner zu finden. Dieser Prozess ist in unterschiedlichen Ausprägungen als Auktion und als Ausschreibung definiert worden.
Die Handelsware am Smart Market wird durch die Produkte bestimmt, die sowohl die „alte“ Welt des Energiehandels aus Gründen der Kompatibilität unterstützen als auch neue Anforderungen an die Flexibilität befriedigen.
Durch das Produkt „Fahrplan“ z. B. können nahezu alle heute üblichen Energieprodukte, vom Peak bis zum SLP-H0-Profil, abgebildet werden., aber auch vollkommen individuelle Energielieferungen vereinbart werden.
Anders als in heute verfügbaren Handelssystemen wie der EEX mit ihren Standard-Stromprodukten und erzeugerdominierten Verkaufsplattformen für den Kauf von Fahrplänen und Regelenergie, soll der Zugang zum Smart Market für Lieferanten, Händler und Großverbraucher einfach und ohne besondere Erschwernisse möglich sein. Durch die hohe Produktvielfalt und durch die Möglichkeit, sowohl Angebote als auch Anfragen auf dem Marktplatz zu positionieren, soll der Markt attraktiv für eine Vielzahl von Marktteilnehmern sein und damit eine hohe Liquidität entwickeln. Die Durchführung von Transaktionen ist einfach und preisgünstig, damit sich auch der Handel von kleineren Energiemengen lohnt.
Weiterhin entsteht durch die Betrachtung von anlagenbezogenen Energiemengen für Lieferanten die Möglichkeit, Informationen über Qualität der Energie (z. B. Strom aus

Windkraft) oder Ort der Einspeisung (zur Erzielung von Vorteilen aus verbrauchsnaher Erzeugung) in das Portfolio aufzunehmen, um den Kunden Zusicherungen über die Qualität des gelieferten Stroms machen zu können. Dies ist als direkter Beitrag des Smart Markets zum Internet der Energie zu verstehen, da es nun möglich ist, Informationen über die Erzeugung bis zum Endverbraucher zu transportieren. Dies wird in Zukunft die Möglichkeit bieten, Strom aus erneuerbaren Energien gezielt zu vermarkten.

#### 4.1.4.1 Geschäfte

Zentrale Aufgabe des Smart Markets ist es, den Abschluss von Geschäften über die Marktplattform zu ermöglichen. Um den vielfältigen Spielarten am Markt gerecht zu werden, werden mehrere unterschiedliche Wege zur Geschäftsanbahnung unterstützt. Die Spanne geht von einer einfachen Geschäftsanfrage mit Preis über Auktionen zur Preisfindung bis hin zu Ausschreibungen. Im Kontext der jeweiligen Variante zur Geschäftsanbahnung stellt der Marktplatz den Rahmen für folgende Elemente eines Geschäfts:

- Autorisierung der Benutzer, die für einen Marktteilnehmer Geschäfte durchführen
- Erstellung und Präsentation von Geschäftsanfragen
- Suche nach Geschäftsanfragen
- Preisfindung (z. B. durch Auktionen oder Ausschreibungen)
- Geschäftsabschluss in Form eines bilateralen Vertrags

##### Grundlagen einer Geschäftsanfrage

Alle Varianten zur Geschäftsanbahnung beginnen am Smart Market, juristisch betrachtet, als Aufforderung zum Angebot. Folgende wesentliche Merkmale sind allen Varianten von Geschäftsanfragen gemein:

- Datum, ab dem die Geschäftsanfrage am Markt sichtbar sein soll
- Frist, bis zu der die Geschäftsanfrage am Markt sichtbar sein soll
- Das Produkt (z. B. ein Fahrplan), welches gehandelt werden soll
- Die Stückzahl, in der das Produkt vorhanden ist oder angefragt wird (optional)
- Eine Mindestabnahmemenge (optional)
- Eine Stückelung, in der das Produkt angeboten wird (optional)
- Information, ob Produkte reserviert werden können

Eine Geschäftsanfrage muss nicht direkt vollständig bzw. endgültig erstellt werden. Sie kann so lange verändert werden, bis sie vom Marktteilnehmer als aktiv markiert wird. Das Aktivschalten kann optional durch das Vier-Augen-Prinzip abgesichert werden. In dem Fall müssten zwei berechtigte Benutzer die Geschäftsanfrage freigeben. Solange das Startdatum noch nicht überschritten ist und die Anfrage noch nicht offiziell im Smart Market steht, kann sie jederzeit deaktiviert und im inaktiven Zustand auch wieder abgeändert werden. Nach Ablauf des Starttermins kann die Geschäftsanfrage nur noch aus dem Smart Market entfernt werden, wenn noch kein Angebot abgegeben wurde. Die Deaktivierung erfolgt, wie die Aktivierung, ggf. durch das Vier-Augen-Prinzip.

### Öffentlichkeit und Sichtbarkeit von Geschäftsanfragen

Da der Smart-Market-Marktplatz selbst nicht als Händler, sondern rein als Vermittler auftritt, finden jegliche Geschäftsabschlüsse immer zwischen zwei Marktteilnehmern, also B2B, statt. Diese Art von Geschäften erfordert ein Vertrauensverhältnis zwischen den Marktparteien, das dazu dient, die mit dem Geschäft verbundenen Risiken gut einschätzen zu können. Auch soll die Handelsplattform für solche Marktteilnehmer attraktiv werden, die bereits lange untereinander handeln, ohne eine Handelsplattform zu nutzen.
Um Vertrauensverhältnisse und andere Beziehungen zwischen den Marktteilnehmern zu berücksichtigen, kann für jede Geschäftsanfrage eine „Öffentlichkeit“ festgelegt werden. Folgende Möglichkeiten zur Einschränkung der Sichtbarkeit einer Geschäftsanfrage sind vorgesehen:

- sichtbar für alle Marktteilnehmer
- sichtbar für einzelne Marktteilnehmer (Whitelist)
- sichtbar für eine selbst definierte Gruppe von Marktteilnehmern

### Geschäftsanbahnung

Als Geschäftsanbahnung wird der Schritt zum Abschluss eines Geschäftes bezeichnet, indem sich Angebot und Nachfrage finden. Ausgang der Geschäftsanbahnung ist je nach Perspektive die Erstellung einer Geschäftsanfrage oder die Suche nach Geschäftsanfrage.
Im Laufe der Geschäftsanbahnung werden folgende für den Abschluss eines Vertrages erforderliche Rahmendaten ermittelt:

- Das Produkt,
- die konkrete Stückzahl, die gehandelt werden soll,
- der konkrete Preis
- beide Geschäftspartner.

Aus diesen Informationen wird ein Angebot erstellt und abgegeben. Je nach Variante der Geschäftsanfrage kann der Preis von Anfang an fix sein, mit der Zeit variieren (z. B. bei Auktionen) oder völlig offen sein. Bei Auktionen und Ausschreibungen können die Angebote eingeschränkt werden. Es kann ggf. eine Mindestabnahmemenge und eine Bindefrist, welche die Dauer der Gültigkeit des Angebots beschreibt, spezifiziert werden.
Wenn die Geschäftsanfrage das Annehmen eines Angebots vor Ende der Angebotsfrist zulässt, wird die verfügbare Menge der Geschäftsanfrage automatisch entsprechend reduziert.
Angebote werden von Benutzern, die vom Marktteilnehmer autorisiert wurden, angelegt. Solange das Angebot noch nicht abgegeben wurde, kann es von allen berechtigten Benutzern verändert werden. Das endgültige Abgeben von Angeboten kann, wie das Freigeben von Geschäftsanfragen, optional dem Vier-Augen-Prinzip unterliegen, um das Fehler- und Missbrauchsrisiko zu verringern. Ein Angebot ist nach der Abgabe nicht mehr änderbar und kann nicht mehr zurückgezogen werden.
Sofern Geschäftsanfragen eine Reservierung erlauben, kann mit einem Angebot ein Produkt mit der gewünschten Stückzahl zu einem konkreten Preis für einen Marktteilnehmer

zurückgelegt werden. Dem Käufer werden dabei die vereinbarten vertraglichen Rahmendaten zugesichert. Die Reservierung wird für eine an die Geschäftsanfrage gebundene Frist aufrechterhalten. Innerhalb dieser Zeit kann der Marktteilnehmer das Angebot rechtsverbindlich abgeben. Nach Ablauf der Reservierungsfrist verfällt das Angebot automatisch.

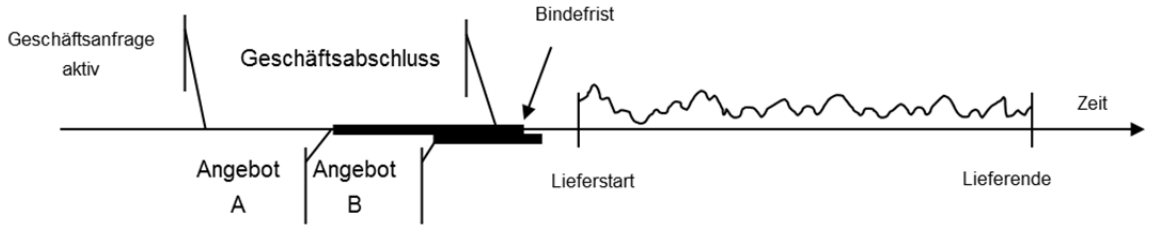



**Bild 60: Prozess Geschäftsanbahnung**

### Geschäftsabschluss

Ist die Geschäftsanbahnung vollständig abgeschlossen, stehen alle für den Abschluss eines Vertrags erforderlichen Rahmendaten fest. Je nach Variante kann der Geschäftsanfrager an dieser Stelle noch manuell eingreifen und Angebote ablehnen und die verfügbare Anzahl von Produkte auf die Verträge verteilen. Sind mehrere Angebote erfolgreich, so entstehen auch mehrere Verträge mit den entsprechenden Stückzahlen der Produkte.
Um einen geordneten Geschäftsabschluss zu gewährleisten, soll die Smart-Market-Handelsplattform aus den Daten der Geschäftsanfrage und des Angebots einen Vertrag in Form einer Confirmation erstellen. Dieser Vertrag stellt eine Transaktion im Sinne des zwischen den Marktteilnehmern abgeschlossenen Rahmenvertrags dar.
Ist eine Clearing-Stelle in den Vertrag involviert, wird diese über die Transaktion informiert und bekommt alle benötigten Daten zur Plausibilisierung und Prüfung.

#### 4.1.4.2 Varianten von Geschäftsanbahnungen

Um den Bedürfnissen möglichst vieler Geschäftsmodelle und potenzieller Marktteilnehmer entgegenzukommen, unterstützt der Smart Market verschiedene Varianten der Geschäftsanbahnung:

### Geschäftsanfrage mit Preis

Bei einer Geschäftsanfrage mit Preis handelt es sich um eine einfache Geschäftsanfrage, die keiner Preisfindung mehr bedarf, da der Preis vom Ersteller der Anfrage bereits vorgegeben wurde. Die Geschäftsanfrage beinhaltet eine Stückmenge, eine Mindestabnahmemenge und eine Stückelung (default=1).

Ein Marktteilnehmer kann auf eine Geschäftsanfrage mit Preis reagieren, indem durch die Angabe einer konkreten Stückzahl und Bestätigung aus der Geschäftsanfrage ein konkretes Angebot erstellt wird. Die Stückzahl muss wenigstens der Mindestabnahmemenge der Geschäftsanfrage entsprechen und ein Vielfaches der Stückelung betragen. Dieses Angebot kann zu jedem Zeitpunkt innerhalb der Angebotsfrist abgegeben werden.

Ein Angebot auf eine Geschäftsanfrage mit Preis wird umgehend vom Anfrager als angenommen betrachtet. Es kommt also sofort zum Geschäftsabschluss, sobald ein Angebot innerhalb der Angebotsfrist abgegeben wurde und solange das Produkt nicht ausverkauft ist. Der Preis wird hierbei durch den in der Geschäftsanfrage definierten Preis vorgegeben.

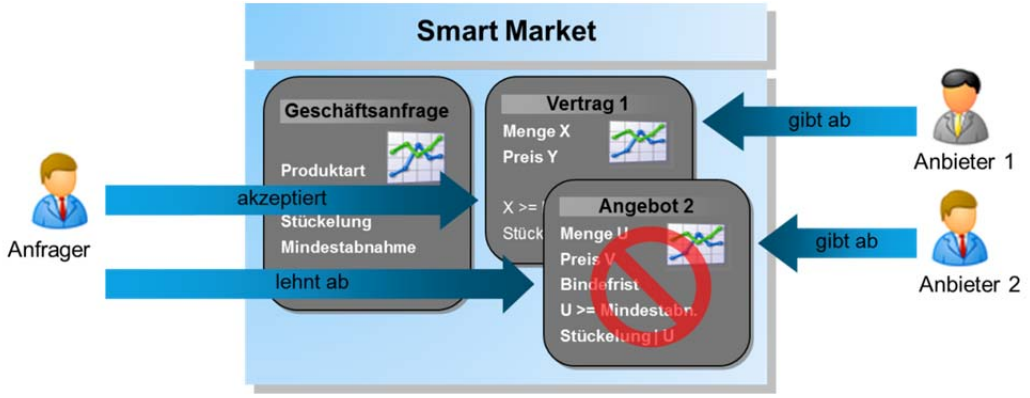



**Bild 61: Geschäftsabschluss**

### Rückwärtsauktion

Die Geschäftsanbahnung funktioniert wie bei der Geschäftsanfrage mit Preis. Der Marktteilnehmer kann innerhalb der Angebotsfrist ein Angebot für eine konkrete Stückzahl abgeben, die zu der vorgegebenen Mindestabnahmemenge und Stückelung passen muss.
Jedes Angebot führt sofort zu einem Geschäftsabschluss mit dem jeweils aktuellen Preis, so lange die geforderte Menge noch vorhanden ist.
Die Geschäftsanfrage ist beendet, sobald die Frist der Auktion erreicht wird oder das Produkt ausverkauft ist.

### Ausschreibung

Eine Ausschreibung ist eine Geschäftsanfrage, für die innerhalb der Angebotsfrist beliebig viele verschiedene Angebote abgegeben werden können. Die Ausschreibung hat keinen vorgegebenen Preis, aber eine Menge und optional auch eine Stückelung. Die Angebotsfrist kann vom Ausschreiber jederzeit verkürzt oder verlängert werden. In diesem Fall werden alle Interessenten (Marktteilnehmer, die die Geschäftsanfrage beobachten oder bereits ein Angebot dazu abgegeben haben) über die geänderte Frist informiert.
Die Marktteilnehmer können zu jedem Zeitpunkt innerhalb der Angebotsfrist ein Angebot mit einem Preisvorschlag und einer Menge (die zu der Mindestabnahmemenge und der Stückelung passen muss) abgeben. Alle Angebote müssen eine Bindefrist enthalten. Sie sind bis zum Ende ihrer Bindefrist gültig, unabhängig von der Angebotsfrist. Ein Angebot kann also bereits vor Ende der Angebotsfrist ablaufen oder über das Fristende hinaus gültig bleiben. Optional können die Angebote auch mit einer Mindestabnahmemenge versehen werden.

Der Anfrager kann sich innerhalb der jeweiligen Bindefristen jederzeit für ein beliebiges Angebot entscheiden, solange das Produkt nicht ausverkauft ist. Da die Gültigkeitsdauer der Angebote durch die Bindefrist festgelegt ist, kann ein Angebot auch vor Ablauf der Angebotsfrist akzeptiert werden. Der Ausschreiber ist allerdings nicht dazu verpflichtet, eins der Angebote anzunehmen.

#### 4.1.4.3 **Handelsprodukte**

Die Handelsprodukte des Smart Markets bilden dessen Geschäftsgrundlage, da sie das Handelsgut (Commodity) darstellen. Durch die neuartigen Anforderungen, die das Forschungsvorhaben Smart Watts an einen Marktplatz stellt, ist es nicht mehr möglich, simple, anonyme Leistungen in definierten Zeiträumen zu handeln, es muss vielmehr die intelligente Kilowattstunde mit all ihren Eigenschaften abgebildet und handelbar gemacht werden. Durch den expliziten Fokus des Smart Markets auf Fahrplangeschäfte kommt eine weitere Herausforderung für das Handelssystem hinzu, da Energie in Fahrplänen gehandelt wird, was den Abgleich von Angebot und Nachfrage komplexer gestaltet.
Die Handelsprodukte am Smart Market ermöglichen die Bild von Fahrplangeschäften und eine flexible Konfiguration. Dies dient den Akteuren am Marktplatz dazu, eigene Bedürfnisse exakt in einer Geschäftsanfrage darzustellen. Es ist aber im Gegenzug auch möglich und sinnvoll, die Bedürfnisse potenzieller Geschäftspartner in einem Produkt zu erfüllen. Dies würde sich anbieten, wenn es z. B. um das Geschäftsmodell des Stromabsatzes an viele Käufer geht und man es diesen möglichst einfach machen will, das gehandelte Produkt in das jeweils eigene Portfolio zu integrieren.

##### Produkte am Smart Market

Energie, und insbesondere elektrische Energie, ist eine komplexe Handelsware (Commodity), da sie nicht auf einfachem Wege speicherbar und der Transport leitungsgebunden ist. Der Handel von Strom beinhaltet daher mehr als nur die Energiemenge. Wesentliche Bestandteile jedes Geschäfts müssen der Zeitraum der Belieferung in der Zukunft und der zeitliche Verlauf des Energieflusses sein. Dabei ist es unerheblich, ob das Geschäft zu einer tatsächlichen physisch erfolgenden Lieferung führt, da auch reine Handelsgeschäfte über die Bilanzkreise vierstündlich aufgelöst an die Übertragungsnetzbetreiber gemeldet werden müssen.
Im heutigen Energiehandel sind Energieprodukte stark normiert und standardisiert, da die Börse Angebot und Nachfrage zusammenbringen muss und für die Preisermittlung jeweils ein bestimmtes Volumen an Produkten benötigt. Dies erfordert, dass es nur wenige unterschiedliche Produkte an der Börse gibt. Durch die für die Börsenhändler anonyme Übernahme von Produkten von anderen Marktteilnehmern ist es ebenfalls erforderlich, dass die Energie nur von einem Mindestmaß an Information und speziellen Eigenschaften begleitet wird.
Da der Smart Market genau dies aber vorsieht, müssen die Produkte, die an diesem Markt gehandelt werden, von wesentlich mehr Informationen begleitet werden.

Bild 62 gibt einen Überblick über die Produkte, von denen das für den Feldversuch umgesetzte Produkt „Fahrplan“ im folgenden Kapitel näher erläutert wird.

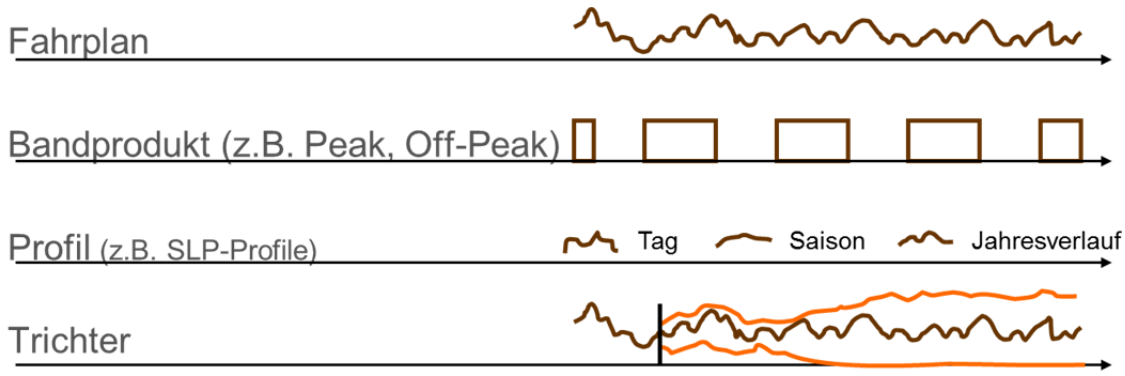



**Bild 62: Überblick über die Produkte des Smart Markets**

### Handelsprodukt „Fahrplan“

Offene Positionen in Portfolien von Lieferanten müssen heute in der Regel über offene Verträge, in denen ein anderer Lieferant das Risiko dieser Position übernimmt, oder durch Geschäfte an der Börse geschlossen werden. Für kleinere Portfolien hat die Börse den Nachteil, dass kleinere Mengen nicht gekauft werden können, sodass sich die Position nicht ausgleichen lässt. Überschüssige Energie lässt sich aus einem Portfolio in den meisten Fällen gar nicht veräußern, es sei denn, es besteht die Möglichkeit, die Ausspeisungsseite zu beeinflussen und die Energie zu verkaufen. Gerade für kleinere, kurzfristig entstehende Lücken im Portfolio stellt die Beschaffung an der Börse mit ihren volatilen Preisen ein nicht unerhebliches finanzielles Risiko dar, das aber i. d. R. noch unter dem Risiko der Umlage von Ausgleichsenergie durch die ÜNB (Übertragungsnetzbetreiber) liegt.

Der Aufbau eines Portfolios aus Börsenprodukten birgt heutzutage aber noch einen weiteren Nachteil: Während die Ausspeisung mit der zeitlichen Auflösung von einer Viertelstunde prognostiziert wird, kann die Einspeisung nur mit einer Auflösung von einer Stunde geplant werden. Hierdurch ergeben sich in Bereichen des Fahrplans mit schnellem Leistungsanstieg Differenzen, die sich zwar im Mittel ausgleichen können, aber durch volatile Preise für Ausgleichsenergie nachträglich zu Kosten führen können.

Durch den Handel von Fahrplanprodukten können diese Probleme vermieden werden, da die offene Position des Portfolios exakt als Geschäft durchgeführt werden kann.

Auch die Direktvermarktung von erneuerbaren Energien profitiert von diesem Konzept. Da in diesem Fall der Erzeuger einen verbindlichen Fahrplan erstellen muss und er das Risiko für eventuelle Abweichungen selbst trägt, ist das Fahrplanprodukt ideal geeignet, da eine Veredelung zu einem börsenfähigen Bandprodukt nicht erforderlich ist.

Durch Aggregation vieler dieser Produkte können Energiehändler am Smart Market eine Veredelung für den Wiederverkauf durchführen oder Lieferanten können diese Mengen direkt in ihre Portfolien integrieren. Durch die Eigenschaft „EE-Strom“ kann die besondere Qualität der Energie in das Portfolio übernommen werden, was die Vermarktungsmöglichkeiten zur Erzielung höherer Preise verbessert. Direktvermarktete erneuerbare Energien müssen dann nicht mehr direkt mit den Preisen am Spot-Markt

konkurrieren, da Kunden bereit sein werden, einen höheren Preis für die zugesicherte Qualität zu zahlen.

| Produkt | Fahrplan |
|---|---|
| Späteste Aktivierung | 2 h vor Lieferung |
| Spätester Abschluss | 1h vor Lieferung, damit Fahrplanänderungen gemeldet werden können |
| Zeitraum | beliebige Zeiträume im 1h-Raster, mindestens 2h nach Aktivierung |
| Commodity | Strom, Gas? |
| Fahrplan | ¼h-Werte mittlere Leistung in kW, positives Vorzeichen kennzeichnet Energietransport vom Anfrager zum Anbieter |
| Gesamtarbeit | beliebig: positiv, negativ oder 0 |
| Stückelung | frei wählbar |
| Abwicklung | durch Marktteilnehmer |

**Tabelle 5: Charakteristika Handelsprodukt Fahrplan**

### Attribute von Produkten

Der Smart Market unterstützt die Angabe von Attributen an den Produkten, wodurch sich Eigenschaften der intelligenten Kilowattstunde im Marktplatz abbilden lassen. Ein Attribut bezieht sich dabei immer auf die Gesamtheit des Produkts, d. h. bei der Commodity Strom auf die gesamte Energie im Lieferzeitraum.
Ein Attribut besteht aus folgenden Komponenten:

Herkunft: Hier kann eine Angabe den geografischen Ort oder den Einspeisepunkt in der Netztopologie bezeichnen.
Energiequelle: Dies kann die Art der Erzeugung, Art des Kraftwerks oder eine Sonstige Qualitätsbezeichnung wie „$CO_2$-neutrale Erzeugung“ sein.
Anteil: Anteil des Attributs am Produkt. Alle Attribute sollten zusammen genau 100 Prozent des Produkts ergeben. Wenn kein Attribut vorhanden ist, ist das ganze Produkt attributlos.

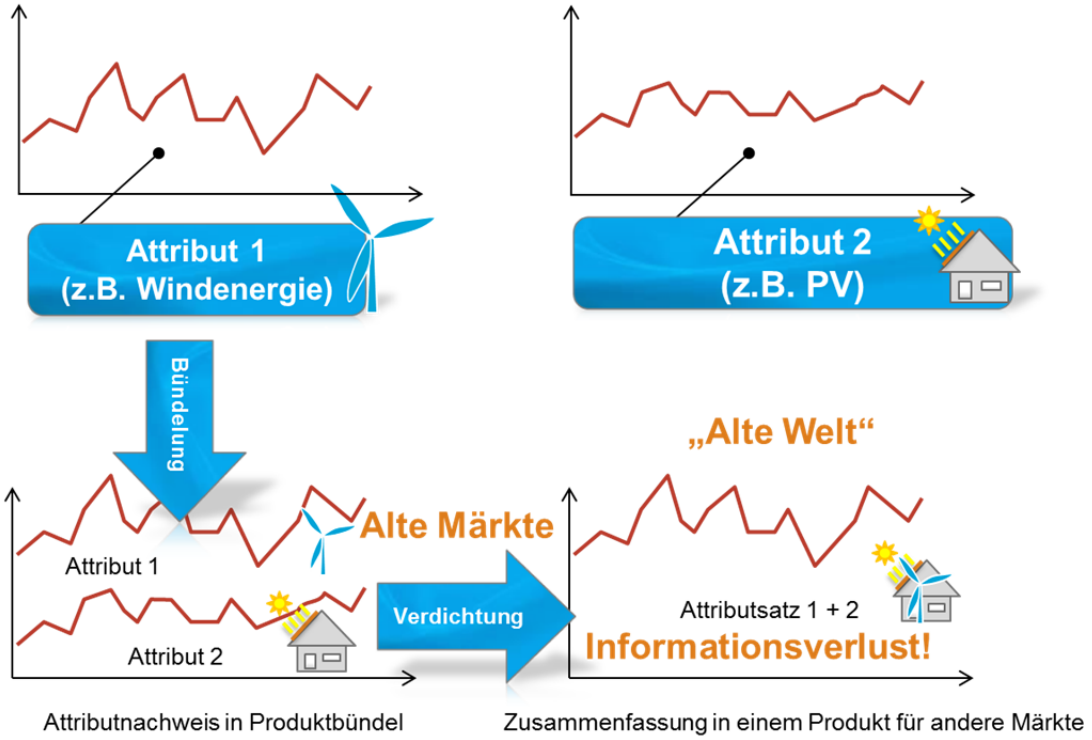



**Bild 63: Änderung der Attributsätze**

Die Definition und der Verkauf eines Produkts mit Attributen am Marktplatz kann nur mit der Einspeisung entsprechender Energiemengen einhergehen. Dies ist im Nachgang durch den dafür verantwortlichen Vertragspartner auf geeignete Weise nachzuweisen, z. B. über Zertifikatsnummern eines Zertifizierungssystems oder den Verweis auf eine konkrete Erzeugungsanlage.

Durch den Handel des Produkts am Smart Market werden das Produkt und der Attributsatz unveränderbar. Wird es vom Käufer am Marktplatz weiterveräußert, so werden die Attribute wiederum auf einen anderen Marktteilnehmer übertragen.

Wenn neue Produkte definiert werden, in denen mehrere andere Produkte oder Teile von Produkten zusammengefasst werden, muss die Menge der Attribute bilanziert werden. Beim Einsatz eines Produktbündels können Attributsätze unverändert gehandelt werden, während beim Zusammenfassen mit anderen Attributsätzen Informationen über die zeitliche Zuordnung der Attribute verlorengehen (siehe Bild 63).

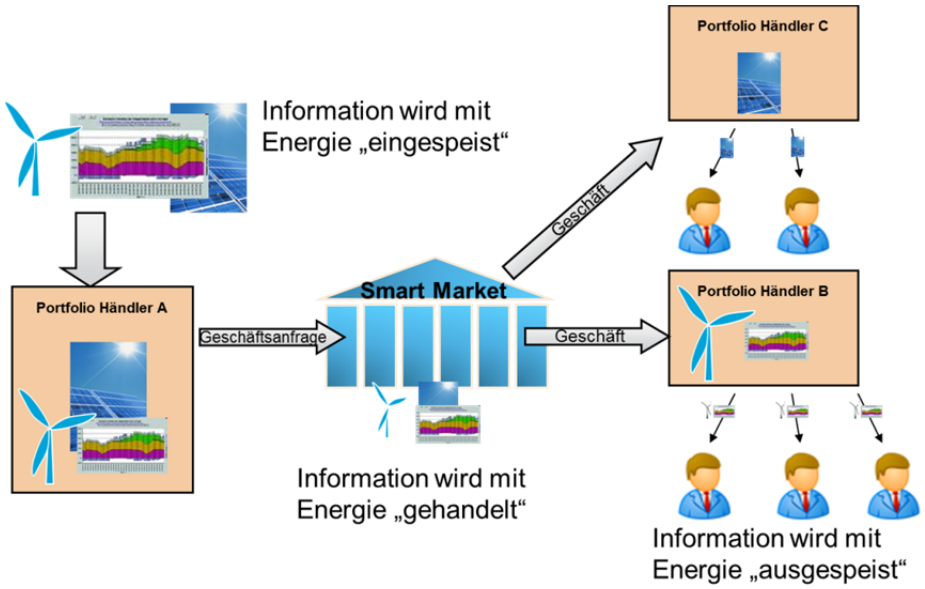



**Bild 64: Handel von Energie mit Information am Smart Market**

#### 4.1.4.4 Weitere Dienstleistungen: Marktplatzservices

Der Smart Market bietet den Marktteilnehmern über die Geschäftsanbahnung hinaus Dienstleistungen an, die den Marktzugang und die Marktnutzung erleichtern.

##### Marktportfolio

Das Marktportfolio stellt keine vollständige Portfolioverwaltung oder gar Portfoliooptimierung dar, sondern bildet die Aktivitäten des Marktteilnehmers auf dem Smart Market ab. So können die Positionen, die sich aus den Geschäftsanfragen und Angeboten ergeben, in einer aggregierten Position dargestellt werden. Zusätzlich ist es möglich, externe Positionen als Fahrpläne in die Marktplattform zu laden und im Marktportfolio darzustellen. Differenzen aus Portfoliobestandteilen können direkt in Geschäftsanfragen einfließen, ohne dass der Marktteilnehmer den Fahrplan jedes Mal neu in die Marktplattform importiert.

##### Geschäftsabwicklung

Zusätzlich zur Geschäftsanbahnung bietet der Smart Market Möglichkeiten zur Geschäftsabwicklung. Diese findet im Anschluss an den Geschäftsabschluss statt und kann sich bis zu einem Zeitpunkt nach dem Lieferzeitraum erstrecken.

##### Bereitstellung der Vertragsdokumente

Der Marktplatz erzeugt beim Abschluss eines Geschäfts ein Vertragsdokument, das alle wesentlichen Parameter des Geschäfts enthält. Dieses Dokument wird im Marktplatz archiviert und kann zusätzlich den Vertragsparteien als Confirmation per E-Mail zugesendet werden.

##### Beschaffungssteuerung

Heute üblich ist die Belieferung von Großkunden Over-The-Counter (OTC) über sogenannte Vollversorgung. Bei diesem Vertragsmodell wird vor der Belieferung eine Prognose als Fahrplan erstellt, welcher zur Ermittlung des Preises dient. Da die Belieferung häufig erst

Monate nach Abschluss des Vertrags beginnt, wird vom Lieferanten die Energie nicht direkt beschafft, der Preis wird gleichfalls noch nicht fixiert. Es wird vielmehr eine Preisformel vereinbart, die über Marktpreis und Struktur der Lieferung eine tägliche Preisermittlung zulässt. Der Lieferkunde kann nun selbst festlegen, wann die Energie am Markt beschafft wird. Dies geschieht in der Regel in mehreren Beschaffungsvorgängen, sogenannten Tranchen. Der Kunde kann somit den Preis verbessern, wenn er den richtigen Zeitpunkt zur Beschaffung wählt, er kann natürlich auch ungünstig beschaffen und dadurch einen höheren Preis bezahlen. Im Prinzip stellen die Beschaffungsvorgänge Geschäfte im Geschäft dar, sodass die Interessen des Lieferkunden auch durch mehrere Geschäfte am Smart Market innerhalb eines Rahmenvertrags befriedigt werden könnten. Andererseits ist dem Lieferanten beim Tranchenmodell von Anfang an der Gesamtbedarf bekannt, da er selbst in der Regel die Prognose erstellt und auch das Mengenrisiko trägt.
Der Smart Market unterstützt die Beschaffung von Tranchen durch eine spezielle Portfoliosicht, die beschaffte und unbeschaffte Mengen anzeigt. Zudem wird die Beschaffung von Tranchen durch die Marktplattform unterstützt. Der Kunde fordert einen Preis für die nächste Tranche an und bestätigt den Beschaffungsauftrag ähnlich wie ein Geschäft. Der Lieferant bestätigt dann nochmals die Beschaffung und fixiert den Preis dem Preismodell entsprechend.
Im Folgenden sind die Funktionen und Prozesse der Beschaffungssteuerung aufgeführt, die der Smart Market unterstützen kann:

- Berechnen von Fahrplänen für Tranchen aus Prozentangaben der Gesamtmenge oder der Restmenge,
- Hochladen von Fahrplänen von Tranchen,
- Berechnen von Preisen über Marktdaten und Preismodelle, Bereitstellung von Risiko und Marktkennzahlen,
- Anforderung von Preisen für Tranchen durch Kunden,
- Bestellung durch den Kunden,
- Bestätigung durch den Lieferanten.

Insbesondere lässt sich der Marktplatzservice „Beschaffungssteuerung“ zur Vermarktung von volatiler erneuerbarer Erzeugung nutzen. Der Fahrplan kann für den Folgetag jeweils präzisiert werden und die Differenzmenge zur bisherigen Planung über Preisformeln bewertet werden. Bild 65 (siehe S. 160) visualisiert ein solches Geschäft, das ein Flexibilitäts- oder Trichterprodukt enthält: Täglich kann der Fahrplan des Produkts innerhalb vorgegebener Toleranzschranken neu definiert werden und so Rücksicht auf die schwer vorhersagbare Einspeisung genommen werden.

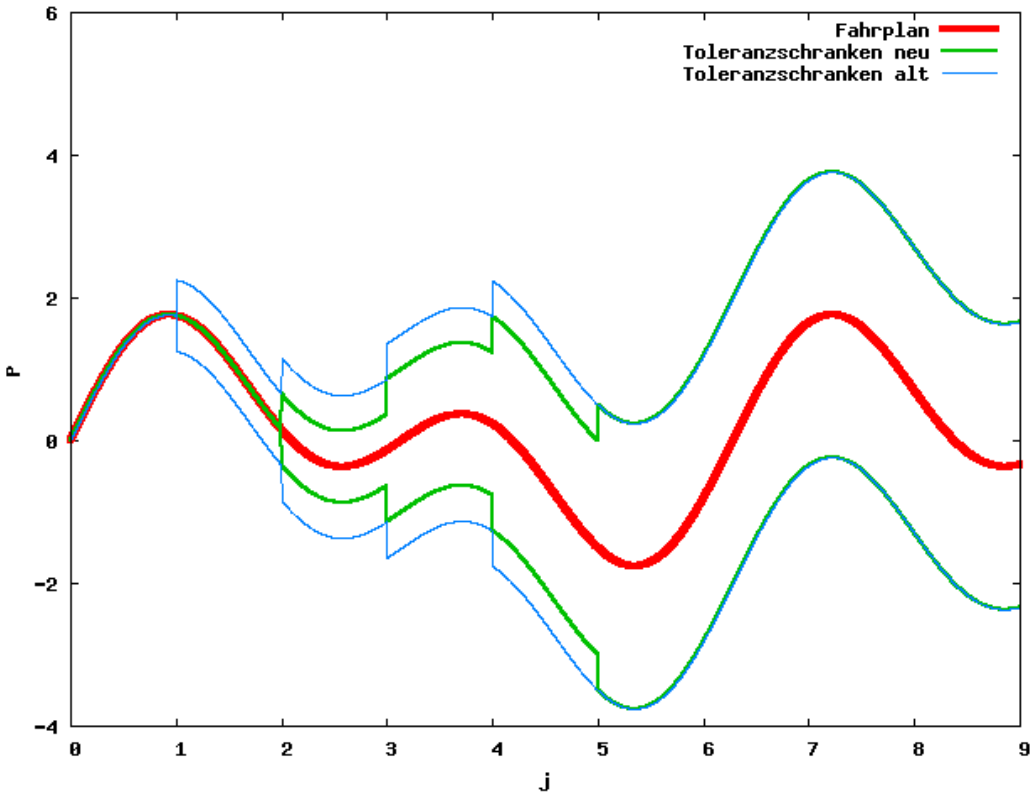



**Bild 65: Flexibles Fahrplanprodukt mit Toleranzband**

### 4.1.5 EEBus-Konzept

Das EEBus-Konzept beschreibt die Abstraktion und Klammerung bestehender etablierter Standards der Inhouse- Kommunikation und bietet der IP-Welt eine einheitliche Schnittstelle zum Haus an, mit dem Ziel, Energieversorgern und Haushalten den Austausch von Anwendungen und Diensten zur Erhöhung von Komfort und Effizienz zu ermöglichen. Zu diesem Zweck stellt der EEBus eine anwendungsneutrale, genormte Schnittstelle bereit. Ein physikalisches Protokoll (wie werden Bits übertragen) und ein semantisches Protokoll (welche Bits ergeben z. B. ein Preissignal) werden definiert.

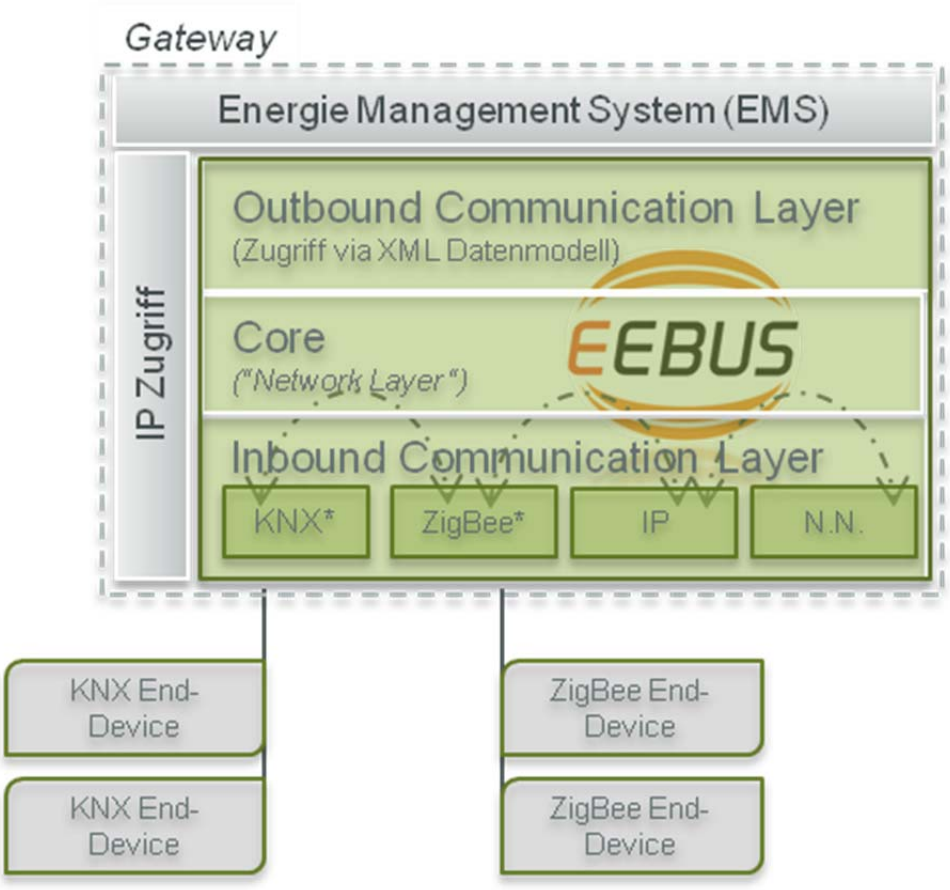



**Bild 66: EEBus-Architektur**

**Architektur des EEBus**

Der EEBus definiert die Schnittstelle zwischen allen Geräten im Gebäude und den Energieversorgern.

Der EEBus trennt die Kommunikation in eine interne (Inbound-Communication-Layer) und eine externe Kommunikation (Outbound-Communication-Layer) (siehe Bild 66). Die gebäudeinterne Kommunikation erfolgt über die bereits bestehenden Standards KNX, ZigBee und TCP/IP. In Smart Watts wird KNX als Powerline-Kommunikation mit dem entwickelten PL110+-Verfahren verwendet, um den Datentausch zwischen dem Meter-Gateway und der Bridge zu ermöglichen. Ein ZigBee-Funknetz wird aufgebaut, um die Kommunikation zwischen Bridge und den intelligenten Steckdosen, bei entsprechenden Feldtestteilnehmern auch zu den Kommunikationsmodulen in *Liebherr*-Gefrierschränken und *Miele*-Waschmaschinen bereitzustellen. Über TCP/IP wird die Verbindung zum Internet über den Kundenrouter, dann über WLAN zum iPad und bei entsprechenden Feldtestausstattungen zum LG-Homeserver realisiert. Auch die Einbindung der Alpha-InnoTec-Wärmepumpen erfolgt über TCP-IP.

Als Merkmal verfügt der EEBus sowohl auf Softwareebene als auch auf Hardwareebene über einen modularen Aufbau, was eine Integration von neuen Standards in bestehende Hardware ermöglicht. Die externe Kommunikation des EEBus erfolgt über standardisierte XML-Dateien oder JSON-Entsprechungen. Kern der EEBus-Architektur ist der Network Layer. Er vermittelt zwischen den im Gebäude installierten Geräten, ermöglicht deren

Kommunikation untereinander und interpretiert die XML- bzw. JSON-Daten der externen Kommunikationspartner für die jeweiligen Endgeräte im Gebäude.
Die Daten werden in EEBus-Domänen verwaltet.

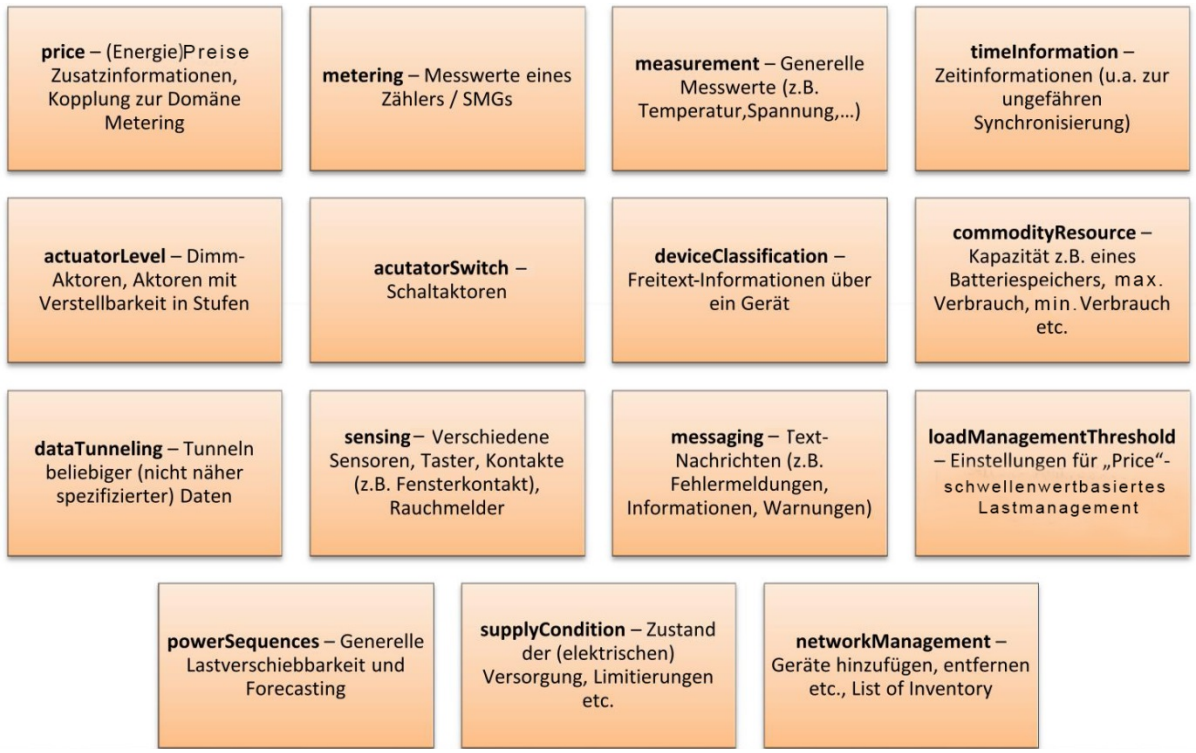



**Bild 67: Im aktuellen EEBus V1.0 realisierte Domänen**

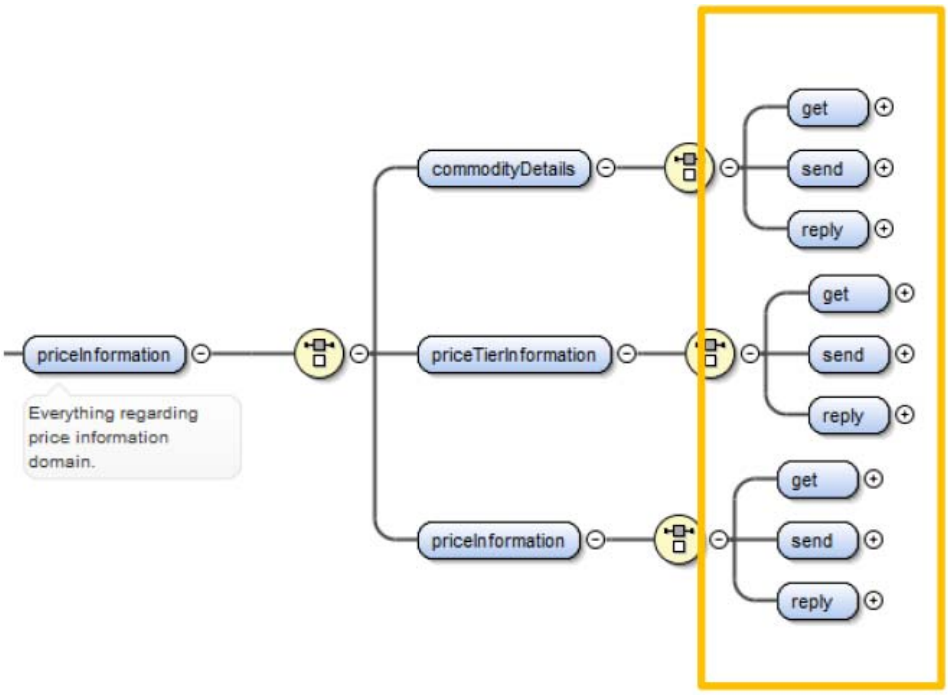



**Bild 68: Beispiel der in Smart Watts verwendeten Preisdomäne**

## 4.2 Standards und Normen

### 4.2.1 EEBUS

Der EEBus wird in unterschiedliche Normen überführt, derzeit wird die Normierung aktiv u. a. in den Gremien IEC TC57 WG21; Cenelec TC205, WG18; TC59x angegangen.

In den Normungsgremien wird dies von der EEBus-Initiative e. V. getrieben. Sinn und Zweck der Initiative ist die Vernetzung von führenden Unternehmen, Verbänden und Akteuren der deutschen und internationalen Energie-, Telekommunikations- und Elektrowirtschaft. Gemeinsam wird EEBus als offenes, standardisiertes und konsensorientiertes Vernetzungskonzept entwickelt. Startend mit der Verbindung von Smart Grid und Smart Consumern, wird zusammen der geschaffene Ansatz über Smart Home und Smart Building hinaus zu einem ganzheitlichen Konzept für als Ziel nahezu alle Smart Devices entwickelt. Durch diese Bündelung wird so ein neuer, übergreifender Markt für smarte Konnektivität eröffnet mit dem Ziel, ein Plus an Energieeffizienz, Komfort und Sicherheit zum Vorteil von Verbrauchern, Gesellschaft, Umwelt und Wirtschaft zu erhalten.

Bisherige Versuche, den milliardenschweren smarten Zukunftsmarkt zu öffnen, zeigen, dass ein Markt mit dieser Größe und Komplexität sich nicht von einzelnen oder wenigen Marktteilnehmern als geschlossene Insellösung aktivieren lässt. Deshalb bieten gemeinsam erarbeitete und verabschiedete Normen die Möglichkeit, ein offenes System für alle erfolgreich zu etablieren. Die *EEBus-Initiative e. V.* arbeitet aus diesem Grund in den Normungsgremien, bringt ihr Know-how ein und gestaltet so die Regelsetzung aktiv mit. In Deutschland sind dies im Rahmen der *VDE*-Normungsorganisation *DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik* im *DIN* und *VDE* sowie in den relevanten Organisationen auf europäischer (CENELEC und ETSI) und internationaler Ebene (IEC).

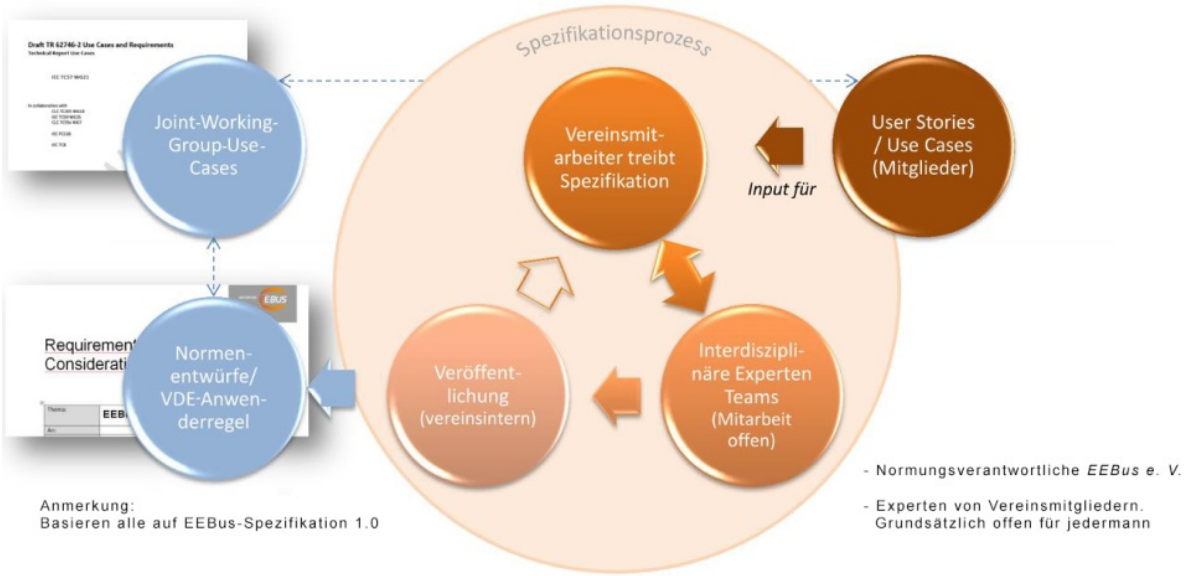



**Bild 69: Normungsprozess in der *EEBus-Initiative e. V.***

### 4.2.2 DIN Spec ENS

Durch die DIN SPEC 91214 werden aufeinander aufbauend drei Konzepte spezifiziert. Zuvorderst wird ein integratives Identifikationsschema spezifiziert, das den zunehmenden Informationsaustausch in der Energiewirtschaft durch geeignete Identifikationsmöglichkeiten unterstützt. Auf Basis dieses Schemas werden fünf wesentliche Funktionen definiert, die von Marktteilnehmern in Anspruch genommen werden können. Schließlich wird als Basisservice im Internet der Energie eine Nutzung des integrativen Identifikationsschemas sowie eine Umsetzung der darauf basierenden Funktionen durch den Energy-Name-Service (ENS) spezifiziert.
Das integrative Identifikationsschema (IOE-ID-Schema) dient der Identifikation von Objekten im Internet der Energie. Es handelt sich um ein integratives Schema, da es in der Lage ist, diverse bereits existierende oder zukünftig entstehende Identifikationsschemata zu integrieren. Die spezifizierten Identifikatoren werden genutzt, um die Kommunikation über das Internet zum Zweck einer effizienten Energieversorgung zu unterstützen. Ein Objekt kann mehrere Identifikatoren haben, wobei ein bestimmter Identifikator immer für ein bestimmtes Objekt oder eine Gruppe von Objekten steht.
Die zu einem Verzeichnisdienst zusammengefassten Funktionen erlauben einen organisierten Umgang mit den zahlreichen Objekten und setzen die dafür spezifizierten Identifikatoren zueinander, sowie zu sonstigen Informationsressourcen in Beziehung. Die Funktionen können durch einen simplen, öffentlichen Verzeichnisdienst umgesetzt werden und erlauben daher eine schnelle Integration in bestehende IT-Systeme.
Der Energy-Name-Service (ENS) nutzt zur Umsetzung des IOE-ID-Schemas und der Funktionen die Technologie des im Internet verbreiteten Domain-Name-Systems (DNS). Er wird als Teil des DNS spezifiziert und fügt sich nahtlos in die globale Domainstruktur ein. Ohne das Wissen um die spezielle Interpretation der DNS-Antworten dieses Unterbaums verhält sich der ENS vollkommen transparent im DNS.

### 4.2.3 DIN Spec ESS

Für die Erstellung von digitalen Zertifikaten bzw. Security-Tokens existieren mehrere Standards. Für den ESS wurde der X.509-Standard gewählt, durch den eine Referenzstruktur für das Zertifikat (X-509.v3) vorgegeben wird. Dabei bietet dieser Standard die Möglichkeit der Token-Erweiterung, welche für die Authentifizierung von Subjekten speziell für die SMA spezifiziert wurden. Im Besonderen ist es notwendig, die Rolle des zu autorisierenden Subjekts in dem Security-Token zu hinterlegen, damit der Betreiber eines Dienstes (Servicebetreiber) identifizieren kann, ob das jeweilige Subjekt als Anbieter oder Konsument bestimmter Informationen innerhalb des Geschäftsprozesses agiert.
In der zum ESS gehörenden DIN SPEC 91297 werden sogenannte Pseudonymzertifikate nicht betrachtet. Der entworfene Security-Token richtet sich vor allem an die kritischen Prozesse, wie die Wechselprozesse im Messwesen (WiM) und Geschäftsprozesse zur Kundenbelieferung mit Elektrizität (GPKE), bei denen gegenseitige Kenntnis der Identität notwendig ist. Der ESS an sich erlaubt auch Pseudonymzertifikate, diese sind jedoch an dieser Stelle nicht spezifiziert.

### 4.2.4 Bezugskonditionen

Smart Grids und Smart Metering werden die heutigen statischen Systeme ersetzen und dynamische Lastflüsse organisieren, passend zum aktuellen Erzeugungsangebot.
Aus dem heutigen „Erzeugung folgt statischen Lastprofilen“ wird das zukünftig „Last folgt dynamischer Erzeugung“. Hierzu sind zusätzlich zu den direkt steuerbaren Lasten im Netz intelligente Anreizsysteme erforderlich, die dem Anschlussnutzer die Wahlmöglichkeit zwischen selbstbestimmter (komfortabler) Energienutzung und automatisierter Nutzung von Anreizen zur Lastverschiebung erlauben. Grundlage für die intelligente Nutzung der Energieeinheit im Anreizsystem des Internets der Energie ist die der Energieeinheit zugeordnete Information über Preis oder Herkunft. Mit dieser Zuordnung wird die Information zum Produktionsfaktor entlang der gesamten Wertschöpfungskette, von der Erzeugung bis zum Verbrauch.

- Die Bezugskonditionen individualisieren die Energieeinheit und machen sie damit intelligent nutzbar.
- Das modulare und interoperable Smart-Metering-Konzept stellt die aktuelle Information über Verfügbarkeit, Preis und Qualität der Energieeinheit dem System bereit.
- Die intelligenten Hausgeräte organisieren selbständig ihren Energieverbrauch anhand dieser Informationen.

#### 4.2.4.1 Anforderungen an das Datenmodell

Das Datenmodell sollte möglichst flexibel gestaltet sein, das es für Produkte verschiedener Lieferanten anpassbar sein muss.
Es kann pro Haushalt immer nur eine führende Größe geben. Diese ist entweder der Preis oder ein Qualitätsmerkmal. Diese Größe ist dann entweder für ein Verbrauchsgerät oder für den gesamten Haushalt führend. Theoretisch sind mehrere Führungsgrößen möglich. Dies wird aber im Rahmen von Smart Watts ausgeschlossen, da dies erstens für die automatische Steuerung der Geräte zu komplex wäre und zweitens die Laständerung auf der Basis von mehreren Führungsgrößen nicht mehr oder nur sehr schwer prognostizierbar ist.
Die Werte der Führungsgrößen sind stetig. Diese sind für die Gerätesteuerung, das Smart Balancing und die Datenverarbeitung besser geeignet, da durch stetige Werte insgesamt weniger Daten generiert werden.

#### 4.2.4.2 Die Modellierung der BzK

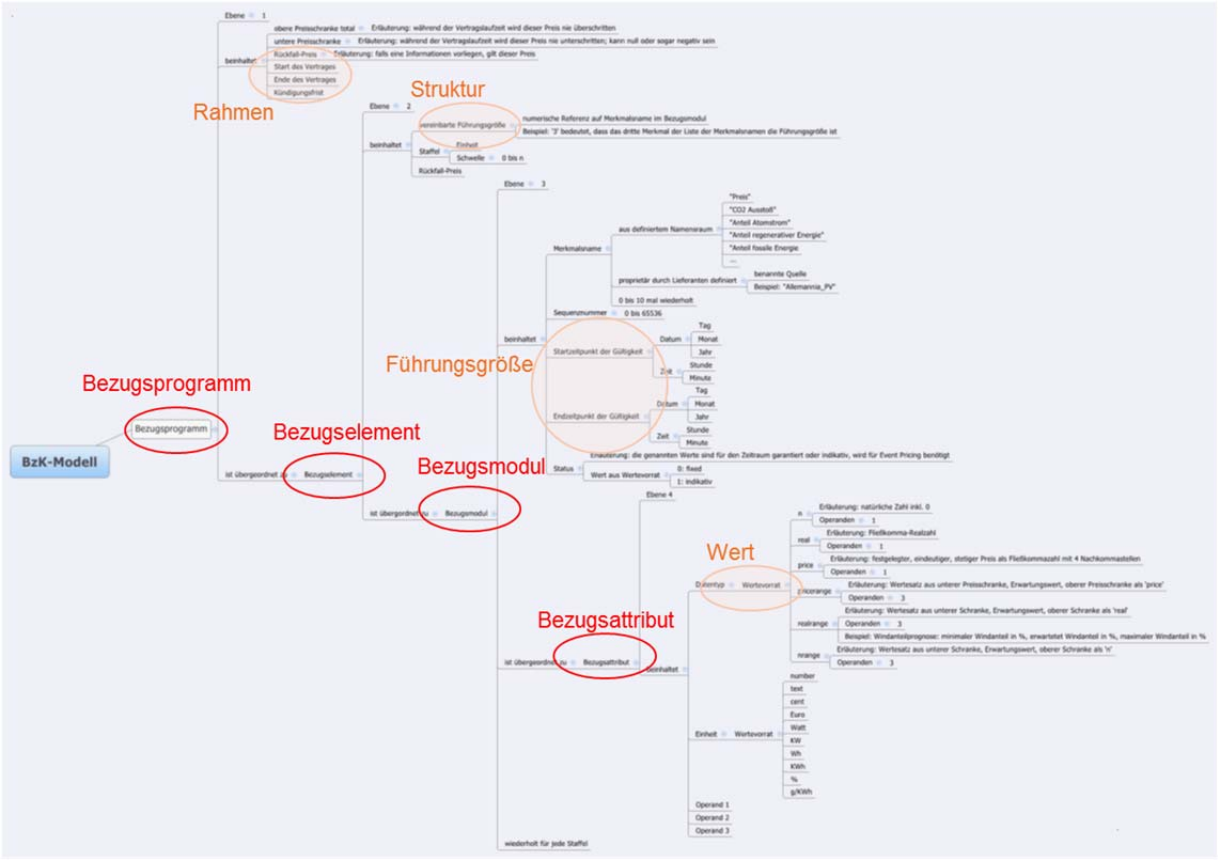



**Bild 70: Modellierung der Bezugskondition**

Grundlage für die intelligente Nutzung der Bezugskondition (BzK) ist die ausgereifte Modellierung der Informationsstruktur.
Die strukturelle Gliederung des BzK-Modells erfolgt in vier Ebenen:

- Bezugsprogramm
- Bezugselement
- Bezugsmodul
- Bezugsattribut

In der Ebene Bezugsprogramm werden die Rahmendaten der Energielieferung definiert, wie Vertragsgültigkeit, absolute obere und untere Preisschranken oder Kündigungsfristen.
Im Bezugselement wird die Struktur der Informationseinheit in einer numerischen Referenz auf den Merkmalsnamen der Gliederungsebene 3 und der Angabe einer möglichen Staffelung mit Angabe von Schwellen und der Definition der Rückfall-Position festgelegt.
In der Ebene Bezugsmodul werden die Rahmendaten der Führungsgrößeneinheit wie Merkmalsname (welche Führungsgröße), Start- und Endzeitpunkt der Gültigkeit und Status abgebildet.
In der vierten Ebene Bezugsattribut werden der Wert und die Einheit der Führungsgröße definiert.

#### 4.2.4.3 **Rahmenbedingungen zur effektiven Nutzung der BzK**

Aus Gründen der Datensparsamkeit wird bei der Kommunikation der BzK auf eine Empfangsbestätigung verzichtet. Somit muss für den Fall einer Kommunikationsstörung (es sind keine BzK im Haushalt angekommen) eine Rückfallposition im Haushalt verankert werden. Dies wurde mit dem Rückfallpreis, der im Bezugselement festgelegt und im Kunden-Gateway hinterlegt ist, realisiert. Das Lastmanagement im Kundenhaushalt wird über die lokal vor Ort vorliegende Führungsgröße angesteuert. Daher muss gewährleistet werden, dass die im Kundenhaushalt vorliegende BzK auch zur Abrechnung verwendet wird. Um dies sicherzustellen, muss die Informationseinheit verschlüsselt und manipulationssicher vom Haushalt zum MSB übertragen werden. Dies wird durch eine digitale Signatur der übertragenen Wertevektoren, bestehend aus ZPB, Zeit, Zählerstand und BzK, sichergestellt.

Für ein funktionierendes Lastmanagement muss der Wertebereich der BzK für einen definierten Zeitraum vorliegen. Zusätzlich muss es verlässliche (Tief-)Preisphasen geben, in die die intelligenten Hausgeräte ihren Energieverbrauch verlagern können.
Das Datenmodell der BzK lässt als kleinsten Gültigkeitszeitraum 15 Minuten zu. Theoretisch wäre eine Aktualisierung im 1/4h-Takt möglich. Im Modellprojekt hat man sich auf folgende Verlässlichkeits- und Aktualisierungsphasen für die Bereitstellung der BzK verständigt:

- 2 h konstant (der kleinste Zeitraum mit konstantem Preis ist 2 h)
- 6 h garantiert (die Preise der ersten 6 h der PFC ändern sich nicht mehr, BzK mit Status „fix“)
- 24 h avisiert (PriceForwardCurve, PFC für die nächsten 24 h, BzK mit Status „indikativ“) bei stündlicher rollierender Aktualisierung der PFC.

Mit diesem moderat dynamischen Verlauf der BzK über die Zeit wurde sichergestellt, dass die Verwendung von „Bestands-Haushaltsgeräten“ möglich ist und die Kundenakzeptanz erleichtert wird.

#### 4.2.4.4 **Zukunftsfähiges Modell der BzK**

Das Datenmodell der BzK ist erweiterbar. Als mögliche Führungsgrößen für die automatische Steuerung der intelligenten Haushaltsgeräte können der Preis, die Energieart, die Herkunft und die Umwelteigenschaften festgelegt werden.
Beispiele möglicher Führungsgrößen:

- Preis (im Modellprojekt umgesetzt)
- Anteil „GrünStrom“ oder „EEG-Strom“ in %
- Anteil Atomstrom in % etc.
- $gCO_2/kWh$
- benannte Quelle:
    - z. B. Anteil PV-Strom lokales Fußballstadion
    - z. B. Anteil Windenergie aus benachbartem Windpark

Darüber hinaus ist eine Staffelung der BzK möglich, z. B nach aktuell entnommener Leistung. Ebenfalls modellierbar sind Einspeisekonditionen, mit denen man über flexible Einspeisevergütungen ein Einspeisemanagement anreizen kann. Das Datenmodell der Bezugskonditionen würde sich als Standard für dynamische Tarifmodelle eignen, da es flexibel und zukunftssicher modelliert wurde und die Möglichkeit für zukünftige Erweiterungen offen lässt.

### 4.2.5 Powerline-Lösung

Die in Kapitel 4.2.2 beschriebene, in diesem Projektkontext entwickelte OFDM-basierte Powerline-KNX+-Lösung basiert auf der PL110 genannten Technologie, die von KNX auf der Grundlage der CENELEC-Spezifikation EN50065 entwickelt wurde. Der Entwurf für die Powerline+-Standardisierung (EN 50090-5-x) ist erstellt worden, wurde im Mai 2012 positiv in den Gremien beschieden und liegt den KNX-Mitgliedern vor.

## 4.3 Systemkomponenten und Feldversuchsergebnisse

In Bild 70 sind die im Folgenden ausführlicher erläuterten wesentlichen Systemkomponenten von Smart Watts und deren Abhängigkeiten zueinander dargestellt.
Ausgangspunkt der Betrachtung bilden die Module des Smart- Portfoliomanagements, die u. a. im Baustein des Smart Forecastings eine Absatz- und Erzeugungsprognose liefern. Unter Einbezug des virtuellen Kraftwerks und Handelsaktivitäten am Smart Market erfolgt im Portfolio des Smart Balancings die Generierung der situationsabhängigen dynamischen Preissignale, die über die Datenzentrale und das Gateway an die Einzelhaushalte und die intelligenten Verbrauchsgeräte bzw. Smart Plugs weitergereicht werden. Preise und Verbrauchswerte, die vom DSL-Router im Haushalt über die Datenzentrale wieder an das Smart Portfolio des Energieversorgers zurückgesendet werden, werden von der Komponente Smart Accounting für die Abrechnung des Endkunden verarbeitet.

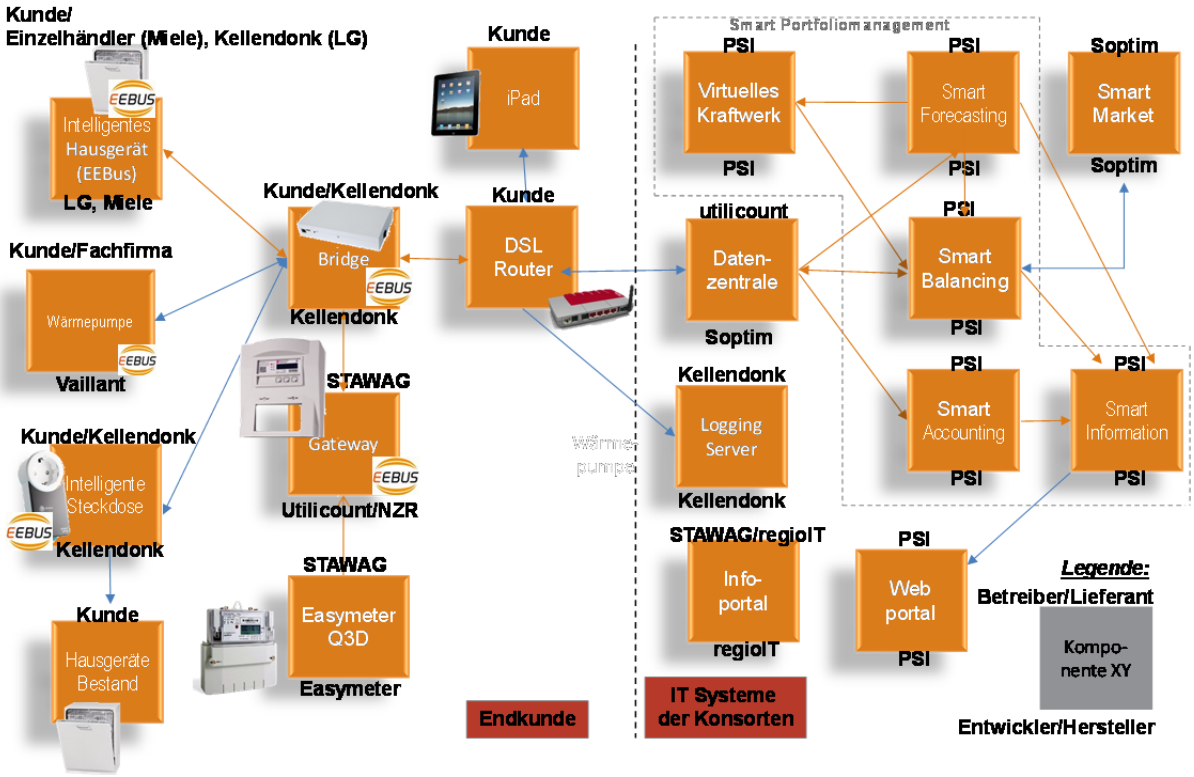



**Bild 71 : Übersicht der wesentlichen Smart-Watts-Systemkomponenten**

### 4.3.1 Smart Forecasting: Absatzprognose

Aufgabe des Smart Forecastings ist neben der Prognose der Erzeugung erneuerbarer Energien die Prognose des Abnahmeverhaltens der Haushalte im Feldversuch.

Die Prognose des Verbrauchs wurde als Absatzposition in das Gesamtportfolio der Modellregion aufgenommen. Aus der offenen Position (Absatz minus Bezug) wurde einerseits die Beschaffung am Smart Market, andererseits der Ausgleich des verbleibenden Residuallastgangs durch eine Lastverschiebung über die Versendung eines geeigneten Preissignals an die Verbraucher erwirkt.

Zu Beginn des Feldversuchs wurde aufgrund weniger aktiver Zählpunkte und kurzem Erfassungszeitraums zunächst mit dem normierten VDEW-H0-Profil für Haushalte gearbeitet. Das Smart-Portfoliomanagement-System bietet die Möglichkeit, ein gegebenes Lieferprofil auf eine vorgegebene Jahresenergiemenge zu skalieren. Diese Funktion wurde genutzt, um das VDEW-H0-Profil über einer dem Gesamtmodell entsprechenden Absatzenergiemenge zu skalieren. Im fortgeschrittenen Feldversuch wurde aus den gemessenen Werten von rund 250 Zählpunkten ein nach und nach geschärftes Verbrauchsprofil der teilnehmenden Haushalte errechnet und für die Absatzprognose verwendet. Allerdings zeigt sich auch hier, dass die Datenbasis für die Erstellung eines geeigneten Lieferprofils für eine langfristige Verwendung in der Praxis größer sein muss – empfohlen werden mindestens 500 Haushaltsteilnehmer.

Als Lieferprofil wurden im Smart-Portfoliomanagement-System jeweils für das Sommer- und Winterhalbjahr Tagesprofile für sieben verschiedene Tagestypen hinterlegt: Montag, Dienstag, Mittwoch, Donnerstag, Freitag, Samstag, Sonn- und Feiertage.

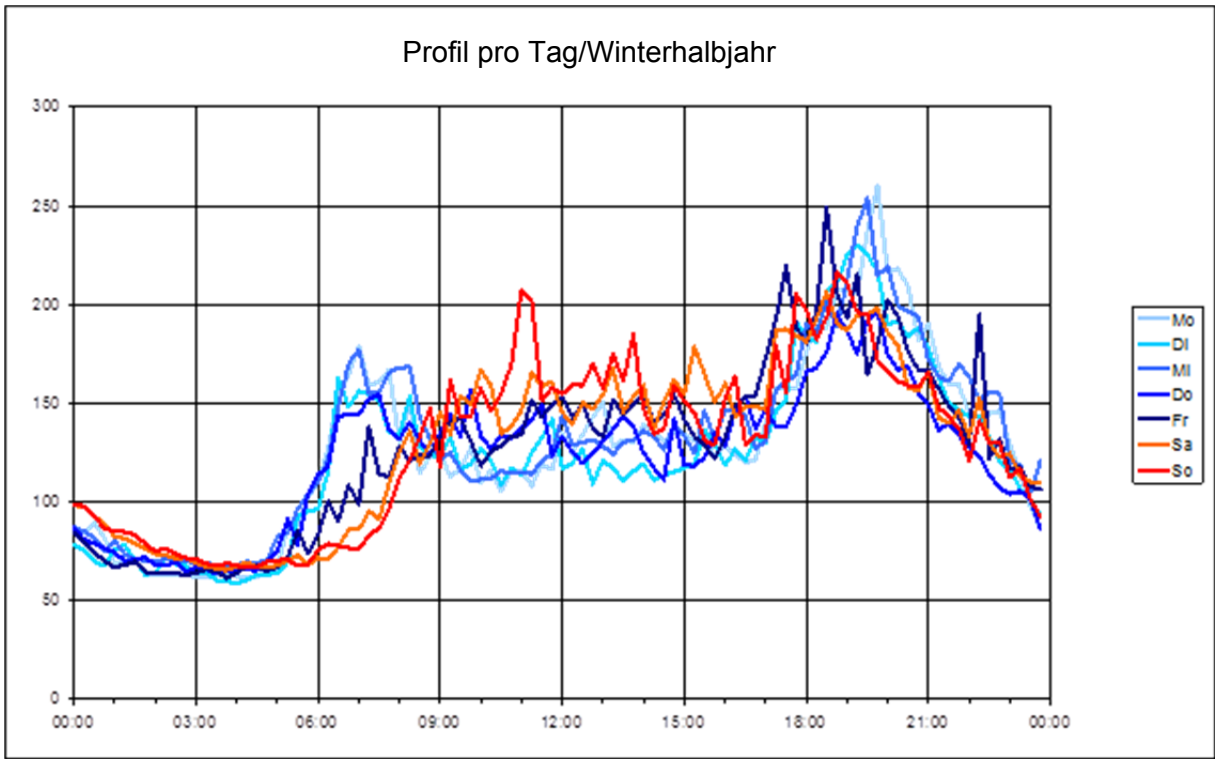



**Bild 72: Tagesprofile Smart Watts Winterhalbjahr**

Anmerkung: Bei der Erzeugung der Tagesprofile aus den tatsächlich gemessenen Verbrauchswerten wurden fehlerhafte Daten herausgefiltert, z. B. auftretende negative Lastwerte und aufgetretene einzelne Ausreißer wurden bei der Mittelung nicht berücksichtigt.

Aus der Grafik ist ersichtlich, dass die prägnantesten tagestypspezifischen Merkmale den beiden Gruppen „Wochentag“ und „Wochenende+Feiertag“ zugeordnet werden können, daher werden die nachfolgend dargestellten Auswertungen aus Gründen der Übersichtlichkeit auf diese beiden Typen reduziert.

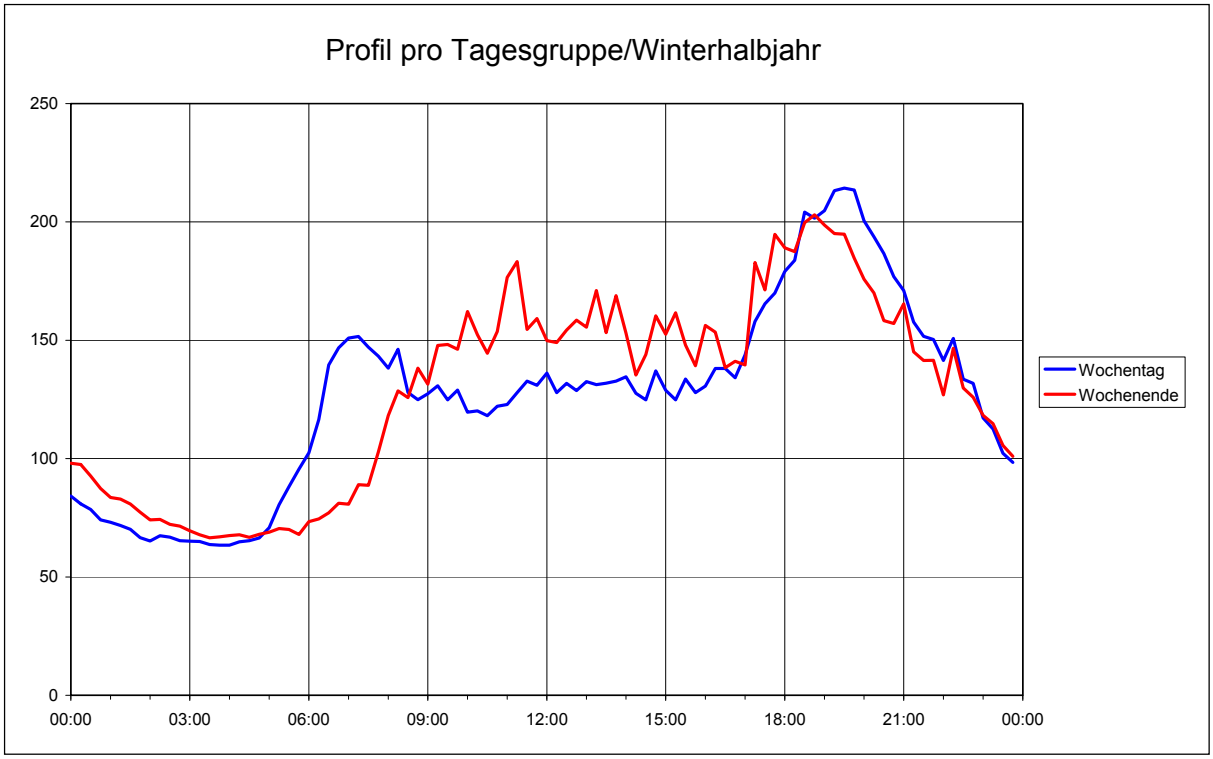



**Bild 73: Smart Watts Profil Winterhalbjahr**

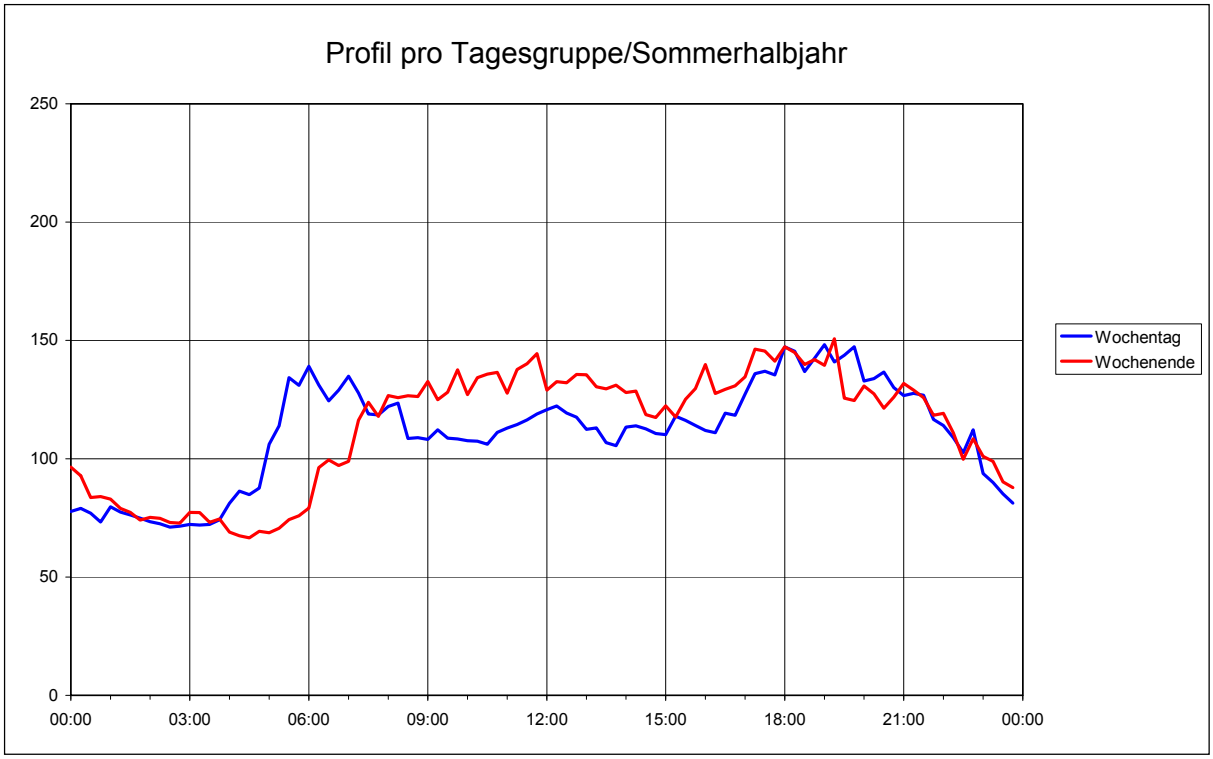



**Bild 74: Smart Watts Profil Sommerhalbjahr**

### Vergleich Smart-Watts-Profil zum H0-Profil

Das aus den realen Messwerten erzeugte Smart-Watts-Lieferprofil wurde dem VDEW-H0-Profil gegenübergestellt. Diese Gegenüberstellung ist rein informativ zu sehen: sie gibt an, inwieweit sich die Feldversuchsgruppe vom anfangs benutzten H0-Lieferschema

unterscheidet. Es ist zu erkennen, dass im Winterhalbjahr eine bessere Übereinstimmung als im Sommerhalbjahr besteht:

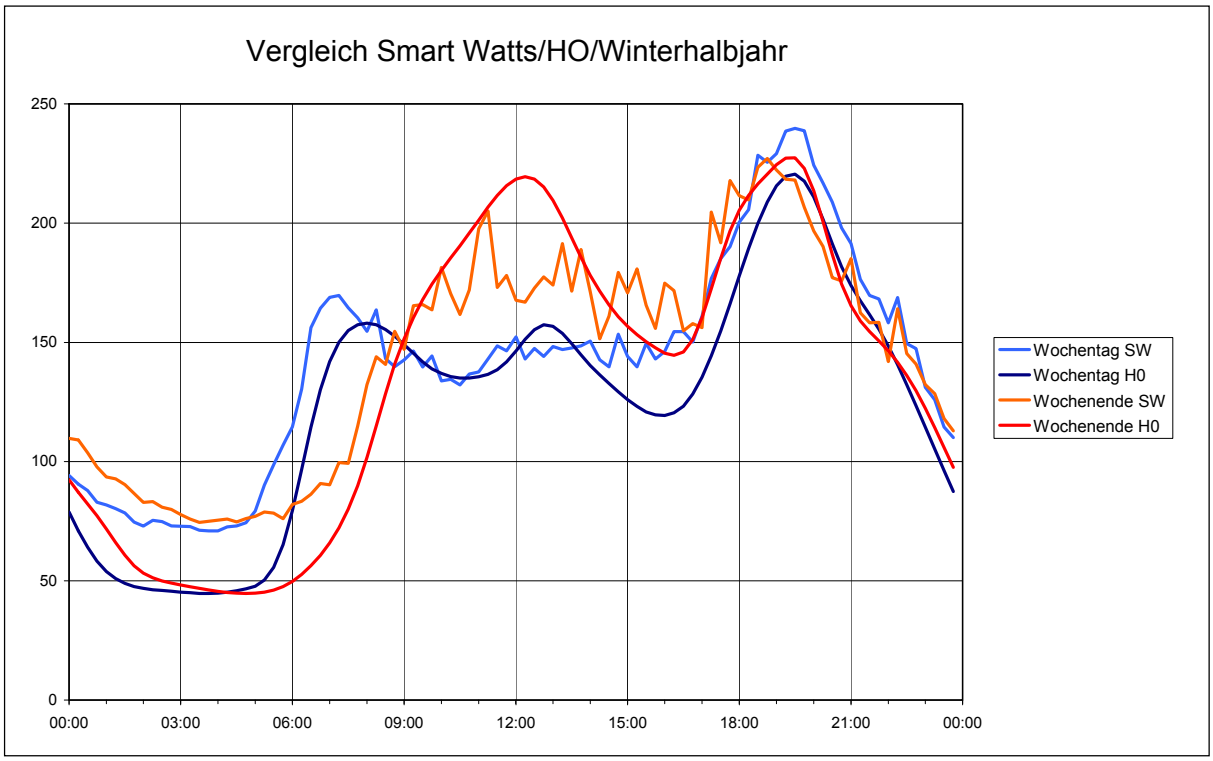



**Bild 75: Vergleich SW/H0 Winter**

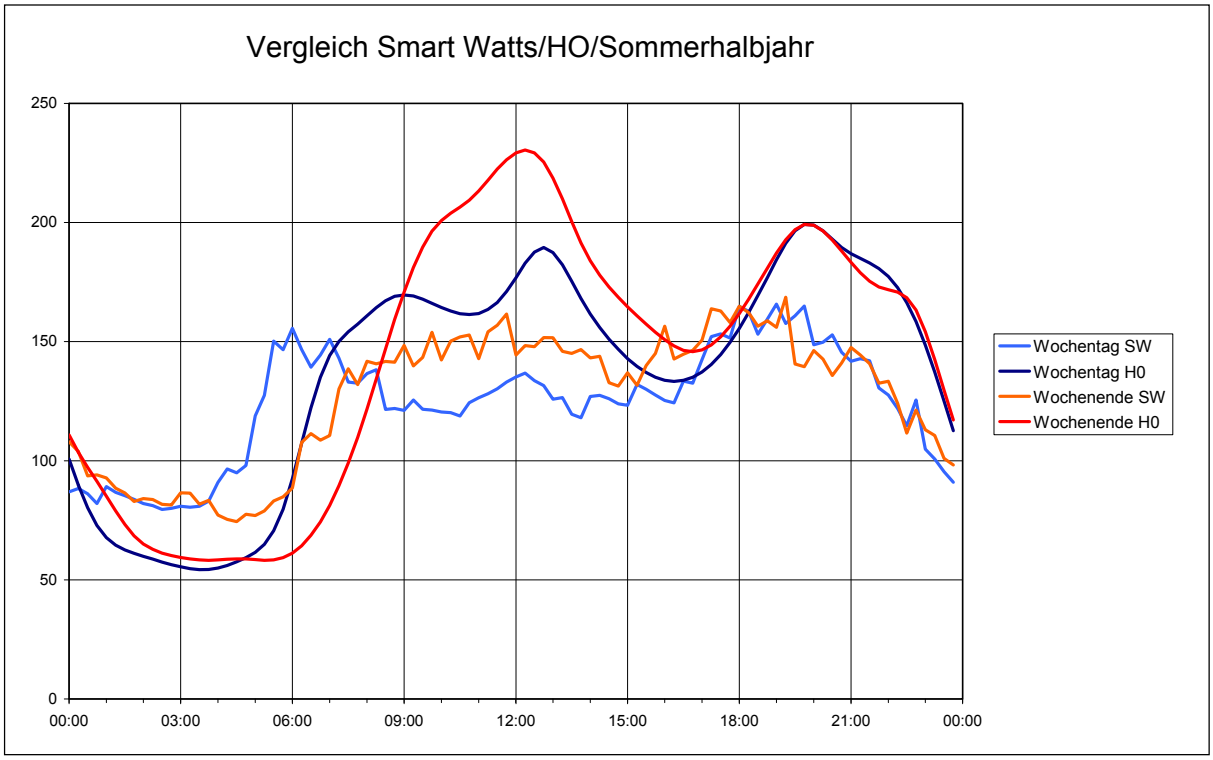



**Bild 76: Vergleich SW/H0 Sommer**

Die Absatzprognose wurde auf das Smart-Watts-Lieferprofil umgestellt. Es stellte sich heraus, dass hierbei deutlich bessere Ergebnisse in der Qualität der Absatzprognose erreicht werden konnten. In der folgenden Grafik sind der Prognose-/Ist-Vergleich und der zugehörige H0-Vergleichslastgang über mehrere Tage dargestellt:

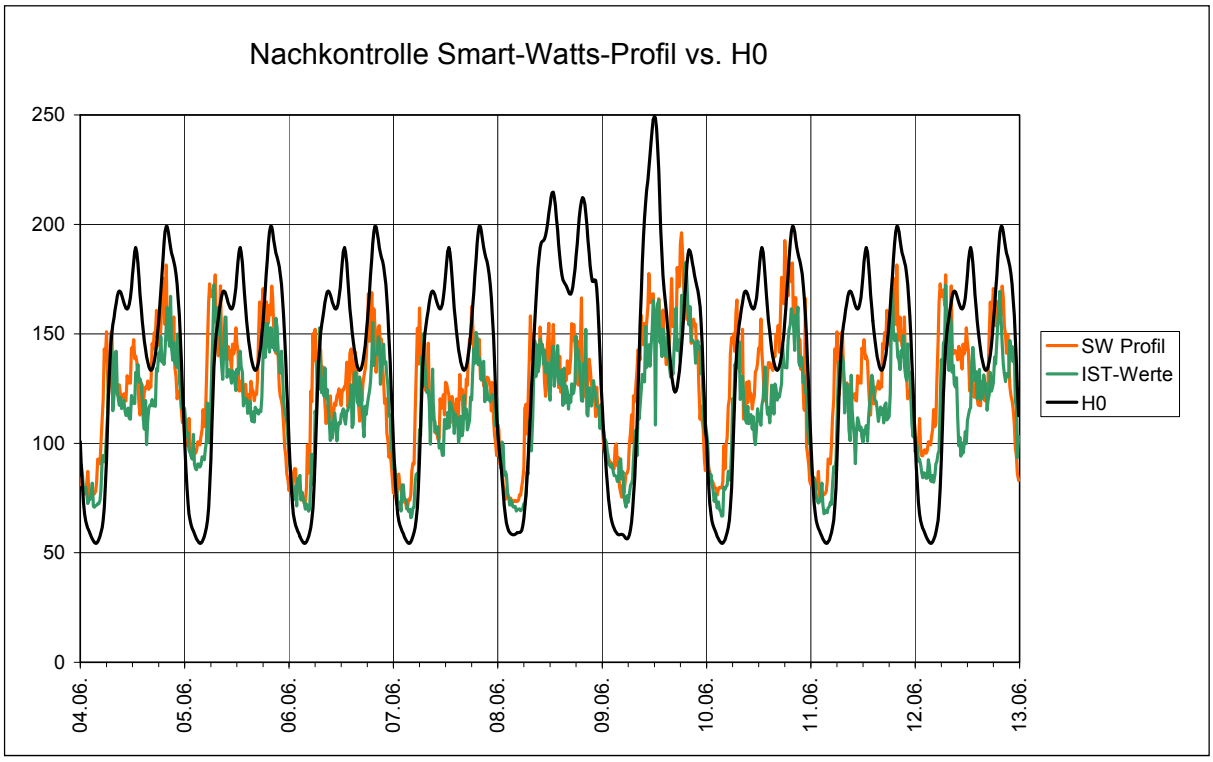



**Bild 77: Verifikation Smart-Watts-Profil gegenüber Ist-Werten und H0-Profil**

#### 4.3.1.1 Prognose des preissensitiven Verbrauchs

Die offene Position im Smart Portfoliomanagement enthält als Absatzkomponente zunächst das „ungesteuerte“ Verhalten (nach Smart-Watts-Lieferprofil), d. h. ein durchschnittliches Verhalten, welches unabhängig von spezifischen Preissignalen auftritt. Erst dieser ungesteuerte Absatz ermöglicht es, ein Potenzial für eine Lastverschiebung zu bilden. Hierzu wurde ein künstliches neuronales Netz (KNN) in Betrieb genommen, welches die Reaktion des Verbrauchs auf ein Preissignal abbildet. Das Lastverschiebungsmodul wurde schließlich dazu verwendet, um Preissignale zu erzeugen, die ein bestimmtes Verbrauchsverhalten hervorrufen. In der Gesamtbetrachtung des Portfolios wurde nach der Optimierung und der Lastverschiebung der prognostizierte gesteuerte Absatz einbezogen (Portfolioausgleich).

##### Herausforderung und Empfehlung

Bei der Auswertung von Messwerten gab es einzelne Phasen, in denen bei einzelnen Zählpunkten bis zu einem gewissen Zeitpunkt auf der Datenzentrale kein Zählervorschub eingegangen war. Hier wurde eine Ersatzwertstrategie eingesetzt: Der letzte Verbrauchswert wurde künstlich fortgeschrieben. Nach Wiederherstellung der technischen Datenverbindung lag der tatsächliche Zählerstand wieder vor. Je nachdem, ob ein zu niedriger oder ein zu hoher Verbrauch fortgeschrieben wurde, führte der nächste Lastwert zu einer Unstetigkeit (positiv oder negativ).

Während des Feldversuchs wurde das Lieferprofil Smart Watts für die Ermittlung des unbeeinflussten Verbrauchs optimiert.
Um eine bessere Prognosegüte zu erreichen, wird eine deutlich größere Anzahl von Zählpunkten und ein größerer Erfassungszeitraum empfohlen. Die zur Verfügung stehenden Daten wiesen eine relativ hohe Standardabweichung auf. Im Allgemeinen wird davon ausgegangen, dass eine Menge von > 500 Haushalten über einen Zeitraum von ununterbrochen > 1 Jahr für die Erstellung eines geeigneten Profils erforderlich ist.

### 4.3.2 Smart Forecasting: Erzeugungsprognose

Eine weitere Aufgabe des Teilprojekts Smart Forecasting war die Prognose der Stromerzeugung durch erneuerbare Energien. Hierzu wurden die in der Modellregion vorhandenen Erzeugungsparks aus Windkraftanlagen und Photovoltaikanlagen berücksichtigt. Die Erzeugung wurde in die Bezugsposition des Gesamtportfolios eingerechnet, damit werden erneuerbaren Energiequellen in den Markt integriert.

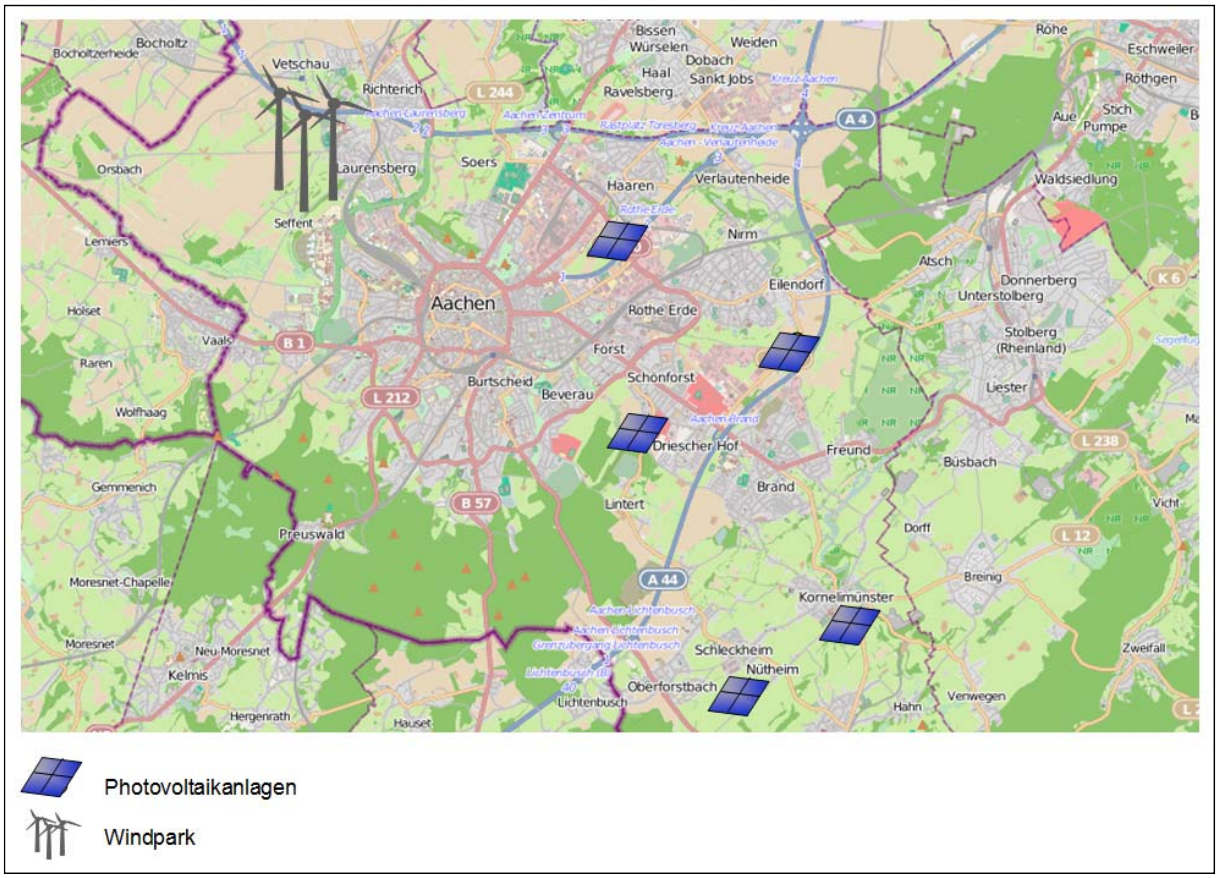



**Bild 78: Erzeugungsanlagen Aachen**

| Erzeugungsanlagen im Aachener Feldtest | Wind | Photovoltaik |
|---|---|---|
| Leistung[2] | 4,8 MW | 1300 $kW_p$ |

**Tabelle 6: Leistung der Anlagen im Feldversuch**

### Ergebnisse

Während der Pilotphase wurde die Erzeugung der Erneuerbaren Energiequellen in einem längeren Zeitraum noch vor Start des Feldversuchs aufgezeichnet. Gleichzeitig wurden die zugehörigen Wetterdaten im System abgelegt. Nach Zuordnung der verschiedenen Daten wurden KNN (künstliche neuronale Netze) mit dem erweiterten Prognosekern trainiert und für die Erzeugungsprognose eingesetzt. Weiterhin wurde zur besseren Beurteilbarkeit des Trainings eine grafische Ausgabe des Fehlerkoeffizienten implementiert. Hintergrund: Bei einem zu intensiven Training nimmt insgesamt die Prognosequalität wieder ab, denn das Netz „lernt“ in diesem Fall Wertepaarungen „auswendig“, anstatt kausale Zusammenhänge zu ermitteln und auf ähnliche Konstellationen anwenden zu können.
Zur Verbesserung der Qualität wurde mit verschiedenen Parametersätzen das Training mehrmals optimiert. Es stehen im Smart-Portfoliomanagementsystem drei verschiedene Arten von KNN-Prognosealgorithmen zur Verfügung. Dabei handelt es sich jeweils um Abwandlungen von Backpropagation-Algorithmen. Zu den verschiedenen Verfahren werden jeweils verschiedene Sätze von Algorithmenparametern und Einflussgrößen eingestellt. Diese Einstellungen bestimmen im Wesentlichen, wie während des Trainings aus vorhandenen Ist-Werten die in den Neuronen abgebildeten Zusammenhänge berechnet werden.

### Prognosequalität

Die Prognoseergebnisse von Photovoltaikanlagen werden in der Regel in Anbetracht der verschiedenen Störfaktoren mit einer recht guten Qualität erstellt.

[2] Für die Verwendung im Portfolio wurde die Leistung skaliert.

Im Folgenden eine typische Woche in der Darstellung im November und im Juli:

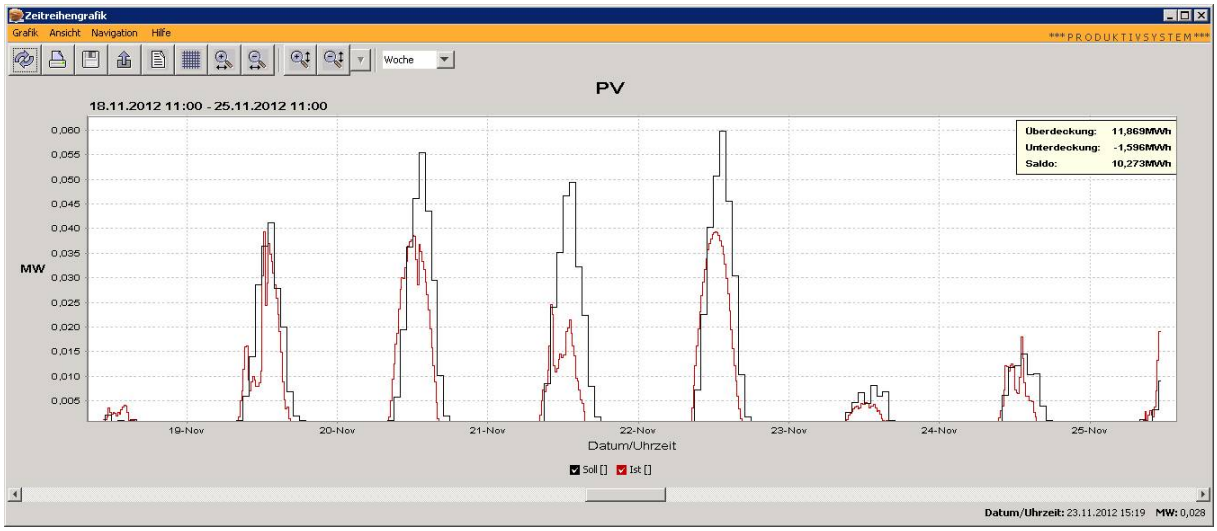



**Bild 79: Vergleich der Prognose mit den Ist-Werten der PV-Erzeugung im November (18.11.2012)**

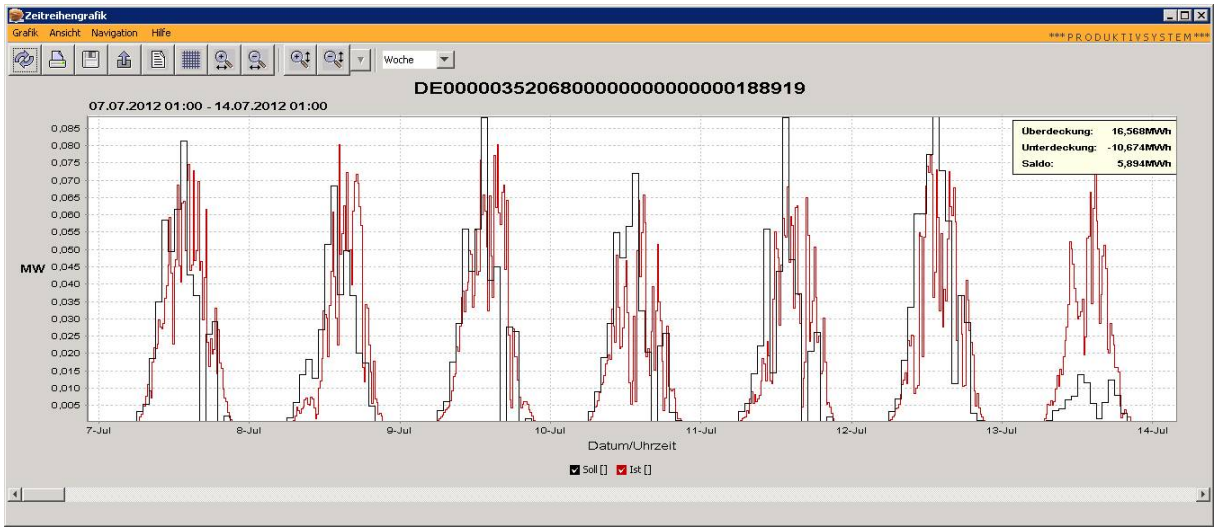



**Bild 80: Vergleich der Prognose mit den Ist-Werten der PV-Erzeugung im Juli. Relevante Abweichung am letzten Tag sichtbar.**

Zu beachten ist hierbei, dass es sich um zwei Stufen der Prognose handelt, d. h., die Erzeugungsprognose baut auf Wetterprognosen (Globalstrahlung) vom *Deutschen Wetterdienst (DWD)* auf, die bereits eine gewisse Unsicherheit mitbringen (siehe Bild 81, S. 177 und Bild 82, S. 177). Die gemessenen Ist-Werte der Globalstrahlung wurden an anderer Stelle mit anderen Sensoren ermittelt. Weiterhin bestehen die im Feldversuch eingesetzten PV-Anlagen selbst wiederum aus Sensoren mit unterschiedlichen Ausrichtungen und Neigungswinkeln. Grundsätzlich nahmen also mehrere Faktoren Einfluss auf die Prognosequalität.

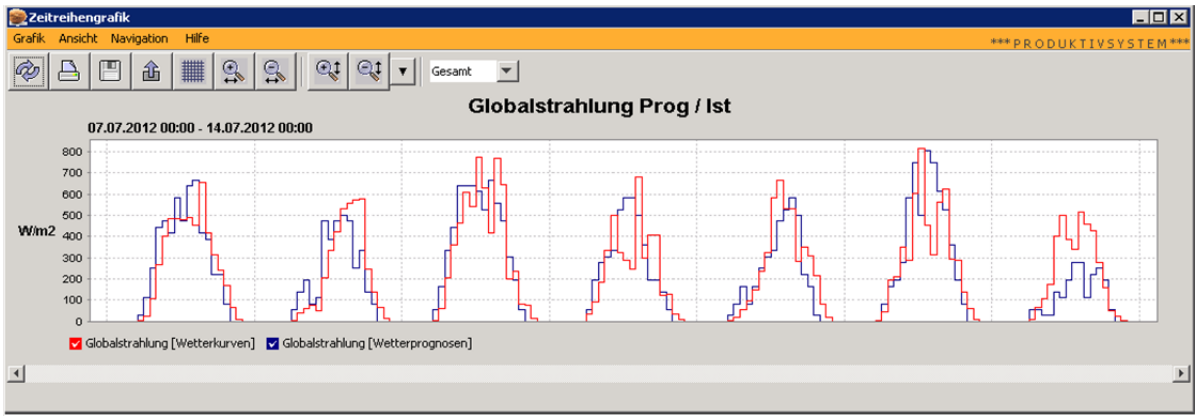



**Bild 81: Vergleich Wetterprognose mit Ist-Werten. Die oben in der Erzeugung sichtbare Abweichung ist bereits als Prognoseabweichung vorhanden.**

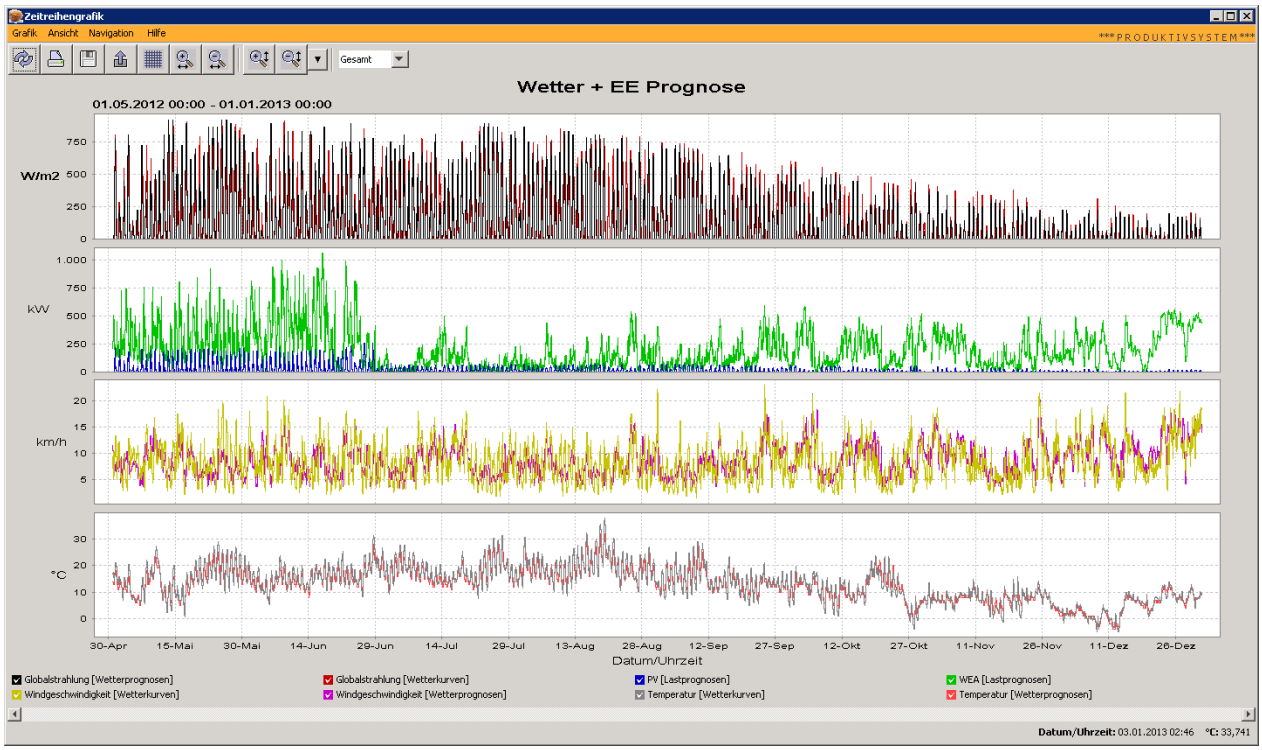
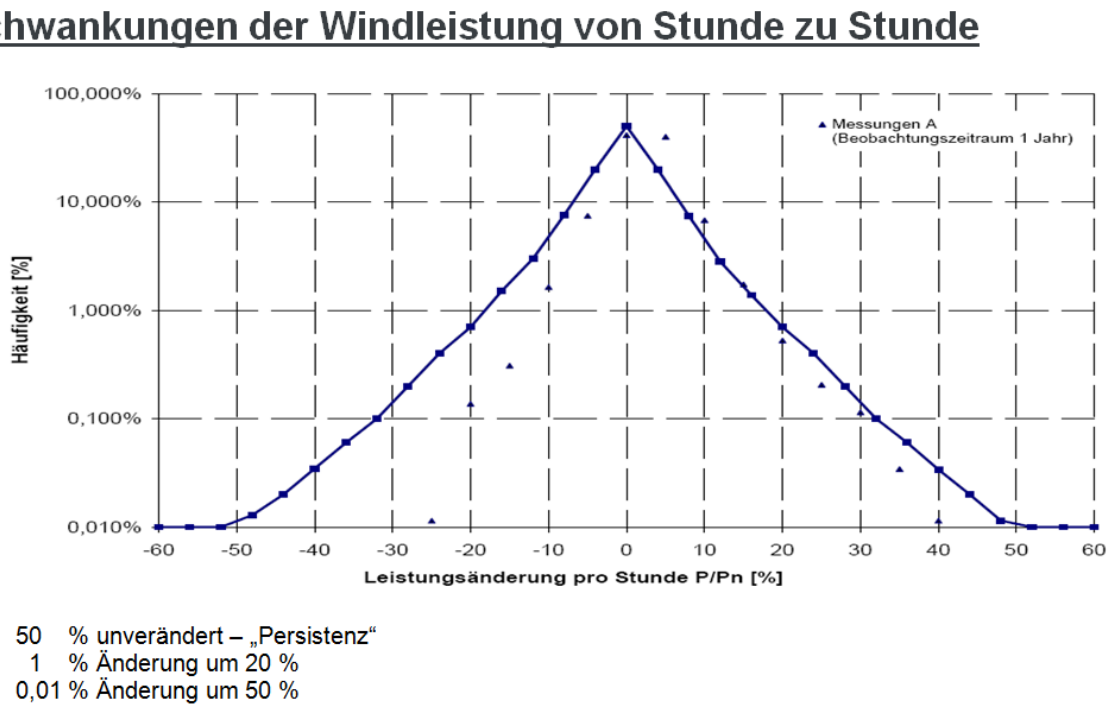



**Bild 82: Grafiksatz mit acht verschiedenen Kurven aus Erzeugungsprognose und Wetterkurven**

Bei der Prognose von Windkraftanlagen sind die Voraussetzungen ungleich schwieriger, denn das Verhalten von Wind ist stellenweise als „sehr sprunghaft“ zu charakterisieren und weicht oftmals von der Prognose ab, d. h., eine prognostizierte ruhige Stunde und eine Stunde mit starkem Wind treten in Realität zeitlich versetzt oder gar vertauscht auf. Die prognostizierte Energieerzeugung ist dementsprechend schwieriger zu trainieren (es werden falsche Zusammenhänge gelernt) und die Ergebnisse sind daher deutlich schlechter. Die Problematik zufälliger Ereignisse (Störfälle, Wetterumschwünge) setzt auch der Güte der Erzeugungsprognose Grenzen. Je weiter in der Zukunft der Prognosezeitraum gesetzt wird, desto ungenauer ist er.

Im Projekt wurden Day-ahead-Prognosen erstellt. Die Prognosewerte wurden zweimal täglich jeweils für die nächsten drei Tage vom DWD zur Verfügung gestellt. Empfehlenswert sind jedoch Intraday-Prognosen, basierend auf Prognosen und aktuellen Ist-Werten in Echtzeit, unter Ausnutzung der Eigenschaft des Windes, sich gegenüber der vorhergehenden Stunde nur wenig zu verändern:




50 % unverändert – „Persistenz“
1 % Änderung um 20 %
0,01 % Änderung um 50 %

**Bild 83: Schwankungen von Windleistung (BRAUNER et al., S.16)**

Mit den im Feldversuch vorliegenden Daten wurden Winderzeugungsprognosen erstellt, die passend zu den Windprognosen zufriedenstellende Ergebnisse lieferten:

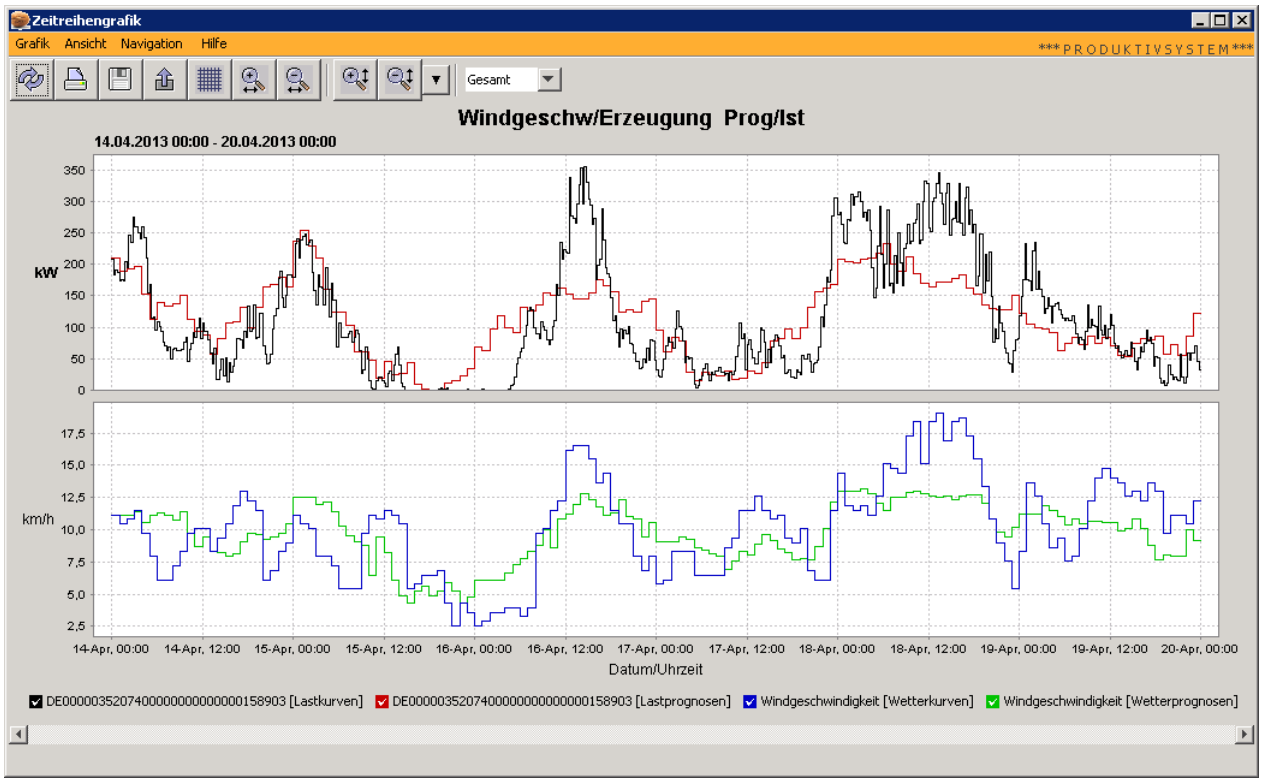



**Bild 84: Vergleich Prognose mit Ist-Werten einer WKA sowie zugehörige Windprognose und Ist-Werte**

In Bild 84 ist deutlich zu erkennen, dass Erzeugungsprognosen höchstens so gut sein können, wie es die Windprognosen sind (siehe auch Bild 85).

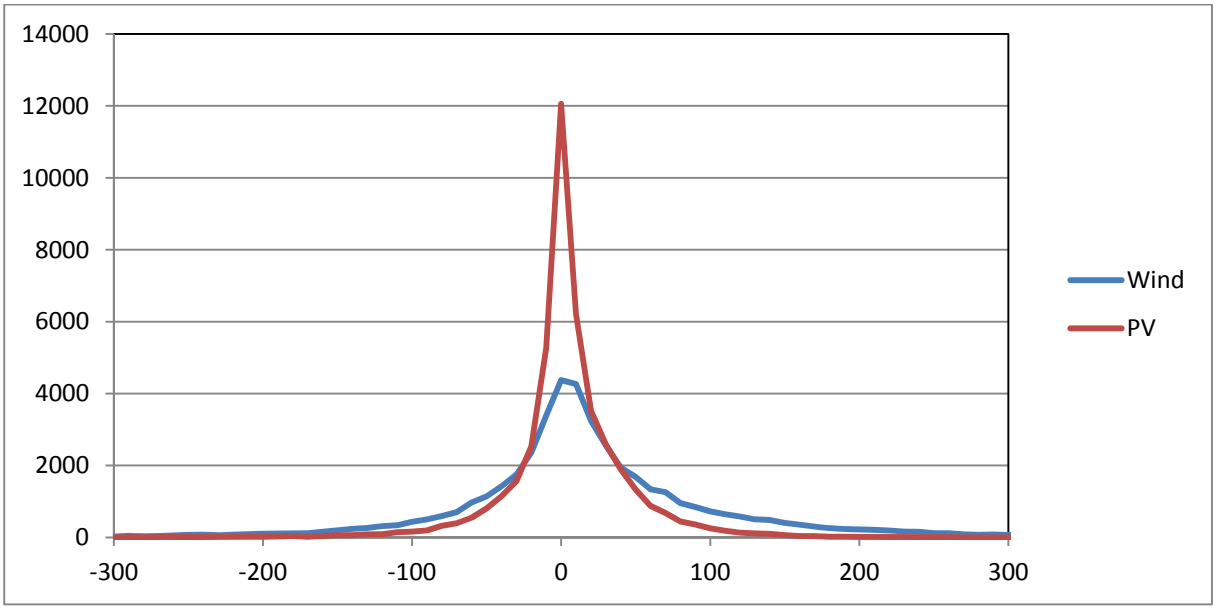



**Bild 85: Häufigkeit, wie oft und wie genau die Prognosen eingetroffen sind**

Insgesamt kann man festhalten, dass die Prognosen von PV-Anlagen weitaus präziser eintrafen als die Prognosen für Windenergieanlagen. Die Grafik zeigt, wie oft die Prognose genau zutraf (Abweichung = 0 auf der X-Achse) und wie häufig eine entsprechende Abweichung bestand.

Herausforderung und Empfehlung

Die Prognoseerstellung für erneuerbare Energien erzeugte insgesamt trotz stellenweise ungünstiger Randbedingungen im Feldversuch zufriedenstellende Ergebnisse. Nachfolgend sind nochmals alle Aspekte zusammengefasst, die eine „ideale“ Prognose verhindert haben:

- Prognose- und Ist-Werte wurden an verschiedenen Stellen und unter verschiedenen Voraussetzungen ermittelt. Das gilt sowohl für Windgeschwindigkeiten als auch für Globalstrahlung. Bei der Globalstrahlung spielten die Ausrichtung der verschiedenen Panels eine Rolle, bei Windgeschwindigkeit mussten die Messwerte (Prognose, Ist) aus verschiedenen Höhenlagen umgerechnet werden.
- Keine Verwendung von Intraday-Prognosen.
- Eigenheit des Windes: Der Wind weht stundenweise stärker oder weniger stark „Day ahead“ als vorhergesagt. Die Qualität von Windprognosen und damit Erzeugungsprognosen aus Windkraftanlagen sind damit beeinträchtigt.
- Es wird empfohlen, Revisionen sowie geplante und ungeplante Abschaltungen von Windenergieanlagen (z. B. bei zu starkem Wind) zu berücksichtigen

### 4.3.3 Smart-Market-Plattform und Optimierung im Smart Portfoliomanagement

Als Projektergebnis steht die prototypische Implementierung des Konzepts „Smart Market“ als IT-System zur Verfügung und wird für den Feldversuch mit Anbindung zum Internet betrieben. Da das System über das Internet von außen erreichbar ist, wurde ein Sicherheitskonzept erarbeitet und umgesetzt. Bild 86 (siehe S. 181) zeigt die Weboberfläche des Smart Markets, wie sie sich im Browser darstellt:

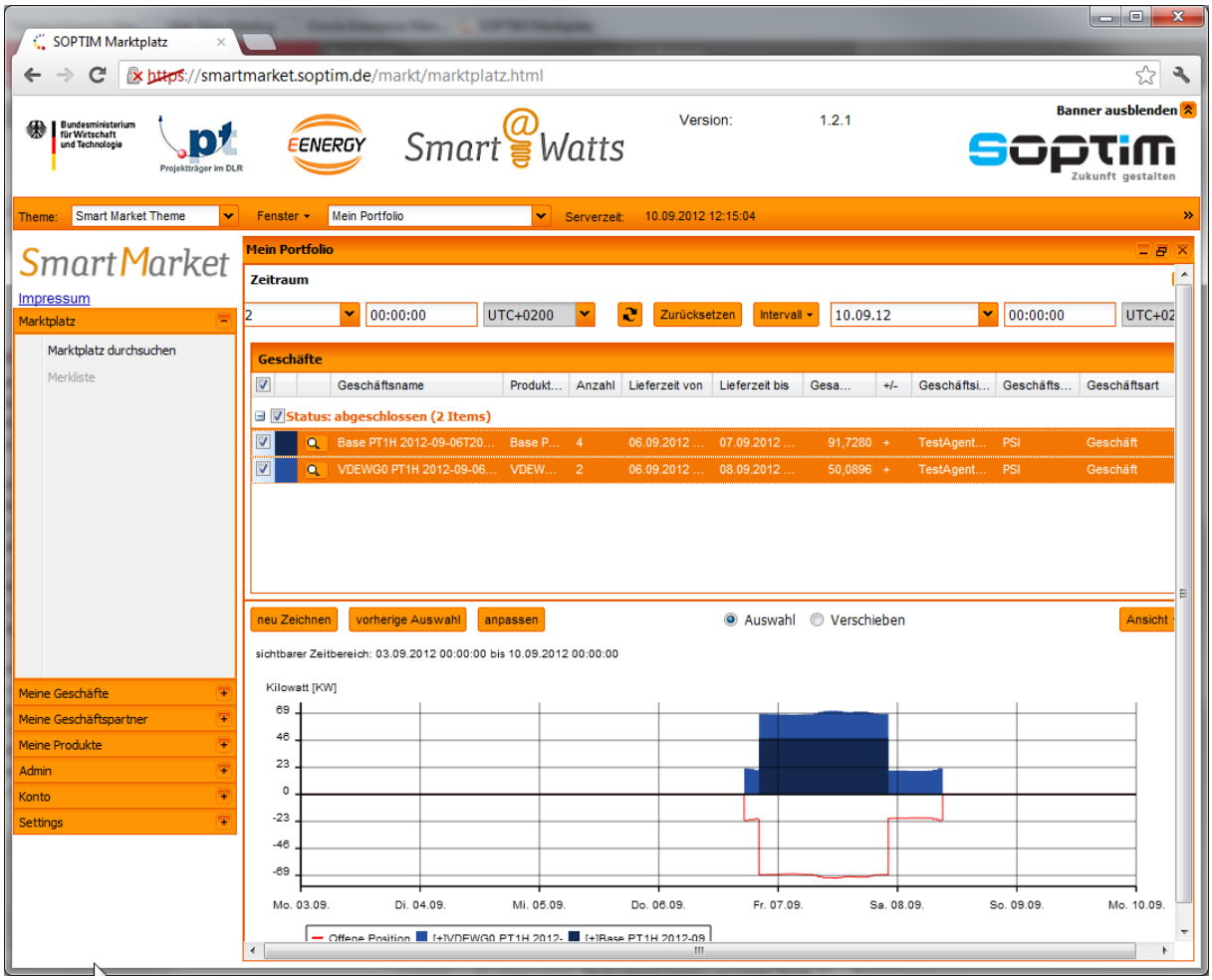



**Bild 86: Web-Interface Smart Market**

Als zweite Schnittstelle wurde die Marktplatz-API als Webservice implementiert und an das Smart Portfoliomanagement angeschlossen. Diese Schnittstelle wird ebenfalls von den Marktplatzagenten, Requestagent und Offeragent, verwendet.

**Optimierungsverfahren im Smart Portfoliomanagement und Handel am Smart Market**

Gegenstand der Optimierung war nicht nur ein klassisches Portfolio aus konventionellen Quellen (Erzeugung, Bezug, Börsen und etablierte Marktplätze) und einer typischen Absatzstruktur (Lieferverträge und etablierte Marktplätze), sondern ein um die Erzeugung aus erneuerbaren Quellen und Verbrauchern mit lastverschiebbarer Charakteristik erweitertes Gesamtportfolio. Dies unterscheidet sich von dem Ansatz eines reinen „virtuellen Kraftwerks“ (VKW), da zusätzliche Portfolioeffekte eines realistischen Energieportfolios berücksichtigt werden.

Insbesondere durch die funktionale Abhängigkeit zwischen Preis und Absatzlastgang (durch Lastverschiebung) wird das Optimierungsmodell sehr komplex. I, Smart Balancing wird dieser Zusammenhang durch ein KNN[3]-Modell abgebildet. Das KNN wird in der Kalibrierungsphase im Feldversuch trainiert (siehe auch Kapitel 3.3.4.4 „Kalibrierungsphase“, S. 129ff.).

[3] KNN = Künstliches Neuronales Netz

In Smart Watts sind nicht nur tägliche Optimierungsintervalle, sondern auch Intraday-Optimierungen möglich. Sobald es seitens der Erzeugungs- oder Absatzprognose neue Erkenntnisse gibt, kann ein neuer Optimierungslauf durchgeführt werden. Auf diese Weise wird das Portfolio im kurzfristigen Bereich ausgeglichen.

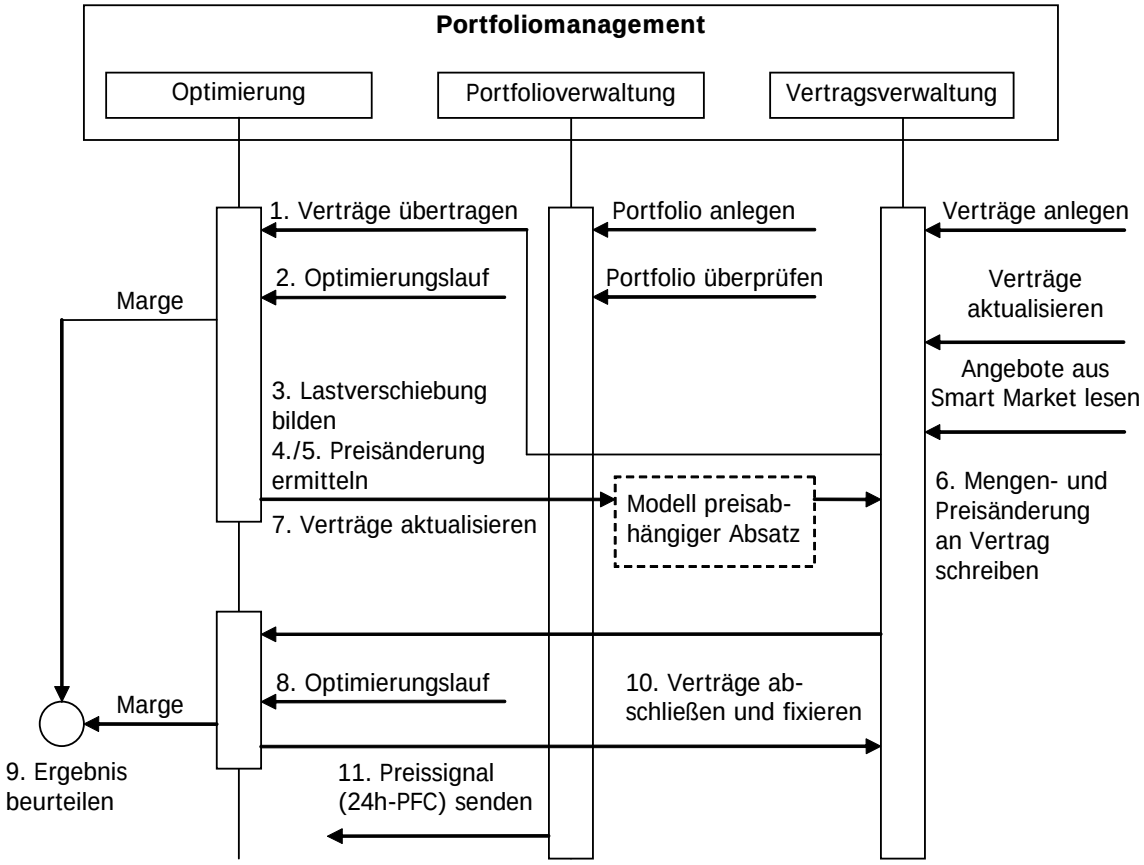



**Bild 87: Ablauf der Optimierung**

Unmittelbar vor dem Optimierungslauf werden alle relevanten Angebote (nach Angebotsart und Zeitraum) des Smart Markets geladen und in der Optimierung berücksichtigt. Der genaue Ablauf der Optimierung ist Bild 87 zu entnehmen.

## 4.3.4 Datenzentrale

### 4.3.4.1 Funktionsumfang und Aufbau

Die Datenzentrale ist das zentrale System des Messstellenbetreibers (MSB)/Messdienstleisters (MDL). Die Datenzentrale dient als zentraler Datenspeicher und Nachrichtendienst. Sie speichert sämtliche Verbrauchsdaten, welche von den Smart-Metering-Gateways bei den Anschlussnutzern erfasst und über den Weitverkehrdatenkreis versendet werden. Sie stellt weiterhin den Zugriffspunkt für berechtigte Parteien dar, über welchen diese auf die erfassten Daten zugreifen können. Der Versand von Nachrichten und Informationen an beteiligte Zählpunkte wird über die Datenzentrale abgewickelt.
Zusätzlich stellt die Datenzentrale die Kommunikation zwischen Messwerken und Geräten einerseits und berechtigten Parteien (bzw. deren Systemen) andererseits im Smart-Watts-

System sicher. Stammdaten, die zur Verwaltung und Abrechnung für die Rolle des Messdienstleisters benötigt werden, sind hinterlegt. Die Datenzentrale bietet zudem eine Unterstützung für Zählerparkmanagement und Workflowmanagement. Dies kann in vereinfachter Form über die Oberfläche abgewickelt werden; für leistungsfähigere Umgebungen werden Schnittstellen für spezialisierte Systeme bereitgestellt. Dementsprechend sind alle Ein- und Ausgabemöglichkeiten, neben jenen der interfaceeigenen Datenzentralen, auch über externe Schnittstellen verfügbar.
Die Datenzentrale bietet Schnittstellen, die vom Smart-Portfoliosystem, dem Abrechnungssystem und ggf. dem Kundenportal genutzt werden können, um Messdaten und weitere gespeicherte Daten zu erhalten. Diese Systeme können diese Daten dann für eigene Prozesse verwenden.
Im Abschnitt 4.4.4.6 „MDM-Administration – Betrieb Datenzentrale“ (siehe S. 219) wird beschrieben, wie der praktische Betrieb der Datenzentrale erfolgte.

#### 4.3.4.2 **Grafische Benutzeroberfläche**

Darüber hinaus wurde die Grafische Benutzeroberfläche (GUI – *graphical user interface*) weiterentwickelt und an die Anforderungen des Betriebs für den Feldversuch angepasst. Die nachfolgenden Bilden zeigen exemplarisch die Benutzeroberfläche der Datenzentrale:

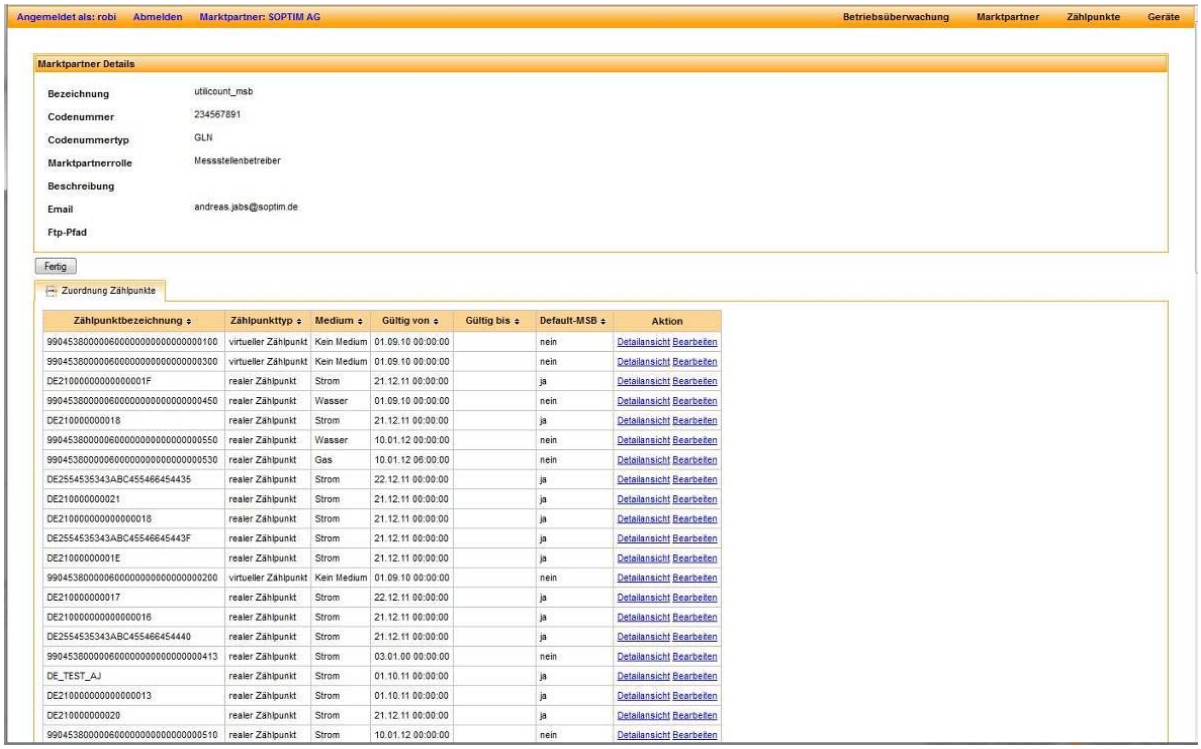



**Bild 88: Datenzentrale – Detailansicht**

#### 4.3.4.3 **Stammdatenpflege**

Für die teilautomatische Massenpflege von Stammdaten wurden Routinen entwickelt, die den Upload von CSV-Dateien (*character separated values*) in die Datenzentrale unterstützen.

Das nachfolgende Bild zeigt exemplarisch eine CSV-Upload-Datei. Über die Upload-Funktion werden Daten wie die Zählpunktbezeichnung, Gerätenummern, Konfigurationspfade etc. initial angelegt. Als Vorbereitung für die Durchführung des Feldversuchs hat *utilicount* TP4-Schulungen zum Thema Stammdatenpflege unter Verwendung der CSV-Import-Funktionalität durchgeführt. Das Bild 89 zeigt exemplarisch die Import-Eingabemaske des Webserviceclients mit Administrationsrechten für den MDM-Admin auf der Datenzentrale.

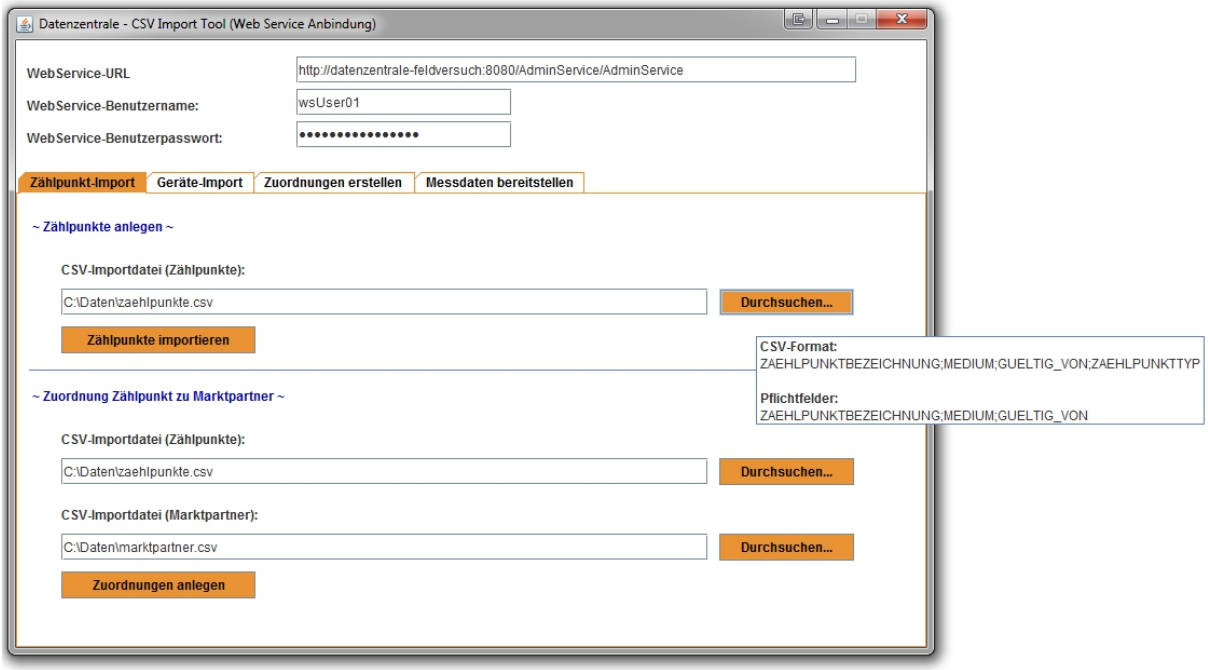



**Bild 89: Datenzentrale – Import Zählpunkte und Marktpartner**

#### 4.3.4.4 Übersicht der Schnittstellen

Die verfügbaren Webservices können fachlich in die Bereiche Stammdaten, Zählpunkte, Geräte, Messdaten und Nachrichten unterteilt werden. Bild 90 (siehe S. 185) verdeutlicht diese Unterteilung und stellt den groben Funktionsumfang der einzelnen Schnittstellenbereiche dar.

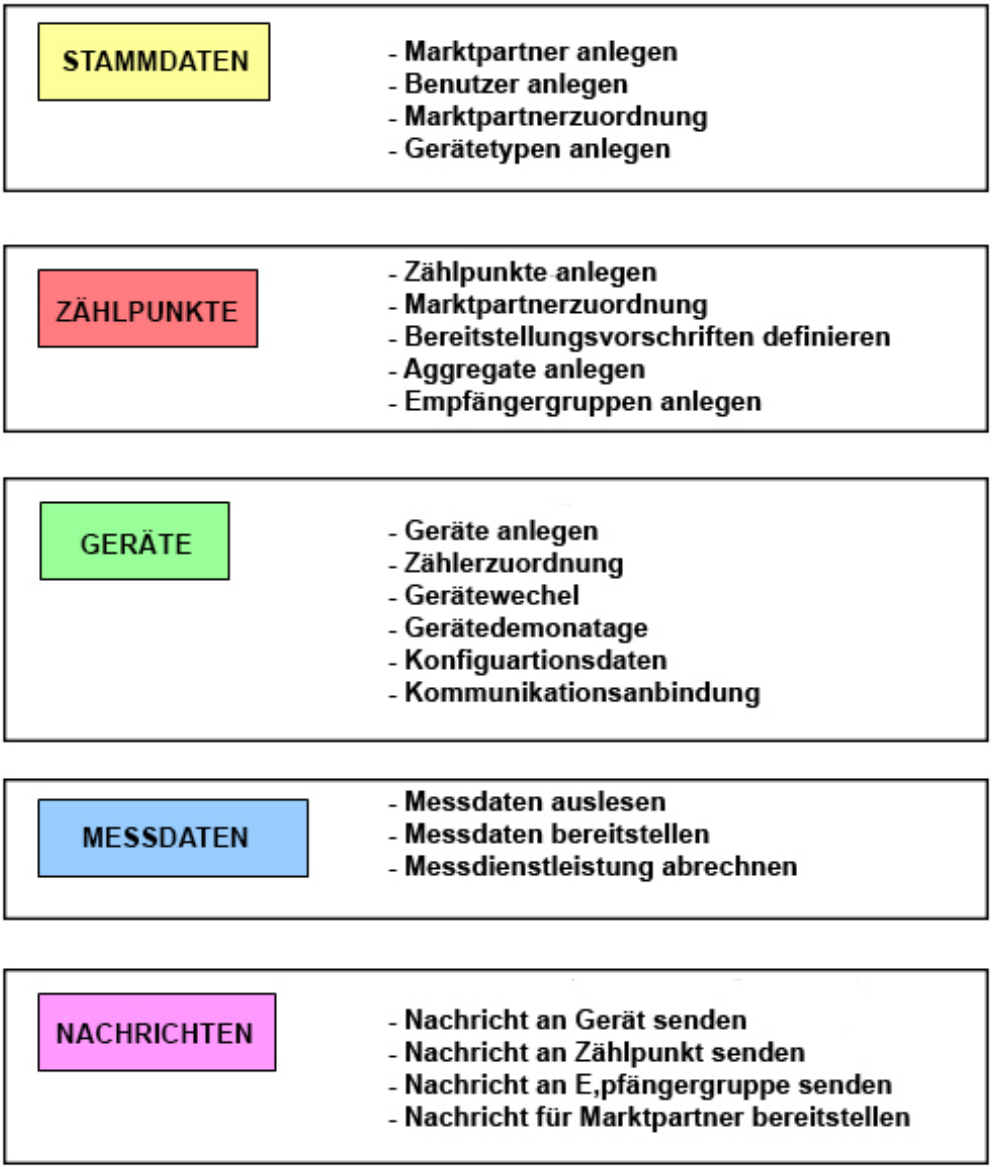



**Bild 90: Übersicht der Schnittstellenbereiche**

### 4.3.5 Gateway

Das Smart-Metering-Gateway stellt die Kommunikations- und Datenverarbeitungskomponente im Zählerschrank des Kundenhaushalts dar. Der Messstellenbetreiber bringt das Gateway in Verkehr, betreut und nutzt es. Diese Rolle haben im heutigen Energiewirtschaftssystem vornehmlich die Verteilnetzbetreiber inne. Durch die Liberalisierung des Messwesens haben aber auch Dritte die Möglichkeit, diese Rolle einzunehmen. Diese können die Aufgabe entweder direkt oder im Auftrag des Verteilnetzbetreibers als Messdienstleister ausführen.

#### 4.3.5.1 Gateway – Basissoftware

Die Softwarearchitektur des Smart-Metering-Gateways ist zweigeteilt aufgebaut. Das Betriebssystem und grundlegende, für alle Einsatzzwecke benötigte Funktionen wurden in eine separate Schicht implementiert. Diese wird als „Basissoftware“ bezeichnet.

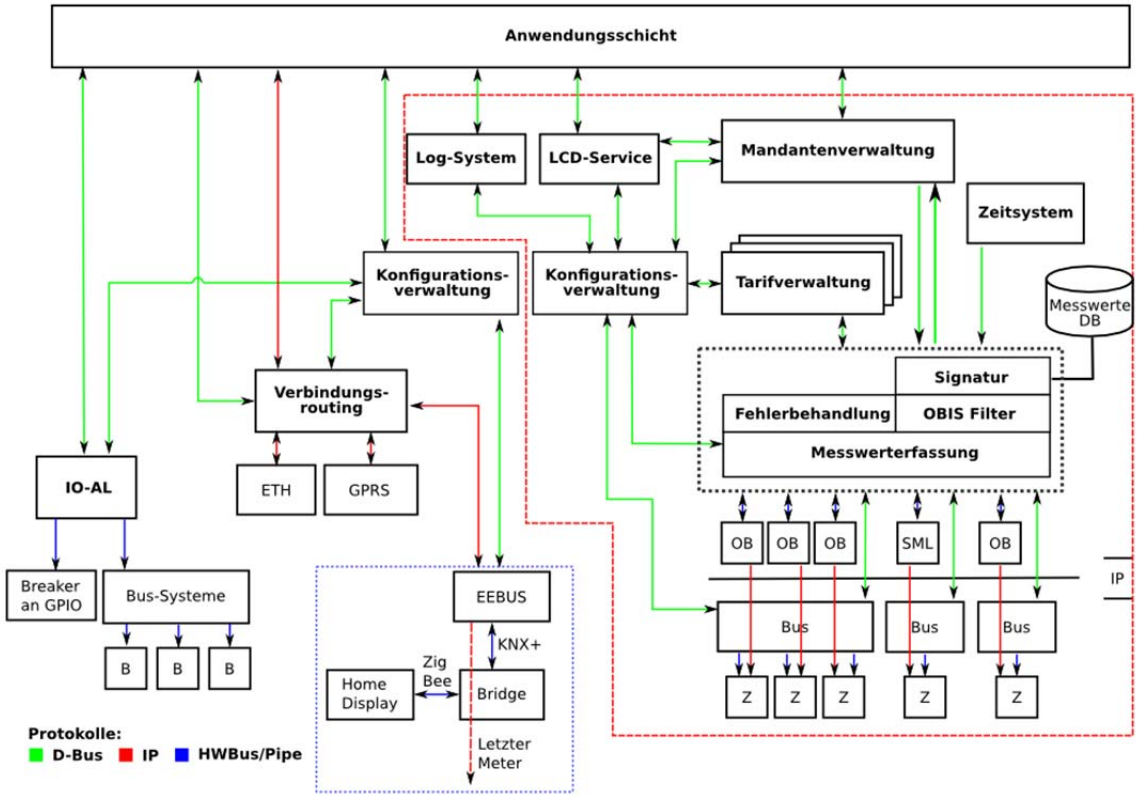



**Bild 91: Funktionsblöcke der Basissoftware (aktualisierte Übersicht)**

Mithilfe dieser Zweiteilung wurde die Basis geschaffen, Anwendungen für das Gateway zu entwickeln, die den in der Spezifikationsphase zugrunde gelegten Kriterien entsprechen:

Trennung von allgemeinen Grundfunktionen (Basissoftware) und einsatzspezifischen Funktionen zur Unterstützung von Geschäftsprozesses (Applikationssoftware),
Vertraulichkeit der Datenübertragung,
Manipulationsschutz gegen unbefugte Veränderung der Softwareprogramme auf dem Gateway,
Manipulationsschutz gegen Veränderung der erhobenen Messdaten,
Möglichkeit zum sicheren Fernupdate der einsatzspezifischen Funktionen.

Die für die Entwicklung von Applikationen notwendigen Informationen sind im „Smart-Metering-Gateway-Entwicklerhandbuch“ dokumentiert.

#### 4.3.5.2 **Applikationssoftware**

Im Teilprojekt Smart Metering wurden Anwendungen für das Smart-Metering-Gateway entwickelt, die die höheren Funktionen abbilden, die für die Durchführung von Geschäftsprozessen erforderlich sind. Die Entwicklung fand dabei innerhalb des entwickelten Sicherheitskonzepts statt. Dieses stellt sicher, dass eine unbefugte Nutzung des Gateways ausgeschlossen wird, aber auch, dass z. B. fehlerhafte konfigurierte Applikationen Ressourcen wie Prozessorzeit oder Speicherplatz nicht über Gebühr beanspruchen können.
Die Applikationsschicht sorgt für eine verlässliche Übertragung zur Datenzentrale. Dazu nutzt sie den SML-Standard, der für moderne Smart-Metering-Systeme spezifiziert wurde.

Um die erweiterten Funktionen von Smart Watts abzubilden, wurden die Erweiterungsmöglichkeiten des Standards genutzt. Die Applikationssoftware ermöglicht unterschiedliche Übertragungsintervalle, die unabhängig vom Messintervall definiert werden können. Die Konfigurationsmöglichkeiten sind dabei so gestaltet, dass nur über die Datenzentrale und unter Verwendung eines entsprechenden digitalen Zertifikats Änderungen vorgenommen werden können. Dieser Teil der Applikationssoftware implementiert damit den Datenaustausch für den Weitverkehrsbereich (externer Datenkreis WAN).
Gleichzeitig ist ein anderer Teil der Applikationssoftware für die Bereitstellung von kurzfristigen Daten für den lokalen Datenkreis zuständig (LMN und HAN). Diese werden z. B. zur Visualisierung herangezogen. Auf diese Weise ist es möglich, dass der Kunde Ursache-Wirkungs-Beziehungen zwischen seiner Aktion (Umlegen eines Schalters, Einschalten eines Gerätes) und dem Energieverbrauch (Änderung der Lastanzeige) erkennen kann, ohne dass hochaufgelöste Daten an eine Zentrale übertragen werden müssen. Die Aufzeichnungsdichte der in die Ferne übertragenen Daten kann sich damit nach den für die Tarifabrechnung notwendigen Messintervallen richten und ist unabhängig von der lokal geforderten Datenrate zur Visualisierung.

#### 4.3.5.3 **Hardware**

Die im Smart-Watts-Feldtest eingesetzte Gateway-Hardware ist das von der *Fa. NZR (Nordwestdeutsche Zählerrevision*) entwickelte Gateway NZR-SEnerGate®. Die nachfolgenden Bilden zeigen das Gateway und die wesentlichen Funktionsbestandteile. Im Feldversuch Smart Watts werden Gateways mit und ohne GPRS-Kommunikationsmodul eingesetzt. Alle Gateways verfügen über eine LAN-Schnittstelle und die Schnittstelle zur Übertragung von Daten über Schmalband-Powerline (EEBus-PLC KNX+). Diese PLC-Schnittstelle wird genutzt, um signierte Messdaten und Bezugskonditionen bidirektional auszutauschen (sog. IP-Tunneling) sowie die Price-Forward-Curve zum Lastmanagement und Verbrauchsinformationen zur Visualisierung in den Haushalt zu übertragen.
Die folgende Bild zeigt das Smart-Watts-Gateway NZR-SEnerGate® im Aufbaugehäuse mit Verplombungsmöglichkeit am Gehäusedeckel; fertig montiert auf dem EasyMeter-Zähler Q3DA1004. Dieser Aufbau findet so Anwendung im Feldtest Smart Watts.

**Bild 92: NZR-SEnerGate® im Aufbaugehäuse**

### 4.3.6 Powerline-Adaption PL110+

Mithilfe eines neuen OFDM-Modulationsverfahrens wurde eine robuste und datenintensive Schmalband-Powerline-Kommunikation im CENELEC-B-Band (95 – 125 kHz) realisiert.

#### 4.3.6.1 Konzept und Grundlagen

Im Rahmen von Smart Watts ist die technologische Weiterentwicklung der bestehenden KNX-PL110-Datenübertragung zur KNX PL110+ (basierend auf dem OFDM-Datenübertragungsprinzip – Arbeitsbezeichnung KNX+) abgeschlossen worden. Die Prototypen erreichen mit der realisierten PL110+-Technologie eine Rohdatenrate von 32 kBit/s und eine Nettodatenrate von 11 kBit/s, womit das Entwicklungsziel einer Nettodatenrate von 10 kBit/s erreicht wurde.

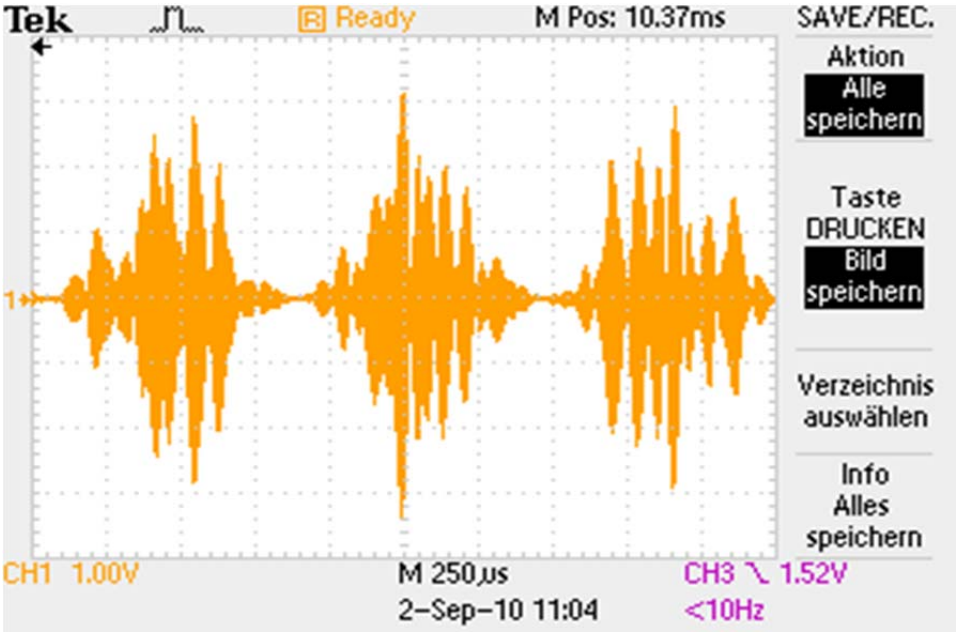



**Bild 93: KNX+-Signal im Zeitbereich**

Zum Vergleich: Die Rohdatenrate der kabelgebundenen KNX-Übertragung (KNX-Twisted-Pair) ist 9600 Bit/s und liegt somit unter der Nettodatenrate der neuen KNX+-Powerline-Übertragung. Noch deutlicher fällt der Vergleich mit der bisherigen PL110-Datenübertragung aus (Marktführer in Europa unter den Powerline-Home-Automation-Lösungen), bei der 400 Bit/s Netto erreicht werden. Dieser direkte Vergleich zeigt eine Steigerung um das 27,5-fache.

Der Physical Layer der PL110+ wurde dem technischen KNX-Komitee in einer Präsentation dargelegt und ist nun als Proposal zur EU-Norm eingereicht (EN-50090-5-x).

*Kellendonk Elektronik* hat beim Frontend die DSP-Lösung in ein generisches VHDL-Modell umgesetzt und die Funktion auf einem FPGA-Board abgesichert.

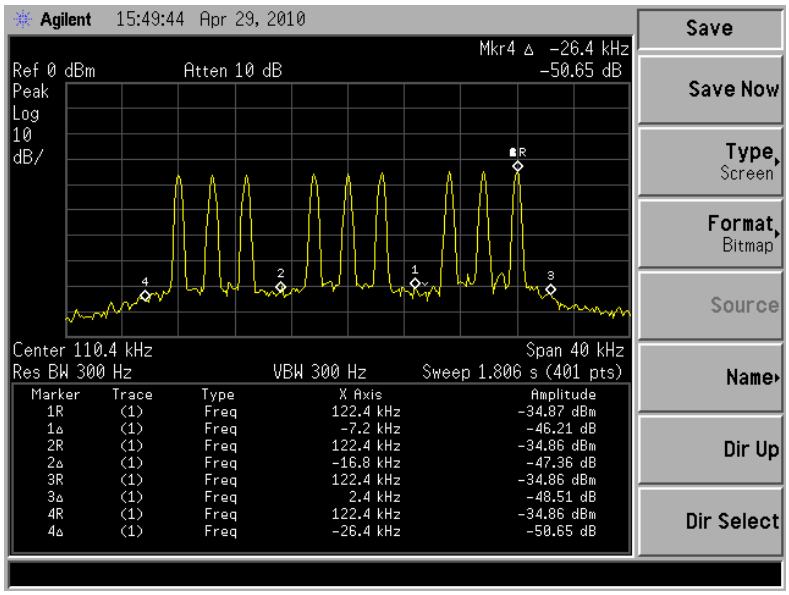



**Bild 94: KNX+-Signal im Frequenzbereich**

Die Betrachtung des OFDM-Signals im Frequenzbereich zeigt deutlich die neun benutzten OFDM-Seitenbänder sowie die Ausfilterung der FSK-Frequenzen (1) und (2), die der herkömmliche Standard PL100 verwendet. Das ist ein wesentliches Alleinstellungsmerkmal dieser Lösung: Durch die Ausfilterung wird die Koexistenz der herkömmlichen PL110–Powerline-Kommunikation und der PL110+-Kommunikation ermöglicht und dadurch Abwärts-Kompatibilität geschaffen.

In der EEBus-Bridge (Energie-Management-Gateway) befindet sich das PLC (Powerline Communication)-Modem in der Versuchsplatine. Das Gegenstück, das PLC-Modem in dem Zähler-Gateway, hat ein nahezu identisches PLC-Modem, welches allerdings eine Weiterentwicklung darstellt und bei Größe und Bauteilekosten den nächsten Schritt in Richtung Massenproduktion erreicht hat.

Die Fa. Vaillant hat am Smart-Watts-Feldversuch mit zehn Wärmepumpen teilgenommen. Dazu hat *Kellendonk Elektronik* einen KNX+-Integrationsbaustein entwickelt, der in die Feldtest-Wärmepumpen integriert wurde und die Kommunikation mit der EEBus-Bridge sichergestellt hat.

#### 4.3.6.2 Erfahrung in der Praxis

In allen Systemtests erwies sich die Powerline-Lösung als zuverlässig. Gerade bei niedrigen Datenraten waren genügend Reserven vorhanden. Im Feldeinsatz zeigte sich allerdings eine Überlagerung von zwei Effekten: Wenn die Smart-Meter-Gateways eine Verbindung über Powerline ins Internet benötigten, stauten sich die Anfragen auf. Leider wurde hierbei ein fester Timeout in das System eingebaut, der sich mit einfachen Mitteln nicht verlängern ließ. Daher funktioniert die Internetverbindung des Gateways nur dann zuverlässig, wenn die Störungen auf der Powerline-Strecke gering waren. In der Praxis erwies sich dies als problematisch. Zum Teil zeigten sich schon bei der Installation Probleme, sodass hier der Störung ausgewichen werden musste. (Näheres hierzu in Kapitel 3.3.4.3 und 4.11.2).

### 4.3.7 EEBus

Der EEBus (siehe Kapitel 4.1.5, S. 160ff.) wurde in den Ausprägungen EEBus-Server- und -Client-Stack in die Steuersoftwaren der am Smart Grid beteiligten Geräte integriert.
Dabei übernimmt der EEBus-Server-Stack die zentrale Verwaltung des Kommunikations- und Gerätemanagements. In Smart Watts läuft der EEBus-Server-Stack auf der EEBus-Bridge, die eine Embedded-Linux-Umgebungsplattform zur Verfügung stellt und entsprechende Kommunikationsschnittstellen (Powerline PL110+ Modem, ZigBee Funkteil und Ethernet (TCP-IP)-Schnittstelle) aufweist.
Die Business-Logik wird durch im User-Space des Linux-Kernels liegende und direkt auf den EEBus zugreifende EEBus-Applikationen modular zur Verfügung gestellt. Diese Applikationen können einzeln gestartet, gestoppt und ausgetauscht werden. In Smart Watts laufen folgende Applikationen:

| Applikation | Funktion |
|---|---|
| App_BufferJSON | zum Speichern der Daten von und zum iPad |
| App_LoggingClient | wertet Systemnachrichten aus und loggt sie gegebenenfalls mit |
| App_MeterValues | zur Verwaltung der Zählerdaten (kWh und Momentanverbrauch) |
| App_ModbusTcpServer | dient zur Datentransformation bei *Liebherr*-Kühlschränken |
| App_RequestPriceInfos | zum Anfragen von Preisen vom Metering-Gateway |
| App_RestServer | zum Aufbereiten und Managen der Daten vom und zum iPad |
| App_SendPriceInformation | zum Versenden der Preisinformationen zu intelligenten Steckdosen und Hausgeräten |
| App_UPnPBridge | zur Ansteuerung von IP-basierten Diensten |

**Tabelle 7: Verwendete EEBus-Applikationen in der EEBus-Bridge bei Smart Watts**

Die intelligenten Endgeräte sowie die intelligenten Steckdosen, aber auch das Metering-Gateway tragen jeweils den EEBus-Client-Stack als Kommunikations-Abstraktions-Layer.

Der EEBus an sich funktionierte seit den ersten Systemtests stabil und unauffällig. Deutlich schwieriger zu stabilisieren waren die Applikationen und die Low-Level-Treiber zur Ansteuerung der Hardware.

### 4.3.8 Intelligente Endgeräte

#### 4.3.8.1 Liebherr Gefrierschränke

Der aktuelle Strompreis liegt im Energie-Management-Gateway (EMG, auch EEBus-Bridge genannt) vor. Dieser wird in der Form von EEBus-Daten per ZigBee-Funk an ein Stand-alone-Modul gesendet. In diesem Modul wird der Strompreis auf einen zehnstufigen Wert skaliert, der über ein Modbus-Protokoll auf einer seriellen Schnittstelle an die Regelelektronik des Gefrierschranks übermittelt wird. Dabei wird ein Seriengefrierschrank verwendet, dessen interner Steuerbus über eine Zusatzhardware um die externe serielle Schnittstelle erweitert wird. Der zehnstufige Strompreiswert (sehr günstig bis sehr teuer) veranlasst die Regelung des Gefrierschranks, die Ein- und Ausschaltschwellen (Hysterese) um die vom Benutzer einstellbare Soll-Temperatur entsprechend zu verändern: Ist der Strompreis günstig, wird die Kühlung erst bei einer tieferen Temperatur abgeschaltet. Bei einem höheren Strompreiswert wird die Kühlung entsprechend erst bei einer höheren Temperatur wieder eingeschaltet. Dadurch wird Lastverschiebung erreicht.

#### 4.3.8.2 *LG*-Geräte Integration

Das *LG*-Feldtestszenario besteht aus einer *Kellendonk*-EEBus-Bridge, die die Preisinformationen und den aktuellen Zählerstand zum *LG*-Homeserver über IP/Ethernet übermittelt. Die nachgeschalteten *LG*-Geräte, die mit dem Homeserver über ZigBee-Funk kommunizieren, richten ihre Steuerung entsprechend der Preisprognose aus und realisieren so die Lastverschiebung. Bei dem Homeserver handelt es sich ursprünglich um ein Gateway mit integrierter Visualisierungs- und Steuereinheit. Es ist eine Art stationärer Tablet-PC, der lediglich zur Steuerung der Haushaltsgeräte im koreanischen Smart Grid diente. Für Smart Watts wurde dieser Homemanager so modifiziert, dass auf ihm ein EEBus-Client läuft. Über IP-Schnittstelle werden die EEBus-XML-Daten von und zur Bridge versendet – so bekommt der Homeserver den aktuellen Strompreis, die Strompreisprognose für die nächsten 24 Stunden, die aktuelle Smart-Watts-Systemzeit und den aktuellen Zählerstand. Visualisiert werden lediglich, um nicht zu stark in das Smart-Watts-Konzept einzugreifen, neben einer Analoguhr der aktuelle Strompreis und der aktuelle Zählerstand – so ist der Homeserver für den Benutzer ein zusätzliches Display – quasi ein simpler Energiemonitor. Im System leitet der Homeserver die Strompreise und die Strompreisprognose an die nachgeschalteten Haushaltsgeräte, Kühlgefrierkombination und Waschmaschine weiter.

**Bild 95: Erweiterungen für *LG*-Ausstattung des Feldtests**

Die Haushaltsgeräte sind für den koreanischen Markt konzipierte Seriengeräte, die für das deutsche Stromnetz umgebaut wurden und bei denen die Smart-Grid-Software an Smart-Watts-Preismodelle angepasst wurden.
In der Kühlgefrierkombination wird das empfangene Preissignal ausgewertet und die Soll-Temperatur des Gefrierabteils daraufhin angepasst. In Phasen von niedrigen Preisen hält das Gerät seine Temperatur niedriger. Dadurch wird in Phasen von hohen Preisen ein Einschalten des Gerätes verzögert. Dabei wird der Preis der zukünftigen 24 Stunden (Prognose) bewertet, und der Strompreis in drei Preisstufen eingeteilt (niedrig, mittel und hoch). Die auch an dem Gerätedisplay angezeigten Preisstufen bestimmen die Sollwert-Temperatur im Gefrierfach – der Kühlschrank ist nicht betroffen – hier bleibt die Sollwerttemperatur konstant. Derzeit sind folgende Sollwerte eingestellt: niedriger Preis: -24°C, mittlerer Preis: -20°C, hoher Preis -16°C. Außerdem wird das ebenfalls energieverbrauchende automatische Abtauen (Defrost) in die Bereiche eines niedrigen Preises verlegt.

Bei der Waschmaschine wird das empfangene Preissignal ausgewertet und der niedrigste Preis der nächsten sechs Stunden ermittelt. Es wird nie länger als sechs Stunden gewartet. Der geplante Startzeitpunkt wird im Display angezeigt. Nach einem Start wird das Programm nicht unterbrochen. Bei längeren gleichbleibenden Preissignalen oder bei abgeschalteter Lastverschiebung wird die Maschine sofort starten.
Insgesamt wurden 15 *LG*-Geräte in den Smart-Watts-Feldversuch ausgebracht und getestet.

Nach erfolgter Realisierung der Integration Ende 2011 wurde in unterschiedlichen Tests die Betriebssicherheit der erarbeiteten Lösung überprüft und sichergestellt. Ein Vor-Ort-Integrations- und Systemtest mit koreanischen Mitarbeitern der Firma *LG* konnte die Reife so

weit bringen, dass anschließend die Ausbringung in das Feld gestartet werden konnte. Seit August 2012 befindet sich das erste System erfolgreich im Dauertest in einem realen Haushalt.

#### 4.3.8.3 ***Miele*-Waschmaschinen**

Die Miele-Waschmaschine – ein Seriengerät mit eingebauter Smart-Grid-Funktionalität – wird mit einem ZigBee-Funkmodul erweitert, dessen Funktionalität für den Smart-Watts-Feldtest entwickelt wurde. Dabei wird die für diese Seriengeräte schon vorbereitete Smart-Start-Technologie genutzt. Hier wird – ähnlich wie bei der intelligenten Steckdose - vom Benutzer eine Preisschwelle definiert. Bei Start der Maschine wird der aktuelle Preis mit der Preisschwelle verglichen. Ist der Preis niedriger als die Schwelle, startet die Maschine vollautomatisch. In der Praxis wird das empfangene Preissignal in dem Modul ausgewertet und mit über die Visualisierungseinheit (*final iPad*) eingestellten Preisschwellen verglichen. Wenn der aktuell übermittelte Strompreis höher ist als die eingestellte Preisschwelle, wartet die Waschmaschine mit dem Start des gewählten Waschprogramms auf einen niedrigeren Strompreis. Sobald der Strompreis kleiner oder gleich der eingestellten Schwelle ist, startet die Waschmaschine das Waschprogramm, es läuft dann ohne Unterbrechung bis zum Ende. Die Uhrzeit des spätesten Waschprogrammendes kann eingestellt werden. Sollte der Strompreis nicht zuvor unter die eingestellte Schwelle fallen, startet die Waschmaschine rechtzeitig zum Erreichen des eingestellten Waschprogrammendes, auch ohne Lastverschiebung.

### 4.3.9 **Visualisierungskomponenten**

Hinsichtlich der Lösung zur Visualisierung des Stromverbrauchs in der Wohnung des Kunden (Wohnungsdisplay) hat das Smart-Watts-Konsortium das vorgesehene Konzept geändert. Statt der vorgesehenen dedizierten Displaygeräte (Mid-Range-Display, Low-End-Display) wurden universelle Geräte mit iOS-Betriebssystem ausgewählt. Dementsprechend mussten einige abschließende Arbeiten zur Vorbereitung des Einsatzes im Feldversuch nicht mehr durchgeführt werden.

#### 4.3.9.1 **Lowend-Display (Energieampel)**

**Bild 96: Low-End-Display**

Das Low-End-Display oder die Energieampel ist die Anzeige- und Visualisierungskomponente mit der geringsten Funktionalität, was grafische Anzeigemöglichkeiten betrifft. Sie kann die Preisentwicklung in Form einer Energieampel mit farbigen LEDs anzeigen und intelligente Steckdosen schalten.

#### 4.3.9.2 **Midrange-Display (Wohnungsdisplay)**

**Bild 97: Midrange-Display**

Das Midrange-Display oder Wohnungsdisplay ist ein akkubetriebenes 3,5-Zoll-Touchscreen-Farb-Display mit grafischer Anzeigemöglichkeit.

#### 4.3.9.3 High-End-Display (PC-Visualisierungssoftware)

Das High-End-Display oder die PC-Visualisierungs-SW ist eine Software, die auf dem Kunden-PC installiert wird und die eine grafische Oberfläche mit Standardbibliotheksfunktionen zur Verfügung stellt, zur Anzeige der Smart-Watts-Visualisierungsfunktionen.

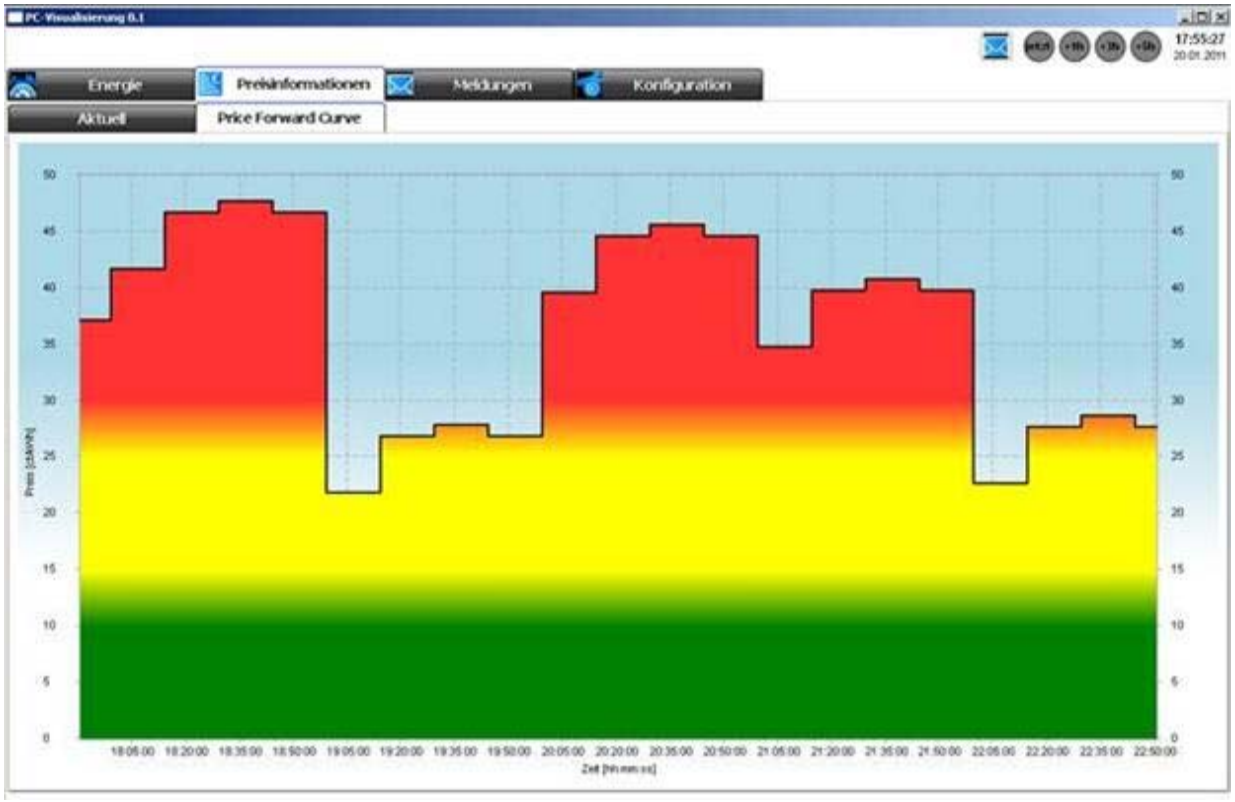



**Bild 98: Visualisierungsbeispiel PFC auf der PC-Visualisierungs-SW**

Die Anzeigeoptionen, das Screen-Design und das Bedienkonzept von Low-End-, Midrange- und High-End-Display sind so abgestimmt, dass sie in „Look-and-Feel“ aufeinander aufbauen, sodass der Benutzer eines Displays den Umgang mit der Visualisierungssoftware nicht komplett neu erlernen muss.

#### 4.3.9.4 Zuordnung der Funktionen auf die Systemkomponenten

| | Komponente | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Funktion** | **Low-End-Display** | **Midrange-Display** | **High-End-Display** | **iPad-App** |
| | *Energie-ampel* | *Wohnungs-display* | *PC-Visualisierungs-software* | *Inhouse-Visualisierung und -Steuerung* |
| Energieampel | OK | OK | OK | OK |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| aktueller Preis | | OK | OK | OK |
| Price-Forward-Curve | LED | OK | OK | OK |
| Lastgang | | OK | OK | OK |
| Momentanleistung | | OK | OK | OK |
| Trendwerte (Hochrechnung Tag/Woche/Monat/Jahr) | | OK | OK | |
| Vergleichswerte (eigener Verbrauch Vorperiode) | | OK | OK | OK |
| Durchschnittswerte | | OK | OK | |
| Summenwerte (EDL21) | | OK | OK | OK |
| Steuerung intelligente Steckdose | OK | OK | | OK |
| Konfiguration Smart Home | | OK | | OK |
| Konfiguration Lastmanagement | | OK | | OK |

**Tabelle 8: Komponenten: Feature-Matrix der Visualisierung**

#### 4.3.9.5 **iPad-App**

Das iPad mit der Smart-Watts-spezifischen Applikation stellt die Hauptbedienschnittstelle für den Feldtestteilnehmer dar. Hier werden die für den Teilnehmer notwendigen Informationen visualisiert und die Nutzereingaben getätigt.

##### Hintergrund

Die Konzepte, eigene Displays zu entwickeln, wurden zugunsten einer Applikationslösung auf einem iOS-Gerät – konkret einem Apple-iPad2 – fallen gelassen. Ein wesentlicher Vorteil ist die allgemeine Verfügbarkeit dieser erprobten und beliebten Hardwarelösung. Die notwendigen Funktionalitäten ließen sich in einer für Smart Watts entwickelten Applikation realisieren. Das iPad wurde einer Smartphonelösung vorgezogen, da das größere Display mehr Information auf einem Bildschirm übersichtlich darstellen kann und daher nicht mit einer Verschachtelung verschiedenen Bildschirme gearbeitet werden muss.
Für die übersichtliche Darstellung wurden zwei verschiedene Ansichten definiert. In der sogenannten Cockpitansicht, die automatisch nach dem Start der Applikation eingestellt ist, werden die Informationen für den aktuellen und zukünftigen Betrieb des Smart-Watts-Systems dargestellt. Der aktuelle Strompreis, dessen zukünftige Entwicklung für die nächsten 24 Stunden, der Zustand der intelligenten Steckdose, Zählerstand, die gesamte aufgenommene elektrische Leistung und Textmeldungen sollen den Benutzer auf einen Blick informieren.

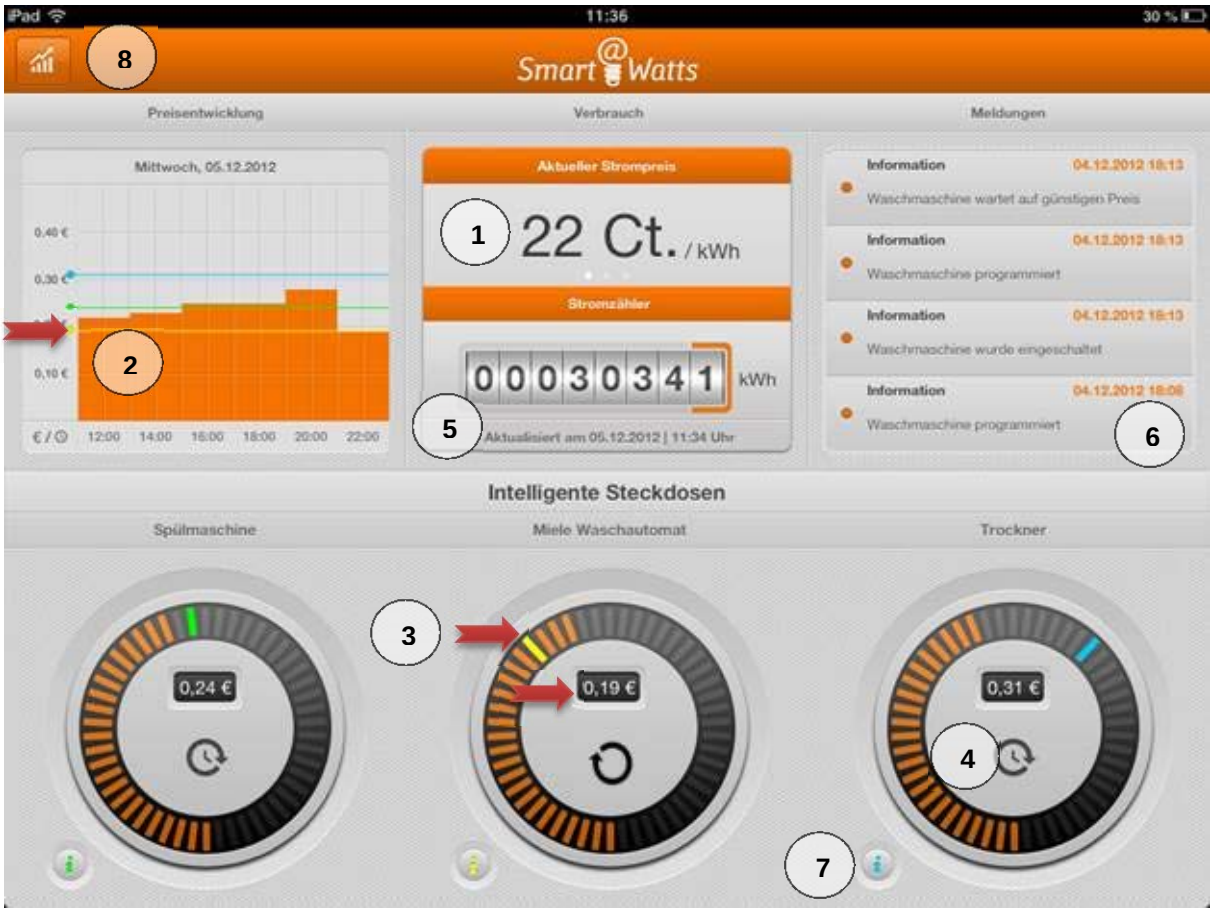



**Bild 99 : Smart-Watts-iPad-Applikation-Cockpit-Ansicht**

1. Das oben in der Mitte stehende Hauptinformationsfeld zeigt nach dem Start den aktuellen Strompreis an. Durch seitliches Verschieben kann die Anzeige verändert werden, sodass hier die gesamte aufgenommene Leistung des Haushalts oder für Servicezwecke der Verbindungsstatus zur EEBus-Bridge mit der Angabe der Smart-Watts-Applikations-Version angezeigt wird.

2. Oben links ist die Anzeige der Strompreisprognose realisiert. Hier wird in einem 12-Stunden-Fenster, das sich verschieben lässt, ein Teil der 24-stündigen Strompreisprognose visualisiert. Die aktuellen Schaltschwellen der intelligenten Steckdosen sind als horizontale Striche sichtbar.

3. Die drei Schalträder symbolisieren jeweils eine intelligente Steckdose. Mit einem Fingerdruck auf der Kreisbahn lässt sich die Schaltschwelle der intelligenten Steckdose einstellen. Die orangenen Flächen stellen den aktuellen Strompreis dar. In dem Beispiel ist die Schaltschwelle des linken Schaltrades auf 24 Cent eingestellt. Auf dem mittleren Schaltrad und in dem Prognosefenster ist die Schaltschwelle durch rote Pfeile gekennzeichnet.

4. Statusanzeigen: Die in der Mitte der Schalträder dargestellte Statusanzeige teilt dem Benutzer mit, wie der Zustand der zugehörigen intelligenten Steckdose und des daran angeschlossenen Geräts ist.

(statische Anzeige) Das angeschlossene Gerät ist ausgeschaltet, hat sein Programm beendet oder wird programmiert.

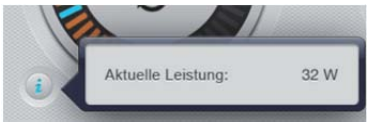
(blinkende Anzeige) Das Gerät wurde gestartet und wurde von der Stromversorgung getrennt (Lastverschiebung aktiv). Beim Druck auf diese Anzeige kann das Lastmanagement temporär deaktiviert werden, das Gerät läuft in diesem Falle direkt los.

(animierte Anzeige) Das Gerät führt das Programm durch.

5. Unter dem Hauptinformationsfeld wird der aktuelle Zählerstand dargestellt.

6. In dem Meldungsbereich werden entweder System- oder Gerätemeldungen (von intelligenten Hausgeräten) angezeigt oder Nachrichten, die zentral über einen Messagedienst von der *STAWAG* an die Kunden übermittelt werden. Hier können Energiespartipps oder Systemzustandsinformationen von allgemeiner Relevanz übermittelt werden.

7. Aktuelle Leistung des Geräts: Durch Druck auf das mit „i“ gekennzeichneten Button-Feld wird die von dem an der entsprechenden intelligenten Steckdose angeschlossenen Gerät aufgenommene aktuelle elektrische Leistung angezeigt.




8. Durch Druck auf das Umschaltfeld wird in die Ansicht der historischen Daten gewechselt.

Mit der Darstellung der historischen Daten wird die entnommene Energie in der Vergangenheit und damit der Lastgang visualisiert.

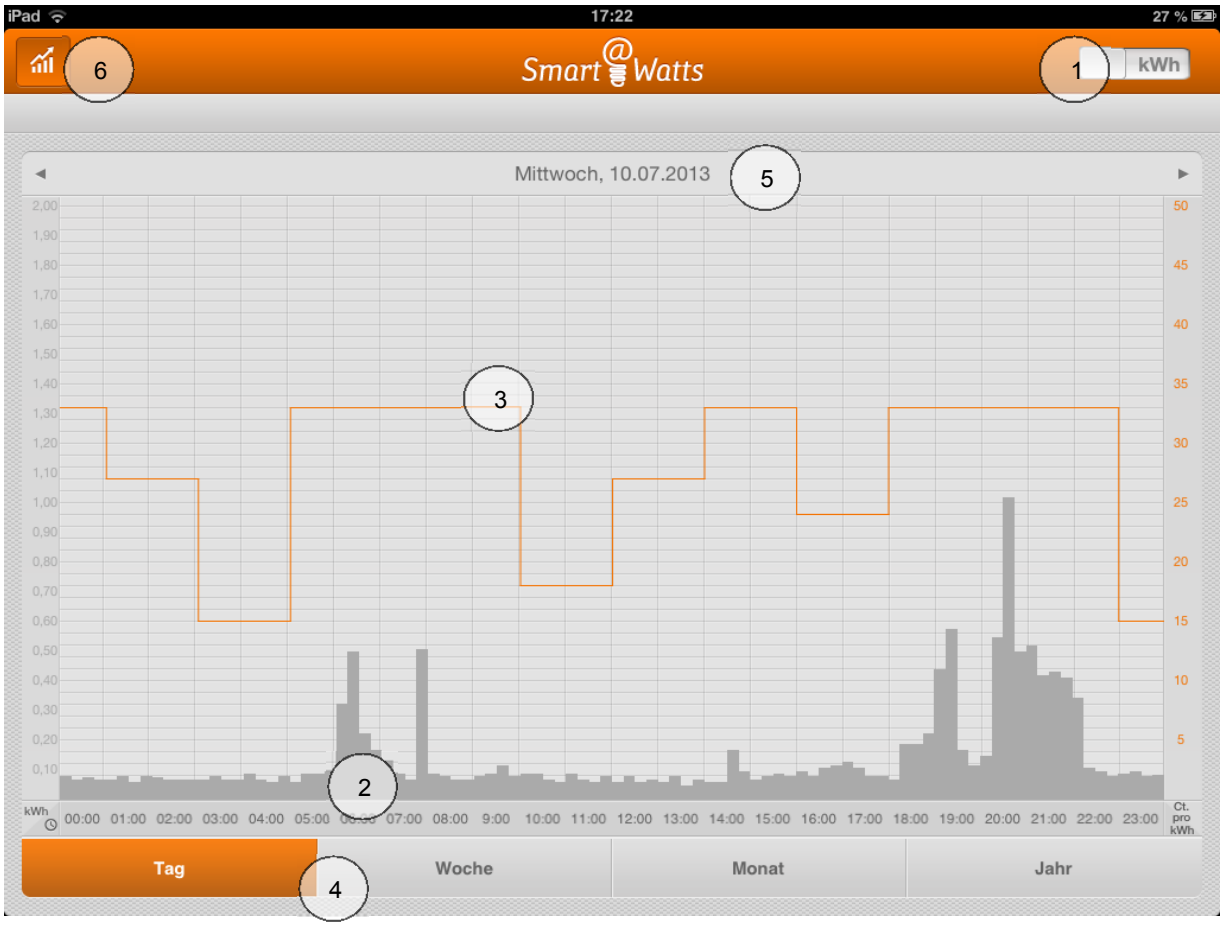



**Bild 100: Smart-Watts-iPad-Applikation – historische Daten**

1. Oben rechts befindet sich ein Umschalter, mit dem die Balkengrafik (2) zwischen der dem Stromnetz entnommenen Energie in kWh und den dadurch entstandenden Kosten in Euro umgeschaltet werden kann.
2. Balkengrafik. Hier werden die hinter dem Stromzähler aufgenommene elektrische Energie bzw. die Energiekosten über die Zeit dargestellt. Bei der Tagesansicht werden 4 Werte pro Stunde dargestellt.
3. Der zu dem jeweiligen Messwert der Energie gültige Strompreis wird in der Tages- und in der Wochenansicht mit dargestellt.
4. Umschaltung zwischen Tages-, Wochen-, Monats- und Jahresansicht.
5. Angabe des Zeitraums der Darstellung, hier: Datum des entsprechenden Tages. Ein Druck auf dieses Feld öffnet einen Kalender zum schnellen Wechsel des dargestellten Zeitraums. Durch seitliches Ziehen wird der nächste bzw. vorherige Zeitraum angesprungen.
6. Durch Antippen dieses Schaltfeldes gelangt man zurück zur Cockpit-Ansicht.

### Kommunikationsanbindung

Das iPad kommuniziert im IP-Netz des Kunden über WLAN und hat über den Router Datenkontakt zur EEBus-Bridge. Die iPad-App selbst fragt beim Starten und alle fünf Minuten den Status (Zählerstand, Strompreis und Strompreis-Prognose-Werte, historische Daten, Status der Steckdosen) bei der Bridge ab. Momentan-Leistungsabfrage des Zählers und der übertragenen Leistungen an den intelligenten Steckdosen wird einstellbar zwischen fünf und 60 Sekunden übertragen. Standardwert ist zehn Sekunden.

Da im Gesamtsystem nicht bekannt ist, wie häufig die Daten auf das iPad geladen werden können – da nicht vorgegeben ist, wie häufig ein Benutzer die iPad-Applikation startet –, werden die Daten in der EEBus-Bridge zwischengespeichert.
Eine Besonderheit existiert bei dem Update des Status der intelligenten Steckdosen.
Wird die iPad-Applikation gestartet, wird der aktuelle Status von der EEBus-Bridge geladen. Wenn im laufenden Betrieb ein Statuswechsel stattfindet, wird über den von Apple angebotenen Pushdienst dem zugeordneten iPad dieser Statuswechsel direkt mitgeteilt. Ist eine Smart Watts-Applikation aktiv, wird dann direkt der neue Zustand in den Statusanzeigen dargestellt.

### Distribution und Update der Smart-Watts-Applikation

Das iPad2 erhält die Applikation direkt über den von Apple bereitgestellten und bekannten App-Store. Damit ist sichergestellt, dass die Applikation einen definierten und bekannten Weg zu den Feldtestteilnehmern findet. Auch wurde damit sichergestellt, dass die Updates der Smart-Watts-Applikation die Feldteilnehmer fehlerfrei erreichen.
Ein weiterer Vorteil für die Verwendung eines iOS-Geräts ist das durchgängige Softwaredownload- und Update-Konzept des Herstellers Apple. Die Applikation für Smart Watts wird über den App-Store bereitgestellt – hierüber werden Updates automatisch angezeigt und für den Benutzer leicht ersichtlich heruntergeladen. Während des Feldversuches konnten so über Updates einige Fehler und Ungereimtheiten (wie nichtkonsistente Farbgebung von Preiskurven) beseitigt und sogar neue Features (Message-verteiler) nachträglich eingebracht werden. Allerdings brachte dies auch Nachteile mit sich: Durch ein Update des iOS-Betriebssystems im Oktober 2013 durch Apple war die Smart-Watts-App nicht mehr funktionsfähig. Dies konnte erst durch ein aufwendiges Update der App mit umfangreicher Testphase behoben werden.

### Anwenderfeedback

Durch die Verwendung von etablierten Oberflächen wie von *Apples* iOS stellte die Bedienung keine Besonderheit dar. Das Feedback der Benutzer war entsprechend positiv. Durch Verwendung eines iPads und den durch dessen Bereitstellung hervorgerufenen Mehrwert für den täglichen Gebrauch – auch jenseits von Smart Watts – konnte von Anfang bei den Benutzern eine positive Grundstimmung erzeugt werden. Die verfolgten Konzepte und das Design wurden durchweg positiv bewertet. Kleinere Änderungswünsche, die unter anderem die Farbgebung betrafen, waren selten zu finden.
Anwender, die sich mit ihrem eigenen Verhalten bezüglich elektrischer Energieaufnahme befassten und dadurch die iPad-Applikation detailliert begutachten konnten, gaben ein positives Feedback. Negatives oder neutrales Feedback ist nicht bekannt geworden, zusätzliche Funktionen des Gesamtsystems wurden zum Teil vermisst (z. B. Darstellung des Lastgangs der Geräte an den intelligenten Steckdosen). Für niedrige Leistungsaufnahmen, z. B. über die Nachtstunden, wurde eine genauere Auflösung angefragt.

#### 4.3.9.6 **Webportal**

Das Smart-Watts-Webportal ist die zentrale Visualisierungskomponente des Smart Information and Advice“. Es ermöglicht einen leistungsfähigen und benutzerspezifisch verschlüsselten Webzugang auf die Datenbestände des Smart Portfoliomanagements und kommt damit dem zunehmenden Bedürfnis nach Sicherheit und Information für weite Benutzerkreise entgegen. Auf dieser universellen Datendrehscheibe können die Verbrauchs- und Kostendaten von Endkunden benutzerfreundlich einsehbar, vergleichbar und bewertbar dargestellt werden. Weitere Daten aus Smart Watts, wie z. B. Wetter- und Erzeugungsdaten, können visualisiert werden. Die Daten können graphisch und tabellarisch mit wählbaren Zeiträumen in einer einfachen und übersichtlichen Form online dargestellt werden. Dabei ist ein paralleler Mehrsprachenbetrieb (Deutsch, Englisch, Russisch etc.) und Mehrspartenbetrieb (Strom, Gas, Öl etc.) möglich. Vergangene Systemzustände können in einer historischen Sicht angezeigt werden, auf diese Weise kann auch später nachvollzogen werden, zu welchem Zeitpunkt sich die Preisprognose des dynamischen Tarifs, z. B. aufgrund eines plötzlichen Wetterumschwungs, angepasst hat.

Als Value-Added-Services können dem User über die Basisanwendung, wie z. B. die Darstellung des Verbrauchs oder der Preisprognose, vielfältige Mehrwerte zur Verfügung gestellt werden, wie z. B. Anzeige/Download der Rechnung als PDF, Anzeige der $CO_2$-Bilanz oder des Energiemix.

Im Vergleich zu einfachen Displaylösungen mit zusätzlicher Hardware bieten Internetportale leistungsfähige, leicht erweiterbare Anwendungen und stellen eine preiswerte Lösung dar.

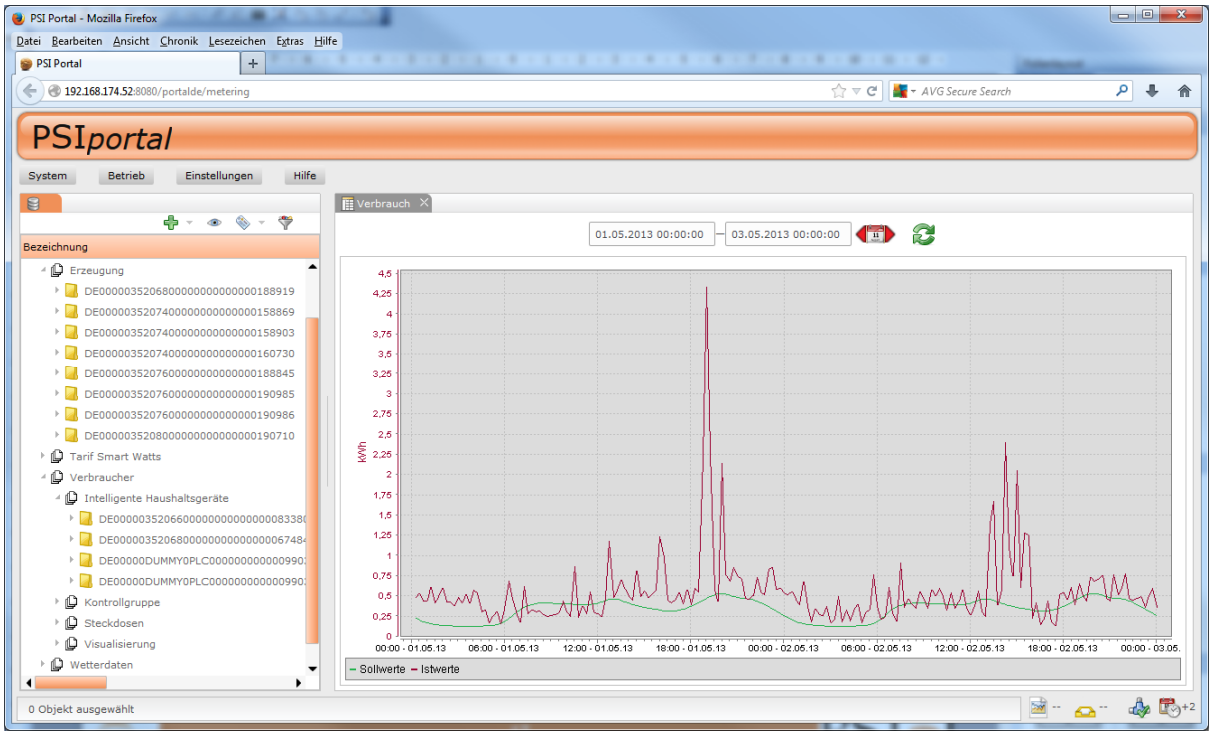



**Bild 101: *PSI*portal**

### 4.3.10 **CRM-Lösung**

Für den Feldversuch wurde ein CRM-System auf Basis eines Sharepoints entwickelt. Das CRM-System zeigt sich von der Vorbereitung auf den Feldversuch über die Installation und Nachbesserungstermine bis hin zum 1st- und 2nd-Level-Support als geeignetes Arbeitsinstrument für einen kleinen bis mittleren Personenkreis, bis ca. zehn aktive Mitarbeiter.
Vorteile sind vor allem die in Eigenregie durchführbaren Anpassungsmöglichkeiten, z. B. Ansichten, Formulare, der Automatisierungsgrad, z. B. Serienbriefe, Monitoring und das dem Datenschutz gerecht werdende Ticketsystem.

#### 4.3.10.1 **Teilnehmerherkunft**

Die Herkunft der Teilnehmer, z. B. „Smart Meter"-Pilot, Konzernmitarbeiter, „Mitarbeiter werben Kunden", VIPs etc., musste von der Akquise über die Betreuung klar erkennbar sein, um entsprechend kundenindividuell reagieren zu können. In einer gesonderten komprimierten Ansicht konnte direkt ausgewertet und gleichzeitig eingepflegt werden, wie viele Interessenten beispielsweise durch Mitarbeiter, aus dem Konsortium oder durch den Smart-Meter-Vorpiloten von Smart Watts erfahren haben.

##### Willenserklärungen

Die Zusendung von Willenserklärungen (Teilnahmeverträge) erfolgte in mehreren Wellen, um immer eine gleichbleibend hohe Betreuungsqualität und Erreichbarkeit zu gewährleisten, und weil gleichzeitig immer nur so viele Verträge wie Plätze im Feldversuch im Umlauf sein sollten.

#### 4.3.10.2 **Export pseudonymisierter Datensätze**

Beim laufenden Vollausbau kamen neue Anforderungen hinsichtlich des Datenbedarfs der Projektpartner hinzu. Insbesondere der Prozess *Erfassung der ins Feld gebrachten Geräte* wurde auch über das CRM der *STAWAG* abgewickelt. Jeder Teilnehmerdatensatz enthält neben den Stammdaten eine Vielzahl von Seriennummern (Stromzähler & Gateway, Bridge, bis zu fünf Steckdosen und deren Verwendungszweck), Parametern (KNX-ID, Provider) Messwerten (PLC-Dämpfung und Störpegel aller drei Phasen) und während der Installation händisch vermerkter Hinweise zu Besonderheiten. Der Projektpartner *Kellendonk* benötigte diese Daten für eigene Dokumentationszwecke sowie zur Fehleranalyse. Die *STAWAG* erstellte hierfür in regelmäßigen Abständen einen Datenbankauszug in Tabellenform, welcher nur die benötigten Informationen ohne personenbezogene Stammdaten enthielt.

#### 4.3.10.3 **Wirkungsforschung**

Zur Durchführung der Wirkungsforschung benötigt die EnCT GmbH von allen Konsorten Informationen über die Feldversuchsteilnehmer und deren Nutzung des Smart-Watts-Systems. Auch hier werden nur pseudonymisierte Daten übermittelt. Diese umfassen im wesentlichen Merkmale zur Verknüpfung der unterschiedlichen Quelldaten

(Zählpunktbezeichnung zur Datenzentrale; Bridgenummer, Steckdosenseriennummern sowie Verwendungszweck zur Verknüpfung mit den *Kellendonk*-Loggingdaten).

#### 4.3.10.4 **Intelligente Hausgeräte**

Die Akquise und Ausstattung von Teilnehmern mit intelligenten Hausgeräten erfolgte ebenfalls als Sonderprozess. Einerseits wurde bereits bei der Registrierung auf dem Infoportal abgefragt, ob eine Neuanschaffung von Hausgeräten geplant ist, andererseits erfolgte die direkte Ansprache während der Installation, da dort am besten die technische Eignung beurteilt werden konnte. Die Dokumentation erfolgte in beiden Fällen über das CRM.

#### 4.3.10.5 **Erweiterung um ein Ticket-System**

Im Feldversuch Smart Watts werden innovative Komponenten mehrerer Konsortialpartner eingesetzt. Zusätzlich stellt die individuelle Situation des teilnehmenden Haushalts eine potenzielle Fehlerquelle dar. Dies hat zur Folge, dass ein erhöhter Betreuungsaufwand der Feldversuchsteilnehmer gewährleistet sein muss. Zusätzlich muss bei technischen Problemen eine enge Abstimmung mit den Konsortialpartnern sichergestellt sein. Zu diesem Zweck wurde ein mehrstufiges Betreuungskonzept im Konsortium entwickelt. Die STAWAG ist als First-Level-Support erster Ansprechpartner der Teilnehmer. Generelle Fragen zum System, Verständnisfragen zur Technik oder Teilnahmebedingungen können in der Regel direkt beantwortet werden. Viele technische Probleme können direkt im First-Level-Support gelöst werden, hierfür wurde eine Technik-FAQ entwickelt. Andere technische Probleme erfordern jedoch die Mitwirkung der Konsortialpartner, dies wird als Second-Level-Support definiert. Dieser betrifft vor allem *Kellendonk* und *utilicount*. Sämtliche Anfragen der Kunden werden in personenbezogenen Tickets dokumentiert. Besteht die Notwendigkeit, einen Konsortialpartner einzubeziehen, wird das Ticket per E-Mail direkt an den zuständigen Ansprechpartner weitergeleitet. Dieser erhält das Ticket in pseudonymisierter Form, d. h. ohne Namen und Anschrift, jedoch mit Merkmalen, die er zur Zuordnung und Fehlerbehebung benötigt (Zählpunktbezeichnung, Bridge-Nummer etc.). Dadurch ist der Datenschutz jederzeit sichergestellt.

## 4.4 Feldversuch

In diesem Kapitel wird nach der Übersicht zunächst eine Systembeschreibung aus Sicht eines Feldtestteilnehmers durchgeführt (siehe Kapitel 4.4.1, S. 207ff.), darauf folgt eine Beschreibung der Akquise von Feldtestteilnehmern und deren Ergebnissen (siehe Kapitel 4.4.2, S. 210f.). Eine Erläuterung der Installation der Feldtestgeräte bei den Testteilnehmern (siehe Kapitel 4.4.3, S. 211ff.) schließt sich an, bevor die wichtigsten Aspekte beim Betrieb des Feldversuchs (siehe Kapitel 4.4.4, S. 214ff.) vor den Ergebnissen der Wirkungsforschung (siehe Kapitel 4.7, S. 232ff.) dargelegt werden.

| Name des Anwendungsfalls | Periodische Messwertübermittlung Bezug Strom (¼-Std.-Werte, Stundenwerte, Tagessummenwert, Lastgang) |
|---|---|
| **Kurzbeschreibung** | Die periodische Messwertübermittlung von viertelstündlichen Werten, stündlichen Werten, Tagessummenwerten und Lastgängen für den Strombezug gehört zu den Grundfunktionen, die das System zur Verfügung stellt. Im Massenszenario wird die Übermittlung von Messwerten periodisch im Pushbetrieb durchgeführt, um den zusätzlichen Prozessaufwand in der DZ zu minimieren.<br>• Das Messwerk generiert Messwerte und schickt diese an das Gateway<br>• Das Gateway verarbeitet die Messwerte (ggf. Signatur, LG bilden, Summenwerte)<br>• Das Gateway schickt die Messdaten periodisch an die DZ<br>• Die Periodendauer der Messwertübermittlung (das Kommunikationsintervall) ist konfigurierbar und hängt vom ANU und dessen Energieliefervertrag ab<br>• Wiederholung der Übertragung und Pufferung der Daten bis positives ACK |
| **beteiligte Rollen** | ANU, MDL/MSB, Lieferant |
| **Interaktion mit anderen TV** | Smart Architecture: Kundenadressdaten über E-Name-Service<br>Smart Portfolio: Input für Prognose und Planung Netznutzung |
| **Annahmen** | Die Übertragung von Tagessummenwerten und LG erfolgt nachts.<br>Die DZ kann die Messdaten einem ANU und einem Lieferanten zuordnen. |
| **Vorbedingung** | Der Zähler generiert und sendet Messwerte.<br>Das GW ist erreichbar und hat die BzK empfangen. |
| **Nachbedingung** | Dem MSB/MDL liegen die Verbrauchswerte zur Weiterleitung an Lieferant und VNB vor. |
| **Auslöser** | Automatisierte, periodisch durchgeführte und dezentral organisierte Verbrauchsdatenerfassung im Massenszenario, Haushaltskundenbereich mit geringstmöglichem Prozess- und Rechenaufwand in der DZ. |
| **Fristen/Laufzeiten** | ≤ 1 Minute bei Viertelstundenwerten, Stundenwerten und Tagessummenwert<br>≤ 30 Minuten bei *LG* |

| | | |
|---|---|---|
| **Anforderungen** | **Rechte und Rollen** | Lieferant und ANU haben gültigen Energieliefervertrag<br>MDL und Lieferant haben gültigen Vertrag |
| | **Datenhaltung** | GW und DZ speichern Verbrauchswerte und BzK<br>Pufferung der Daten im GW bis positives ACK der Übertragung von der DZ<br>ggf. Ersatzwertbildung/Schätzung in der DZ |
| | **Kommuni-kation** | Zähler sendet Messwerte an GW<br>GW sendet die Messwerte an die DZ |
| | **Weitere** | |
| **Nutzen** | | Messwerte stehen zeitnah für nachgelagerte Prozesse zur Verfügung<br>Stunden und Tagessummenwerte zur Planung der Netzauslastung des Folgetages oder zur Überprüfung vereinbarter Abnahmelimits<br>Lastgänge zur zeitnahen, verbrauchsgenauen Abrechnung |
| **Hinweise offene Fragen** | | Wie viele Übertragungen bei Referenzkunden lassen wir gleichzeitig zu? Wir wollen möglichst genaue Werte für die Prognose, ohne einen Kommunikationsengpass zu verursachen.<br>Es muss unterschieden werden zwischen den folgenden Intervallen:<br>Messwertermittlung (ca. alle 2 Sek., unsigniert, Messwerk an GW)<br>Signaturintervall (alle 15 Minuten bei Strom)<br>Kommunikationsintervall (vom GW zur DZ, Intervall ist konfigurierbar)<br>15 Min. bei RLM und Referenzkunden für Prognose<br>täglich, monatlich, jährlich, ggf. abhängig vom Abrechnungszeitraum<br>Abrechnungszeitraum (vertraglich festgelegt)<br>Eine prozessorientierte Anfrage von Messwerten von der DZ (*polling*) an das GW muss ebenfalls möglich sein. |

**Tabelle 9: Kurzbeschreibung Periodische Messwertübermittlung Bezug Strom**

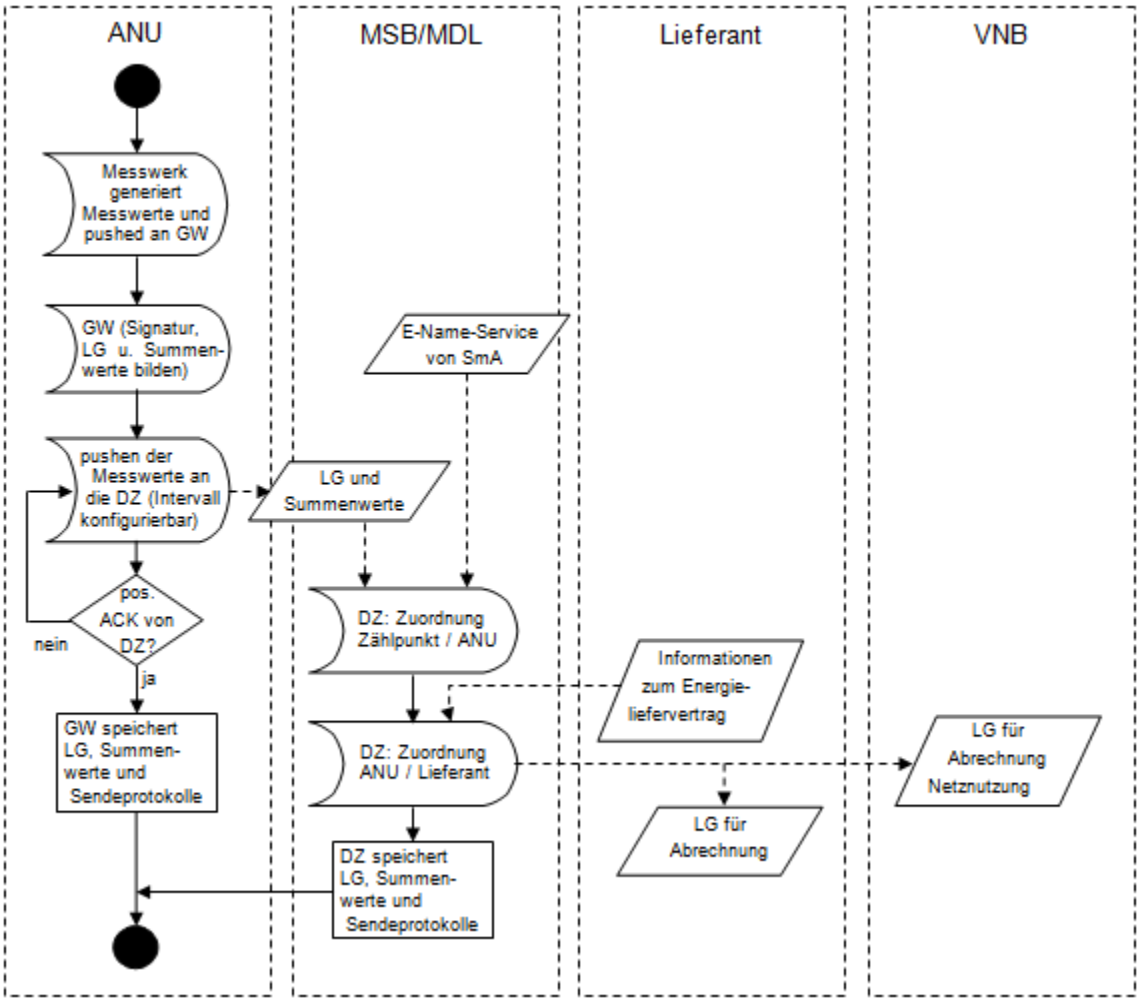



**Bild 102: Sequenzdiagramm periodische Messwertübermittlung Bezug Strom**

### 4.4.1 Gesamtbeschreibung des Systems und seiner Funktionen aus Sicht eines potenziellen Teilnehmers

Ein Interessent des Feldversuchs besucht das Smart-Watts-Onlineportal der *STAWAG*. Über die Webseite informiert er sich und meldet sich an. Verträge werden ausgetauscht. Die Daten werden erfasst und bei der DZ und bei der *STAWAG* in den Datenbanken eingepflegt. Die Geräte werden zusammengestellt, konfiguriert und im Labor auf Zusammenspiel untereinander und mit der Datenzentrale getestet. Dann wird mit dem Kunden ein Termin ausgemacht. Im Anschluss werden ein *Kellendonk*- und ein *STAWAG*-Mitarbeiter hinfahren, zusammen die Geräte installieren und die Papiere auf Stand bringen (u. a. Bestätigung, dass der Kunde das iPad erhalten hat). Die Installation wird dann getestet und dem Kunden die Bedienung erklärt.

Der Kunde hat jetzt ein lauffähiges Smart-Watts-System. Durch die Preisprognose, die auf dem iPad dargestellt wird, ist er in der Lage, für die kommenden 24 Stunden die Zeiten mit günstigen und teuren Strompreisen zu sehen. Für bis zu drei steuerbare Geräte kann der Kunde jetzt eine Preisschwelle einstellen. Ein konkretes Fallbeispiel: Vor dem Beladen der Waschmaschine um 18:30 Uhr sieht der Kunde, wann der Strompreis in einen Bereich fällt, an dem das Waschen günstig ist.

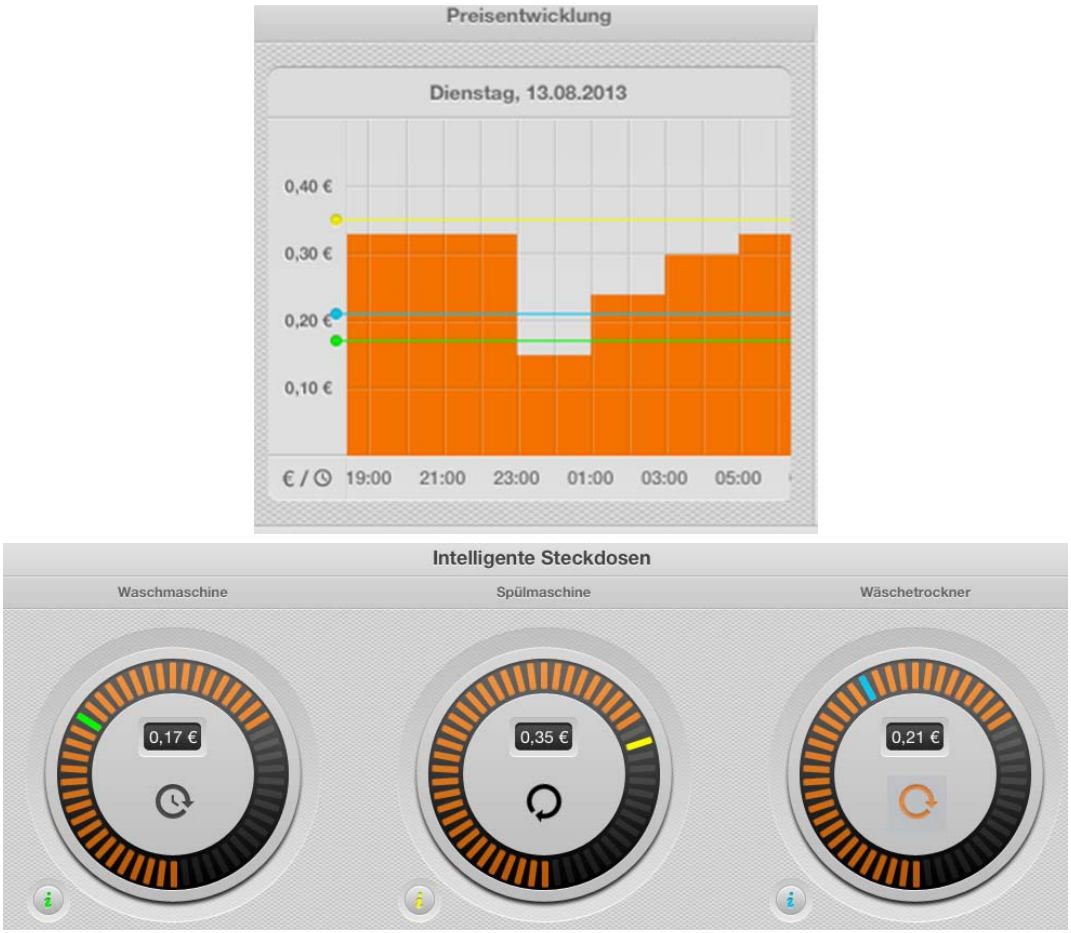



**Bild 103: Preisentwicklung konkretes Fallbeispiel (Ausschnitte der iPad-Oberfläche)**

#### 4.4.1.1 Fallbeispiel: Nutzung der Smart-Watts-App

Der Kunde legt fest, dass für die Waschmaschine die Preisschwelle von 17 Cent gelten soll – in unserem Beispiel ist dies durch die grüne Preisschwellenlinie dargestellt. Startet der Kunde nun seine Maschine, wird sie in diesem Beispiel erst um 23:00 Uhr eingeschaltet, da erst hier der Preis unter die Schwelle von 17 Cent fällt.
An die zweite intelligente Steckdose ist die Spülmaschine angeschlossen. Weil Gäste im Hause sind und die Spülmaschine sofort ihren Betrieb aufnehmen soll, wurde hier die Preisschwelle auf 35 Cent pro KWh gestellt (gelbe Linie), die praktisch nicht überschritten wird, sodass die Spülmaschine hier nicht lastverschoben wird. Im dargestellten Beispiel läuft die Spülmaschine gerade. Die intelligente Steckdose, an der der Wäschetrockner angeschlossen ist, wurde auf eine Preisschwelle von 21 Cent pro KWh eingestellt. Der Wäschetrockner wurde bereits vor Stunden gestartet und befindet sich in der Lastverschiebung. Er wird zeitgleich mit der Waschmaschine sein Programm starten, da die Preisschwelle von dem Wäschetrockner ebenfalls erst um 23:00 Uhr unterschritten wird.

#### 4.4.1.2 Fallbeispiel: Leistungsaufnahme

Während die Waschmaschine, der Wäschetrockner oder die Spülmaschine an der entsprechenden intelligenten Steckdose angeschlossen sind, kann der Kunde sich jederzeit die an der Steckdose übertragene Momentanleistung auf Knopfdruck anzeigen lassen. Der Kunde stellt fest, dass die hohen Anschlusswerte (hier: 2100 Watt der Waschmaschine) der

Momentanleistung der Maschine nur für wenige Minuten im Programmablauf aufgenommen werden. Allerdings stellt er auch mit Erstaunen fest, dass der ältere Wäschetrockner im eingeschalteten Zustand, bevor das Programm gestartet ist oder nach Ablauf des Programms über 9 Watt im Leerlauf aufnimmt. Hier nimmt er sich vor, den Trockner direkt abzuschalten, wenn er sich im Leerlauf befindet.

#### 4.4.1.3 **Fallbeispiel: Historische Daten**

Der Benutzer kann an dem iPad den Lastgang seines Haushalts nachvollziehen. Er schaut sich die Stromverbräuche über den Tag einmal genauer an. Nachts, zumindest vor 5:00 Uhr morgens, wenn die erste Person im Haushalt aufsteht, sieht er gleichmäßig wenig Verbrauch, im Prinzip den Standby-Verbrauch des gesamten Haushalts. Mit besorgtem Erstaunen erkennt der Benutzer, dass alles zusammen über 180 Watt sind. Wie kommt das zustande? Durch nächtliches Abschalten einzelner Steckdosengruppen findet er heraus, dass Ethernet-Netzwerkkomponenten (Switches bzw. Hubs) mit jeweils 15 Watt sehr viel verbrauchen, der WLAN-Router kommt nicht unter 40 Watt Verbrauch und die Zirkulationspumpe der Heizung wird mit 35 Watt Dauerverbrauch demnächst an eine Zeitschaltuhr angeschlossen. Die Kosten einer Mahlzeitzubereitung können erkannt werden, ebenso der Verbrauch durch Staubsaugen und Fernsehkonsum.

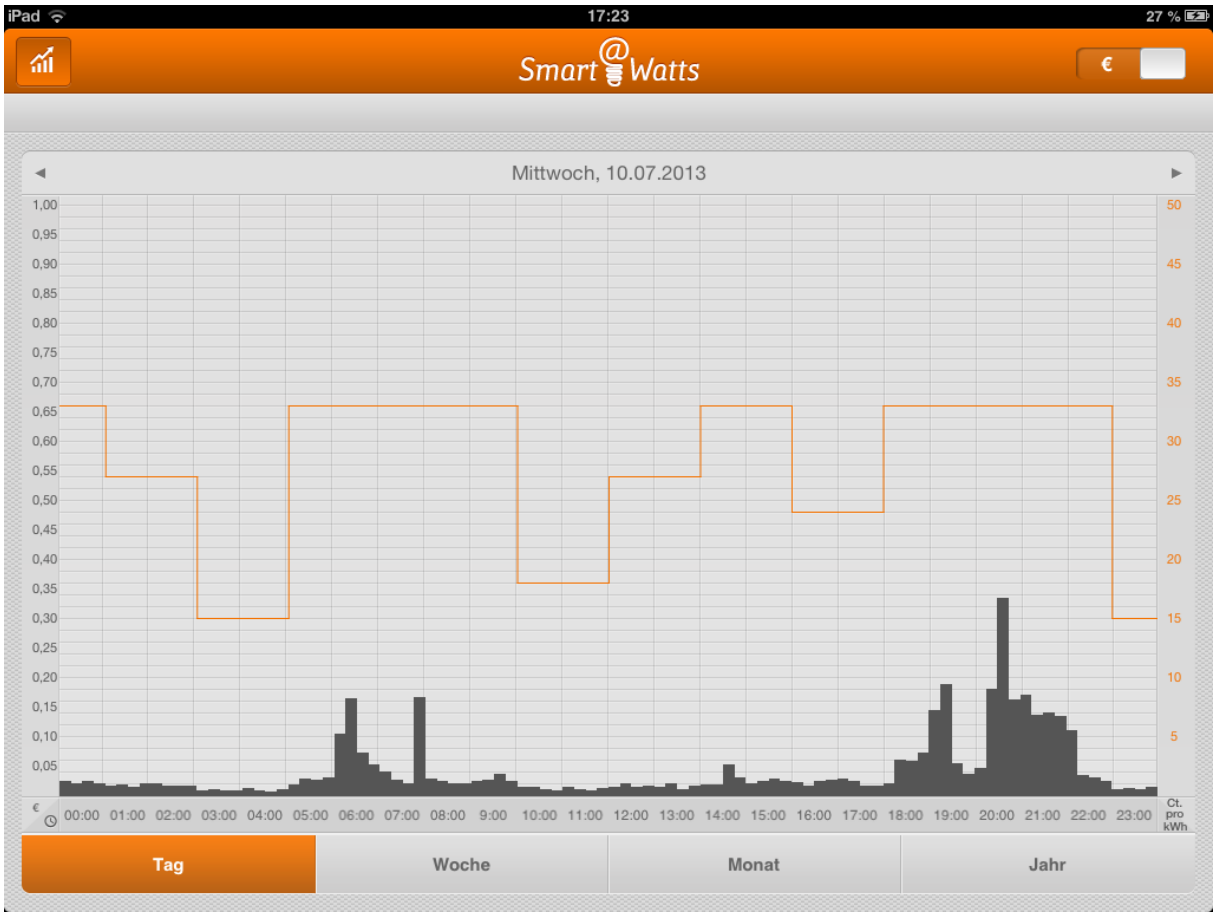



**Bild 104: Beispiel historischer Daten eines Single-Haushalts**

## 4.4.2 Akquise der Feldtestteilnehmer

### 4.4.2.1 Akquiseergebnis

Insgesamt haben sich in einem Zeitraum von vier Monaten fast 600 Teilnehmer verbindlich für den Feldversuch registriert. Dieses Ergebnis wurde vorrangig über Empfehlungsmarketing unter dem Motto „Mitarbeiter werben Kunden“ und der damit verbundenen größeren Streueffekte erreicht. Auf eine multimediale Akquise in der breiten Öffentlichkeit über die Kanäle Zeitung, Radio, Internet und CLP (Plakate an Bushaltestellen etc.) konnte daher verzichtet werden, da es über das Empfehlungsmarketing bereits mehr Interessenten als Feldversuchsplätze gab.
Besonders wichtige Personen des öffentlichen Lebens (Oberbürgermeister, Landtagsabgeordnete, Ratsmitglieder der Stadt Aachen, rund 30 Personen) wurden im Rahmen der Veröffentlichung der Pressemitteilung zum Feldversuch persönlich zur Teilnahme am Feldversuch eingeladen.

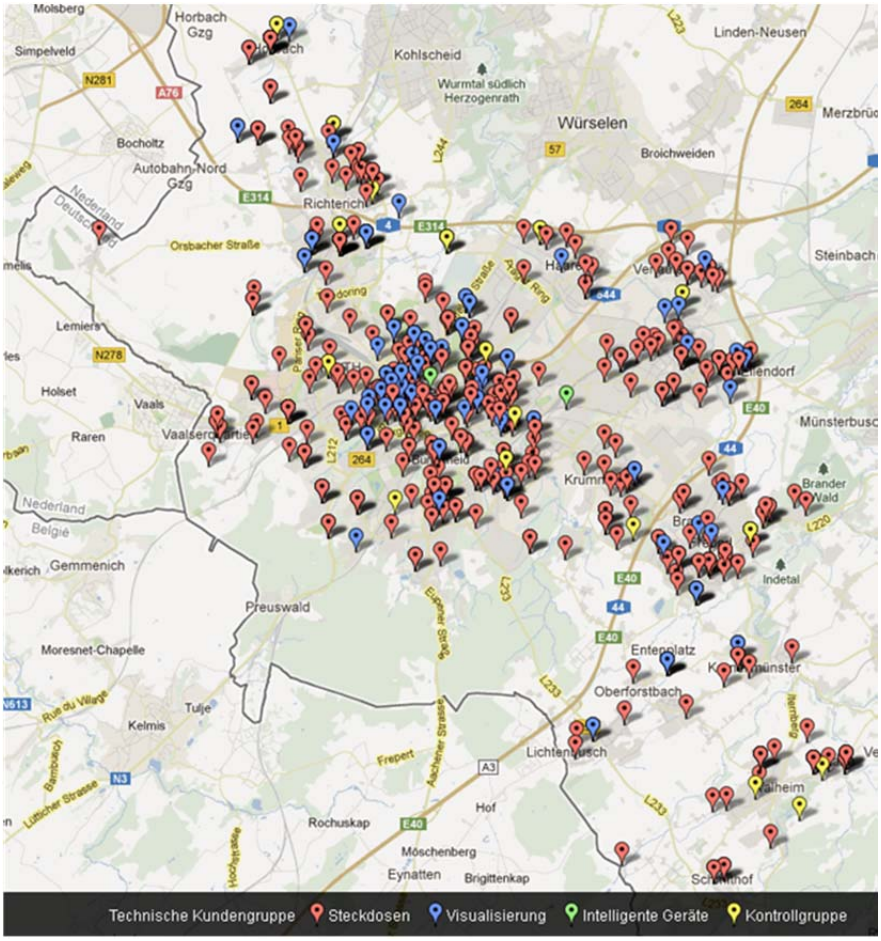



**Bild 105: Registrierte Interessenten**
**(Kartendaten © 2013 GeoBasis-DE/BKG (© 2009), Google)**

### 4.4.2.2 Ausgewählte Testhaushalte

Im Rahmen der Installation der Testhaushalte zeigten sich vielfältige neue technische Herausforderungen, die trotz umfangreicher Testszenarien und „Friendly User“-Tests nicht absehbar waren. Dies wird in den nachfolgenden Kapiteln näher ausgeführt.

Bedingt durch diese Restriktionen und die gewonnenen Erkenntnisse bei den ersten Installationen wurde die Teilnehmerzahl von 500 Haushalten auf 250 Haushalte – in Abstimmung und Einverständnis mit dem Projektträger – reduziert. Der größtmögliche Realisierungserfolg konzentriert sich nach den gewonnenen Erkenntnissen auf Einfamilienhaushalte. Diese wurden in der Folge ab Mitte November 2012 zuerst ausgestattet. Im Umkehrschluss bedeutete dies, dass die Teilnehmerzusammensetzung an die technischen Anforderungen angepasst wurde und nicht mehr als repräsentativ für die Stadt Aachen oder einen möglichen Bundesdurchschnitt angesehen werden kann.
Die tatsächliche Zusammensetzung der Feldversuchsteilnehmer, auch unter sozio-demografischen Aspekten, erfolgt im Rahmen der Betrachtungen der Wirkungsforschung (siehe Kapitel 4.7, S. 232ff.).

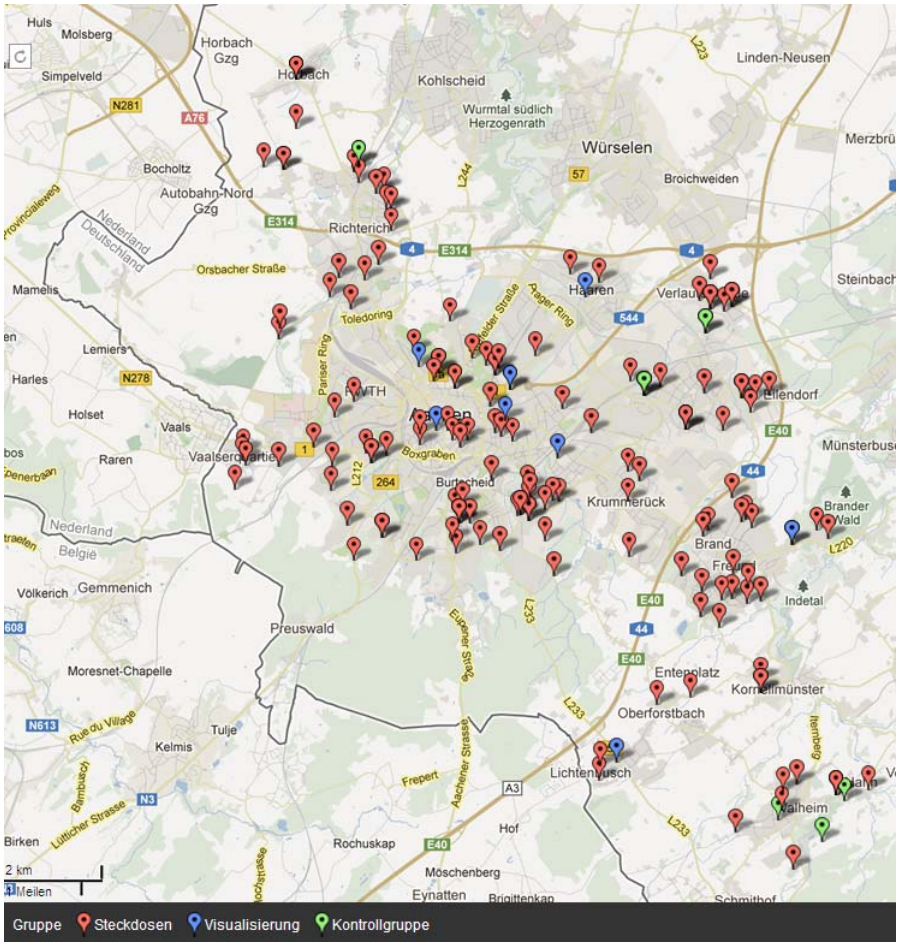



**Bild 106: Tatsächlich installierte Testhaushalte**
**(Kartendaten © 2013 GeoBasis-DE/BKG (© 2009), Google)**

### 4.4.3 Installation bei den Teilnehmern

In Zusammenarbeit der Firmen *Kellendonk*, *STAWAG* und *utilicount* ist ein Installationsprozess für die Ausbringung von Systemen für den Feldversuch entwickelt worden. Der Ablauf berücksichtigt inhaltliche, zeitliche und systemische Abhängigkeiten. Dies umfasst Stammdatenaufbereitung, Stammdatenanlage in den genutzten System, Gateway-Administration und -Konfiguration, Pairing von Gateway und EEBus-Bridge,

Labortestdurchführung vor Ausbringung, Inbetriebnahme vor Ort. Das nachfolgende Bild zeigt einen Ausschnitt aus dem Ablaufdiagramm, dass als Arbeitsanweisung für die Ausbringung im Feldversuch Gültigkeit besitzt.

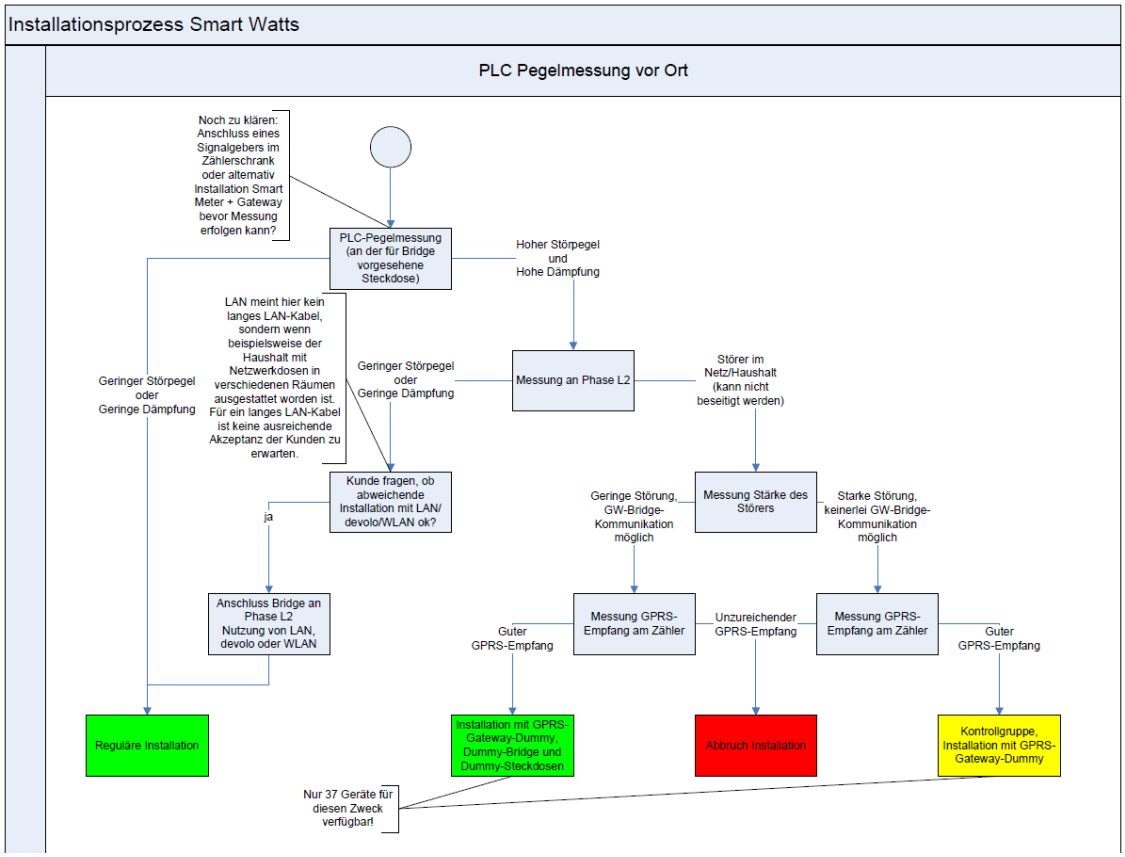



**Bild 107: Prozessbeschreibung Gateway-Installation Smart-Watts-Entscheidungsbaum-PLC**

### 4.4.3.1 Durchgeführter Prozess vor Ort und zukünftig notwendige Optimierung

Im Projekt wurde die Installation vor Ort durch ein Zweierteam aus einem *STAWAG*- und einem *Kellendonk*-Techniker durchgeführt. Hierfür gab es folgende Gründe: Der Tausch des Stromzählers erfordert eine spezielle Ausbildung für das Arbeiten unter Spannung; zudem dürfen diese Arbeiten nur durch Mitarbeiter des Netzbetreibers (*STAWAG*) durchgeführt werden. Die gesamte innovative Zusatztechnik von Smart Watts wurde hingegen durch den Kellendonk-Techniker in Betrieb genommen. Dies lag vor allem an der hohen Komplexität der Komponenten und der notwendigen Konfiguration an die Besonderheiten vor Ort.
Ergänzend muss erwähnt werden, dass bereits im Vorfeld des Vor-Ort-Termins eine erste Parametrierung und Zusammenstellung der Komponenten bei der *STAWAG* erfolgt ist. Trotzdem verblieb ein hoher Gesamtaufwand vor Ort, sodass Installationstermine nur mit Zweistundenfenstern geplant werden konnten.
Für eine massentaugliche Technik ergeben sich daher folgende Anforderungen: Die Zusammenstellung bzw. Konfiguration muss so einfach sein, dass sie ohne spezielle Zusatzausbildung durch den Zählermonteur des Netzbetreibers oder den Kunden selbständig vorgenommen werden kann. Dadurch wird der Personalaufwand reduziert, denn der Einsatz von zwei Technikern ist heute und auch zukünftig nicht wirtschaftlich abbildbar.

Gegebenenfalls können Lösungskonzepte aus dem Telekommunikationsbereich übernommen werden. Dort wird dem Kunden oft vorkonfigurierte Hardware nach Hause geliefert, die er nur noch anschließen und maximal mit Zugangsdaten versehen muss. Eine solche Komplexitätsreduktion ist Voraussetzung für ein massentaugliches Smart-Metering-/ Smart-Home-Produkt.

#### 4.4.3.2 **Nicht planbare Situation vor Ort**

Bei den Installationsterminen zeigte sich, dass aufgrund der gewählten Systemarchitektur viele Unsicherheiten hinsichtlich des Installationsaufwands vorlagen. Bei optimalen Voraussetzungen konnten die Installationstermine innerhalb von 30 Minuten abgeschlossen werden (was noch immer deutlich über den heute notwendigen 3 – 5 Minuten für einen einfachen Zählerwechsel liegt), teilweise dauerten diese auch bis zu drei Stunden und länger.
Diese Unsicherheit erforderte eine Flexibilitätsvorhaltung, welche mittels eines Springerteams sichergestellt worden ist. Sofern es nicht zum Einsatz kam, bereitete es bei der *STAWAG* demnächst zu installierende Systeme vor. Auch dies ist zukünftig nicht wirtschaftlich abbildbar, weshalb die Abhängigkeit von den individuellen Installationsbedingungen vor Ort reduziert werden muss.
Insbesondere die direkte Kopplung des Smart-Watts-Systems an das Kundennetzwerk stellte in vielen Fällen eine außerordentliche Komplexitätserhöhung dar, zusätzlich hatte dies Auswirkungen auf die langfristige Systemstabilität und -zuverlässigkeit. Zukünftige Systeme sollten daher eine Weitverkehrsanbindung über eine dezidierte Kommunikationsschnittstelle erhalten, die Kopplung an das Kundennetzwerk optional möglich sein.

#### 4.4.3.3 **Sonderprozesse**

Aufgrund der geringen zu erwartenden Fallzahl wurden keine Prozesse für um- und ausziehende Teilnehmer implementiert. Bei Umzügen innerhalb des Netzgebiets ergab sich zusätzlich der Wunsch, die historischen Verbrauchsdaten an die neue Verbrauchsstelle zu migrieren. Diese Prozesse wurden größtenteils manuell abgewickelt, wodurch sich ein überdurchschnittlicher Aufwand ergab. Zukünftig müssen auch diese Prozesse automatisch und systemgestützt abgewickelt werden.

#### 4.4.3.4 **Technische Restriktionen**

Insbesondere in Mehrfamilienhäusern sind steuerbare Haushaltsgeräte oft nicht in Funkreichweite der intelligenten Steckdosen – beispielsweise gibt es einen Waschkeller, die Wohnung befindet sich im zweiten Stockwerk oder noch höher. Hier muss eine technische Lösung zur Anbindung dieser Geräte gefunden werden, die wie Funk nicht in die Bausubstanz eingreift.
Die Powerline-Verbindung zwischen Stromzähler und Bridge (im Kundenhaushalt) war mit der entwickelten Technik störungsanfällig. Dies führte mitunter von unzuverlässiger Datenverbindung bis hin zur völligen Nichteignung von Teilnehmerhaushalten. Die Fehlerursache konnte in der Regel schwer bis gar nicht aufgespürt werden.

### 4.4.4 Betrieb

#### 4.4.4.1 Betreuungsaufwand und Ticket-System

Die Betreuung der Feldversuchsteilnehmer wurde, wie eingangs erwähnt, mehrstufig aufgebaut. Anfragen von Feldtestteilnehmern, die nicht sofort per E-Mail oder Telefon gelöst werden konnten, wurden ins Ticket-System eingepflegt und von dort aus weiter bearbeitet. Im Laufe des Feldversuchs wurden so über 500 Tickets angelegt, dies entspricht durchschnittlich mehr als zwei Tickets je Teilnehmer. Bild 108 stellt den zeitlichen Verlauf der Tickets dar. Im Bild 108 sind der deutlich höhere Aufwand während des Feldversuchsaufbaus (steilerer Anstieg zwischen Januar bis März 2013) und der dauerhaft laufende Aufwand während des Feldversuchs (bis September 2013) deutlich zu erkennen.

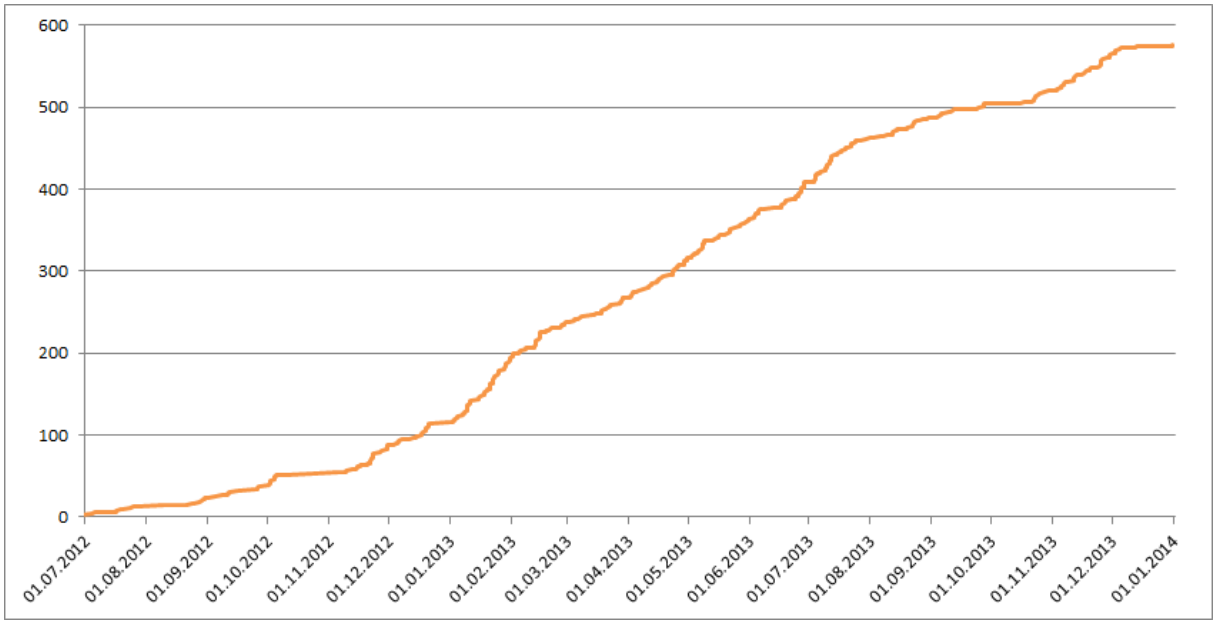



**Bild 108: Zahl der Tickets Juli 2012 bis Oktober 2013**

Viele der Tickets konnten per Fernwartung oder mithilfe des Teilnehmers (z. B. manueller Neustart der Bridge) gelöst werden. Rund 100 der Tickets mündeten jedoch in Nachbesserungsterminen vor Ort, welche durchschnittlich 75 Minuten dauerten. Daraus resultierte ein Gesamtaufwand von rund 120 Stunden, welcher jeweils durch die *STAWAG* als auch durch *Kellendonk* geleistet worden ist.

#### 4.4.4.2 Einsatz von Powerline-Adaptern

Die Powerline-Verbindung zwischen Gateway und Bridge erwies sich nicht in allen Haushalten als dauerhaft stabil. Eine Lösung stellte dabei die Nutzung einer anderen Steckdose dar, meist in anderen Räumen und damit an einer anderen Phase des Stromnetzes. Da dort in der Regel kein Netzwerkanschluss verfügbar war, wurde die Verbindung zum Router zuerst mit WLAN-Adaptern an der Bridge, später mit handelsüblichen Powerline-Adaptern (Breitbandpowerline für Privatanwender, z. B. *Devolo*-Produkte) realisiert.

Da das Problem der potenziell instabilen Powerline-Verbindung zwischen Gateway und Bridge schon während des Vollausbaus erkannt wurde, mussten diese Nachbesserungen nur bei den Teilnehmern der ersten Installationsphase (bei einem Drittel der Teilnehmer) durchgeführt werden.

#### 4.4.4.3 Nachrichtenservice der App

Zur Aufwertung der App, aber auch, um eine Möglichkeit zur schnellen Information der Teilnehmer zu haben, wurde die App um einen Nachrichtenservice erweitert. Über ein Webinterface können allgemeine Nachrichten an alle Teilnehmer gesendet werden. Die STAWAG nutzte dies in erster Linie, um wöchentliche Energiespartipps an die Teilnehmer zu versenden.

#### 4.4.4.4 Kundennetzwerk

Während des Feldversuchsausbaus wurde festgestellt, dass nicht alle Kundenrouter die benötigten Standardfunktionen im Netzwerk anbieten. Die App setzt dies jedoch voraus, da sie sich sonst nicht mit der Bridge verbinden kann. Nahezu alle angetroffenen *Telekom*-Router verfügten über keine richtig funktionierende Namensauflösung. Diese wird benötigt, damit die App den Netzwerknamen der Bridge (bridge393.local) in die aktuelle, sich ändernde Netzwerkadresse (192.168.0.87) übersetzen kann.
Als Lösung wurde die Software der Bridge angepasst, sodass eine feste Netzwerkadresse eingestellt werden kann. Über das Ticket-System und Notizen von den Installationsterminen konnten Teilnehmer mit *Telekom*-Routern identifiziert werden. Diese mussten kontaktiert werden, um nach erfolgter Änderung der Netzwerkadresse diese fest in der App einzustellen.
Als generelles Problem wurden die völlig unterschiedlichen Netzwerkausstattungen in den Teilnehmerhaushalten erkannt. Nicht nur die technischen Voraussetzungen waren völlig unterschiedlich (Router ohne WLAN bis hin zu 19-Zoll-Netzwerk-Komponenten), sondern auch das Verständnis und Wissen über das eigene Netzwerk. Daraus folgt, dass der Internetanschluss des Kunden aufgrund der fehlenden Einheitlichkeit und Zuverlässigkeit zukünftig nicht genutzt werden kann.

#### 4.4.4.5 Release-Management – Gateway-Administration

Die utilicount übernimmt im Teilprojekt 4 – Smart Metering – das Release-Management und die Administration der Gateways im Testbetrieb sowie während des Feldversuchs. Der sogenannte Gateway-Administrator ist dafür verantwortlich, die Smart-Watts-Gateway-Software für individuelle Gateways zusammenzustellen und vollständige, integre und getestete Releases (d. h. Zusammenstellung von Applikationen) zu veröffentlichen, die den Gateways zum Download zur Verfügung gestellt werden.
Die einzelnen Aufgaben sind wie folgt:

- Softwarepakete der einzelnen Softwarehersteller sammeln,
- bei Bedarf eine neue Softwarezusammenstellung aus den Softwarepaketen erzeugen, die für ein individuelles Gateway oder eine Klasse gleichartiger Gateways bestimmt sind.

Dies umfasst das initiale Aufspielen eines Software-Images sowie die individuelle Konfiguration der Gateways für den geplanten Einsatz:

  - Art der Weitverkehrskommunikation
  - Kommunikation an Inhousekomponenten
  - Zählpunktbezeichnung
  - Übertragungsintervalle
  - Zielsysteme etc.,

- die integrierten Softwarepakete auf mögliche Inkompatibilitäten testen zu lassen,
- die neue Softwarezusammenstellung auf dem Release-Server veröffentlichen,
- Weitergabe der Update-Daten an die Datenzentrale,
- Verantwortung für die Funktionsfähigkeit der veröffentlichten Zusammenstellungen von Gateway-Applikationen.

Trotz der Möglichkeit von Softwareupdates über das Weitverkehrsnetz sollen die Gateways vor Manipulationen der installierten Software geschützt werden. Deshalb müssen Softwareupdates in einer für die Gateways erkennbaren Weise vertrauenswürdig und intakt sein, was mithilfe digitaler Signaturen und eines entsprechenden Rollenmodells für die Rechtefreigabe erreicht wird. Bereits der Austausch von Softwarepaketen zwischen Entwickler und Release-Manager erfordert Maßnahmen zum Schutz gegen Manipulationen. Bei Erhalt eines Pakets muss der Release-Manager die Gültigkeit der Herstellersignatur am Paket prüfen, bevor er es integriert.

Darüber hinaus wurden die notwendigen Schnittstellen, Verantwortlichkeiten, Abläufe und Prozesse erarbeitet, um eine reibungslose Gateway-Administration für den Feldversuch sicherzustellen. Die nachfolgenden Bilder zeigen exemplarisch Auszüge aus der Prozessbeschreibung „Gateway-Administration“.

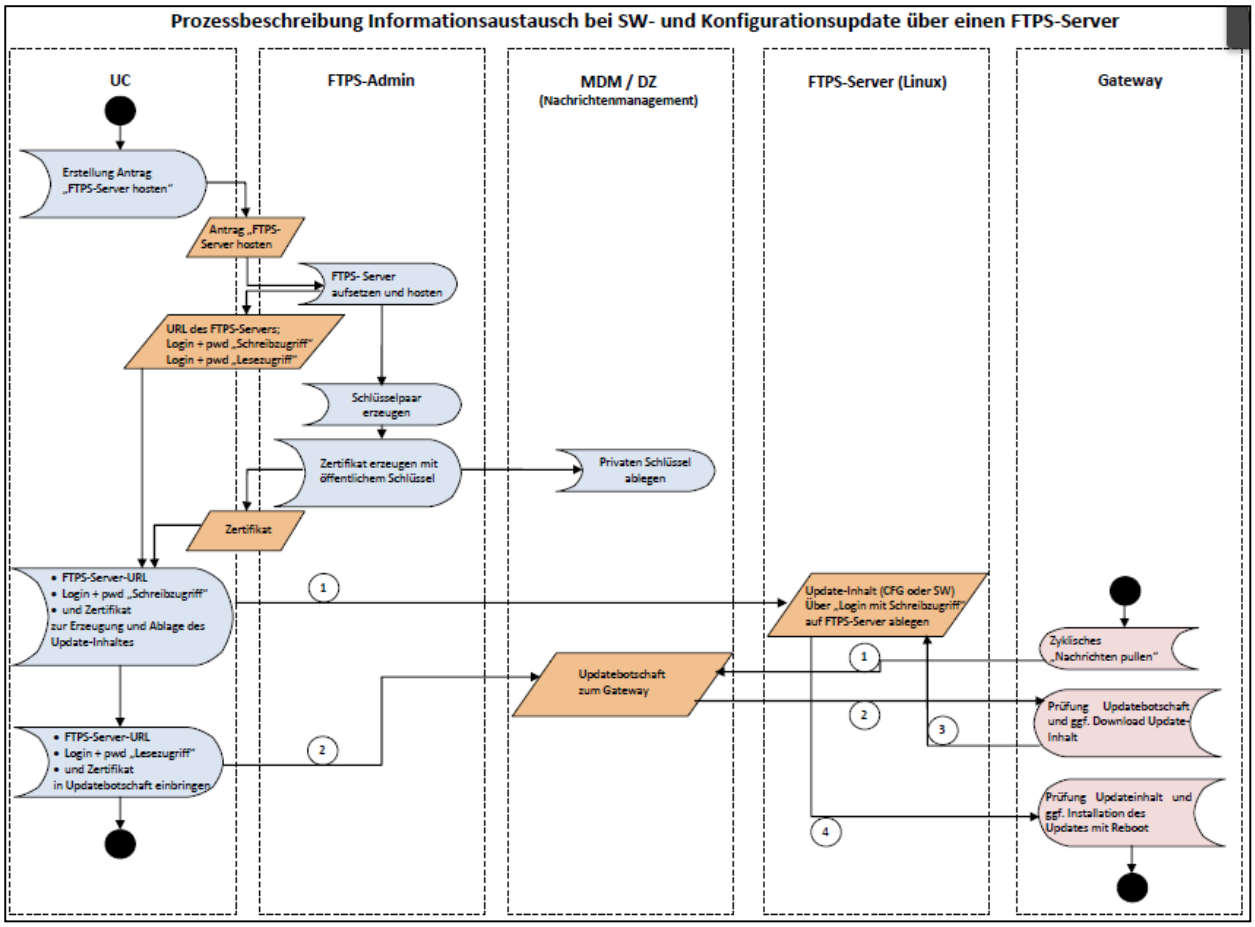



**Bild 109: Gateway-Admin – Fernupdate**

## Werkzeuge für den Gateway-Administrator/Release-Manager

Für die anforderungsgerechte Durchführung der Tätigkeiten des Gateway-Administrators und der Sicherstellung eines funktionierenden Update- und Releasehandlings wurde ein Softwarewerkzeug zur teilautomatisierten Erstellung von Konfigurationen sowie Fernupdatenachrichten und -inhalten erstellt.

Dieses Werkzeug unterstützt den Gateway-Administrator (GWA), indem es wiederkehrende oder unübersichtliche Prozesse automatisiert, um somit z. B. sowohl Schreib- und Flüchtigkeitsfehler zu vermeiden als auch die Prozesse des GWAs zu beschleunigen.

## Funktionsbeschreibung

Das Softwarewerkzeug umfasst folgende Funktionsbausteine:

1. Parsen von CSV-Dateien mit Gateway-Konfigurationsparametern

2. Automatische Erzeugung von umfassenden Gateway-Konfigurationsdateien, welche direkt für Konfigurationsupdates für Gateways verwendet werden können.

3. Automatische Erzeugung von Updatebotschaften, mit denen Updates über den Webservice der Datenzentrale angestoßen werden können.

4. Automatische Erzeugung von Verzeichnisstrukturen und Dateien für initiale Gateway-Konfigurationen, welche auf neu mit Gateway-Software bespielte SD-Karten kopiert werden können, um eine benutzerdefinierte initiale Konfiguration von Gateways zu ermöglichen.

### Bedienung

Input und Vorbereitungen – Konfiguration des GWA-Werkzeugs

Das Werkzeug selbst hat ein paar Parameter, welche in einer Konfigurationsdatei (im Folgenden <tool_config_file>) mit beliebigem Dateinamen zusammengefasst werden können. Die Konfigurationsdatei wird dann beim Aufruf des GWA-Werkzeugs als Parameter mit übergeben.

### CSV-Datei des Messwertdienstleisters

Der Releasemanager erhält CSV-Dateien vom Messwertdienstleister, welche Parameter für neu zu konfigurierende Zählpunkte enthalten. Diese haben folgende Spalten:

| GERAETE VERWAL TUNGS SCHLUESSEL | ZAEHLPUNKT BEZEICHNUNG | MEDIUM | ANBINDUNG_ GERAETE VERWALTUNGS SCHLUESSEL | GERAETETYP KENNUNG | PROTOKOLLKENNUNG | GUELTIG_VON | KNX-ID | BRIDGE_ID | ZAEHLPUNKT TYP |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10898419 | DE00000352078 0000000000000 0137895 | Strom | 1NZR0012600067 | EasyMeter Q3DA1004 | ZP://DE0000035207800 000000000000137895 | 2012-05-01T12:00:00+02:00 | 2 | 195 | REAL_ZP |

**Bild 110: CSV-Datei Tool Release-Manager**

Der GWA fügt dann den Inhalt der Datei rm_config_params.csv (also zusätzliche Spalten, mit initalen Defaultwerten) an die CSV-Datei vom Messwertdienstleister als weitere Spalten mit an[4]. Diese Spalten enthalten Parameter, die der GWA zusätzlich auf dem Gateway konfigurieren kann. Die erste Zeile mit Werten aus der Datei rm_config_params.csv enthält Default-Werte zur Orientierung für den GWA. Er kann diese Werte für alle anderen Gateways übernehmen (sprich für alle weiteren Zeilen in der zusammengefügten CSV-Datei) oder eigene Werte eintragen. Die resultierende zusammengefügte Tabelle muss dann wieder im CSV-Format abgespeichert werden. Dabei muss das Spaltentrennzeichen das Semikolon (;) sein. Die Werte (und auch die Überschriften) der einzelnen Zellen dürfen dabei nicht wie oft üblich durch Anführungszeichen ("...") eingerahmt sein. Nur das Semikolon darf als Trennzeichen verwendet werden.

### Aufruf und Output des GWA-Werkzeugs

Das GWA-Werkzeug wurde mit Qt 4.6.3 entwickelt. Die Qt-Laufzeitbibliotheken müssen also installiert und erreichbar sein (z. B. Aufruf: *sudo apt-get install libqt4-dev qt4-dev-tools*). Das Betriebssystem muss Linux sein. Für das Erzeugen von Updatebotschaften sollte OpenSSL nach Möglichkeit in der gleichen Version wie auf dem Gateway installiert sein. Bevor das Werkzeug das erste Mal aufgerufen wird, sollten im Verzeichnis die Quelldateien des GWA-

[4] Dazu muss man rm_config_params.csv mit Excel oder OpenOffice öffnen und per drag&drop in die andere CSV-Datei hineinkopieren; wo diese zusätzlichen Spalten dabei eingefügt werden, spielt keine Rolle, da das Tool später nach der Spaltenbezeichnung sucht und keine fixen Spaltennummern verwendet, die Spaltenbezeichner müssen aber, wie alle anderen, in der ersten Zeile stehen.

Konfigurationswerkzeugs noch einmal kompiliert werden. Das Werkzeug gibt sowohl den erfolgreichen Verlauf als auch detaillierte Fehlermeldungen aus.

#### 4.4.4.6 **MDM-Administration – Betrieb Datenzentrale**

Nach der Migration der Datenzentrale auf das Produktivsystem des IT-Dienstleisters im TP 6 hat die *utilicount* den Betrieb der Datenzentrale für den Feldversuch in der Modellregion Aachen übernommen. Dies umfasst einerseits die Auswertung der Betriebsdaten und andererseits die Unterstützung im Falle von Fehlfunktionen oder Ausfällen. Durch Auswertung der Betriebsdaten und anschließende Analyse kann eine Aussage über den Zustand des Gesamtsystems getroffen werden. So kann die Auslastung des Systems erfasst werden, Engpässe bei der Kommunikation können analysiert werden oder fehlerhafte Zustände, die sich nach außen hin möglicherweise nur in Performanceeinbrüchen äußern, können detektiert werden. Im Falle von Fehlersituationen kann hierdurch eine Eingrenzung der möglichen Fehlerquelle erfolgen und unterstützend bei der Fehlersuche mitgewirkt werden.
Die dafür notwendigen Werkzeuge, Reports und Prozesse sind im Rahmen des Projekts in Zusammenarbeit mit dem Konsortium und den Entwicklungspartnern erstellt, getestet und implementiert worden. Darüber hinaus wurden die Abläufe formuliert, die beim Betrieb der Datenzentrale von Bedeutung sind. Bild 111 (siehe S. 220) veranschaulicht den Konfigurationsprozess für die Kombination aus Gateway, Zähler und Zählpunkt unter Beteiligung von MSB (Messstellenbetreiber, MDM-Admin und Gateway-Admin).

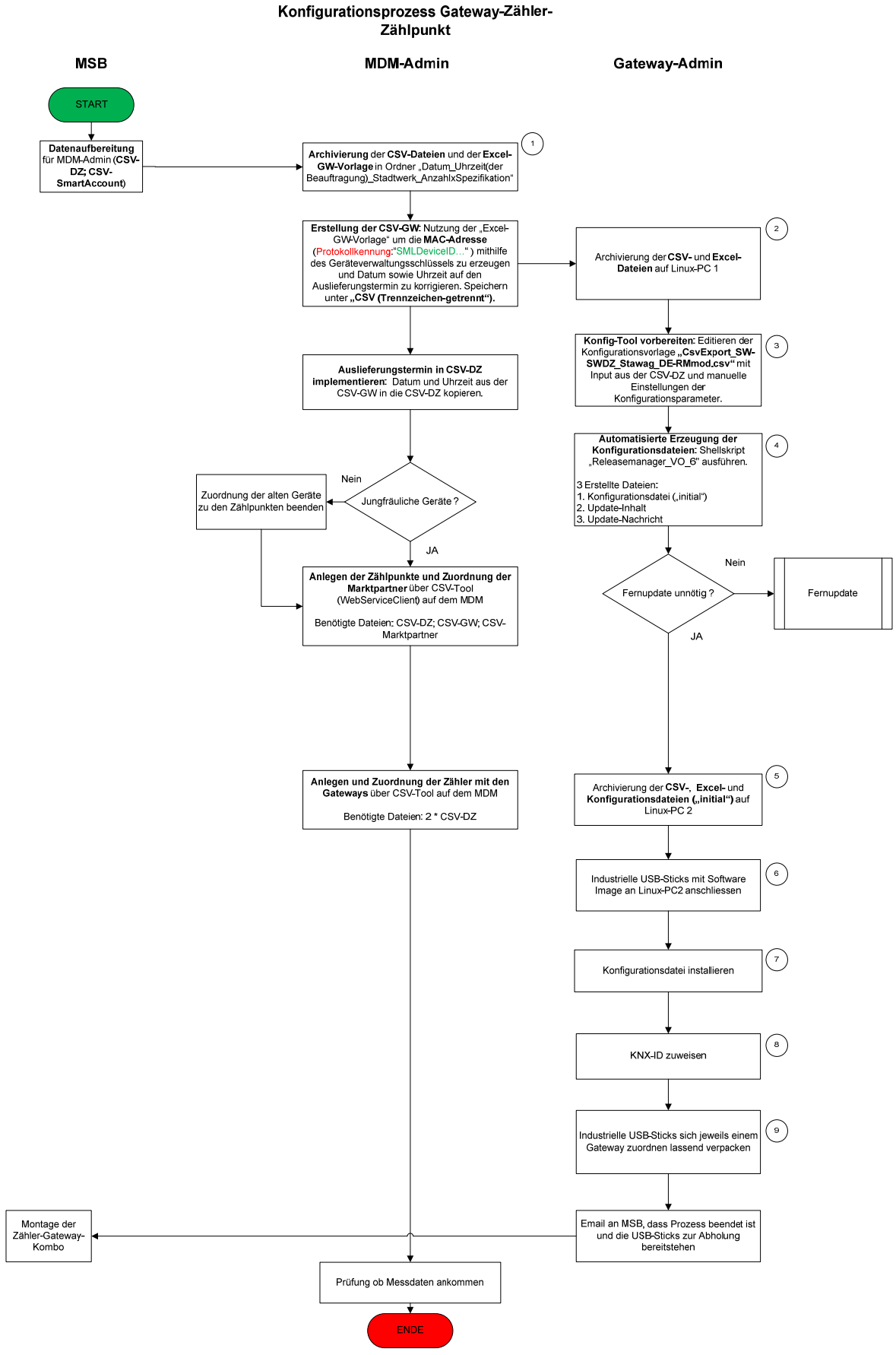



**Bild 111: Konfigurationsprozess Gateway – Zähler – Zählpunkt**

Der Statusreport ist ein Werkzeug zur Analyse der Datenreihen und dient der Überwachung und Auswertung der Zählpunkte in der Datenzentrale. Er stellt die Basis für eine robuste Betriebsmittelüberwachung dar (siehe Bild 112):

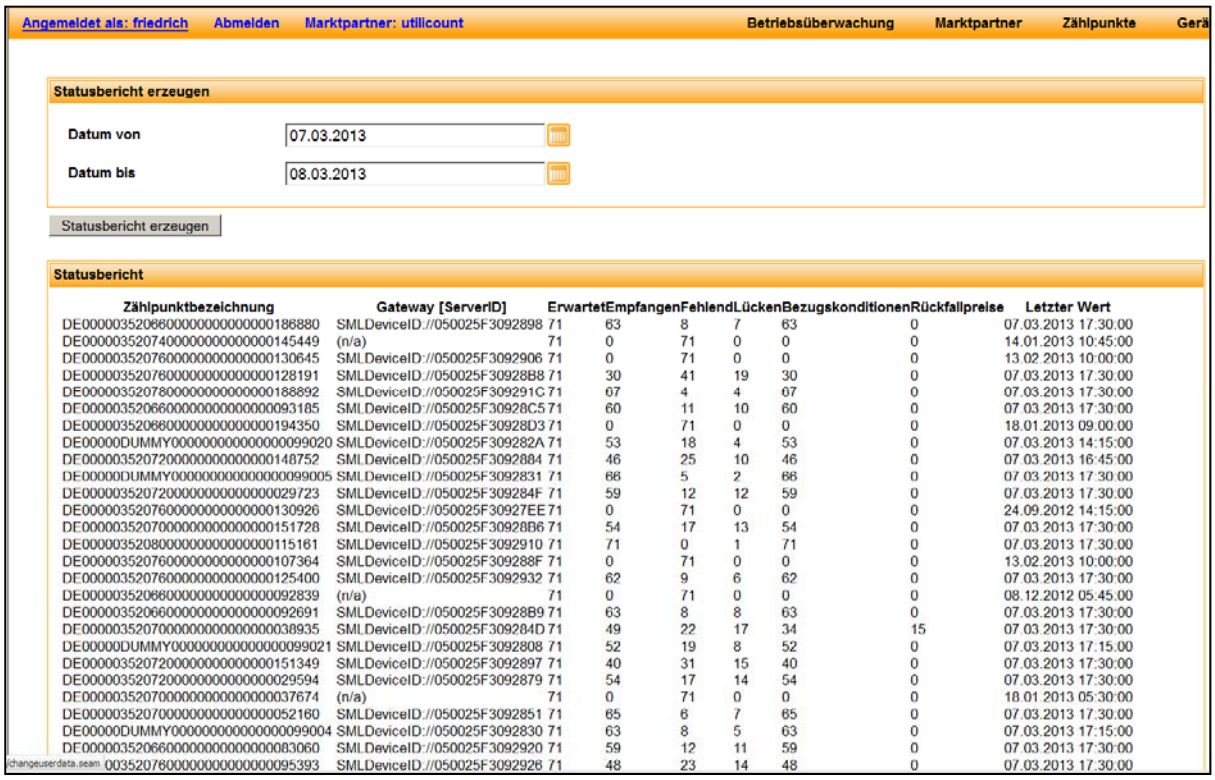



**Bild 112: Screenshot Status-Report SWDZ**

### Etablierung eines übergreifenden Alarmmanagements

Die im Feldversuch in der Modellregion Aachen eingesetzten Systeme für die Erfassung von Messdaten und den Versand von Bezugskonditionen umfassen neben der Smart-Watts-Datenzentrale das Portfoliomanagement der *PSI*, den Loggingserver der *Fa. Kellendonk* sowie die Serverstruktur des IT-Dienstleisters für das Hosting der Datenzentrale. Die Erfahrung aus den ersten Monaten des Betriebs der Komponenten und Systeme im Feldversuch hat gezeigt, dass die Etablierung eines übergreifenden Alarmmanagements notwendig ist, um – unter Berücksichtigung der Komplexität der Systeme und ihrer Vernetzung – ein hohes Maß an Datenqualität sicherzustellen und im Falle auftretender Fehler schnell reagieren zu können.
Als Ziele eines übergreifenden Alarmmanagement wurden entwickelt:

- Reaktion der betroffenen Fachexperten am nächstfolgenden Arbeitstag
- Info an den Letztverbraucher bzw. Feldversuchsteilnehmer möglichst innerhalb von 4 – 6 Stunden am nächstfolgenden Arbeitstag (zunächst ohne Fehleranalyse)

Um diesen Anforderungen Rechnung zu tragen, wurde im Projektteam „Alarmmanagement“ zunächst eine Auflistung der Fehlermöglichkeiten aufgenommen; diese werden gemäß dem Grad ihrer Auswirkungen auf den stabilen Systembetrieb priorisiert und mit eindeutigen

Verantwortlichkeiten gekennzeichnet. Ergebnis ist eine Matrix, aus der hervorgeht, welche Handlungen von wem bei welchem Fehlerbild erforderlich sind.
Zur Kommunikation der auftretenden Alarme wurden diese bei Auftreten in den beteiligten Systemen automatisch in Alarmmeldungen umgesetzt, die als Alarm-E-Mails bei Auftreten der definierten Alarme ausgegeben werden.
Zieladresse aller Fehlermeldungen ist ein zentraler E-Mail-Verteiler: alarm@smartwatts.de, in dem die verantwortlichen Personen oder Personengruppen aller im Alarmmanagement beteiligten Unternehmen aufgenommen sind.
Bei Eingang einer E-Mail-Alarmmeldung erfolgt die Prüfung und die Ableitung von Maßnahmen anhand einer Bewertungsmatrix (siehe Tabelle 11 (siehe S. 223): Prioritätenliste der Smart-Watts-Alarmfunktionen). Die Alarmmeldungen müssen täglich geprüft werden. Zusätzliche Handlungsanweisungen gibt die Tabelle 12 (siehe S. 223): Handlungsanleitung Smart-Watts-Alarmfunktionen wieder. Das Alarmmanagementssystem Smart Watts ist etabliert und funktioniert.

| | Meldung aus dem „IT-Cockpit" | Fehlermeldung im Batchjob „Preissignal senden" | Fehler im Logging-system („Erreichbarkeit der *EEBus*-Bridges") | Performance Alarm SWDZ | Alarmverbindung zur DB in SWDZ | Alarmbereit-stellung BzK für Gateways | Alarmmessdaten-verarbeitung SWDZ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Meldungen aus dem „IT-Cockpit" | *regio-IT* | *regio-IT*<br>*PSI* | *regio-IT*<br>*Kellendonk*<br>(kein zwingender Zusammenhang) | *regio-IT*<br>*SOPTIM* | *regio-IT*<br>*SOPTIM* | *regio-IT*<br>*SOPTIM* | *regio-IT*<br>*SOPTIM* |
| Fehlermeldung im Batchjob „Preissignal senden" | *regio-IT*<br>*PSI* | *PSI* | *regio-IT*<br>*Kellendonk*<br>(kein zwingender Zusammenhang) | *PSI*<br>*SOPTIM* | *PSI*<br>*SOPTIM* | *regio-IT*<br>*PSI* | *PSI*<br>*SOPTIM* |
| Fehler im Logging-system („Erreichbarkeit der *EEBus*-Bridges") | *Kellendonk*<br>*regio-IT*<br>(kein zwingender Zusammenhang) | *Kellendonk*<br>*PSI*<br>(kein zwingender Zusammenhang) | *Kellendonk* | *Kellendonk*<br>*SOPTIM*<br>(kein zwingender Zusammenhang) | *Kellendonk*<br>*SOPTIM*<br>(kein zwingender Zusammenhang) | *Kellendonk*<br>*SOPTIM*<br>(kein zwingender Zusammenhang) | *Kellendonk*<br>*SOPTIM*<br>(kein zwingender Zusammenhang) |
| Performance Alarm SWDZ | *regio-IT*<br>*SOPTIM* | *PSI*<br>*SOPTIM* | *SOPTIM*<br>*Kellendonk*<br>(kein zwingender Zusammenhang) | *SOPTIM* | *SOPTIM* | *SOPTIM* | *SOPTIM* |
| Alarmverbindung zur DB in SWDZ | *regio-IT*<br>*SOPTIM* | *PSI*<br>*SOPTIM* | *SOPTIM*<br>*Kellendonk*<br>(kein zwingender Zusammenhang) | *SOPTIM* | *SOPTIM* | *SOPTIM* | *SOPTIM* |
| Alarmbereit-stellung BzK für Gateways | *regio-IT*<br>*SOPTIM* | *regio-IT*<br>*PSI* | *SOPTIM*<br>*Kellendonk*<br>(kein zwingender Zusammenhang) | *SOPTIM* | *SOPTIM* | *SOPTIM* | *SOPTIM* |
| Alarmmessdaten-verarbeitung SWDZ | *regio-IT*<br>*SOPTIM* | *PSI*<br>*SOPTIM* | *SOPTIM*<br>*Kellendonk*<br>(kein zwingender Zusammenhang) | *SOPTIM* | *SOPTIM* | *SOPTIM* | *SOPTIM* |

**Tabelle 10: Verantwortlichkeiten Smart-Watts-Alarmfunktionen**

| | Meldung aus dem „IT-Cockpit“ | Fehlermeldung im Batchjob „Preissignal senden“ | Fehler im Logging-system („Erreichbarkeit der *EEBus*-Bridges“) | Performance Alarm SWDZ | Alarmverbindung zur DB in SWDZ | Alarmbereit-stellung BzK für Gateways | Alarmmessdaten-verarbeitung SWDZ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Meldungen aus dem „IT-Cockpit“ | hoch | hoch | hoch (kein zwingender Zusammenhang) | hoch | hoch | hoch | hoch |
| Fehlermeldung im Batchjob „Preissignal senden“ | hoch | Ausfall < 2 h niedrig Ausfall > 2 h mittel Ausfall > 6 h hoch (abhängig von der Azsfalldauer BzK) | mittel (kein zwingender Zusammenhang/ abhängig von der Ausfalldauer BzK) | mittel (abhängig vom Perfomance Verlust und der Ausfall-dauer BzK) | mittel | hoch | hoch |
| Fehler im Logging-system („Erreichbarkeit der *EEBus*-Bridges“) | hoch (kein zwingender Zusammenhang) | mittel (kein zwingender Zusammenhang/ abhängig von der Ausfalldauer BzK) | mittel | mittel (kein zwingender Zusammenhang abhängig vom Perfomance Verlust ) | mittel (kein zwingender Zusammenhang) | mittel (kein zwingender Zusammenhang/ abhängig von der Ausfalldauer BzK) | hoch (kein zwingender Zusammenhang) |
| Performance Alarm SWDZ | hoch | mittel (abhängig vom Perfomance Verlust und der Ausfall-dauer BzK) | mittel (kein zwingender Zusammenhang abhängig vom Perfomance Verlust ) | mittel (anhängig vom Performance Verlust) | hoch | hoch | hoch |
| Alarmverbindung zur DB in SWDZ | hoch | mittel | mittel (kein zwingender Zusammenhang) | hoch | hoch | hoch | hoch |
| Alarmbereit-stellung BzK für Gateways | hoch | hoch | mittel (kein zwingender Zusammenhang/ abhängig von der Ausfalldauer BzK) | hoch | hoch | Ausfall < 2 h niedrig Ausfall > 2 h mittel Ausfall > 6 h hoch (abhängig von der Azsfalldauer BzK) | hoch |
| Alarmmessdaten-verarbeitung SWDZ | hoch | hoch | hoch (kein zwingender Zusammenhang) | hoch | hoch | hoch | hoch |

**Tabelle 11: Prioritätenliste der Smart-Watts-Alarmfunktionen**

| Priorität | Aktion Alarmmanagement |
|---|---|
| niedrig | 1) Verantwortliche Ansprechpartner über Alarm informieren<br>2) Systemstatus von allen Ver-antwortlichen anfordern |
| mittel | 1) Verantwortliche Ansprechpartner über Alarm informieren<br>2) Problembehebung einfordern |
| hoch | 1) Verantwortliche Ansprechpartner über Alarm informieren<br>2) Problembehebung einfordern<br>3) aktiv die Problembehebung koordinieren |

**Tabelle 12: Handlungsanleitung Smart-Watts-Alarmfunktionen**

#### 4.4.4.7 **Zuverlässigkeit der Messwertübertragung an die Datenzentrale**

Neben dem Alarmmanagement wurde regelmäßig die Anzahl und Vollständigkeit der übermittelten Zählerwerte in der Datenzentrale durch die *STAWAG* überprüft und dokumentiert (Statusreport). Dies diente vor allem der frühzeitigen Erkennung einzelner Systemausfälle, eröffnete aber auch die Möglichkeit einer langfristigen Dokumentation der Stabilität aller Systeme im Feldversuch.
Unabhängig von der Fehlerursache war die Folge von Komponentenausfällen und defekten meist ein Ausbleiben von neuen Zählerwerten in der Datenzentrale. Häufigste Ursachen waren dabei Langzeiteffekte in den Bridges (Softwareabstürze) oder ausgeschaltete DSL-Router (Urlaub). Insbesondere im ersten Fall konnten die Teilnehmer aktiv durch die *STAWAG* kontaktiert werden, was insgesamt zu positiven Reaktion der Teilnehmer führte, insbesondere wenn der Anruf zu kundenfreundlichen Zeiten, z. B. nach 17 Uhr, erfolgte.
Die nachfolgenden zwei Bilder zeigen die grafische Auswertung des Statusreports:

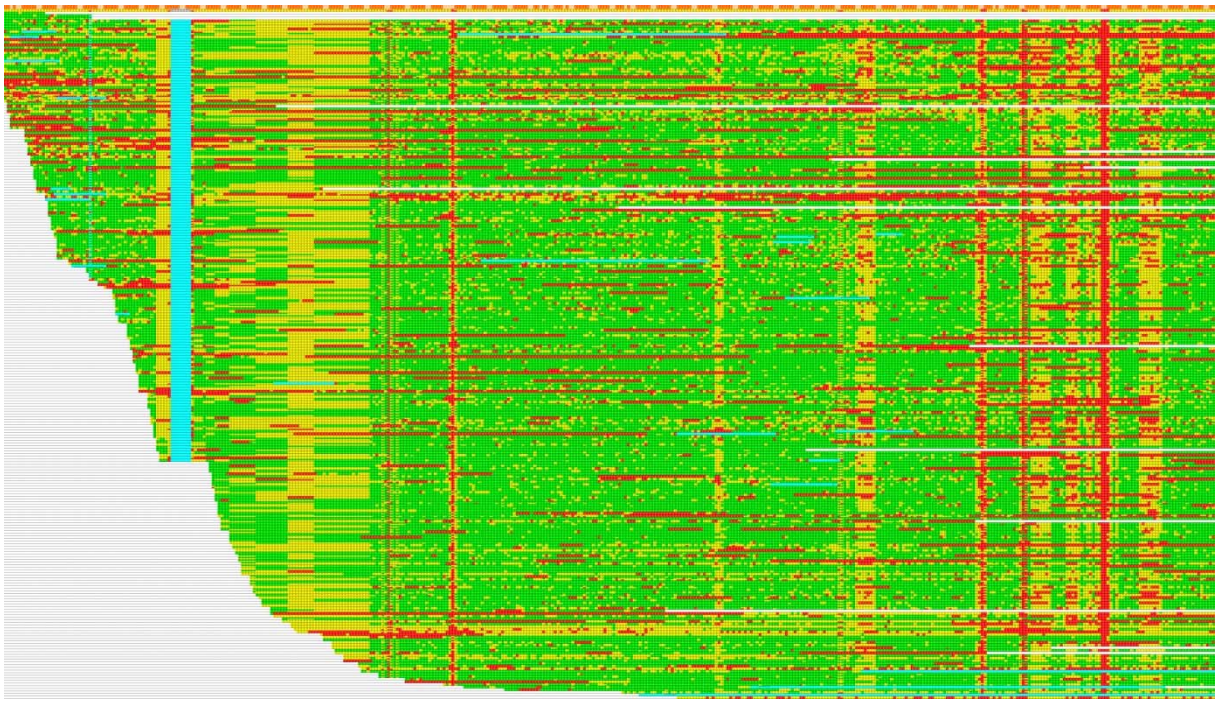


**Bild 113: Zuverlässigkeit der Datenerhebung**

Eine Auflistung der einzelnen Systeme im zeitlichen Verlauf findet sich in Bild 113. Dabei sind über 95 Prozent der erwarteten Werte grün eingefärbt, über 90 Prozent gelb und unter 50 Prozent rot. Sofern die Fehlerursache nicht im Smart-Watts-System lag (z. B. Router während des Urlaubs ausgeschaltet), wurde eine blaue Einfärbung gewählt.

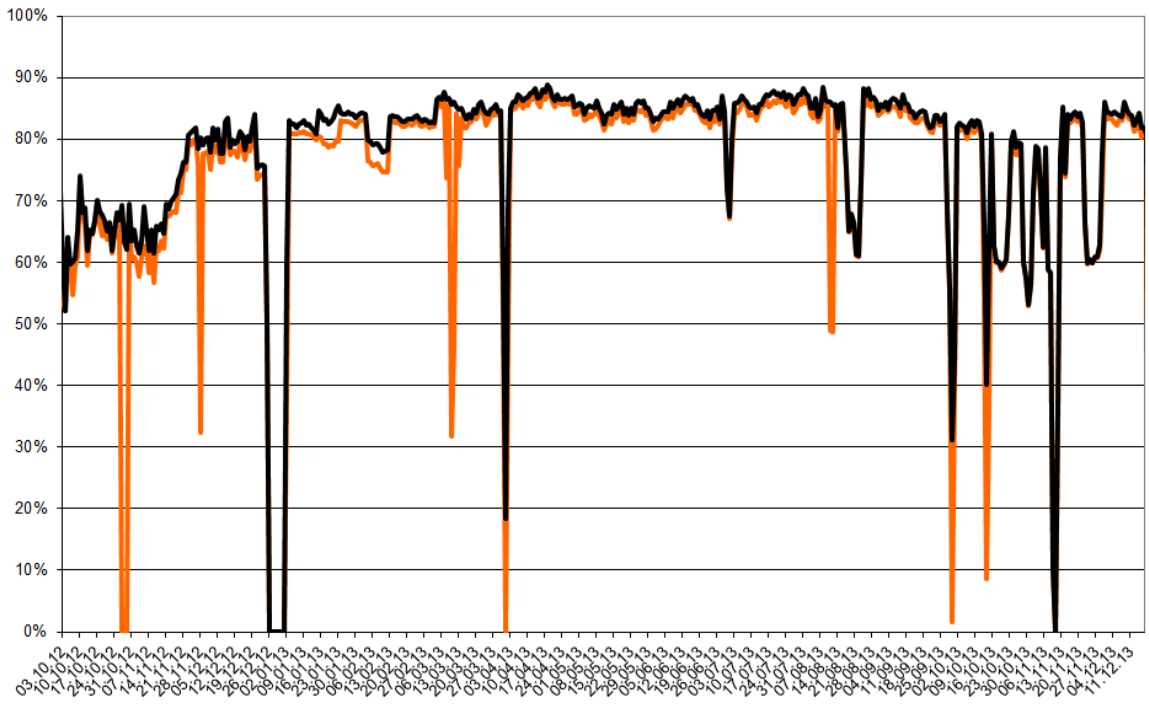



**Bild 114: Durchschnittliche Zuverlässigkeit des Smart-Watts-Systems**

Bild 114 basiert auf den gleichen Werten, stellt diese jedoch im Durchschnitt über alle Einzelsysteme dar. Dabei wird zwischen Zählerwerten unterschieden (schwarze Linie) und gültigen Preiswerten (orange Linie). Eine Differenz zwischen beiden Linien kam insbesondere dann zustande, wenn das vorgelagerte Smart Pricing keine Preisprognose bereitstellen konnte oder diese nicht durch die Datenzentrale für die Teilnehmer bereitgestellt wurde.

Die Bild zeigt deutlich, dass nie alle Systeme gleichzeitig Werte in der Datenzentrale abgelegt haben. Eine lastgangbasierte Abrechnung mit dynamischen Preisen ist unter diesen Voraussetzungen zukünftig nicht zulässig. Allerdings muss ergänzend erwähnt werden, dass die Ursache in der Praxis mitunter unzuverlässigen Powerline-Verbindung in Kombination mit der Softwareimplementierung des Gateways lag – ein technisches Problem, dass in einem Folgeprodukt minimiert oder sogar beseitigt werden kann.

## 4.5 Integration in Haushalte

Die Integration in die Haushalte erwies sich als gut umsetzbar. Die Qualität der DSL-Router bei den Feldtestteilnehmern, die Betriebssicherheit des DSL-Anschlusses von Seiten des Providers und das Nutzerverhalten wiesen eine ungeahnte Bandbreite auf. Dabei handelt es sich um die signifikanten Einflussfaktoren für die Internetverfügbarkeit. Viele Probleme im Betrieb ergaben sich aus den unterschiedlichsten Anforderungen des Systems, mit der Verschiedenheit der vorgefundenen Router dauerstabil zusammen zu arbeiten. Es gibt beispielsweise Systeme, auf denen der AVAHI(Bonjour)-Dienst nicht funktionierte, Systeme, die bei DHCP häufig neue IP-Adressen verteilten und solche, die zudem keine festen IP-Adressen anboten. Hier ist die Anforderungsliste an IP-basierte Systeme, die hinter

unbekannten Kundenroutern hängen sollen, sehr mächtig. Ein Ergebnis des Feldtests ist, hierauf ein besonderes Augenmerk zu legen.
Die Aufteilung des Systems in Smart-Meter-Gateway und Bridge ist dem Umstand geschuldet, dass in der Nähe vieler Zählerplätze kein Internet via LAN o. ä. verfügbar ist. Für einen Feldversuch ist das akzeptabel – eine höhere Integration von Komponenten ist bei weiterführenden Produkten jedoch betrachtenswert.
Das Gehäuse der EEBus-Bridge war für den Einsatz eingeschränkt geeignet. Vorgesehen war, die EEBus-Bridge an die Wand zu schrauben. Eine Wandinstallation, bei der eine Bohrmaschine für Dübellöcher benötigt wird, war deutlich risikoreicher und aufwendiger, als wenn ein einfaches Tischgerät verwendet worden wäre. Um die Bridge als ein Tischgerät betreiben zu können, waren nachträgliche mechanische Stabilisierungen notwendig.

### 4.5.1 Haushaltsgeräte

Zum Betrieb von Altgeräten wurde die intelligente Steckdose entwickelt. Das Konzept ging auf, in der Regel liefen die vorgesehenen Altgeräte.
Zur automatischen Lastverschiebung kommen nur Geräte in Frage, die einen automatischen Zyklus durchlaufen, oder deren Einschaltdauer und -zeitpunkte eher unkritisch sind. Nicht in Frage kommen Geräte, deren automatisches Einschalten Gefahr bedeuten kann (z. B. Heizlüfter, Herdplatte). Identifiziert für Lastverschiebung geeignete Altgeräte gab es drei Sorten: Spülmaschine, Waschmaschine, Wäschetrockner. Voraussetzung für eine Lastverschiebung ist, dass nach Wiederkehr der Stromversorgung die Geräte an gleicher Stelle weiterlaufen wie zuvor, als die Stromversorgung zur Lastverschiebung abgeschaltet wurde. Die meisten Waschmaschinen und Spülmaschinen konnten das (Ausnahmen gab es auch hier), aber recht viele Wäschetrockner befanden sich nach Abschaltung der Versorgungsspannung und deren Wiederkehr nicht mehr im laufenden Programm, sondern wieder vor Programmstart. Diese Geräte waren dann nicht zur Lastverschiebung geeignet und konnten im Smart-Watts-Feldversuch nicht berücksichtigt werden.
Häufig gab es in einem Haushalt weniger als drei lastverschiebbare Geräte. Um den Feldtestteilnehmern einen Gefallen zu tun, wurde dann teilweise eine nicht für Geräte verwendete Steckdose als Messsteckdose dem Teilnehmer überlassen. Wenn diese allerdings nicht am Stromnetz hängt, funktioniert das Funknetz nicht vollständig, und unnötig viele Fehlermeldungen werden in dem System erzeugt, weitergeleitet und gespeichert.
Viele Spülmaschinen waren Einbaugeräte in Einbauküchen. Hier ergibt sich öfters ein Problem, die intelligenten Steckdosen zu platzieren, da die passenden Steckdosen schlecht erreichbar sind. Auch sind die Steckdosen hin und wieder hinter den mit Blech ummantelten Haushaltsgeräten zu finden, sodass die Funkreichweite hierdurch eingeschränkt sein kann. Eine Entwicklung eines Hutschienenmoduls, das in der Unterverteilung („Sicherungskasten“) montiert werden kann, wäre hier zukünftig eine hilfreiche Alternative.

### 4.5.2 Testergebnisse *Vaillant*-Wärmepumpen mit Smart-Grid-Regelung

Der Feldtest mit Wärmepumpen wurde, um realistischer nutzbare Ergebnisse zu erhalten, mit täglich wiederholenden Preiskurven durchgeführt. Eine Wärmepumpe besteht aus zwei nicht unabhängigen Teilsystemen zur Warmwassererzeugung und Raumheizung.

Um Lastverschiebung zu erzeugen, wurde für die Raumheizung bei hohen Strompreisen eine Sperrzeit der Wärmepumpe aktiviert, in der diese keine Wärmeenergie in den Speicher abgeben sollte. Für die Warmwasserversorgung wurde vor der Sperrzeit die Temperatur des Warmwasserspeichers deutlich erhöht, um hier ein Nachheizen in der Sperrzeit zu vermeiden.
Bei der Vielzahl der Randbedingungen (z. B. Gebäudedämmung, Warmwasserverbrauch, Heizart – Fußboden oder Radiatoren) sind die Ergebnisse der einzelnen Feldtestanlagen nicht einfach vergleichbar. Der Test der Smart-Grid-Regelung erstreckte sich über ein komplettes Jahr und umfasste acht Anlagen. Dabei wurden umfangreiche Logdaten erzeugt.

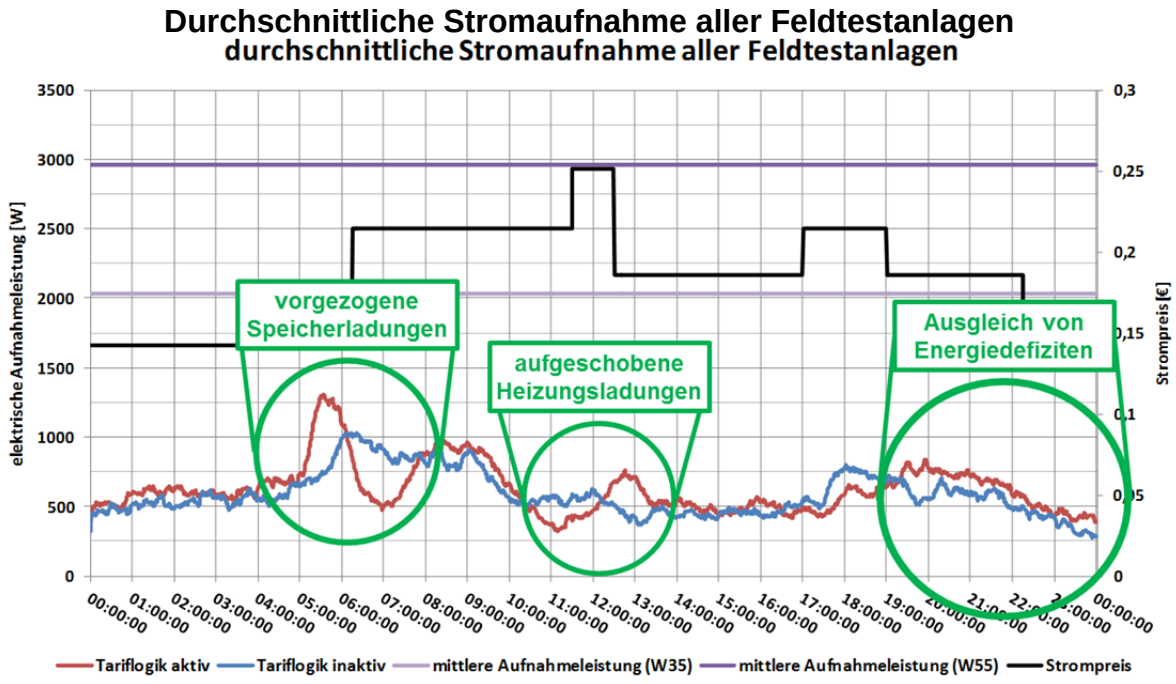



**Bild 115: Auswertung der Lastverschiebung *Vaillant*-Wärmepumpen**

Die Lastverschiebung geschieht einerseits nach vorne – vor die Zeit mit hohen Strompreisen, um für Warmwasserbereitung die notwendige Temperatur bereitzustellen, andererseits, wie bei den Haushaltsgeräten, nach hinten, durch die Sperrzeiten für den Heizbetrieb.
Ein Ergebnis zeigt, dass durch die vorgezogene Warmwasserbereitung die Verluste hierbei ansteigen.

Bei der Warmwasserbereitung müssen bei der Regelung Veränderungen der Leistungszahl (COP) und der Anstieg von Wärmeverlusten durch vorgezogene Speicherladungen mit berücksichtigt werden. Messbare Einbußen an Komfort traten bei der Warmwasserbereitung mit den verwendeten Regelungsalgorithmen nicht auf.

Bei der Betrachtung der Raumheizung ergab sich als Fazit, dass die Leistungsfähigkeit der Wärmepumpe und der Anlagenhydraulik für eine strompreisgeführte Betriebsweise ausgelegt sein müssen, da sich sonst kein Kundennutzen einstellt. Ein negativer Einfluss der Lastverschiebung durch Smart-Grid-Regelung auf den Komfort im Raumheizbetrieb kann

vermieden werden, wenn die Wärmepumpen genügend Leistungsreserven für den strompreisabhängigen Betrieb erhalten. Anlagen mit Pufferspeicher sind nur dann für strompreisabhängigen Betrieb geeignet, wenn die Pufferspeicher ausreichend Volumen haben oder die Regelung der Heizkreise individuell angepasst wird.

Fazit des Feldtests bezüglich der Stromkosten: Mit der verwendeten relativ einfachen Smart-Grid-Regelung lassen sich nur 10 Prozent bis 25 Prozent des möglichen monetären Sparpotenzials erreichen. Viele Kleinigkeiten können zum Umschlagen des Ergebnisses führen, sodass für die Kunden hier sogar Nachteile entstehen könnten. Der Einsatz der Tariflogik darf bei einem Einsatz im Serienbetrieb keine Mehrkosten verursachen, was durch eine deutlich flexiblere Smart-Grid-Regelung sichergestellt werden muss, die umfassend auf die jeweilige individuelle Anlagensituationen eingehen kann.

### 4.5.3 *LG*-Geräte-Set

Diese Geräte hatten zunächst wegen ihrer für deutsche Verhältnisse übergroßen Dimensionen einen Exotenstatus, wozu auch Display- und Tastensymbole der Kühlgefrierschrankkombination beitrugen, die nur koreanisch war. Fehlende Anleitungen (es gab sie nicht einmal auf Englisch) wurden durch die Versuchsfreude der Teilnehmer und durch zusammengetragene Kurzanleitungen kompensiert. Dabei fiel auf, dass bei der Waschmaschine gewohnte Programme (Pflegeleicht- und Feinwäsche) nicht vorhanden waren. Die Geräte waren umständlich zu installieren, hier kam der Prototypencharakter zum Tragen. Im Betrieb verhielten sich die Geräte eher unauffällig, die realisierte Smart-Grid-Funktion war leicht verständlich und funktionierte durchgehend. Die Systemstabilität wurde während des Feldversuchs durch ein Softwareupdate im Homeserver erhöht. Bei der Waschmaschine wurde sehr benutzerfreundlich nur der Zeitraum der kommenden 6 Stunden betrachtet – für die Lastverschiebung dagegen ist das eher ungünstig. Hier wurde durch diese Festlegung dem üblichen Konflikt zwischen Komfort und maximaler Lastverschiebung ein kleineres Feld eingeräumt. Die Lösung für die Kühlgefrierkombination zeigte sich als brauchbar und effizient.

### 4.5.4 *Liebherr*-Gefrierschrank

Feldtestteilnehmer mit Ausstattung Liebherr-Gefrierschrank zeigten sich glücklich, ein wertvolles, großes Gerät dauerhaft überlassen zu bekommen. Hier war die Ausstattung der Feldtestteilnehmer durch die Größe der Geräte aufwendiger als gedacht. Bei der Durchführung liefen nach einem Software-Update der EEBus-Bridge alle Funktionen (Bugfix bei ZigBee Funkunterbrechung). Am Display selbst konnte der Nutzer keine Änderung erkennen, das Verhalten im Smart Grid war daher „geräuschlos“. Vereinzelte Feldtestteilnehmer nahmen die Smart-Grid-Steuerung sehr kritisch unter die Lupe, sodass hier auch Fehlinterpretationen auftraten (z. B. ein Wackelkontakt in einer Dreifach-Steckdose, der die Gefrierschrankstromversorgung unterbrechen ließ, wurde als Fehler in der Steuerung interpretiert). Ein Feedback an den Benutzer in Form einer Visualisierung (Anzeige, Kontrollleuchte oder auf dem iPad) ist im Smart Grid zur Kontrolle der Funktion

des Gefrierschranks hilfreich und erwünscht. Bei kommenden Versuchen sollte dies schon eingeplant werden.

### 4.5.5 *Miele*-Waschmaschine

Die Lösung für die Miele-Waschmaschine zeigt einen zukünftigen Weg für eine flexible Smart-Grid-Integration an. Auf die gleiche Steuerung bauend wie die intelligenten Steckdosen – die Preisschwelle wird vom Benutzer selbst nach Gutdünken festgelegt – kommt hier der Vorteil der Integration in die Gerätesteuerung voll zum Tragen. Der Status der Maschine, z. B. „warte auf günstigen Preis, Fehler, aus, Waschprogramm fertig“, wird im Klartext über das System angezeigt. Automatisches Heraussuchen der günstigsten Preise in der Prognose wäre eine Option für die Zukunft bei Verwendung dynamischer Strompreise als Anreizgröße. Zu Beginn zeigte es sich, dass die Waschmaschine zu viele Statusmeldungen von sich gab. Hier konnte ein Softwareupdate der Bridge helfen. Das Ausrollen dieser Sonderausstattung funktionierte problemlos. Zunächst gab es Schwierigkeiten, Teilnehmer zu bekommen, da nur ein sehr hochpreisiges (etwa 1.600 Euro teures) Gerät für den Feldtest geeignet war. Als der Zuschuss von der *STAWAG* erhöht wurde, konnte der Feldtest ohne ohne weitere Schwierigkeiten durchgeführt werden.

## 4.6 Erkenntnisse für die Absatzprognose und Abrechnung

Der Preis für eine Kilowattstunde wird durch unterschiedliche Preisbestandteile gebildet (siehe Bild 116). Haushalte zahlen statt eines Leistungspreises einen erhöhten Arbeitspreis.

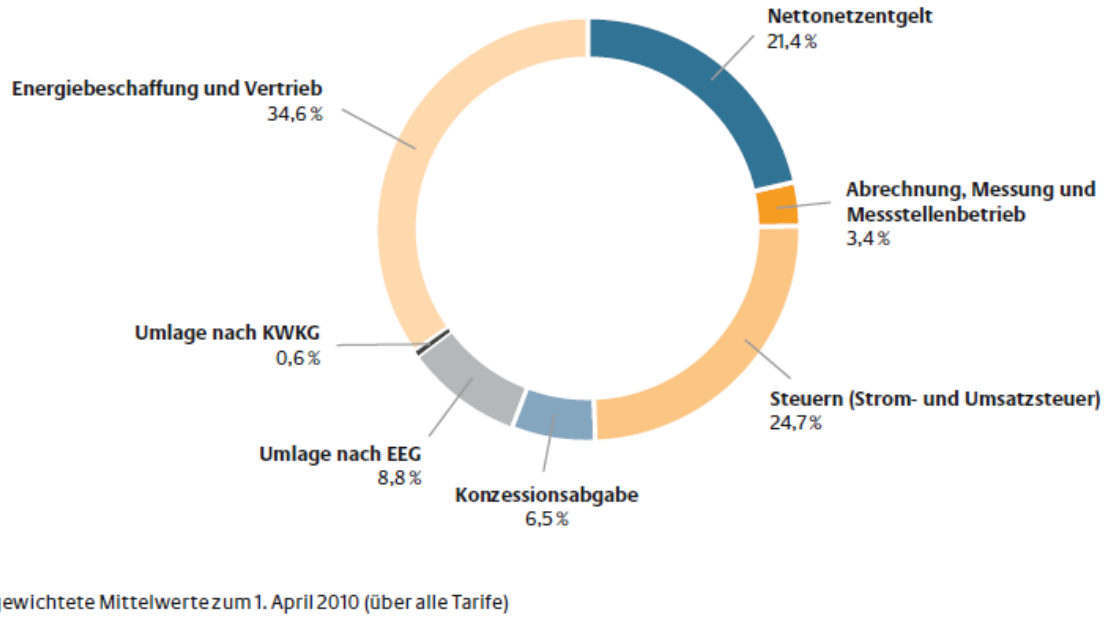



**Bild 116: Zusammensetzung des Preises von Haushaltskunden in Deutschland 2010, Quelle: BNETZA (2010)**

Mit dem Einsatz von Smart Metern wäre es möglich, dynamische Netznutzungsentgelte zu verwenden, um durch angepasstes Verhalten in Zeiten hoher Last den Arbeitspreis zu reduzieren. Dynamische Netznutzungsentgelte sind variable Entgelte, die für die Netznutzung in Abhängigkeit von der Netzauslastung schwanken. Je höher das Netz an der

Kapazitätsgrenze geführt wird, desto höher der Preis für die Nutzung, also den Energietransport.

Durch variable Netznutzungsentgelte kann, ähnlich wie durch dynamische Preise, grundsätzlich bei Engpasssituationen eine Entlastung der Netze erzielt werden. Ein entsprechendes Preissignal an Erzeuger und Händler in den betroffenen Netzzonen würde allerdings nur indirekt und verzögert wirken. Die Änderung der Netznutzungsentgelte könnte von den Händlern zur Bildung der dynamischen Preise der Endverbraucher herangezogen werden.
Da im Smart-Watts-Projekt die Netzproblematik nicht im Fokus stand, wurde dieser Ansatz im Projekt nicht weiter verfolgt. Zur Bildung des dynamischen Tarifs für Haushaltskunden in Smart Watts siehe Kapitel 2.5.2 (siehe S. 26f.).
Die Umsetzung variabler Netznutzungsentgelte ist sehr aufwendig. Bessere Alternativen sind vertraglich vereinbarte Abschaltungen von Verbrauchern oder Leistungsreduktionen, die dann durch individuell verhandelte, günstigere fixe Netznutzungsentgelte eine Gegenleistung erhalten. Beispiele hierfür lassen sich im industriellen Bereich finden.

Für die Abrechnung dynamischer Tarife spielen neben der Vertragsausgestaltung zwischen Energieversorger und Endkunde auch die rechtlichen Rahmenbedingungen eine Rolle. Dazu gehört die Beachtung des Eichrechts, also der Sicherstellung, dass die Messeinrichtungen genaue und zuverlässige Daten liefern. Die Preise müssen den gelieferten Energiemengen entsprechen und die Rechnung muss richtig, transparent und nachvollziehbar sein. Technische Fehler dürfen nicht zu falschen Rechnungen führen.

Im Smart-Watts-Konsortium hat man sich gemeinschaftlich gegen eine scharfe Abrechnung der auf theoretischer Basis erzeugten dynamischen Tarife entschieden, da die prototypischen Systeme im Feldversuch noch nicht den eichrechtlichen Anforderungen und Schutzprofilen entsprechen und die Preisspanne im Feldtest weit oberhalb der zurzeit üblichen Tarifierung endet. Daher wurden im Smart Accounting virtuelle Monatsrechnungen erstellt.
Abschläge und Endabrechnung werden mit dem Einsatz der Smart-Watts-Komponenten überflüssig, da der tatsächliche Verbrauch zeitnah abgerechnet werden kann. Der Energieversorger hat ein geringeres Ausfallrisiko und der Endkunde profitiert von höherer Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Rechnung.

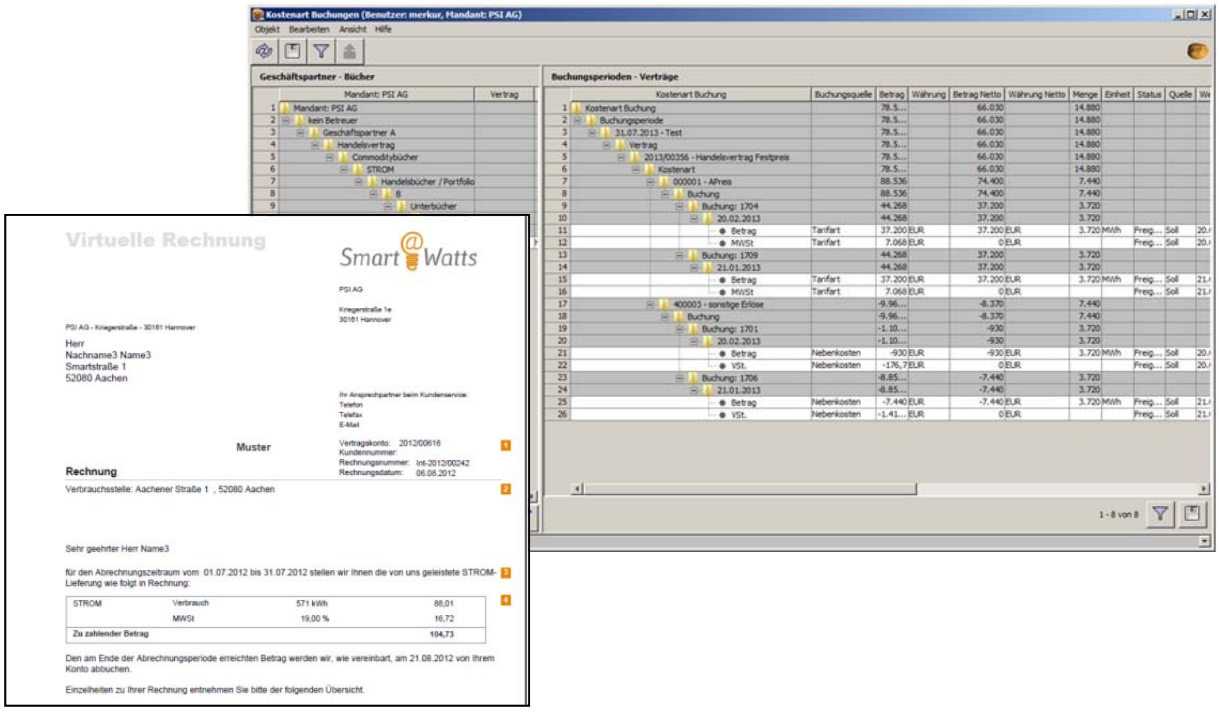



**Bild 117: Flexibilisiertes Abrechnungssystem**

Haushaltskunden werden herkömmlich nach Standardlastprofil (SLP) prognostiziert und über Jahresendablesung und daraus linear abgeleiteten monatlichen Abschlagszahlungen abgerechnet. Für Endkunden wird eine vereinfachte Bilanzierung durchgeführt, Liefermengen und -zeitpunkte weichen in der Regel jedoch von der tatsächlichen Verbrauchssituation der einzelnen Endkunden ab. Mit der Einführung von Smart Metern findet eine Onlinemessung statt, die die Möglichkeit dynamischer Tarifierung und Ist-Abrechnung gibt. Durch die Onlinemessung kann viertelstundengenau die zu diesem Zeitpunkt verbrauchte Energie zu dem in dieser Zeit gültigen Preis abgerechnet werden. Durch vom Lieferanten gesetzte Preisanreize können Endkunden ihren Verbrauch entsprechend zeitlich verschieben – technisch möglich ist dies mit den in Smart Watts neu entwickelten Komponenten. Aber mit den heutigen Rahmenbedingungen sind keine Kostenvorteile durch Lastverschiebung bei Haushaltskunden zu generieren. Energie wird nach den vom Netzbetreiber festgelegten Lieferschemen für diese Kundengruppe beschafft. Die SLP-Kunden, die über Smart Meter verfügen, als RLM-Kunden anzumelden, lohnt sich aus Kostengründen für den Energieversorger nicht. Die Vorteile, die durch verbesserte Absatzprognosen und Kenntnis des preissensitiven Verhaltens über Lastverschiebung erreicht werden können, heben die Kostennachteile nicht auf. Für einen intelligenten Ausgleich zwischen Erzeugung und Verbrauch, bei dem Beschaffungsrisiken, aber vor allem auch -chancen im Haushaltskundenbereich weitergegeben werden, sind neben der Transparenz des Verbrauchs und des Energiepreises über Smart Meter die Rahmenbedingungen für die Bilanzierung anzupassen. Festzuhalten bleibt jedoch, dass aufgrund der Viertelstundenmessung große Datenvolumina anfallen und Ersatzwerte sich negativ auf die Prognosegüte auswirken. Statt Einzelkunden zu prognostizieren, würde es

sich empfehlen, hierfür (Tarif-)Gruppen zu bilden; so wurden ja auch bereits in Smart Watts Gruppen eingeführt und ihr jeweiliges Gruppenverbrauchsverhalten analysiert.

Für einen umfangreichen Smart-Meter-Roll-out sind auch in Bezug auf die Abrechenbarkeit der erhobenen Werte noch einige Fragestellungen zu klären, darunter die Einbindung variabler Tarife (Messung Zählerstände), die Herstellung von Transparenz, Mindestanforderungen an Messsysteme (Datenschutz, Datensicherheit, Interoperabilität) sowie die Ausgestaltung des Rahmens für die beteiligten Marktrollen (z. B. Haftungsfragen).

## 4.7 Wirkungsforschungsanalyse der Teilnehmerbefragung

Im Rahmen des Aachener Feldversuchs wurden zwei Teilnehmerbefragungen durchgeführt. Die Eingangsbefragung zu Beginn der Testphase erfasste die Erwartungen, die Energie- und Umweltkenntnisse sowie die soziodemographischen Merkmale der Feldversuchsteilnehmer. Durch die Abschlussbefragung zum Ende des Versuchszeitraums wurden die im Laufe des Feldversuchs gewonnenen Erfahrungen mit den eingangs geäußerten Erfahrungen abgeglichen und die eingesetzten Systemkomponenten in den Versuchshaushalten bewertet.

### 4.7.1 Zusammensetzung der Feldversuchsstichprobe

Die Stichprobe der Versuchsteilnehmer zeichnete sich durch großes Wissen und hohe Involviertheit in Energie- und Umweltthemen aus (siehe Bild 118).

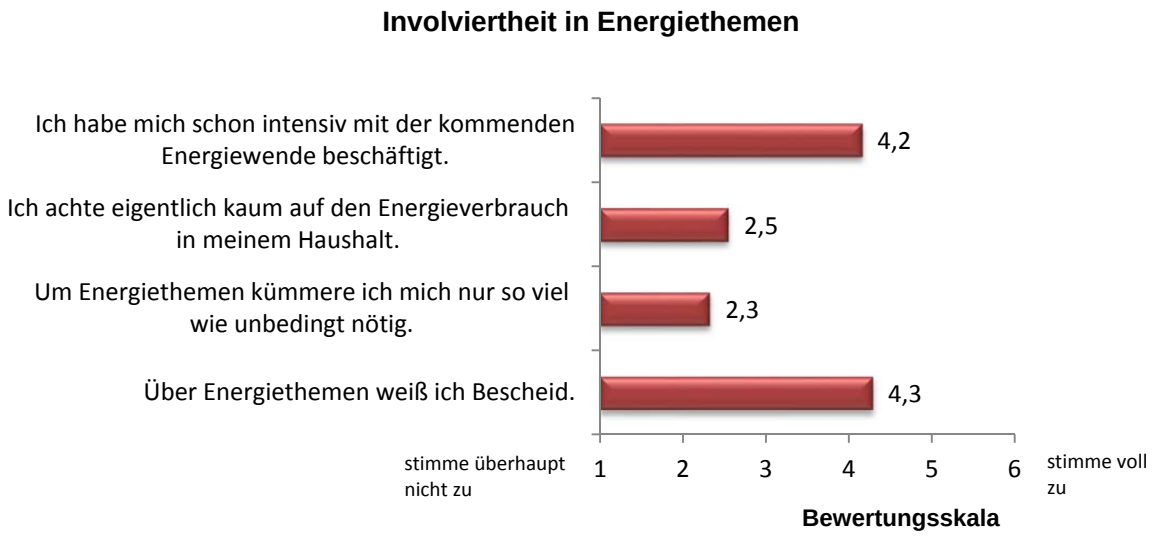



**Bild 118: Involviertheit der Befragungsteilnehmer(n=150)**

Die Altersstruktur der Versuchsgruppen zeigte eine überdurchschnittliche Repräsentation der 25- bis 45- und 45- bis 65-Jährigen, wohingegen die über 65-Jährigen in Relation unterdurchschnittlich vertreten waren, was mit dem größeren Interesse der jüngeren Zielgruppen an innovativen Technologien und speziell der stärkeren Nutzung von IuK-

Technologien zusammenhängen kann und der Samplestruktur vergleichbarer Erhebungen entspricht (DÜTSCHKE 2012). Bei den untersuchten Haushalten der ausgewerteten Stichprobe waren hauptsächlich Mehrpersonenhaushalte vertreten. Bei den Erwartungen der Feldtestteilnehmer dominierten die Themen der Verbrauchstransparenz, der Verbrauchskontrolle und der Einsparung von Kosten.

### 4.7.2 Erwartungen und Erfahrungen der Teilnehmer

Die Ergebnisse der Abschlussbefragung zeigen, dass die in der Eingangsbefragung geäußerten Erwartungen überwiegend erfüllt wurden (siehe Tabelle 9, S. 194). Vor Beginn des Feldtests wurden die Teilnehmer danach befragt, inwieweit mögliche Erwartungen an das Projekt auf sie zutreffen. In der Abschlussbefragung konnten sie anhand derselben Antwortkategorien ihre allgemeinen Erfahrungen im Projekt beurteilen.
Die Antworten aus der Eingangsbefragung bestätigten ebenfalls im Bereich der Einstellungen zu erkennenden Motivationen. Im Vordergrund steht das Thema Transparenz des Energieverbrauchs im Allgemeinen und darüber hinaus die Zuverfügungstellung von Informationen über den Energieverbrauch einzelner Geräte. Wichtige Erwartungen sind daneben die Einsparung von Kosten und das Ausprobieren einer spannenden Technologie. Im Bereich allgemein gesellschaftlich relevanter Zielsetzungen sind die Erwartungen offenbar umso größer, je konkreter und fassbarer der Zusammenhang mit den Projektinhalten ist. Breite Zustimmung findet die Erwartung, zu mehr Energieeffizienz beizutragen, gefolgt von der Unterstützung erneuerbarer Energien und der Klimaschutz als Motivationsursprung.

Die Angaben der Teilnehmer zu den im Feldtest gemachten Erfahrungen zeigen, dass die Erwartungen im Hinblick auf höhere Transparenz erfüllt worden sind. Die Mehrzahl der Teilnehmer hat nach der Umfrage einen besseren Überblick über den eigenen Energieverbrauch erhalten und konnte aufgrund der besseren Kontrolle Energiekosten einsparen. Die eingesetzte Technologie wurde während des Feldtests als spannend erlebt. Geringer fällt die Zustimmung hinsichtlich eines Beitrags zum generellen Klimaschutz aus.

### 4.7.3 Bewertung des Smart-Watts-Systems

Einen besonders interessanten Aspekt der Befragung stellt die Gesamtbewertung der im Feldtest eingesetzten Produkte dar, wobei sich nahezu 50 Prozent der Teilnehmer auf einer vorgegebenen Bewertungsskala von 1 (sehr zufrieden) bis 6 (sehr unzufrieden) im oberen Drittel und über 85 Prozent in der oberen Hälfte verorteten (siehe Bild 119, S. 234). Der Mittelwert für die Gesamtzufriedenheit liegt für ein prototypisches Produkt bei hohen 2,6.

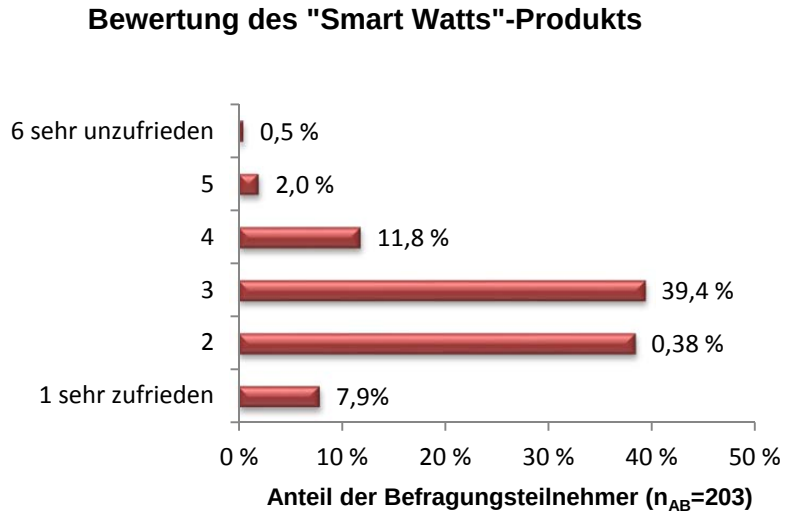



**Bild 119: Verteilung Gesamtzufriedenheit**

Sehr positiv aus Projektsicht fällt auch der Vergleich zwischen dem im Feldtest eingesetzten dynamischen Stromtarif und einem Standard-Stromprodukt durch die Befragten aus: Über drei Viertel würden das „Smart Watts“-Produktbündel bevorzugen (siehe Bild 120).

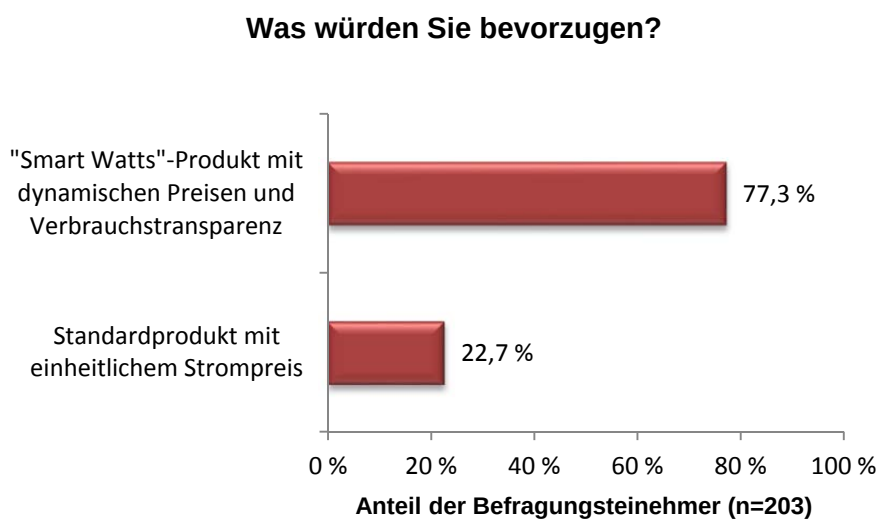



**Bild 120: Präferenz „Smart Watts“-Produkt vs. Standardprodukt**

### 4.7.4 Bereitschaft zur Verbrauchsanpassung

Gemäß ihren Angaben in der Abschlussbefragung haben die meisten Feldtestkunden ihren Stromverbrauch zumindest teilweise an der Preisprognose des Smart-Watts-Tarifs ausgerichtet. Etwa zwei Drittel der Befragten ordnen sich bei der entsprechenden Frage im oberen Bereich ein, wobei allerdings nur knapp 5 Prozent angeben, sich während des Feldtests voll und ganz nach dem dynamischen Tarif gerichtet zu haben (siehe Bild 121, S. 235).

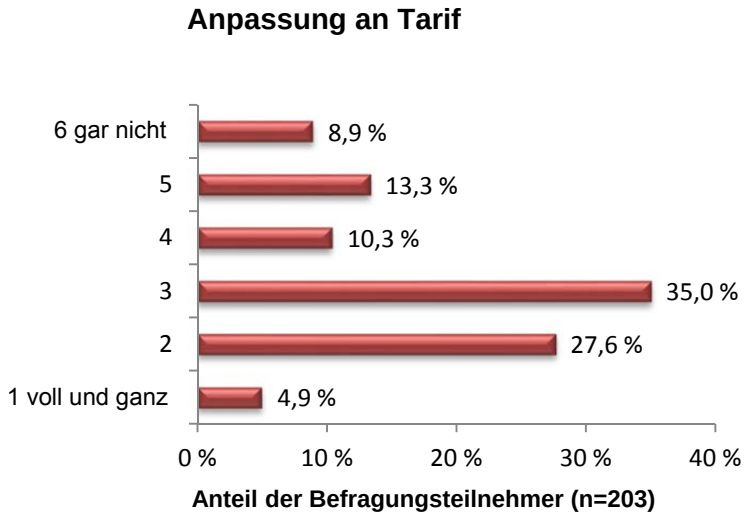



**Bild 121: Tarifkonformes Verhalten**

Dass sich demnach etwa ein Drittel der Feldtestkunden bei der Stromnutzung weniger stark nach der Preisprognose gerichtet hat, lässt sich gemäß den Befragungsergebnissen zum Großteil auf äußere Einschränkungen zurückführen. So geben 30,5 Prozent bei der Abschlussbefragung an, dass solche Einschränkungen sie an einer Anpassung an die wechselnden Preise gehindert haben. Mit Abstand am häufigsten nennen die Teilnehmer die mögliche Lärmbelästigung als Hindernis, die Haushaltsgeräte zu preisgünstigen Zeiten laufen zu lassen. In Einfamilienhäusern fühlen sich die Kunden selbst durch den Lärm gestört, in Mehrfamilienhäusern kommen mögliche Beschwerden von Nachbarn und Vermietern hinzu.

Bei einigen Teilnehmern steht eine Anpassung an den dynamischen Tarif im Widerspruch zu wichtigeren Anforderungen des Alltags. Teilweise wird die Flexibilität durch die große Menge an schmutzigem Geschirr oder schmutziger Wäsche eingeschränkt, was sich insbesondere in Haushalten mit Kindern erschwerend auf die Verlagerung von Lasten auswirkte. Die betroffenen Teilnehmer gaben jedoch u. a. auch an, dass die Analyse und Statistik der Verbrauchsdaten bereits sehr wertvoll sei und sie bei gegebener Flexibilität gerne auf das hilfreiche Smart-Watts-System im vollen Umfang zugreifen würden.

### 4.7.5 Bewertung möglicher Komforteinbußen

Ein sehr ähnliches Verhältnis von etwa zwei Dritteln zu einem Drittel zeigt sich auch bei der Frage, ob der Smart-Watts-Tarif bei den Feldtestteilnehmern zu Komforteinbußen geführt hat: 68,5 % der Befragten ordnen sich in der Abschlussbefragung in der unteren Hälfte der entsprechenden 6er-Skala ein (siehe Bild 122, S. 236).

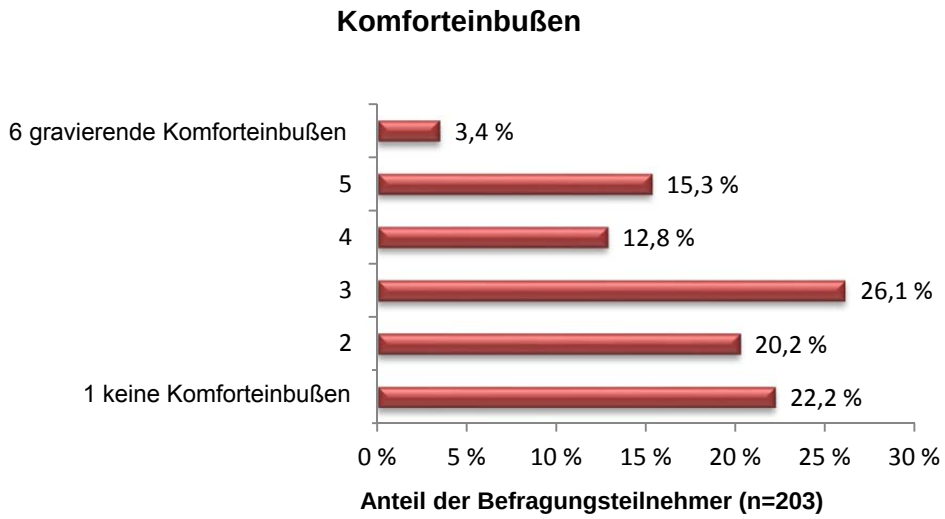



**Bild 122: Komforteinbußen durch den Smart-Watts-Tarif**

Die von den Teilnehmern formulierten Komforteinbußen können wie folgt zusammengefasst werden:

Die notwendige Umstellung der eigenen Gewohnheiten wird am häufigsten als Komforteinbuße genannt. Zentral dabei war das Gefühl, Geräte nicht mehr spontan oder nach Bedarf nutzen zu können sowie gewohnte Pläne und Rhythmen umstellen und länger auf Wasch- oder Trocknerprogramme warten zu müssen. Ein ähnlich häufig genannter Punkt ist, dass die Wäsche bei Berücksichtigung günstiger Preise nicht immer im Anschluss an den Waschgang aufgehangen oder getrocknet werden konnte. Neben der möglichen Lärmbelästigung bei Betrieb zu Nachtzeiten wurden auch wiederum die Aversion gegenüber dem Betrieb von Geräten ohne Anwesenheit der Teilnehmer genannt. Einige Teilnehmer haben allgemein oder gelegentlich die Preise ignoriert, um keine oder nur geringfügige Komforteinbüßen zu erleben.

### 4.7.6 Aussagen zum Smart-Watts-Tarif

Die von manchen Feldtestkunden erlebten Komforteinbußen wirken sich auch auf das Gesamturteil über den Smart-Watts-Tarif aus, sodass die Aussage „passt gut in meinen Alltag“ eine geringere Ausprägung als die anderen Optionen aufwies. Besonders gut fällt dagegen die Bewertung der Verständlichkeit aus, was angesichts des anspruchsvollen dynamischen Tarifs ohne feste Preisgrenzen bemerkenswert ist. Die Zustimmung zu den übrigen Aussagen bewegt sich in einem relativ schmalen Korridor, ist aber insgesamt eher hoch (siehe Bild 123, S. 237).

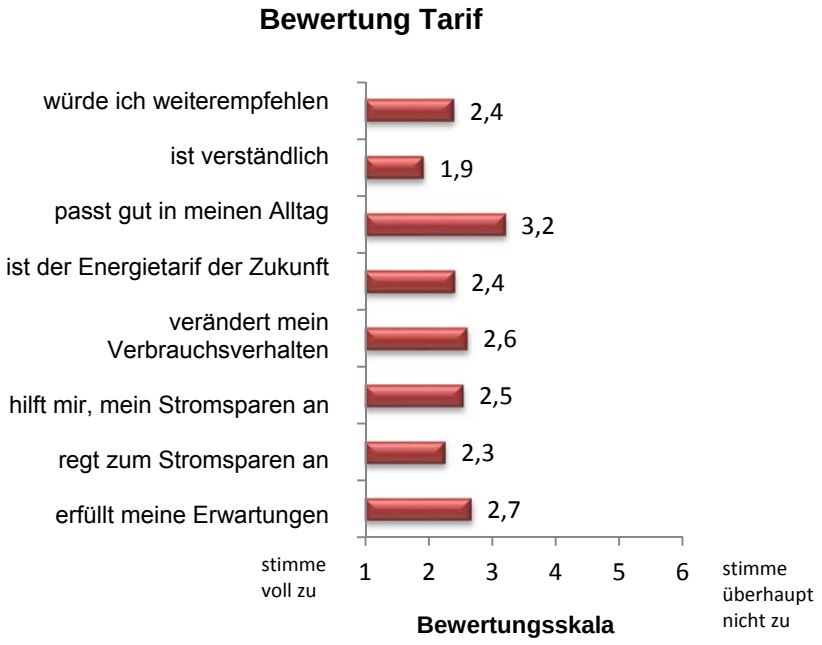



**Bild 123: Gesamtbewertung Smart-Watts-Tarif**

Die von den Teilnehmern geäußerten Verbesserungsvorschläge zum Smart-Watts-Tarif waren:

Eine, wenn möglich, andere Verteilung der Niedrigpreiszeiten, um sich der individuellen Situation besser anzupassen, und eine weitergefasste Preisspreizung, um mögliche Ersparnisse maximieren zu können, wurden hierbei am häufigsten aufgeführt. Ein weiteres wiederkehrendes Element ist der Wunsch nach längerfristigen Preisprognosen bis 48 Stunden und eventuell eine Tendenzprognose. Zu wenigen Vorschlägen wird für eine besser nachvollziehbare Preisbildung optieren, z. B. durch eine tägliche Erläuterung im Meldungsfenster: „Warum kostet der Strom denn jetzt 33 Cent, wenn doch die Sonne scheint und es wolkenlos ist?“.

Manche Vorschläge zielen auf eine Begrenzung des finanziellen Risikos ab mit möglichen Preisobergrenzen, garantierten Durchschnittspreisen und Warnhinweisen bei starken Preisänderungen. In diesem Rahmen wurden dann auch Tarife ohne dynamischen Preis, ähnlich den klassischen HT/NT-Tarifen oder Festpreistarifen mit Bonuszahlungen für Verbrauchsverlagerung bzw. feste tageszeitabhängige Staffelung, genannt. Die Antworten zu den vorgestellten Tarifoptionen ergeben kein klares Bild von den Vorlieben der Befragungsteilnehmer (siehe Bild 124, S. 238). Am attraktivsten gilt ihnen ein Tarif mit unterschiedlichen, aber von vornherein festgelegten Preisen für bestimmte Tageszeiten, der auch am häufigsten als Teil des individuellen Produktpakets ausgewählt wurde (siehe Bild 125, S. 238).

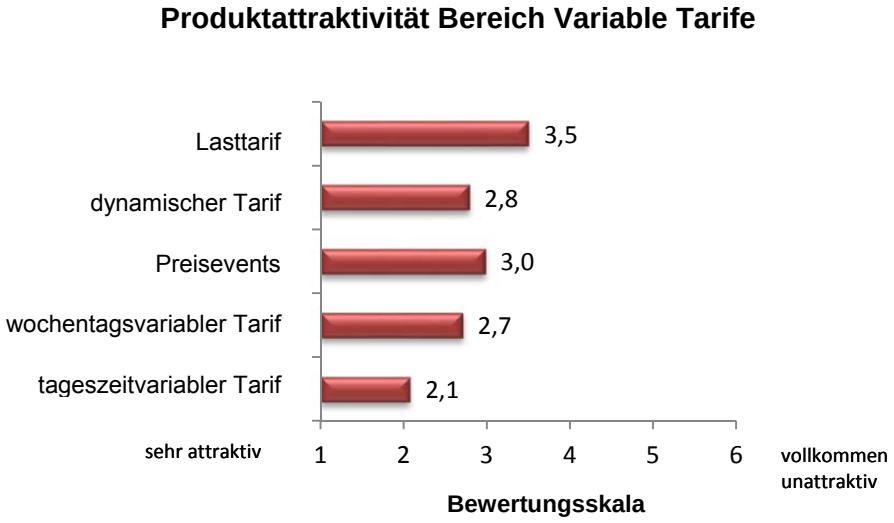



**Bild 124: Bewertung Attraktivität variable Tarife (n=171)**

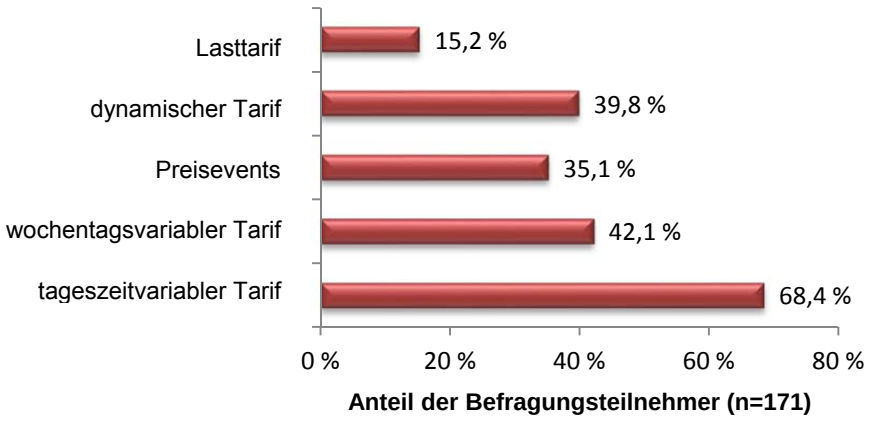



**Bild 125: Auswahl für Produktpaket Variable Tarife**

Für andere Teilnehmer sind jedoch z. B. der an das französische Tarifmodell „Tempo“ angelehnte „wochentagsvariable“ Tarif und der im Feldtest eingesetzte dynamische Tarif als attraktiv zu bewerten, für die sich etwas weniger als die Hälfte des Teilnehmerfeldes aussprechen. Etwas dahinter folgen Preisevents (z. B. 1 Cent/kWh am 1. Mai). Die mit einigem Abstand schlechteste Bewertung erhält der „Lasttarif“, der eine externe Steuerung bestimmter, über Speicherkapazitäten verfügender Anwendungen des Kunden durch den Stromversorger vorsieht. Dieses Ergebnis lässt sich als Ausdruck einer gewissen Risikoaversion der Befragungsteilnehmer interpretieren. Sie finden den wenig flexiblen und damit auch eher risikoarmen tageszeitvariablen Tarif im Vergleich attraktiver als den dynamischen Tarif, den sie selbst ausprobieren konnten und durchaus positiv bewertet haben. Andererseits scheint den Teilnehmern ihre Autonomie bei der Stromnutzung noch wichtiger zu sein als die Vermeidung des Kostenrisikos, was sich am schwachen Ergebnis für den am wenigsten riskanten „Lasttarif“ zeigt. Eine externe Steuerung speicherfähiger

Anwendungen zur Optimierung der Verbrauchszeiten scheint gegenwärtig auch bei den überdurchschnittlich aufgeschlossenen „Smart Watts“-Kunden schwer vermittelbar zu sein.
Insgesamt zeigt sich, dass die Versuchsteilnehmer die Kostenvorteile des dynamischen Preismodells bevorzugen, dessen Preisspreizung sogar noch höher ausfallen könnte, um die eigene Kostenersparnis zu erhöhen, jedoch auf der anderen Seite keine Einschränkungen des Komforts eingehen noch sich am Risikos möglicher höherer Kosten bei mangelnder Verbrauchsflexibilität eingehen zu wollen. Außerdem lassen die teils konträren Antworten in Bezug auf die Tarife in Korrelation mit den vorherigen Angaben darauf schließen, dass die Vielzahl individueller Ausgangssituationen sich auch in einem breiter gefächerten Tarifangebot wiederspiegeln sollte, da der dynamische Tarif nicht in vollem Maße allen Anspruchsgruppen gerecht zu werden scheint.

### 4.7.7 Bewertung der Smart-Watts-iPad-App

Das Gesamturteil zur Smart-Watts-App fällt sehr positiv aus, wobei die Usability der App in den Dimensionen Verständlichkeit, Übersichtlichkeit und intuitive Bedienung besonders hervorgehoben wird (siehe Bild 126). Auch der Nutzen im Zusammenhang mit den dynamischen Preisen und dem Festlegen von Preisschwellen für die intelligenten Steckdosen und Haushaltsgeräte ist aus Sicht vieler Teilnehmer hoch. Etwas weniger gut ist die Bewertung hinsichtlich der Möglichkeit, mithilfe der App Stromkosten einzusparen. Daraus, dass es sich hierbei zugleich um das stärkste Kundenmotiv handelt, erklärt sich die etwas unter den sonstigen Werten liegende Zustimmung zur Aussage, die App erfülle insgesamt die Erwartungen.

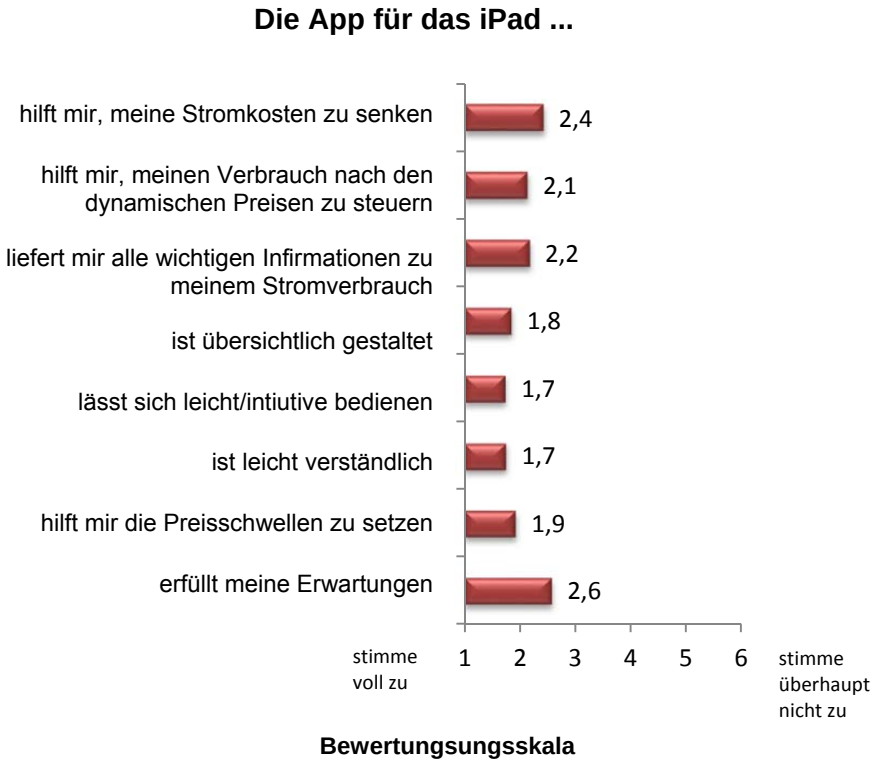



**Bild 126: Gesamtbewertung Smart-Watts-App (n=203)**

Viele Verbesserungsvorschläge beziehen sich auf die Steuerung der intelligenten Steckdosen, wobei u. a. die Möglichkeit aufgeführt wird, eine Uhrzeit zu bestimmen, bis wann ein Gerätezyklus abgeschlossen sein muss. Weitere Punkte sind die Möglichkeit mehr als drei Geräte anschließen und individuelle Sperrzeiten und -bedingungen setzen zu können. Weitere Nennungen betreffen den möglichen Vergleich mit historischen Daten und auch mit anderen Haushalten.

## 4.8 Lastverschiebung gemäß Loggingdaten der intelligenten Steckdosen

### 4.8.1 Datenbasis

Während des Feldtests hatten 206 Teilnehmer die Möglichkeit, die Nutzung ihrer Anwendungen mittels intelligenter Steckdosen an die dynamischen Preissignale anzupassen. Für jede Steckdose konnten sie eine Preisschwelle bestimmen (und jederzeit ändern), bei deren Unterschreiten der Betrieb des angeschlossenen Geräts zulässig sein sollte. Lag der aktuelle Preis dagegen über der vorgegebenen Schwelle, unterbrachen die Steckdosen die Stromversorgung des Geräts bis zur Erfüllung der Preisbedingung.
Auf diese Weise ermöglichten die Steckdosen eine automatisierte Verbrauchsverlagerung gemäß den individuellen Zahlungsbereitschaften der Teilnehmer. Mittels einer so genannten Komfortaste hatten die Feldtestkunden außerdem jederzeit die Möglichkeit, den Betrieb des angeschlossenen Geräts unabhängig von Preisschwelle und aktuellem Preis zu erzwingen.
Während des Feldtests wurden Änderungen der folgenden Zustände geloggt:

- empfangenes gültiges Preissignal
- Status der Stromversorgung
- eingestellte Preisschwelle

Jedem Haushalt standen während des Feldtests 1 – 3 Steckdosen zur Verfügung. Nach Prüfung der Datenqualität konnten insgesamt 417 Steckdosen bei der Ermittlung der Kennzahlen berücksichtigt werden.

### 4.8.2 Ereignisdefinitionen

Nutzung und Effekt der Steckdosen im Zusammenwirken mit dem Preissignal werden anhand drei verschiedener Ereignistypen ausgewertet, die in Tabelle 13 definiert sind. Es werden nur solche Ereignisse in die Berechnung einbezogen, bei denen

- die Sequenzbedingung erfüllt
- und die jeweilige Maximaldauer nicht überschritten ist.

Die Sequenzbedingung ist eine bestimmte Abfolge von geloggten Statusübergängen, anhand derer ein Ereignis in der Datenreihe identifiziert werden kann. Bei Lücken in den Datenreihen, zu denen es aufgrund von Unterbrechungen der Funkverbindungen gekommen ist, können die notwendigen Abfolgen jedoch auch zufällig auftreten. Weil in solchen Fällen die Dauer des ausgelösten Ereignisses zu hoch angesetzt würde, ist zusätzlich auf der Basis von Plausibilitätsüberlegungen eine Maximaldauer für die Ereignistypen zu definieren.

| Ereignistyp | Sequenzbedingung | max. Dauer (h) |
|---|---|---|
| Verlagerung<br>(kein Betrieb da Preis > Preisschwelle) | standby → delay runcycle<br>delay runcycle → standby | 24 |
| verlagerter Betrieb<br>(Betrieb nach Verlagerungsereignis) | delay runcycle → standby<br>standby → runcycle on<br>runcycle on → standby | 4,5 |
| Komfortbetrieb<br>(Betrieb trotz Preis > Preisschwelle) | standby → delay runcycle<br>delay runcycle → runcycle on<br>runcycle on → standby | 4,5 |

**Tabelle 13: Definition Ereignistypen**

### 4.8.3 Auswertungsergebnisse

Tabelle 14 zeigt die zu den Ereignistypen ermittelten Kennzahlen im Überblick sowohl für die gesamte Wirkungsphase von Juni bis August als auch für die einzelnen Monate.
Demnach fallen auf jede ausgewertete Steckdose in den drei Monaten der Wirkungsphase gut 7 Verlagerungsereignisse. Eine solche Frequenz hätte keinen übermäßigen Einfluss auf die alltäglichen Routinen und Prozesse der Haushalte. Allerdings ist diese Beobachtung dahingehend einzuschränken, dass aufgrund nicht geloggter Statusübergänge die auswertbare Anzahl der Verlagerungen unter der tatsächlichen liegt.

Das Verhältnis zwischen Verlagerungen und verlagerten Betriebszyklen liegt recht stabil bei rund 85 %. Die Feldtestkunden haben also bei Preisen oberhalb ihrer Schwelle eher selten ganz auf den Betrieb verzichtet, sondern entweder abgewartet oder die Komforttaste betätigt. Auffällig ist, dass noch im ersten Monat der Wirkungsphase die Zahl der Komfortbetriebe die der verlagerten Betriebe übersteigt, sich dieses Verhältnis ab Juli aber umkehrt. Dies könnte auf eine Gewöhnung der Teilnehmer an die Systeme und Preise hindeuten und/oder eine Auswirkung der Anfang Juli eingeführten Anreizvergütung sein.

Die durchschnittliche Dauer einer Verlagerung liegt bei knapp vier Stunden, was einerseits mit der Häufigkeit der Preisänderungen zusammenhängt, andererseits ein Indikator für die Flexibilität der Haushaltskunden sein könnte, sofern diese überhaupt besteht und nicht dringende alltägliche Anforderungen zum Komfortbetrieb oder zum Einstellen von Preisschwellen oberhalb des Schwankungsbereichs zwingen.

Die ermittelten Preiskennzahlen ergeben ein plausibles Bild. Der mittlere Strompreis während der Verlagerungsereignisse liegt bei gut 30 Cent und beträgt damit etwas mehr als das Eineinhalbfache des Durchschnittspreises während des verlagerten Betriebs. Die

intelligenten Steckdosen haben die erwünschte Wirkung erzielt und die Teilnehmer bei der Anpassung an das Preissignal unterstützt. Der Durchschnittspreis während des Komfortbetriebs liegt zwischen den anderen beiden Werten, was ebenfalls Sinn ergibt: Durch das Erzwingen des Zyklus haben die Teilnehmer Preise oberhalb ihrer eingestellten Schwelle in Kauf genommen, dabei aber offenbar versucht, besonders hochpreisige Zeiten zu meiden.

| Kennzahl | Jun | Jul | Aug | Jun – Aug |
|---|---|---|---|---|
| Steckdosen ausgewertet | 358 | 368 | 352 | 417 |
| Anzahl Verlagerungen | 761 | 1198 | 1020 | 2979 |
| mittlere Dauer Verlagerung (h) | 3,83 | 3,72 | 4,09 | 3,88 |
| mittlerer Preis Verlagerung (ct.) | 31,13 | 30,11 | 30,19 | 30,40 |
| Anzahl verlagerter Betrieb | 639 | 1016 | 881 | 2536 |
| mittlere Dauer verl. Betrieb (h) | 1,87 | 1,82 | 1,81 | 1,83 |
| mittlerer Preis verl. Betrieb (ct.) | 20,08 | 17,55 | 17,04 | 18,04 |
| Anzahl Komfortbetrieb | 686 | 626 | 590 | 1902 |
| mittlere Dauer Komfortbetrieb (h) | 1,99 | 1,78 | 1,76 | 1,85 |
| mittlerer Preis Komfortbetrieb (ct.) | 30,73 | 28,88 | 27,70 | 29,25 |

**Tabelle 14: Kennzahlen Loggingdaten**

## 4.9 Wirkungsphase: Erkenntnisse zum Thema Lastverschiebungspotenzial

Die Auswertung der Lastveränderung erfolgte für die im Zeitraum vom 01.06.2013 bis einschließlich 31.07.2013 erfassten Daten. In diesem Zeitraum erfolgte ein im Wesentlichen stabiler Systembetrieb der Wirkungsphase mit erfassten Daten von insgesamt 237 Haushalten[5]. Die Haushalte wurden statistisch, wie Tabelle 15 (siehe S. 243) zu entnehmen, in verschiedenen Gruppen erfasst.

[5] Von den 252 Feldtestteilnehmern wurden 15 für die Analyse nicht herangezogen.

| Gruppe | Teilnehmer |
|---|---|
| intelligente Geräte | 15 |
| Steckdosen | 196 |
| Visualisierung | 9 |
| Kontrollgruppe | 17 |

**Tabelle 15: Größe der Teilnehmergruppen zur Auswertung Lastveränderung**

Im betrachteten Zeitraum erfolgten insgesamt 511 Preisänderungen. Tabelle 16 zeigt eine Aufschlüsselung nach Größe der Preisänderung. Einige Preisdifferenzen treten rund doppelt so häufig auf wie andere. Hinsichtlich der Häufigkeit der Tupel (PreisVorher; PreisNachher)[6] existieren deutliche Unterschiede; so fand im betrachteten Zeitpunkt kein Preiswechsel von 24 Cent auf 21 Cent statt und fünf weitere Kombinationen treten nur einmalig auf.

| Änderung (in Ct) | -18 | -15 | -12 | -9 | -6 | -3 | +3 | +6 | +9 | +12 | +15 | +18 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Anzahl | 66 | 31 | 30 | 32 | 32 | 55 | 66 | 51 | 30 | 26 | 33 | 59 |

**Tabelle 16: Häufigkeit von auftretenden Preisdifferenzen Auswertung Reaktion auf Preisänderung**

Zur Untersuchung der Preisreaktion erfolgt eine Aggregation innerhalb der Zeitabschnitte ohne Preisänderung. Für jede Preisänderung und jeden Teilnehmer wird der mittlere Verbrauch für die am Zeitpunkt des Preiswechsels angrenzenden Zeiträume bestimmt. Diese Zeiträume umfassen jeweils die Hälfte eines Zeitabschnitts ohne Preisänderung, maximal jedoch vier Stunden[7]. Bei Einschränkung auf die jeweils angrenzenden 15 Minuten würden zeitverzögerte Effekte keine Berücksichtigung finden.

**Beispiel:** Preisänderung um 10:00 Uhr, 13:00 Uhr und 15:00 Uhr. Zur Analyse der Preisänderung werden nun die mittleren Lasten für den Zeitraum 11:30 bis 13:00 Uhr (*verbrauchVorher*) und für den Zeitraum 13:00 bis 14:00 Uhr (*verbrauchNachher*) bestimmt. Auf Basis der zuvor beschriebenen Zeiträume wird die mittlere relative Verbrauchsänderung über die aggregierten Daten berechnet:
*mittlereRelativeVerbrauchsänderung*
:= AVG((*verbrauchNachher* - *verbrauchVorher*)/((*verbrauchNachher* + *verbrauchVorher*)/2))

[6] Es existieren 42 mögliche Preiswechsel (7*7 Preisstufen – 7 identische Preisstufen).
[7] Die minimale Länge beträgt durch das Preismodell jeweils eine Stunde.

Positive Werte zeigen eine Verbrauchserhöhung an, negative Werte eine Verbrauchsreduktion.

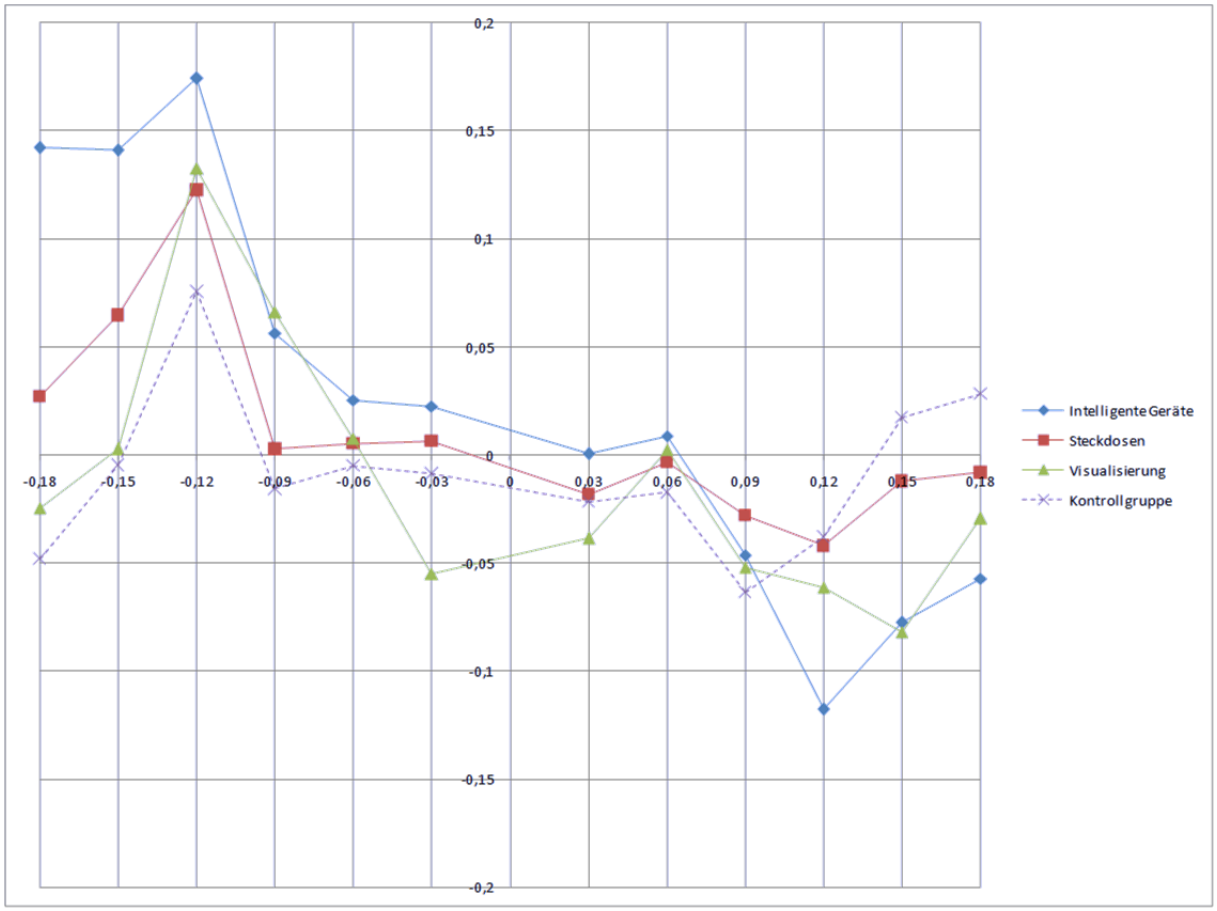



**Bild 127: Mittlere relative Verbrauchsänderung in Abhängigkeit von Preisänderungen [€]**

Bild 127 zeigt die mittlere relative Verbrauchsänderung (Y-Achse) der verschiedenen Teilnehmergruppen in Abhängigkeit von der Preisänderung (X-Achse in Euro). Die zugehörigen Werte sind in Tabelle 13 (siehe S. 241) dargestellt. Bei einer Preisabsenkung um 15 Cent ergibt sich in der Teilnehmergruppe mit intelligenten Haushaltsgeräten eine durchschnittlich relaive Lasterhöhung um etwa 14,1 Prozent (relativ zur mittleren Last im Zeitraum um die Preisänderung). Bei den Gruppen *Intelligente Geräte*, *Steckdosen* und *Visualisierung* zeigt sich eine klare Reaktion auf Preisänderungen, wobei höhere Preisänderung tendenziell zu höheren Laständerungen führen. Eine besonders deutliche Reaktion erfolgt in der Gruppe mit intelligenten Geräten. Die durch die Gruppenzuordnung zu erwartende Einflussstärke wird auch durch das Bestimmtheitsmaß $R^2$ der durchgeführten linearen Regressionsanalyse bestätigt (siehe Tabelle 13 unten, siehe S. 241). Auffällig ist die allgemein asymmetrische Reaktion: Die Lasterhöhung bei Preisreduktion ist stärker als die Lastabsenkung bei erhöhten Preisen.

| Änderung (in €) | Intelligente Geräte | Steckdosen | Visualisierung | Kontrollgruppe |
|---|---|---|---|---|
| -0,18 | 14,2 % | 2,7 % | -2,4 % | -4,8 % |
| -0,15 | 14,1 % | 6,5 % | 0,3 % | -0,5 % |
| -0,12 | 17,4 % | 12,2 % | 13,3 % | 7,5 % |
| -0,09 | 5,6 % | 0,3 % | 6,6 % | -1,6 % |
| -0,06 | 2,5 % | 0,5 % | 0,8 % | -0,5 % |
| -0,03 | 2,3 % | 0,6 % | -5,5 % | -0,9 % |
| 0,03 | 0,0 % | -1,8 % | -3,9 % | -2,2 % |
| 0,06 | 0,9 % | -0,3 % | 0,3 % | -1,7 % |
| 0,09 | -4,7 % | -2,8 % | -5,2 % | -6,3 % |
| 0,12 | -11,8 % | -4,2 % | -6,1 % | -3,8 % |
| 0,15 | -7,8 % | -1,2 % | -8,2 % | 1,7 % |
| 0,18 | -5,7 % | -0,8 % | -2,9 % | 2,8 % |
| lineare Regression | | | | |
| y= | -0,699x+0,022 | -0,254x+0,009 | -0,288x-0,010 | -0,012x-0,008 |
| $R^2$= | 0,853 | 0,482 | 0,343 | 0,001 |

**Tabelle 17: Mittlere relative Verbrauchsänderung in Abhängigkeit von Preisänderung**

| Gruppe | Preisänderung (Richtung) | Verbrauchs-änderung | | | Anzahl Anschlüsse | | | Anzahl Daten-punkte | | Anzahl be-obachteter Preisän-derungen | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Juni | Juli | ge-samt | Juni | Juli | ge-samt | Juni | Juli | Juni | Juli |
| Intelligente Geräte | sinkt | 7.0 % | 11.1 % | 9.3 % | 15 | 15 | 15 | 1375 | 1755 | 109 | 137 |
| Intelligente Geräte | steigt | -2.9 % | -4.3 % | -3.7 % | 15 | 15 | 15 | 1473 | 1889 | 116 | 149 |
| Steckdosen | sinkt | 1.5 % | 4.7 % | 3.3 % | 193 | 194 | 196 | 18495 | 23131 | 109 | 137 |
| Steckdosen | steigt | -1.2 % | -1.9 % | -1.6 % | 193 | 194 | 196 | 19733 | 25143 | 116 | 149 |
| Visualisierung | sinkt | 0.7 % | 0.8 % | 0.8 % | 8 | 9 | 9 | 693 | 1047 | 109 | 137 |
| Visualisierung | steigt | -4.3 % | -3.4 % | -3.8 % | 8 | 9 | 9 | 745 | 1144 | 116 | 149 |

**Tabelle 18: Mittlere relative Verbrauchsänderung in Abhängigkeit von Richtung der Preisänderung**

Tabelle 18 zeigt die mittlere relative Verbrauchsänderung der verschiedenen Teilnehmergruppen in Abhängigkeit von der Richtung der Preisänderung. Für die beeinflussbaren Teilnehmergruppen (Intelligente Geräte, Steckdosen, Visualisierung[8]) ist klar erkennbar, dass eine Preiserhöhung zu einer Verbrauchsreduzierung und eine Preisabsenkung zu einer Lasterhöhung führen. Beim Einsatz intelligenter Geräte ist dieser Effekt am stärksten ausgeprägt. Wie bereits oben aufgeführt, erfolgt die Reaktion auf Preisänderungen asymmetrisch: Bei den automatisch reagierenden Gruppen (*Intelligente Geräte* und *Steckdosen*) ist der Effekt der Lasterhöhung deutlich stärker als der Effekt der Lastabsenkung. Dies ist durch die automatische Aktivierung nach Preisreduktionen zu erklären. Eine Deaktivierung nach Preiserhöhung ist bei den Steckdosen ausgeschlossen. In der Gruppe *Visualisierung* ist dagegen die Lastabsenkung stärker ausgeprägt. Ein möglicher Erklärungsansatz für diese Beobachtung ist im gezielten manuellen Abschalten von Verbrauchern durch die Teilnehmerhaushalte zu suchen. Dies wurde in einer ergänzenden Befragung dieser Gruppe untersucht (siehe Kapitel 4.7, S. 232ff.).

Die Reaktion der automatisch reagierenden Gruppen (*Intelligente Geräte* und *Steckdosen*) ist im Juli stärker ausgeprägt als im Juni. Dies kann als Indikator für die Wirksamkeit des ab Juli eingeführten zusätzlichen Anreizsystems interpretiert werden. In der Gruppe *Visualisierung* kann dieser Effekt nicht beobachtet werden, wobei dies auch als eine Folge der sehr kleinen Gruppengröße, der Veränderung der (auswertbaren) Gruppen-zusammensetzung und des von den automatisch reagierenden Gruppen abweichenden Verhaltens zu erklären ist.

[8] Die Teilnehmer „Intelligente Geräte“ und „Steckdosen“ können wie die Gruppe „Visualisierung“ das iPad als Visualisierungskomponente nutzen.

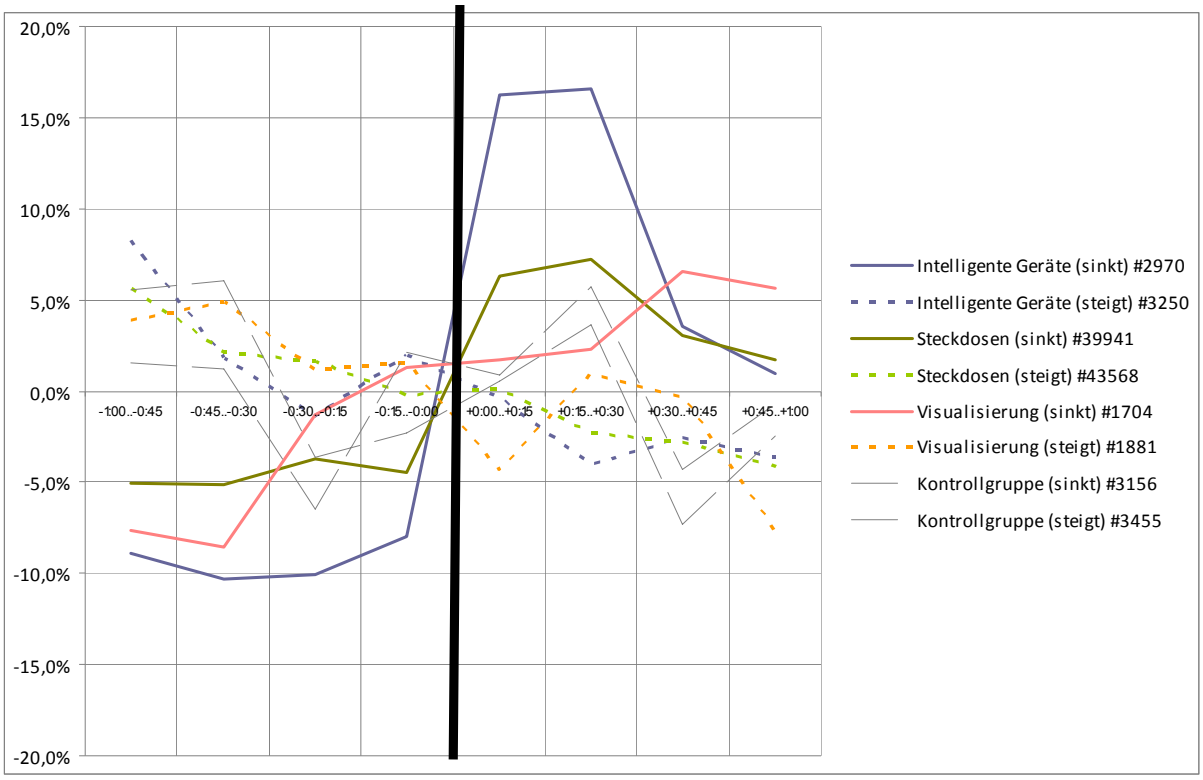



**Bild 128: Verhalten der verschiedenen Nutzergruppen um die Preiswechselschwelle**

Das Bild 128 zeigt die mittlere Reaktion der unterschiedlichen Gruppen in der Stunde vor und nach einem Preiswechsel (sinkender/steigender Preis; Zeitpunkt gekennzeichnet durch schwarzen Balken), für Zeitintervalle von jeweils 15 Minuten. An der Y-Achse sind die jeweils relativen Abweichungen von der mittleren Last für diesen zweistündigen Zeitraum dargestellt. Man kann sehen, dass die beeinflussbaren Gruppen jeweils eine Lastveränderung in die erwartete Richtung ausführen. Bei Preisreduktion zeigen die automatisierten Gruppen eine deutlich stärkere Reaktion als bei Preiserhöhung, allerdings nur innerhalb der 30 Minuten nach Preisreduktion. Bei Preiserhöhung ist ein Trend zur Lastreduktion zu beobachten.

## 4.10 Auswertung der Aktivität des Smart Portfoliomanagements am Smart Market

Während der ganzen Dauer des Feldversuchs bieten die Marktplatzagenten über den Smart Market dem Smart Portfoliomanagement Produkte day-ahead zum Kauf an.
Die Tabelle unten gibt einen Überblick über die Aktivitäten am Smart Market. Da die Agenten historische Preise aus 2012 für die Erstellung ihrer Angebote nutzen, entspricht das Preisniveau nicht dem heutigen an der EPEX. Von der angebotenen Energiemenge ist insgesamt 26 Prozent durch das Smart Portfoliomanagement gekauft worden.

| Zeitraum (von/bis): | 07.01.2013 – 24.07.2013 |
|---|---|
| Tage im Zeitraum | 198 |
| Tage mit Handel | 159 |
| Geschäfte | 550 |
| angebotene Energie [MWh] | 2072 |
| gehandelte Energie [MWh] | 535 |
| Kaufrate | 26% |
| Energie pro Geschäft [kWh] | 973 |
| Umsatz gesamt [EUR] | 35.182 |
| Umsatz pro Geschäft [EUR] | 63,97 |
| mittlerer Preis [EUR /MWh] | 65,73 |

**Tabelle 19: Übersicht über die Geschäfte am Smart Market**

Bild 129 (siehe S. 249) zeigt die Verteilung der gehandelten Energie über die Zeit. Gut zu erkennen ist, dass die gekaufte Menge nicht wesentlich vom Preis abhängt, der sich über die dargestellte Zeit in einem engen Band bewegt. Interessant ist das Ergebnis einer Strategieänderung der Marktplatzagenten im Juli: Nachdem der Umsatz am Marktplatz gesunken war, da die Stückelung der Energieprodukte nicht groß genug war, wurde diese verfeinert. Dementsprechend wurden im Juli wieder mehr Geschäfte abgeschlossen und der Umsatz wieder verbessert. Dies zeigt, dass die Individualität der Produkte z. T. durch die Erhöhung der Granularität ausgeglichen werden kann. Dies lässt sich durch die erhöhte Zahl an Geschäftskombinationen erklären, die das Portfoliomanagement in die Optimierung einfließen lassen kann. Bild 130 (siehe S. 249) dagegen lässt einen Zusammenhang zwischen Angebot und Nachfrage erkennen, der aber sehr schnell in die Sättigung geht. Ist zu wenig Angebot vorhanden, folgt die Nachfrage linear; ist die Nachfrage befriedigt, gibt es keine Korrelation mehr.

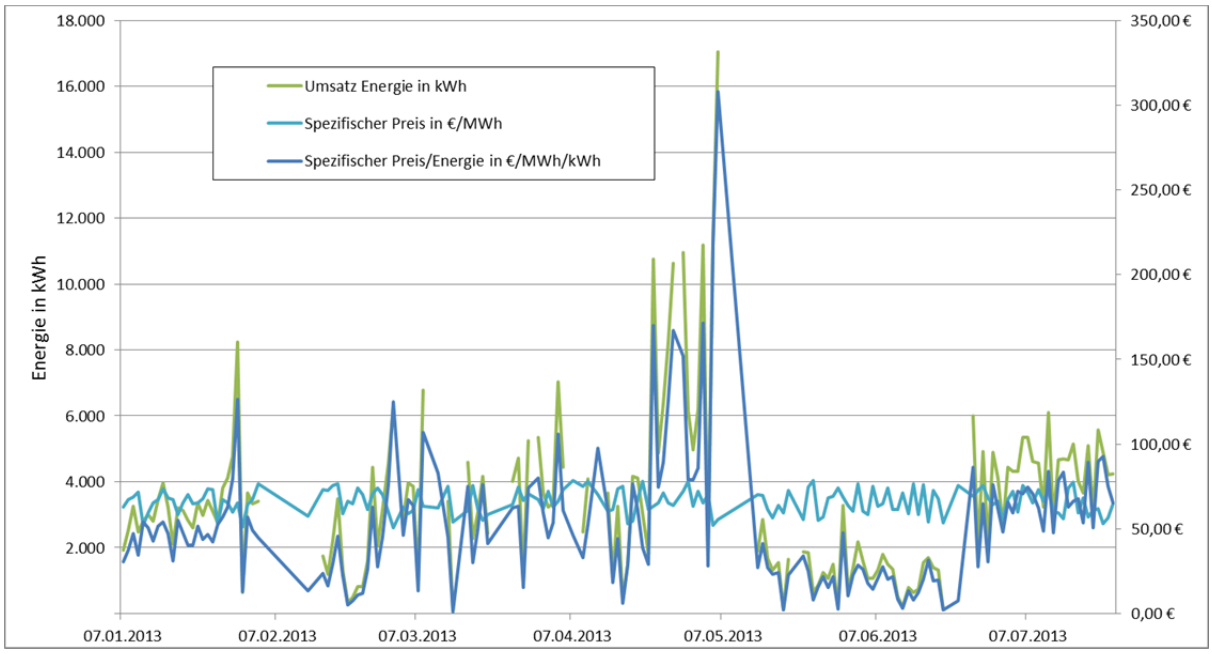



**Bild 129: Gekaufte Menge und Preis mit Korrelation**

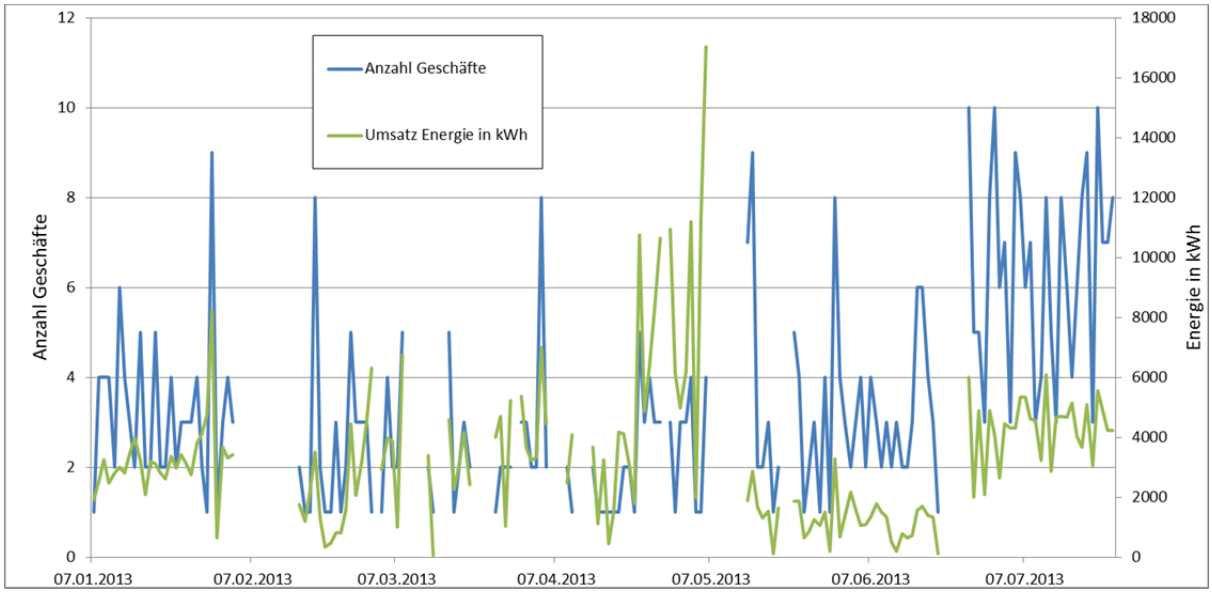



**Bild 130: Gekaufte Energie und angebotene Menge am Marktplatz**

Bild 131 (siehe S. 250) zeigt die Anzahl von Geschäften mit dem Umsatz über die Zeit. Klar zu erkennen ist hier auch die Umstellung der Strategie im Juni, wodurch die Zahl von Geschäften schneller steigt als der Umsatz.

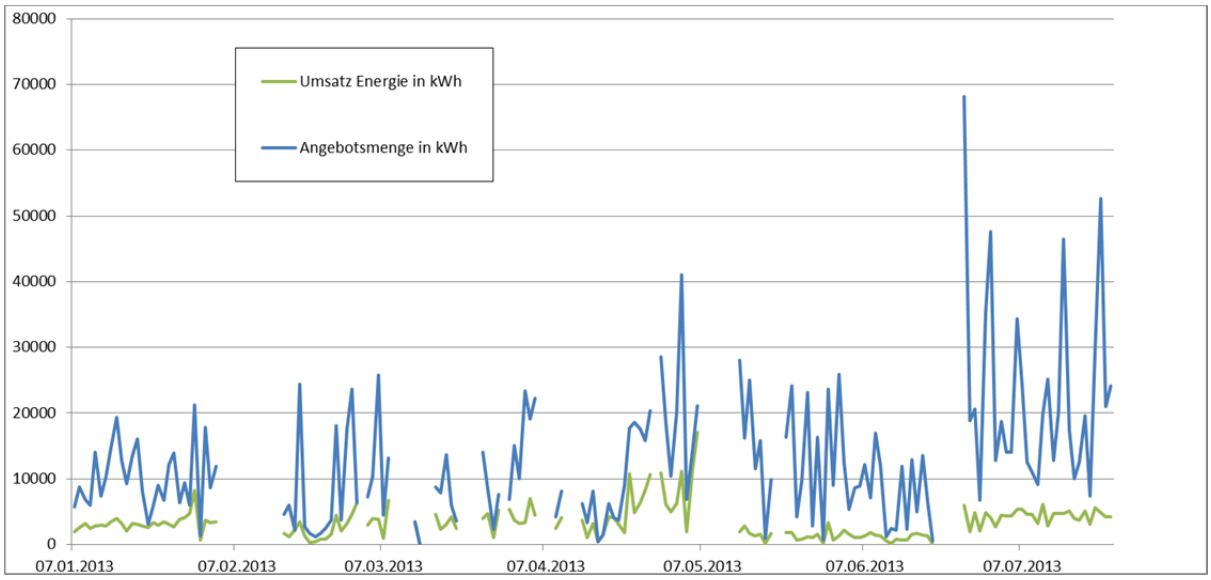



**Bild 131: Anzahl abgeschlossener Geschäfte und Umsatz**

Der Smart Market musste für den Feldversuch als Prototyp implementiert und betrieben werden. Heutige Markt- und Handelssysteme im Energiesektor werden nicht über eine offene Internetplattform betrieben, sondern über gesonderte, direkte Kommunikationswege. Insofern waren die Anforderungen an den Prototypen hoch, da er sicher mit einer Web-schnittstelle und Webservices im Internet betrieben werden musste. Auch die Datenmengen stellten in der Verarbeitung und Speicherung eine Herausforderung dar, bei insgesamt ca. 29 000 Geschäftsanfragen im betrachteten Zeitraum waren im Vergleich zum Handel mit Standardprodukten durch die verwendeten Fahrplangeschäfte deutlich größere Mengen an Datenpunkten zu verarbeiten.

## 4.11 Methodenkritik

### 4.11.1 Anzahl und Zusammensetzung der Feldtestteilnehmer

Während der Erstinstallation der 50 Smart-Watts-Friendly-User zeigte sich, dass der Aufwand pro installiertes System beim Aufsetzen, Testen im Labor und beim Ausbringen, Installieren, in Betrieb nehmen, Testen und Erklären sich im Bereich von in Summe zehn Personenstunden bewegte und deutlich über den geplanten Aufwänden lag.

- ~15 Minuten technische Plausibilitätsprüfung und ggf. Beratungsgespräch
- ~15 Minuten Datenabgleich Registrierung mit bereits vorhandener Stammdaten
- ~15 Minuten Vertragsverwaltung (Zusendung, Vertragseingang und -kontrolle)
- ~30 Minuten Zusammenstellung Komponenten (im Laufe der Zeit auf 20 Minuten verringert)
- ~30 Minuten Aufbau, Test und Abbau
- ~45 Minuten An- und Abfahrt zum Kunden (2 Personen)
- ~90 Minuten Installation und Inbetriebnahme mit Erklärung (2 Personen)
- ~120 Minuten bei Nachbesserungsterminen (inkl. Fahrtzeit, 2 Personen)

Allein durch die Aufwände zur Reparatur von ausgefallenen Systemen (Nachbesserungstermine, erfasst durch das Ticket-System) wurden über 120 Personenstunden aufgewendet. Für die Installationsvorbereitung bis zur Inbetriebnahme beim Kunden fielen sogar über 1 500 Personenstunden an.
Aus diesem Grund und im Zusammenhang mit der Projektverzögerung wurde im Konsortium beschlossen, die Anzahl der Versuchsteilnehmer auf 250 zu begrenzen.

### 4.11.2 Intelligente Geräte und Funktionalität der Steckdosen

Während des Systemtests bei der Firma *Kellendonk* zeigte sich, dass das Konzept und die Umsetzung der intelligenten Steckdosen mehr als zufriedenstellend funktionierte. Die einstellbaren Schaltschwellen und die Lastverschiebung an sich zeigten gute Resultate.

In der Praxis treten Probleme auf, die sich während eines Systemtests nicht zeigten. Diese jedem Geräteentwickler bekannte Weisheit zeigte sich auch bei den Haushaltssystemen von Smart Watts. In einem Forschungsprojekt ist es nicht gestattet, vollständige Produktreife bei den Systemen zu erlangen. Die vorhandenen Ressourcen und Mittel reichten zum Teil nicht aus, der Produktreife so nahe zu kommen, dass eine uneingeschränkte Nutzerakzeptanz erreicht werden konnte. Ein Fernupdate der Komponentenfirmware/Software erwies sich, sofern es funktionierte, als segensreich, da sich hier nahezu geräuschlos nachträgliche Verbesserungen einspielen ließen. Dies ist ein klarer Punkt, der unbedingt in die Anforderungen von ähnlichen Projekten einfließen sollte.

Vermisst wurde im Nachhinein bei potenziell gestörten Systemen wie Powerline-Verbindungen oder Funknetzwerken eine direkte Darstellung der aktuellen Übertragungsqualität in ausreichenden Stufen – zum Beispiel durch LEDs oder kleine Displays. Hierdurch ließen sich Fehler und Unzulänglichkeiten schneller finden und abstellen.

Nach mehrmonatigem Betrieb zeigten sich Ausfälle, die anfangs sporadisch auftraten, mit wachsender Anzahl der Teilnehmer und Betriebsdauer zunahmen und sich erst durch Langzeitbeobachtung als statistisches potenzielles Problem darstellten. Die Ursachenermittlung erwies sich als komplexes Unterfangen, da die auftretenden Fehler sich unter Laborbedingungen lange Zeit nicht reproduzieren ließen. Nach der Ursachenbehebung stellte sich die Herausforderung, die Firmware der intelligenten Steckdosen zu ersetzen. Vom zeitlichen Ablauf und wegen des voraussichtlichen Aufwands kam ein Vor-Ort-Austausch der Steckdosen bei allen Teilnehmern nicht in Frage. Obwohl nur rudimentär von den Systembestandteilen (Steckdose und Funkpartner EEBus-Bridge) unterstützt, konnte mit Hilfestellung die überwiegende Mehrheit der intelligenten Steckdosen mit Kundenunterstützung über Funk aus der Ferne eine neue Firmware aufgespielt werden.

Die Verwendung des ZigBee-Funkstandards im 2,4-GHz-Bereich zeigte sich im Großen und Ganzen als zuverlässige Lösung. Prinzipiell handelt es sich wie bei allen Funkstrecken, insbesondere bei denen, deren Funkverbindung auf ISM-Bändern stattfindet, um gestörte

Kommunikationsstrecken. Informationen dazu, ob eine Funkstrecke momentan gestört ist, wie viel Reichweitenreserve die Systemteile im individuellen Falle besitzen, und eine Über-Alles-Kommunikationsüberwachung haben sich als Anforderung für zukünftige derartige Systeme herauskristallisiert.

Die KNX+-Powerline-Verbindung zwischen Gateway am Zähler und EEBus-Bridge zeigte sich empfindlich gegenüber Störungen. Kamen die Störungen von Netzseite, gab es prinzipiell keine Möglichkeit, zu filtern, da der Zähler-Gateway am (genauer: vor dem) Zähler angeschlossen war. Entsprechende Filter, die vor einem Zähler installiert werden konnten, gab es nicht auf dem Markt, zudem gibt es üblicherweise bauseits keinen Einbauplatz für Filter an dieser Stelle. Es gibt Filter auf dem Markt, die in die Unterverteilungen (Sicherungskasten) eingebaut werden, allerdings liegt dieser im aktuellen Anwendungsfall genau in der Powerline-Kommunikationsstrecke. Durch leichte Modifikationen im KNX+-Modulationsverfahren konnten die Störempfindlichkeit reduziert werden.

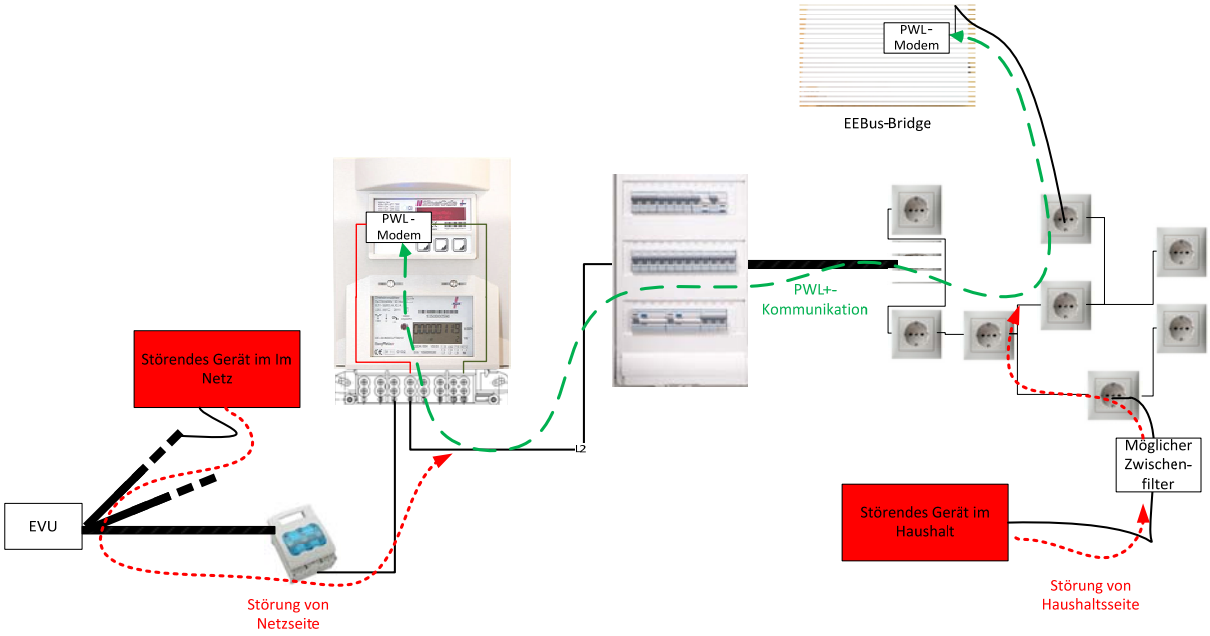



**Bild 132: Mögliche Störer (rot) der Powerline-Verbindung (grün) zwischen Gateway und EEBus-Bridge**

Als eine Systemschwäche entpuppte sich die durch die Hardware-Restriktionen bedingte Festlegung, dass das Gateway PLC nur auf einer bestimmten Phase sendete (L2). War nun die Bridge mit einer Steckdose einer anderen Phase verbunden, so musste eine zusätzliche deutliche Powerline-Signaldämpfung hinzugerechnet werden. In zukünftigen Entwicklungen für Gateways, die in Zählernähe sitzen, sollte bei Powerline gewählt werden können, an welcher Phase das Powerline-Modem angeschlossen wird.

Die Realisierung der Software auf dem Gateway benötigt für den Einsatz im Feld außerhalb eines Feldversuchs noch Verbesserungen: a. Harte Begrenzung eines Timeouts – bei Störungen ist der Durchsatz reduziert. Bei großen Datenmengen stauen sich die Daten auf, bis Timeout zuschlägt. Das führte zu einer Selbstverstopfung, die sich vereinzelnd nicht

selbst behob. Ein Softwareupdate konnte nur durch Aktualisieren der kompletten Gerätesoftware mit großem Datenvolumen durchgeführt werden. Die Verwendung von Powerline-Kommunikation, ein im Vergleich deutlich vergleichbar schmalbandigeres System, führte zu langen Inaktivitätszeiten. Für ein Seriengerät ist es notwendig, Software-Updates in kleinen inkrementellen Paketen durchzuführen.

Bei den Wärmepumpen zeigte sich, dass diese teure Investition vom Kunden sehr aufmerksam betrachtet wurde. Dieses im Gegensatz zu Haushaltsgeräten wie Waschmaschine für eine längere Betriebszeit geplante Investitionsgut musste entsprechend sensibel gehandhabt werden. Eine direkte Betreuung der Hersteller war unumgänglich; trotzdem zeigte sich, dass in der Modellregion zu wenige passende Wärmepumpenkunden für die Teilnahme am Feldtest gewonnen werden konnten. Der Feldversuch mit der Firma Vaillant wurde daher modifiziert, sodass hier bundesweit Feldtestteilnehmer gewonnen werden konnten.

### 4.11.3 **Weitere Erkenntnisse des Feldversuchs**

Zu Projektbeginn wurde die lineare Optimierung als Verfahren für Smart Watts gewählt. Es hat sich jedoch gezeigt, dass in der Projektlaufzeit die Anforderungen des Marktes gestiegen sind. Herkömmliche Optimierungsverfahren versagen oder liefern keine wirklich optimalen Ergebnisse angesichts der marktimmanenten Stochastik der Preise und volatilen Erzeugung. Der durch eine stochastische Optimierung erzielbare Mehrwert gegenüber der deterministischen bzw. linearen Optimierung entsteht durch die Berücksichtigung der Unsicherheiten von Preisen, Mengen und Wetterprognosen und verarbeitet daher deutlich mehr Zukunftswissen. Mit dem Einsatz der stochastischen Optimierung können deutliche Ergebnis- und Performanceverbesserungen nachgewiesen werden.

Über den Haushaltssektor hinaus sollte zusätzlich das enorme Lastverschiebepotenzial des industriellen Bereichs berücksichtigt und erschlossen werden. Dies erfordert detaillierte Prozesskenntnisse und eine Zusammenarbeit mit entsprechenden Industrieexperten.

Die Integration der erneuerbaren Energieerzeugung kann langfristig nur auf Basis einer echten Marktintegration gelingen und bezahlbar bleiben. Ohne entsprechende gesetzliche und wirtschaftliche Rahmenbedingungen werden technische Lösungen nur bedingt hierzu beitragen können.

IT-Systeme müssen flexibel gestaltet sein, um schnell an neue (technische, gesetzliche) Rahmenbedingungen angepasst werden zu können. Eine solide IT-technische Basis und die interdisziplinäre Zusammenarbeit aus Energiewirtschaftlern und IT-Spezialisten ist hierfür dringend erforderlich.

# 5 Zusammenfassung und Ausblick

Im zukünftigen Energiemarkt wird der kurzfristige Handel noch stärker an Bedeutung gewinnen. Kurzfristige Lastbeeinflussung und/oder -steuerung werden zunehmen. Es ist sinnvoll, alle erzeugungs- und verbraucherseitigen Möglichkeiten in die Gesamtoptimierung des Systems einzubeziehen. Hochentwickelte stabile und flexible IKT-Systeme sind eine unbedingte Grundvoraussetzung hierfür.
Bereits heute sind vielfältige Anwendungen für smarte Systeme möglich. Mit Unterstützung der intelligenten Lösungen können auch bestehende Geschäftsmodelle weiterentwickelt und verfeinert werden.

## 5.1 Erkenntnisse für den Markt 2020

### 5.1.1 Potenziale

#### 5.1.1.1 Value-added Services

Der Strommarkt befindet sich momentan in einem grundlegenden Umbruch. Trotz des angestrebten Wettbewerbs besteht immer noch eine große Konzentration, bei der die vier großen Unternehmen mehr als 50 Prozent der Erzeugungskapazitäten kontrollieren. Zudem existiert über Minderheitenbeteiligungen weiterhin eine erhebliche vertikale Integration. Der Liberalisierungsprozess ist dementsprechend noch nicht abschließend vollzogen.
Gleichzeitig stellt die Energiewende die Stromwirtschaft für die nächsten Jahrzehnte vor große Herausforderungen, die mit weitreichenden Investitionen verbunden sind. Der Atomausstieg und der geplante massive Ausbau erneuerbarer Energien haben schon in den vergangenen Jahren zu wesentlichen Veränderungen bei der Stromerzeugung geführt. Anpassungen der Infrastruktur und des Verbrauchs setzen dagegen nur sehr schleppend ein und bremsen aktuell den weiteren Ausbau erneuerbarer Energien. Hier ist mehr Koordination zwischen den einzelnen Marktrollen notwendig; technische Entwicklung und Regulierung müssen aufeinander abgestimmt werden.
Die einsetzende Verbreitung von intelligenten Zählern (Smart Meter) schafft die Voraussetzungen für die Einführung von Smart Grids. Gleichzeitig führt die beginnende Digitalisierung zu einer Vielfalt von zusätzlichen Informationen, die die Basis für viele der bisher bestehenden Value-added Services bilden.
Konkrete Herausforderungen wurden in den Bereichen Bedarf und Erzeugung, Netze, Flexibilisierung von Handel sowie Smart Grids identifiziert. Auf Seiten der Sachleistungen zeigen sich in den folgenden Bereichen die größten Potenziale:

- Effiziente Technologien: Neue Kraftwerke mit energieeffizienteren Techniken und verbesserten Eigenschaften; neue Kabeltechnologie (z. B. Nanotechnologie)
- Automatisierungstechnik: Sensorik, Regelungstechnik z. B. für Netze, Verbraucher, Erzeuger
- Kommunikationstechnik und -infrastruktur, die den Datenaustausch zwischen den einzelnen Elementen ermöglicht, z. B. Teil von Smart Grids, Energiedatenmanagement

Für Dienstleistungen wurden die größten Potenziale in den folgenden Bereichen identifiziert:

- Informationsverarbeitung:
  Die zusätzlichen Informationen, die durch die zunehmende Digitalisierung der Stromversorgung bereitgestellt werden, müssen für die weitere Nutzung aufbereitet werden. Hier lässt sich unterscheiden in Softwarelösungen für

  - anonymisierte Anwendungen (z. B. aggregierte Daten einer Vielzahl von Verbrauchern/Erzeugern, die kollektives Verhalten/kollektiven Bedarf abbilden)
  - personalisierte Anwendungen (z. B. Aufarbeitung der Daten eines bestimmten Verbrauchers/Erzeugers für den persönlichen Gebrauch)
  - internetbasierte Anwendungen (z. B. von aggregierten Daten die einer Vielzahl von Anwendern oder der Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden sollen)

- Geeigneter Datenschutz ist Voraussetzung für alle Anwendungen. Teilweise existieren Basisapplikationen schon aus Feldversuchen, müssen aber für den Einsatz im großen Rahmen angepasst werden.
- Automatisierte Überwachungssysteme:
  Die zunehmende Automatisierung und Digitalisierung auf allen Ebenen (Smart Meter, Netzwerktechnik etc.) erlauben den Einsatz von automatisierten Überwachungssystemen. Diese bestehen in den meisten Fällen aus der nötigen Kommunikationsinfrastruktur und einer geeigneten Softwarelösung, die die Daten aggregiert und koordiniert (Energiedatenmanagementsysteme; Netzleittechnik etc.)
- Beratung:
  Der Übergang von Strom als Commodity-Produkt zu einem differenzierungsfähigen Produkt bringt für viele Stakeholder erhöhten Beratungsbedarf mit sich

  - allgemeines Consulting (auf der Basis von Expertenkompetenz, z. B. Energieeffizienzberatungen für Industrie und Privathaushalte; strategische Beratung für Versorger, Netzbetreiber)
  - gesellschaftlicher Diskurs (professionelle Begleitung der Energiewende, insbesondere für Konfliktpotenziale wie Netzausbau, Windparks)
  - Beratung auf Marketingebene (Marktforschung, Geschäftsmodelle, CRM)
  - Schulung auf allen Bereichen der neuen Technik (Netztechnik, Kraftwerkstechnik, DR-Systeme etc.)

Mehrwertdienste werden oft durch Kombinationen von Sach- und Dienstleistungen in den obigen Bereichen generiert. Die Herausforderung besteht darin, die Sach- und Dienstleistungen über die gesamte Wertschöpfungskette geeignet zu bündeln, um für die Kunden Leistungen mit möglichst großem Nutzen zu generieren. Der zusätzliche Nutzen wird in vielen Fällen durch die Bereitstellung von energienahen Informationen generiert. Hier kann die Smart Architecture die Marktakteure unterstützen, geeignete Informationen sicher und zu geringen Transaktionskosten auszutauschen.
Eine detaillierte Ausarbeitung ist dem spezifischen Projektarbeitsergebnis zu entnehmen.

#### 5.1.1.2 **Geschäftsmodelle Smart Architecture**

Das Arbeitspaket 1.10 thematisiert die Entwicklung eines Geschäftsmodells für das Informations- und Kommunikationsnetz – die Smart Architecture. Da der sichere und dynamische Betrieb einer Internetplattform, die als Kommunikations- und Informationsgrundlage für die Energiewirtschaft dient, großen personellen und monetären Aufwand erfordert, war es notwendig, ein langfristig einsetzbares und stabiles Geschäftsmodell zu entwickeln. Dazu wurden mithilfe des Vorgehens nach OSTERWALDER & PIGNEUR und dem konkreten Anwendungsbeispiel innerhalb der Smart Architecture, dem Energy-Name-Service, die einzelnen Elemente des Business-Modells-Canvas (siehe Bild 133) weiter konkretisiert.

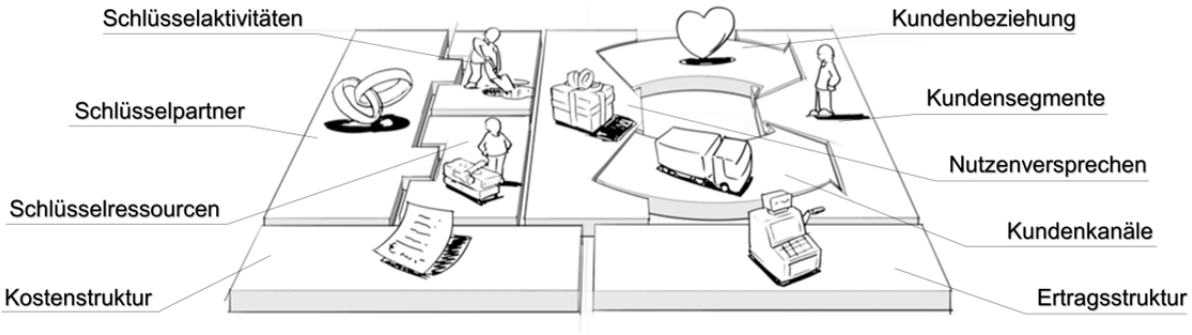



**Bild 133: Business-Modell-Canvas (Quelle: OSTERWALDER u. PIGNEUR 2010)**

Durch die Gesamtstruktur des Business-Modells-Canvas wurden die Zusammenhänge gut und logisch verknüpft, sodass zukünftige Auswirkungen von Veränderungen in unterschiedlichen Bereichen schnell abgebildet werden können. Dadurch lässt sich das Gesamtmodell leicht an Veränderungen anpassen. Das Geschäftsmodell berücksichtigt dabei den Aspekt der Energiemarktliberalisierung und adressiert somit mehrere Marktrollen, wie beispielsweise Verteilnetzbetreiber, Messstellenbetreiber, Energievertrieb etc., was schlussendlich zu einer vielseitigen Ertragsstruktur der Smart Architecture führen wird.
Die Einbeziehung von Vertretern aus dem Bereich Standardisierung/elektronischer Datenaustausch sowie Workshops innerhalb des Projektkonsortiums haben zu einer Validierung beigetragen und das Know-how aus anderen Branchen, insbesondere hinsichtlich der Verwendung des Energy-Name-Services, konnte so zielführend in das Geschäftsmodell einfließen.
Unterschiedliche Varianten zur Erzielung von Zahlungsströmen stellen die Variabilität des Geschäftsmodells sicher. So wurden sowohl transaktionsbasierte Ertragsstrukturen und Opensource-Lösungen als auch ein Vermietungskonzept von Nummernkreisen in der Smart Architecture diskutiert. Eine abschließende Bewertung der unterschiedlichen Varianten wird zu einer zukünftigen Verwertung der Smart Architecture mit den unterschiedlichen (Basis-)Diensten beitragen.
Eine detaillierte Ausarbeitung ist dem spezifischen Projektarbeitsergebnis zu entnehmen.

#### 5.1.1.3 Ausblick Smart-Grid-Installationen in Haushalten

Die vorgestellten Geräte EEBus-Bridge und intelligente Steckdosen und auch die Bedien- und Visualisierungslösungsapplikation auf dem iPad sind mit plan- und überschaubaren Aufwänden in Seriengeräte überführbar. Die intelligenten Steckdosen werden bereits für andere Projekte (z. B. das Forschungsvorhaben eConnect) weiterverwendet bzw. weiterentwickelt. Für die EEBus-Bridge gibt es bereits Nachfolgeprodukte in direkter Abstammung, eine Installation in Haushalten wird in Betracht gezogen.
Die verwendeten intelligenten Hausgeräte der Firmen *Liebherr* (Gefrierschrank) und *LG* (Kühl-Gefrier-Kombination und Waschmaschine), aber auch das Einschub-EEBus-Modul für die *Miele*-Waschmaschine zeigten sehr seriennahe Realisierungen für die Smart-Grid-Geräteintegration.

##### Internet-Infrastruktur:

Die Infrastruktur im Haushalt, insbesondere der Internetzugang für den Energiemanagement-Gateway, zeigte sich als empfindlicher Punkt. Die Qualität der DSL-Router, die Betriebssicherheit des DSL-Anschlusses von Seiten des Providers und das Nutzerverhalten sind die Einflussfaktoren für die Internet-Verfügbarkeit. Hier sind zukünftig Lösungen gefragt, die Probleme verhindern helfen und auch durch Alarme und Benutzermitteilungen schnelle Wiederherstellung des Sollzustands ermöglichen. Ein Beispiel wäre die Integration des Energiemanagement-Gateways in den DSL-Router.

##### Inhouse Kommunikationsstrecken

Alle Lösungen, Kommunikationswege ohne neue Verdrahtung zu realisieren, sind prinzipiell Einflüssen durch nicht bis wenig veränderbare Störungen ausgesetzt. Da auch in der absehbaren Zukunft viele Energiezählerstandorte keinen Internetzugang in der räumlichen Nähe haben werden (Beispiel: der typische Zählerschrank im Keller), werden hier die Lösungen weiterhin mit den Störeinflüssen zusammen funktionieren müssen. Die negativen Beeinflussungen beruhen auf zu geringem Signal-Rausch-Abstand durch Störer oder Dämpfung

##### Powerline-Übertragung:

Mögliche Störeinflüsse: Geräte und Maschinen, allgemein elektrische Geräte innerhalb und außerhalb des Haushalts. Dämpfung durch Verwendung einer anderen Phase im Drehstromnetz Überkopplungsdämpfung zwischen zwei Phasen), durch bestimmte Geräte (niederohmige Filter im Netzspannungseingangskreis) oder durch die Topologie der Stromleitungen.
Abhilfemaßnahmen: Einbau von Filtern, netz- und geräteseitig. Der Einbau von Filtern auf Netzseite ist praktisch nicht umsetzbar und muss daher integriert im Gerät erfolgen.

##### Funk-Übertragung (z. B. ZigBee, WLAN)

Die jedem WLAN-Nutzer bekannten Effekte der Reichweitenbegrenzung durch die gegebene Sendeleistung und Gebäuderandbedingung, Beeinflussung durch andere auf diesem Kanal konkurrierende WLAN-Netze oder Geräte, die auf dem gleichen Frequenzbereich

kommunizieren, treten auch prinzipiell in dem bei Smart Watts verwendeten ZigBee-Funknetz auf. Das heißt: Eine bisher zuverlässige Funkverbindung kann jederzeit durch einen neuen Störer unzuverlässig werden.
Für künftige Lösungen in Haushalten sollen daher Alternativen für verwendete Kommunikationstechnologien bereitstehen, sodass bei einer Vor-Ort-Installation auf die gegebenen Umstände und Randbedingungen eingegangen werden kann.
Benutzerinformation: Da im Prinzip jeder Haushalt als potenzieller Installationsort betrachtet wird, kommen hier die unterschiedlichsten Sichtweisen und Informationsstände der Bewohner in Betracht. Eine nicht unerhebliche Anzahl von Leuten ist durch tendenziöse Berichte in den Medien, fehlendes technisches Verständnis und nicht vorhanden Grundkenntnisse in den verwendeten Technologien und den physikalischen Grundlagen im Hinblick auf Neuerungen, die den eigenen Haushalt betreffen, stark verunsichert. Eine im Projekt Smart Watts gezeigte umfangreiche Benutzerinformationskampagne, die auf alle Einzelheiten eingeht, wird auch in der Zukunft für Smart-Grid-Installationen im Haushalt notwendig sein.
Insbesondere der Service (geschulte Ansprechpartner und zeitnahe Behebung von Störungen) ist als essenzieller Bestandteil von Smart-Grid-Lösungen in Haushalten einzuplanen.

### 5.1.2 **Herausforderungen**

Einschränkungen bei der Auswertung ergeben sich durch die nur kleine Stichprobe, die im Rahmen des Feldversuchs erhoben werden konnte. Zur Bildung von stabilen Aggregaten wird in der Energiewirtschaft im Allgemeinen eine Mindestanzahl von 500 Haushalten gefordert. Bei kleineren Gruppen ist eine hohe Streuung zu erwarten. Entgegen der ursprünglichen Planung mit 500 Haushalten im Feldversuch, wurde nun nicht einmal die Hälfte dieser Anzahl erreicht. Die Teilnehmergruppe mit den intelligenten Steckdosen ist mit knapp 200 Teilnehmern die einzige, mit der statistisch zuverlässige Daten zu erwarten sind. Aussagen über die Visualisierungsgruppe mit nur neun Teilnehmern erscheinen kaum belastbar.Ein Vergleich mit dem H0-Standardlastprofil ist angesichts der Anzahl von < 500 Teilnehmern nicht sinnvoll möglich. Es zeigte sich jedoch im Rahmen der Untersuchungen vor Beginn der Wirkungsphase, dass die in Aachen teilnehmenden Haushalte ein vom H0-SLP abweichendes Lastverhalten aufweisen. Daher wurde aus den (wenigen) unbeeinflussten Daten ein „SLP Aachen“ für den Systembetrieb abgeleitet, wobei die zuvor genannten allgemein anerkannten Mindestanforderungen dabei nicht erfüllt werden konnten.
Ein Vergleich mit den Vorjahresdaten, wie von der Wirkungsforschung vorgeschlagen, war ebenfalls nicht möglich, da der Zeitraum des Feldversuchs durch anfängliche technische Probleme zu stark verkürzt werden musste. Durch die nur sehr kurze Feldversuchsphase kann nur ein sehr geringer Anteil an möglichen Szenarien (z. B. Preisänderung von 18Ct auf 21Ct am Sonntag um 17:00 Uhr) abgedeckt werden. Schon unter Vernachlässigung des Preisänderungszeitpunkts innerhalb der Woche konnten nicht alle realisierbaren Preisänderungen innerhalb der Wirkungsphase beobachtet werden.
Für eine optimale Analyse wäre eine Feldversuchsdauer von rund drei Jahren erforderlich gewesen, beginnend mit einer unbeeinflussten Beobachtungszeit von einem Jahr, in der

bereits ein stabiler technischer Betrieb gewährleistet ist; gefolgt von einer mindestens dreimonatigen Kalibrierungsphase und einer einjährige Wirkungsphase, die unter ansonsten unveränderten Bedingungen gegenüber der unbeeinflussten Phase erfolgen müsste. Ebenfalls erforderlich wäre eine Mindestanzahl von 500 aktiven Teilnehmern und eine signifikant größere Kontrollgruppe.

Teilprojekt 5 – Smart Demand: Die Realisierung einfacher, kostengünstiger, universeller Lösungen ohne Eingriff in die Hausinstallation stellt insofern eine Herausforderung dar, als die Vor-Ort-Situation in den Haushalten durch ihre potenzielle Vielfältigkeit als unüberschaubar angesehen wird.
Insbesondere die Situation für Funkverbindungen (Dämpfung durch Gebäudeteile und Bauelemente) und die Infrastruktur zur Internetverbindung (wo befindet sich ein Router bzw. Modem) sind größtenteils nicht vorhersehbar.
Bei der Entwicklung eines neuen Powerline-Kommunikationsverfahrens mit höherem Durchsatz im CENELEC-B-Band wurde technologisches Neuland betreten – daher war hier mit entsprechenden Risiken zu rechnen.
Die Erreichung einer Akzeptanz des Lastmanagements durch Endkunden sowie deren Langzeitmotivation, hier aktiv mitzuwirken, war Teil der Zielsetzung.

**Automatische Verarbeitung der Preissignale**
Die Preissignale werden auf Basis der bereits gesendeten Preissignale, der gemessenen Last sowie des zukünftig zu realisierenden Residuallastgangs (siehe Kapitel 2.5.3, dynamische Preise, S. 27ff.) generiert. Dazu muss insbesondere die gemessene Gesamtlast der beeinflussten Haushalte hinreichend schnell erfasst und weiterverarbeitet werden. Ersatzwertverfahren, die z. B. durch eine zeitverzögerte Datenübermittlung einzelner Zählstellen erforderlich werden, verschlechtern die Qualität der Eingangsdaten zur Preisgenerierung erheblich. Das Verfahren mit künstlichen neuronalen Netzen ist zwar robust, jedoch nur, so lange die Qualität der Eingabedaten im Training auch der Qualität der später real genutzten Daten entspricht. Eine konstante Datenqualität ist daher von Vorteil. Im Testsystem für den Feldversuch erfolgt die Preisgenerierung im Batchbetrieb unter Beachtung des verbindlichen Preiszeitraums. Aufgrund des Festpreiszeitraums werden die Steuerungsmöglichkeiten des Preismodells nicht ausgereizt, da dieses spätestens alle zwei Stunden das Erzeugen eines neuen Preissignals erlaubt.
Die generierten Preissignale müssen anschließend an intelligente Geräte und Anzeigesysteme (im Feldversuch ein iPad) für Haushaltskunden übermittelt werden. Entsprechend dem Preismodell müssen die einzelnen Preisinformationen spätestens sechs Stunden wirksam beim Endkunden vorliegen. Im Rahmen von Smart Watts werden die Preisinformationen von dem Smart-Meter-Gateway von der Datenzentrale abgeholt und an den EEBus weiterverteilt. Innerhalb der Haushalte werden Preisänderungen bei Wirksamwerden per EE-Bus über Powerline, ZigBee-Funk oder IP-Netzwerk (LAN und WLAN) verteilt. Wie u. a. in den Kapiteln 3.3.4.3 (siehe S. 126ff.), Kapitel 4.11.2 (siehe S. 251ff.) und Kapitel 5.1.1.3 (siehe S. 257) erläutert, ist in der Praxis mit Störungen der Kommunikationswege zu rechnen. Zur rechtssicheren Abrechnung muss eine Kontrolle der

tatsächlich beim Kunden bekannten Preise erfolgen. Diese Kontrolle soll sich auf alle beteiligten Geräte beziehen.

## 5.2 Transfer

### 5.2.1 Ergebniszuordnung wichtigster Resultate

| Kategorie | Name | Konsortialpartner |
|---|---|---|
| Standard | EEBus (s. Smart Grid Normungsroadmap 2.0) | *Kellendonk Elektronik* |
| Prototyp | EEBus-Prototypen (alpha-InnoTec, E.G.O., LG, Liebherr, Miele, Vaillant) – weiße und rote Warte, EMG, Nachrüstung | *Kellendonk Elektronik* |
| Kooperation | *EEBus-Initiative e. V.* | *Kellendonk Elektronik* |
| Prototyp | iOS-App | *Kellendonk Elektronik* |
| Standard | Security-Token in der Energiewirtschaft | *FIR an der RWTH Aachen* |
| Standard | ENS – Energy-Name-Service | *FIR an der RWTH Aachen* |
| Prototyp | Smart Market – Hochautomatisierte Energie-handelsplattform | *Soptim* |
| Prototyp | Smart Balancing | *PSI* |
| Prototyp | Smart Forecasting | *PSI* |
| Prototyp | Smart Information and Advice | *PSI* |
| Prototyp | Smart Accounting | *PSI* |
| Prototyp | Smart-Meter-Gateway | *utilicount* |
| Prototyp | Gateway-Basissoftware | *utilicount* |
| Prototyp | Gateway-Applikationen | *utilicount* |
| Prototyp | Datenzentrale/MDM | *utilicount* |
| Modell | Dynamische Bezugskonditionen | *utilicount* |

Die Transfer- und Verwertungsaktivitäten werden in den Erfolgskontrollberichten genauer spezifiziert. An dieser Stelle sollen drei wesentliche Aktivitäten vorgestellt werden.

### 5.2.2 Demonstrator

Der Smart-Watts-Demonstrator stellt einen Teil der Konsortialergebnisse der einzelnen Teilvorhaben in leicht verständlicher und anschaulicher Art und Weise zur Verfügung, um auch fachfremde Interessierte in die Thematik einführen und an den Erkenntnissen des Forschungsvorhabens teilhaben lassen zu können. Die erzielten Ergebnisse sind hierzu in vier funktionellen Demonstratormodulen zusammengefasst, die nicht nur der Präsentation dienen, sondern teils auch interaktive Elemente aufweisen, sodass z. B. der in Smart Watts durchgeführte Feldversuch am Modell praktisch nachvollzogen werden kann.

#### 5.2.2.1 Demonstratormodul Smart Demand/Smart City

**Bild 134: Übersicht des Demonstratormoduls "Smart Demand" und "Smart City"**

Das Smart-Demand-/Smart-City-Modul des Demonstrators dient der Darstellung eines Beispielhaushalts innerhalb des intelligenten Stromnetzes. Dafür werden zwei Haushaltsgeräte in Form von kleinen Modellhaushaltsgeräten verwendet. Es stellt ein Modell eines Feldversuchsteilnehmers dar. Eine Wasch- und eine Spülmaschine repräsentieren gängige, periodisch eingesetzte Stromverbraucher in einem durchschnittlichen Haushalt. Die Geräte sind jeweils über ein Netzteil an sogenannte Smart Plugs angeschlossen, die wiederum über Standardsteckdosen mit dem Stromnetz verbunden sind.

Die Smart Plugs erhalten mittels ZigBee Preissignale aus dem Netz und können entsprechend der vom Nutzer über das iPad gerätespezifisch eingestellten Schaltschwelle reagieren. Liegt der Strompreis über der Grenze, führt ein negatives Signal an die Smart Plugs dazu, dass kein Strom aus dem Netz bezogen wird. Somit wurde eine automatische Steuerung des Stromverbrauchs der Geräte realisiert.

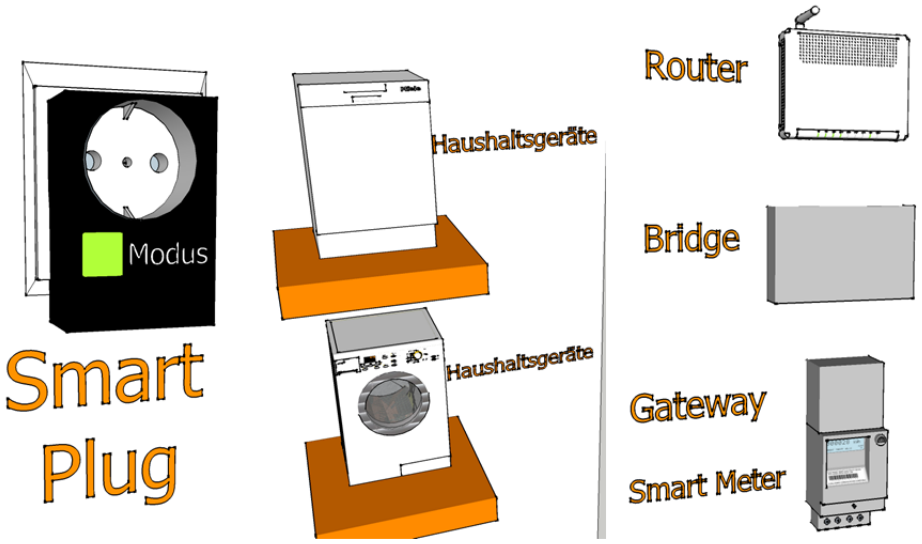



**Bild 135: Schematische Darstellung der einzelnen Feldversuchskomponenten**

Die aktuellen Strompreise werden über einen Router live aus dem Internet von der Datenzentrale gewonnen. Dieser ist über LAN-Kabel mit einer Bridge, einem Gateway, einem Smart Meter und einem iPad verbunden. Außerdem ist über WLAN ein iPad an das Netzwerk angeschlossen. Auf dem iPad werden die Informationen zu den aktuellen Strompreisen genutzt, um den Verbrauch des Haushalts zu Steuern.wieder aufzunehmen und die Haushaltsgeräte können eingesetzt werden.

#### 5.2.2.2 **Demonstratormodul Smart Architecture**

Das Smart-Architecture-Modul dient der Darstellung der drei Teilservices Energy-Security-Service (ESS), Energy-Interface-Service (EIS) und Energy-Name-Service (ENS).

**Bild 136: Schematische Darstellung des Smart-Architecture-Moduls**

Der ESS wird durch eine kontinuierlich laufende Powerpointpräsentation auf dem Fernsehbildschirm dargestellt. Der Vorgang der Zertifizierung durch den ESS bei einem Ummeldevorgang mit den beteiligten Akteuren *Netzbetreiber*, *Alt-* und *Neulieferant* eines *Kunden* wird über ein Sequenzdiagramm anschaulich visualisiert.

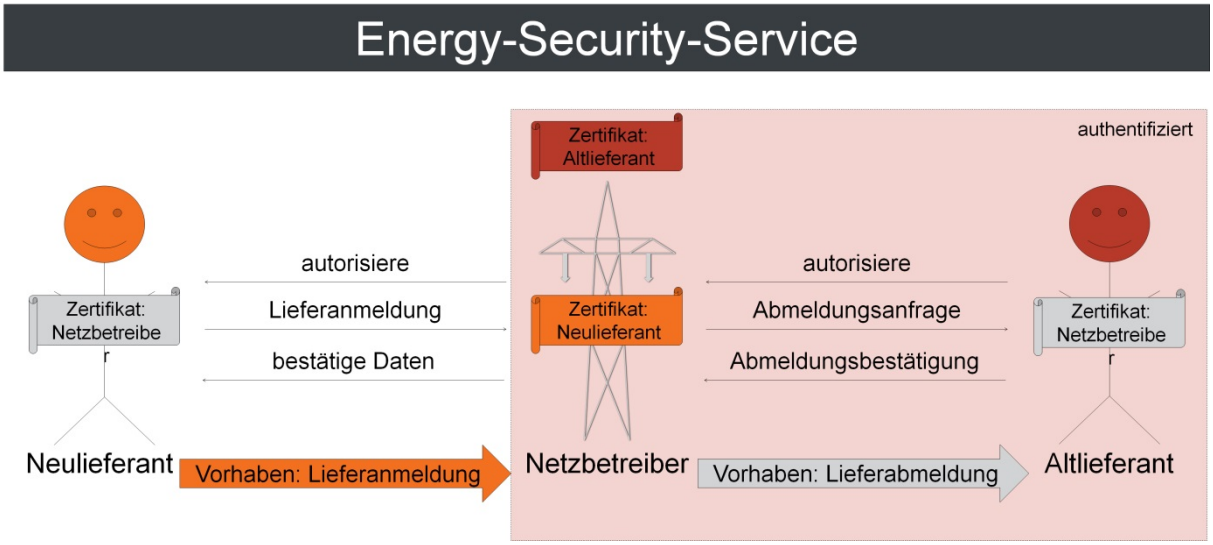



**Bild 137: Bildschirmausschnitt der selbstablaufenden ESS-Präsentation**

Zur Illustration des Energy-Interface-Services wird auf dem Monitor eine Media-Wiki angezeigt, in der alle relevanten Begriffe und Prozesse erklärt werden. So kann sich der Betrachter bei Interesse selbständig zum EIS informieren. Darüber hinaus gibt es eine Rubrik „Rollen im Energiemarkt“, in der alle beteiligten Akteure des Energiemarktes im Smart- Watts-Modell beschrieben werden und wo erläutert wird, wie sie im Zusammenhang stehen.

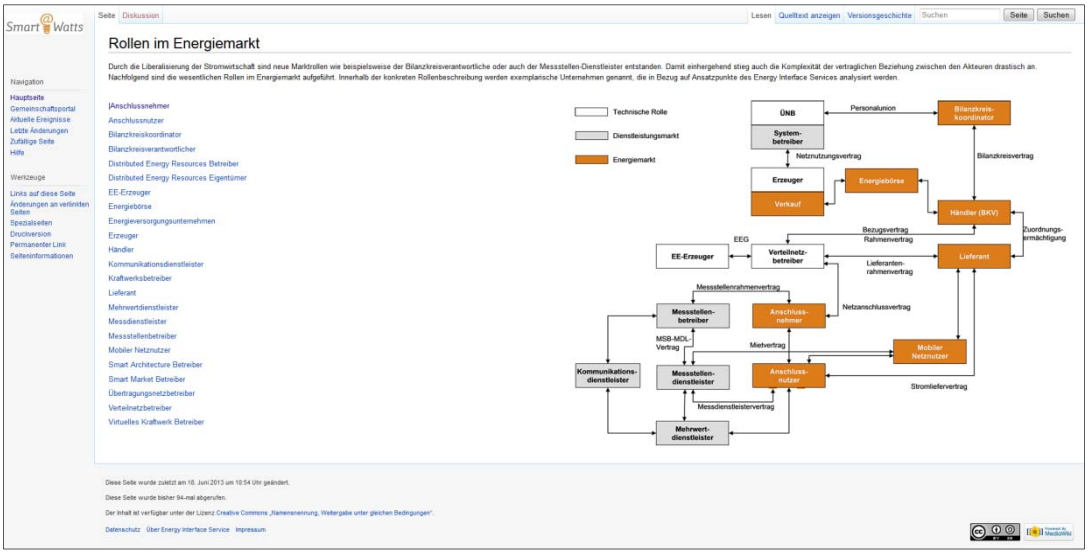



**Bild 138: Bildschirmaufnahme des EIS-Wikis**

Schließlich wird eine App auf dem iPad zur Demonstration des Energy-Name-Service genutzt. Mit der App können verschiedenen Akteuren IDs, wie zum Beispiel Dienstleister und Kunde, zugewiesen werden.

#### 5.2.2.3 **Demonstratormodul Smart Market/Smart Portfolio**

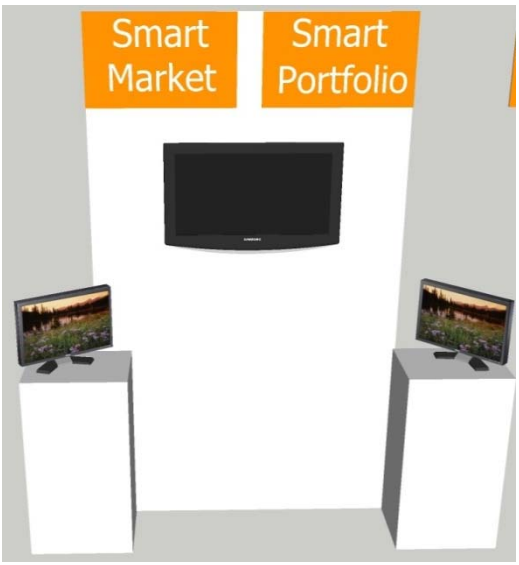



**Bild 139: Schematische Darstellung des Smart-Portfolio-/Smart-Market-Moduls**

Auf dem Fernsehbildschirm wird eine interaktive Szenariopräsentation abgespielt. Dargestellt ist eine kleine Modellstadt zur Demonstration des Smart Grids. Zunächst kann eine Tour abgespielt werden, bei der alle möglichen Szenarien durchgespielt werden und der Betrachter über einen Kommentar Hintergrundinformationen zum Thema geliefert bekommt. Anschließend kann man selbständig über verschiedene Schaltflächen interaktiv die Ausbaustufen des Smart-Grids einstellen und das Resultat, visualisiert in der Modellstadt, betrachten. Dabei bieten sich viele Möglichkeiten, wie der Ausbau der Energiemanagement-

Gateways, die Möglichkeiten der dynamischen Tarife, die Existenz von außertariflichen Anreizen und ob eine Bündelung dezentraler Anlagen erfolgt oder nicht.

**Bild 140: Interaktive Präsentation zur Erklärung des Themenfeldes**

Auf einem Monitor wird das Smart Portfoliomanagementsystem angezeigt.
Der zweite Monitor stellt das vollkommen funktionsfähige Smart-Market-System mit bis zu zehn verschiedenen Agenten dar.

#### 5.2.2.4 **Demonstratormodul Smart Metering**

Auf dem Fernsehbildschirm wird eine Gesamtpräsentation über das Projekt Smart Watts gezeigt.
Der Monitor auf der rechten Seite zeigt eine Gastansicht der Datenzentrale des Live-Systems auf dem alle Prozesse in einer Übersicht erkennbar sind.

### 5.2.3 *EEBus-Initiative e. V.*

Die *EEBus-Initiative e. V.* wurde im April 2012 gegründet, um den im Projekt Smart Watts etablierten EEBus als standardisiertes und konsensorientiertes Vernetzungskonzept von Smart Grid und Smart Home weiterzuentwickeln und im Markt zu etablieren. Als offizielle Plattform für Normungsinitiativen und Meinungsbildung sieht die Initiative ihre Aufgabe darin, die führenden Unternehmen, Verbände und Akteure der deutschen und internationalen Energie- und Elektrowirtschaft zu vernetzen. Diese Mitglieder mit ihren vielfältigen Interessen setzen sich als gemeinsames Ziel, die Zukunft der Energie aktiv mitzugestalten, um nachhaltig mehr Komfort, Versorgungssicherheit und steigende Energieeffizienz zu ermöglichen. Bis zur Mitte des Jahres 2013 konnte die EEBus-Initiative bereits 34 wichtige Industrieunternehmen als Mitglied gewinnen:

Mit dem EEBus-Vernetzungskonzept als technische Grundlage, die hinsichtlich Marktanforderungen, Kundenbedürfnissen und der Praxiserfahrungen der Unternehmen weiterentwickelt wird, soll der EEBus durch einen Normungsprozess definiert und sukzessive auf deutscher, europäischer und globaler Ebene implementiert werden. Dabei wird der Weg der Standardisierung und Normung verfolgt, um bestehende Märkte zusammenzuführen und neue Potenziale zu erschließen.

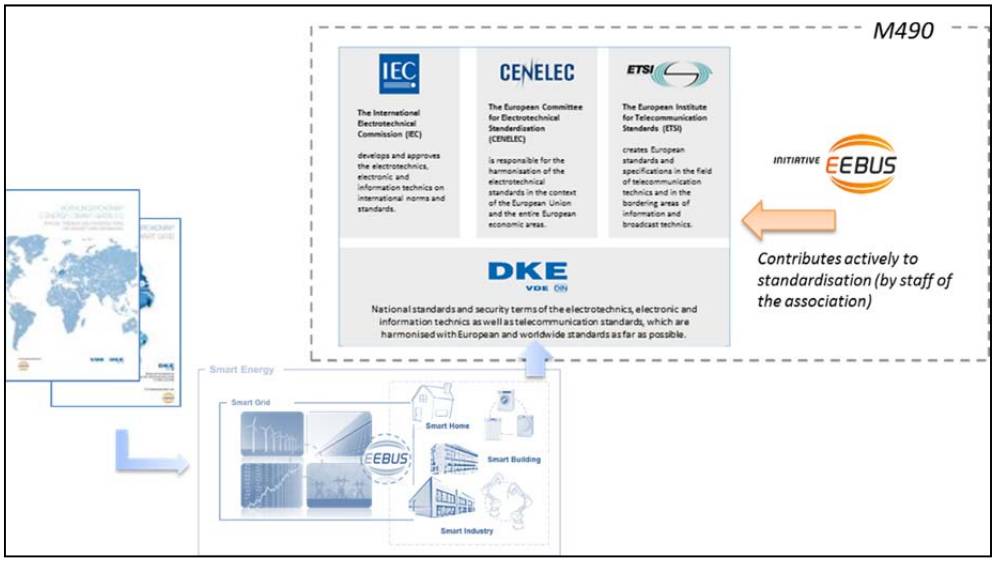



**Bild 141: EEBus – Konsequente Umsetzung der Deutschen Normungsroadmap Smart Grid und des europäischen Mandats M4903**

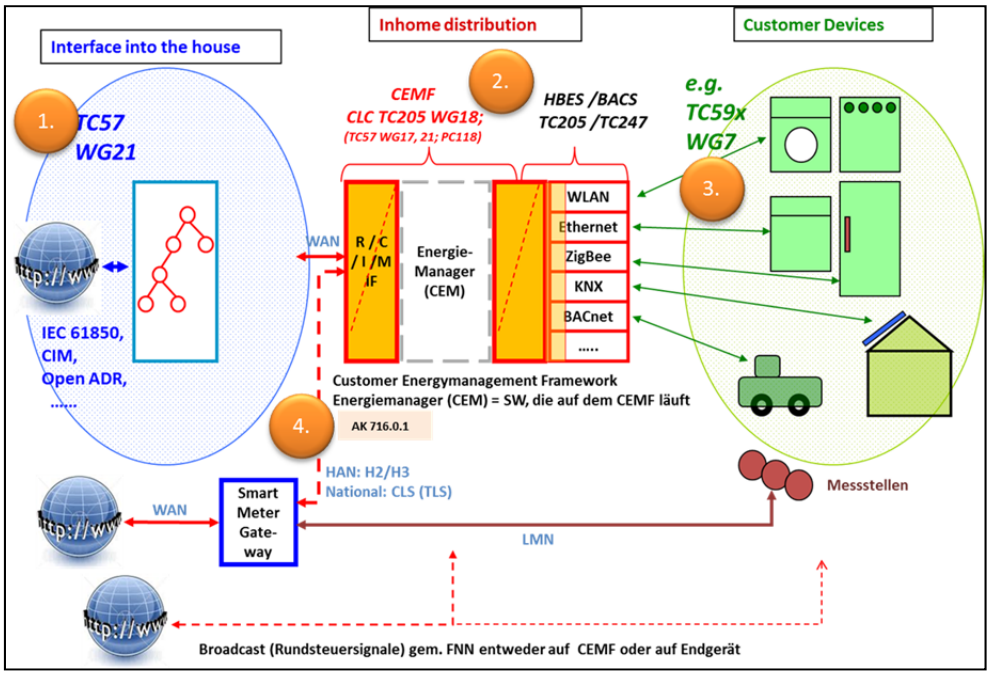



**Bild 142: Normungsaktivitäten der *EEBus-Initiative e. V.***

Die *EEBus-Initiative e. V.* ist ein eingetragener Verein. Vom Vorstand berufene Arbeitsgruppen vertreten seine Interessen und arbeiten aktiv in Normungs- und Forschungsprojekten mit. Taskforces widmen sich Spezialthemen im Bereich der politischen Meinungsbildung. Der Beirat mit Vertretern aus Wissenschaft, Verbänden und internationalen Vereinigungen berät den Vorstand und unterstützt bei der Erreichung der Vereinsziele. Die Geschäftsstelle des Vereins übernimmt die operativen, administrativen und marketingrelevanten Aufgaben.

Zusammenfassend kann man sagen, dass die *EEBus-Initiative* die derzeit führenden deutschen und zunehmend auch internationale Unternehmen zusammengeführt und hier den *EEBus* bekannt gemacht hat, der jetzt dabei ist, sich als Lösung für einen Datenaustausch zwischen Smart-Home- und Smart-Grid-Geräten zu etablieren.

## 5.3 Weiterer Forschungsbedarf

### 5.3.1 Verteilnetze

Zur Zeit der Antragsstellung war der Begriff „Smart Market“ in der Energiebranche noch unbekannt und konnte daher für den Marktplatz im Forschungsvorhaben Smart Watts verwendet werden, ohne damit bestimmte Erwartungen oder Funktionen, die mit dem Namen verbunden wären, erfüllen zu müssen. Heute, über vier Jahre später, ist der Begriff Smart Market eng mit dem Begriff Smart Grid gekoppelt und ist ein abstraktes Konzept zur Kopplung von Netz und Märkten zur Optimierung der Netzauslastung und der Netzausbaukosten.

Der in diesem Projekt entwickelte Smart Market leistet dieses heute nicht, bietet aber bereits einige Voraussetzungen zur Umsetzung eines heutigen Smart Markets, da Automatisierung von kurzfristigen Energiegeschäften im Fokus des Konzepts lag.

Eine Weiterentwicklung des Marktplatzes hätte neue Leistungs- und Blindleistungsprodukte zum Ziel. Diese könnten von Anlagenbetreibern, Großverbrauchern, Lieferanten und Aggregatoren im Verteilnetz vermarktet werden. Der Netzbetreiber müsste hier die Topologie seines Netzes und der Engpässe im Marktplatz abbilden, um an geeigneten Zählpunkten die neuen Produkte einsetzen zu können. Eine Kopplung des Marktplatzes an das Leitsystem des Verteilnetzbetreibers wäre unerlässlich: Über Merit-Order-Listen könnte das Leitsystem die neuen Produkte diskriminierungsfrei aktivieren und damit das Netz in einem stabilen Zustand halten. Zu diesen Themen wurde bereits ein Artikel veröffentlicht - im *Energy 2.0 Kompendium 2013, S. 66 Energieversorgung & Energiewirtschaft*: „Smart Grid und Smart Market -Entwicklungsstand und Herausforderungen für Netzbetreiber“.

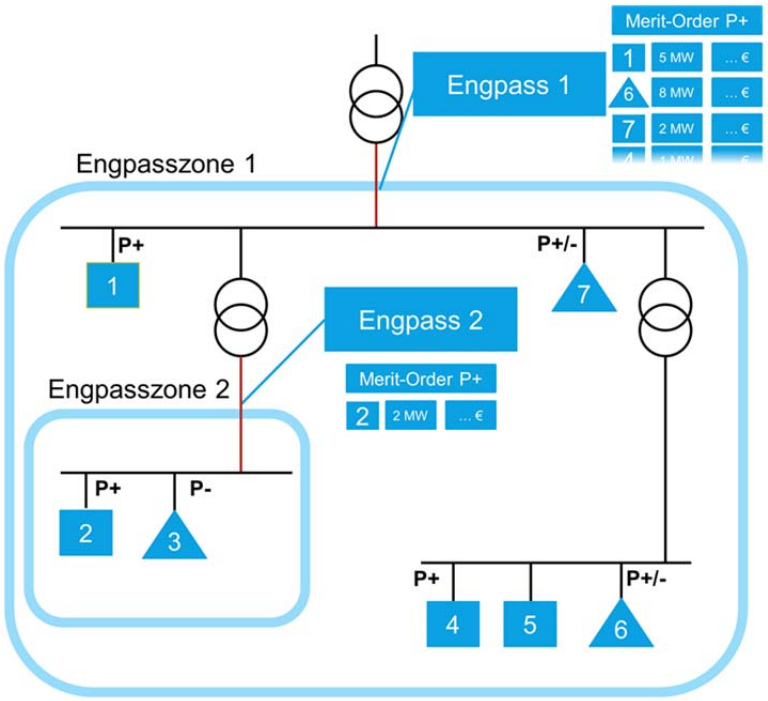



**Bild 143: Engpassmanagement mit Leistungsprodukten**

## 5.3.2 Lastmanagement in der Industrie

Dieses Thema verspricht einiges an Potenzial. Das zu untersuchen, ist die Aufgabe des am 01.05.2013 gestarteten Förderprojekts „Produktionsanlagen mit intelligentem Last- und Energiemanagement“ POLAR. Dieses Projekt wird mit Mitteln des Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen des Förderprogramms KMU-innovativ – Energieeffizienz/ Klimaschutz unter dem Förderkennzeichen 01LY1208 gefördert. Es verfolgt das Ziel, Industrieunternehmen eine universell und wirtschaftlich einsetzbare Lastmanagement- und Energie-Monitoring-Lösung zur Verfügung stellen zu können, die auf der Verwendung preisbasierter Signale basiert. Weitere Informationen unter www.polar-project.net.

### 5.3.3 Integration weiterer Energieformen

Der Fokus in Smart Watts richtete sich auf den Strommarkt, der im Vergleich zum Marktgeschehen anderer Energieformen eine deutlich höhere Dynamik aufweist. Für eine weitergehende Betrachtung empfiehlt sich jedoch eine integrative Betrachtungen weiterer Energieformen für Themen, wie z. B. Querverbundoptimierungen, Power-to-Gas und Power-to-Heat. Für eine anschließende Forschungsstufe bietet sich der Gasmarkt an, da hier ähnlich weitläufige Verteil- und Vertriebsnetze bestehen. Der Faktor der einfachen Speicherbarkeit als auch die einfache Umsetzung von Gas in elektrische Energie sprechen für die gemeinsame Betrachtung. Auf lokaler Ebene könnten auch Forschungsarbeiten zur Integration von Prozessabwärme relevant sein. Auch wenn deren Bedeutung im Rahmen der Energiewende in Deutschland abnimmt, bleiben fossile Energieträger auch in Zukunft noch eine relevante Komponente in der Energiebereitstellung. Durch eine integrative Optimierung unterschiedlicher Energieformen können Kombinationen verschiedener Erlösoptionen virtueller Kraftwerke ermittelt werden.

# Veröffentlichungen im Gesamtvorhaben

## Veröffentlichungen Smart Watts pro Quartal

| | Titel | Quelle | Datum |
|---|---|---|---|
| **Q3 2008** | Smart Watts – Steigerung der Energieeffizienz durch die „intelligente Kilowattstunde“ | Unternehmen der Zukunft | 01.10.2008 |
| | Load Shifting Agents for Automated Demand Side Management in Micro Energy Grids | Second IEEE International Conference on Self-Adaptive and Self-Organizing Systems | 22.10.2008 |
| **Q2 2009** | Gebäudeintelligenz revolutioniert Stromverbrauch | np | 01.06.2009 |
| **Q4 2009** | Entwicklung eines Referenzmodells für die Stromwirtschaft | Unternehmen der Zukunft | 01.10.2009 |
| | The Internet of Energy – Modelling a secure and semantic communication architecture for inter-organisational business processes within the German energy sector | eChallenges 2009 | 22.10.2009 |
| **Q1 2010** | Smarte Gerätevernetzung | Energy 2.0 | 01.01.2010 |
| | Modellregion Aachen testet das Energiesystem der Zukunft | Smart Energy | 01.03.2010 |
| **Q2 2010** | Smart Energy - die Gebäudeinfrastruktur der Zukunft | np | 01.06.2010 |
| | Informationsrouting für Smart Devices durch den Energy Name Service | Smart Wheels Konferenz | 29.06.2010 |
| **Q3 2010** | EEBus unterstützt Verbrauchssteuerung | BWK | 01.07.2010 |
| | Reference Process Modelling for Utility Companies | It – Information Technology | 01.09.2010 |
| | Anwendung der enhanced Telecom Operations Map auf Dienstleistungsunternehmen in der Stromwirtschaft am Beispiel eines Prozesse im Bereich Messwesen | Mobis 2010 | 18.09.2010 |
| **Q4 2010** | Effiziente Prozesse in der Stromwirtschaft | Unternehmen der Zukunft | 01.10.2010 |
| | Identifikations- und Verzeichnisdienst für das Internet der Energie | Unternehmen der Zukunft | 01.10.2010 |
| | Smart Borders: Intelligente Energieversorgung und -verwendung kennt keine Grenzen | Unternehmen der Zukunft | 01.10.2010 |
| | An ICT Architecture to support business processes in the Internet of Energy | eChallenges 2010 | 28.10.2010 |
| | Intelligente Steckdosen und sprechende Kühlschränke | Markt & Technik | 12.11.2010 |
| | Home Management | GD | 01.12.2010 |
| | Der Umstieg auf den Ansatz vollzieht sich | GD | 01.12.2010 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | schnell | | |
| **Q1 2011** | Allianz für intelligentes Energiemanagement | BUSSysteme | 01.01.2011 |
| | Home-Automation vor dem Durchbruch | Energie & Technik | 01.02.2011 |
| | Die intelligente Verbindung von Energieversorger und privaten Haushaltsgeräten | messekompakt.de | 01.02.2011 |
| | "Starke Marken" setzen Zeichen für die Zukunft des Smart Homes | building&automation | 01.03.2011 |
| | Der EEBus - Ein Standard für eine optimierte Energieversorgung der Zukunft | TAB | 01.03.2011 |
| **Q2 2011** | EE-Bus vernetzt Energiewirtschaft mit dem smarten Konsumenten | building&automation | 01.04.2011 |
| | Informationsrouting für Smart Devices durch den Energy Name Service | Vortrag im Rahmen der HMI, Hannover | 05.04.2011 |
| | Smart Watts - die intelligente Kilowattstunde im Internet der Energie | Vortrag im Rahmen des ETG Symposiums, Darmstadt | 13.04.2011 |
| | EEBus soll internationaler Standard werden | GD | 01.05.2011 |
| | Wachstumsmarkt "Smart Home" | MGT | 01.05.2011 |
| | Normungsroadmap für das Smart Grid auf gutem Wege | VDE Dialog | 01.05.2011 |
| | Vom Smart Home ins Smart Grid | Energie & Technik | 01.06.2011 |
| | Smart Watts: Im Internet der Energie | Unternehmen der Zukunft | 01.06.2011 |
| **Q3 2011** | Smart Home/ Smart Building durch den EEBus | Energie & Technik | 28.09.2011 |
| **Q4 2011** | Die Zukunft des Smart Homes | de | 01.10.2011 |
| | Measuring Business Effects based on Data and Information Quality-Management-Efforts | eChallenges 2011 | 27.10.2011 |
| | KNX - Kolloquium 2011 Frankfurt am Main | BUSsysteme | 28.10.2011 |
| | Moderation des Moduls „Energiesysteme im Wandel – Transformationsprozesse gestalten“ | DENA Energieeffizienzkongress | 21.-22.11.2011 |
| **Q1 2012** | Dolmetscher zwischen den Welten - Interview mit Dipl.-Ing. Peter Kellendonk | BUSsysteme | 01.01.2012 |
| | Neue Energie - neue Lösungen | BUSsysteme | 01.01.2012 |
| | Die intelligente Kilowattstunde - Smart Watts | E-Energy Infoheft des BMWi | 01.01.2012 |
| | Investitionssicherheit durch einheitliche Standards | GD | 01.01.2012 |
| | Auf dem Weg zum Standard | GD | 01.01.2012 |
| | Vernetzungskonzept für Energieeffizienz und Wohnkomfort | Smart Energy | 01.01.2012 |
| | *BMWi* gibt Einblick in E-Energy-Modellprojekte | Mittelstandwiki | 01.03.2012 |
| **Q2 2012** | Microgrids: Inseln der Netzseligkeit | Energy 2.0 | 01.04.2012 |
| | Neue Koalition fürs vernetzte Heim | FTD | 24.04.2012 |
| | China verspricht besseren Patentschutz | Rheinische Post | 24.04.2012 |
| | Zukunftsfähig vernetzt mit dem EEBus | Energy 2.0 | 01.05.2012 |
| | Mit Energie die Zukunft gestalten | ew | 29.05.2012 |
| | Mit der „intelligenten | Unternehmen der Zukunft | 01.06.2012 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Kilowattstunde“ zu mehr Effizienz und Kundennutzen | | |
| | Heimvernetzung über Hersteller- und Branchengrenzen hinweg | Financial Times Deutschland | 05.06.2012 |
| | Miele und Eon verbünden sich bei Energiewende | Rheinische Post | 27.06.2012 |
| | Warum die Waschmaschine schweigt | taz.de | 29.06.2012 |
| **Q3 2012** | Schnittstelle zwischen Versorger und Verbraucher | der Facility Manager | 01.07.2012 |
| | Dolmetscher für einen Toaster | Kölner Stadtanzeiger | 24.07.2012 |
| | Warteschleife für das intelligente Haus | VDI Nachrichten | 17.08.2012 |
| | Die Trends der IFA | Rheinische Post | 30.08.2012 |
| | Die neue Schaltzentrale | FTD | 31.08.2012 |
| | Security-Token in der Energiewirtschaft | Arbeitskreis „Smart Grid“ des Bundesverbands IT-Sicherheit e.V. (TeleTrusT) | 13.09.2012 |
| **Q4 2012** | Smart Watts: Im Internet der Energie - Geschäftsmodellentwicklung für die Smart Architecture | Unternehmen der Zukunft | 01.10.2012 |
| | Services in the Internet of Energy | eChallenges 2012 | 17.10.2012 |
| | Value Added Services in the Energy Sector – A structured development approach | eChallenges 2012 | 17.10.2012 |
| | Deduction and Validation of Target Processes for the Internet of Energy | eChallenges 2012 | 17.10.2012 |
| | Approaches for an Information Logistics Concept for Centralizing and Standardizing Data Exchange in the Internet of Energy | eChallenges 2012 | 17.10.2012 |
| | Utilizing lessons learned from the telecommunication industry for the Internet of Energy - On-going research on a structured development approach for Value Added Services in the energy sector | eChallenges 2012 | 17.10.2012 |
| | Technisch ist alles drin | elektrobörse SmartHouse | 01.11.2012 |
| | Smart Watts - Bausteine des Projekts und Erfahrungen aus dem Feldversuch | VKU-IT Konferenz „Zukunftsfähige IT-Strategien für Stadtwerke“ | 06.11.2012 |
| | Köln inside! Intel kauft geniale Idee von Erfinder | BILD Köln | 08.11.2012 |
| | Nachhaltig wirtschaften und die Zukunft gestalten | Kölnmagazin | 21.11.2012 |
| | Vielseitiges Wirtschafstgebiet - "Am Butzweilerhof" | Kölnmagazin | 21.11.2012 |
| | Orchestrating the Smart Grid. The Smart Watts Architecture for the Internet of Energy | 5th International Conference on Integration of Renewable Energy and Distributed Energy Resources | 04.12.2012 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Services in the Internet of Energy | 5th International Conference on Integration of Renewable Energy and Distributed Energy Resources | 04.12.2012 |
| **Q1 2013** | Frage des Monats… steht das Smart Home vor dem Durchbruch? | BIZ Energy Today | 01.02.2013 |
| | Smart Home steht vorm Durchbruch | BIZ Energy Today | 01.03.2013 |
| | Smart Home eines der Topthemen auf der ISH 2013 | enbausa.de | 05.03.2013 |

# Literaturverzeichnis


BEMMANN, U.: Virtuelle Kraftwerke: Intelligente dezentrale Stromproduktion auf Basis von Erneuerbaren Energien und KWK. Im Rahmen des Workshops des Bundesumweltministeriums "Perspektiven der Brennstoffzelle". Hg. v. Institut für ZukunftsEnergieSysteme. Berlin.

BDEW BUNDESVERBAND DER ENERGIE- UND WASSERWIRTSCHAFT E.V.: Kommunikationsrichtlinie. http://www.edi-energy.de/files2/Kommunikationsrichtlinie_2_2_20121001.pdf. zuletzt geprüft: 19.08.2014.

BDEW BUNDESVERBAND DER ENERGIE- UND WASSERWIRTSCHAFT E.V.: Informationsplattform zu den Datenformaten im deutschen Energiemarkt. http://www.edi-energy.de/ zuletzt geprüft: 19.08.2014.

BRAUNER, G.; PÖPPL, G.; TIEFGRABER, D.: Verbraucher als virtuelles Kraftwerk: Potentiale für Demand Side Management in Österreich im Hinblick auf die Integration von Windenergie. In: Berichte aus Energie- und Umweltforschung 44 / 2006, S.16.

BSI BUNDESAMT FÜR SICHERHEIT IN DER INFORMATIONSTECHNIK: BSI TR-03109-1, Anlage 5. https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/Publikationen/TechnischeRichtlinien/TR03109/TR-03109-1_Anlage_Anforderungen_zum_Betrieb_beim_Administrator.pdf?__blob=publicationFile. zuletzt geprüft: 19.08.2014.

BULLINGER, H. J.; TEN HOMPEL, M.: Internet der Dinge: www.internet-der-dinge.de. Springer, Berlin [u. a.] 2008.

BMWI BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND TECHNOLOGIE: E-Energy Förderprogramm. http://e-energy.de/de/auf_einen_blick.php. zuletzt geprüft: 17.05.2013.

BNETZA BUNDESNETZAGENTUR: Markt und Wettbewerb Energie Kennzahlen 2010. http://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Allgemeines/Bundesnetzagentur/Publikationen/MarktWettbewerb/Brosch%C3%BCreMarktWettbewerbEnergieKennzahlen2010pdf.pdf?__blob=publicationFile&v=2. zuletzt geprüft: 19.08.2014.

COASE, R. H.: The Nature of the Firm. In: *Economica* 4 (16), S. 386–405. Blackwell Publishing, London 1937.

DIDDEN, M. H.; D'HAESELEER, W. D.: Demand Side Management in a competitive European market. Who should be responsible for its implementation?, Bd. 31, S. 1307–1314. http://ac.els-cdn.com/S0301421502001891/1-s2.0-S0301421502001891-main.pdf?_tid=dd596d3c-bef9-11e2-bd4c-00000aacb360&acdnat=1368799294_934ab34a932d80361b530993d942e13a. zuletzt geprüft: 19.08.2014.

DÜTSCHKE, E.; UNTERLÄNDER, M.; WIETSCHEL, M.: Variable Stromtarife aus Kundensicht – Akzeptanzstudie auf Basis einer Conjoint-Analyse, Karlsruhe, S.14., 2012.

ERNST & YOUNG: Abschlussbericht zur Kosten-Nutzen-Analyse für einen flächendeckenden Einbau von intelligenten Messsystemen und Zählern.

http://www.bmwi.de/DE/Mediathek/publikationen,did=586064.html.
zuletzt geprüft: 19.08.2014.

EU EUROPÄISCHES PARLAMENT UND RAT DER EUROPÄISCHEN UNION: Richtlinie 96/92/EG des Europäischen Parlaments und des Rates betreffend gemeinsame Vorschriften für den Elektrizitätsbinnenmarkt, 1996. http://www.iwr.de/re/eu/recht/gesetz1.html. zuletzt geprüft: 19.08.2014.

EU EUROPÄISCHES PARLAMENT UND RAT DER EUROPÄISCHEN UNION: Richtlinie 2003/54/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Juni 2003 über gemeinsame Vorschriften für den Elektrizitätsbinnenmarkt und zur Aufhebung der Richtlinie 96/92/EG (Amtsblatt http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/ALL/?uri=CELEX:32003L0054 Stand: 19.08.2014.

EU EUROPÄISCHES PARLAMENT UND RAT DER EUROPÄISCHEN UNION: Richtlinie 2012/27/EU des europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Oktober 2012 zur Energieeffizienz, zur Änderung der Richtlinien 2009/125/EG und 2010/30/EU und zur Aufhebung der Richtlinien 2004/8/EG und 2006/32/EG http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:315:0001:0056:DE:PDF zuletzt geprüft: 19.08.2014.

FRAUNHOFER GESELLSCHAFT IIS: Einsatzmöglichkeiten der Mikrosystemtechnik in der dezentralen Energietechnik (Kurzversion), 2006. http://www.ffe.de/download/kurzberichte/I2ERN_kurz.pdf. zuletzt geprüft: 19.08.2014.

HANITSCH, R.; LOCH, J.-M.; MELCHERT, A.; LEITNER, K.; KOHLER, M.; FRÜHWIRTH, B.: Zeitvariable lineare Stromtarife - eine empirische Untersuchung im Versorgungsgebiet der Berliner Kraft- und Licht (BEWAG)-Aktiengesellschaft. Bewag und SenStadtUm, Berlin 1993.

HAUTTEKEETE L., STRAGIER J., HAERICK W., DE MAREZ L.: Smart, smarter, smartest… the consumer meets the smart electrical grid. In: Proc 9th Conference on Telecommunications Internet and Media Techno Economics (CTTE). Ghent 2010.

KLOBASA, M.; ERGE, T.; BUKVIC-SCHÄFER, A. S.; HOLLMANN, M.: Demand Side Management in dezentral geführten Verteilnetzen. Erfahrungen und Perspektiven. In: 11th Kasseler Symposium Energy Systems Technology. Kassel 2006.

LEBEAU, H.; BECKER, B.: EDIFACT-Nachrichtentypen für den Datenaustausch im deutschen Strommarkt, 2000. http://www.bdew.de/bdew.nsf/files/M_28_2000.pdf/$FILE/M_28_2000.pdf. zuletzt geprüft: 19.08.2014.

LEBEAU, H.; BECKER, B.: EDIFACT-Nachrichtentypen für den elektronischen Datenaustausch im EDIFACT-Nachrichtentypen für den elektronischen Datenaustausch im deutschen Strommarkt, 2006.

MÜLLER-KIRCHENBAUER, J.; ZENKE, I.: Wettbewerbsmarkt für Regel- und Ausgleichsenergie. In: *et - Energiewirtschaftliche Tagesfragen* 51 (11), S. 696 – 702.

NITSCH, J.; PREGGER, T.; SCHOLZ, Y.; NAEGLER, T.; STERNER, M.; GERHARDT, N.: Leitstudie 2010. Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren

Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global. Stuttgart, Kassel, Teltow 2010.

RICHTER, J.-P. : Wann liefert eine Serviceorientierte Architektur echten Nutzen?.http://subs.emis.de/LNI/Proceedings/Proceedings64/GI-Proceedings.64-21.pdf. zuletzt geprüft: 19.08.2014.

SCHÄFFLER, H.: Smart Metering in Deutschland. Stand und Trends in der deutschen Energiewirtschaft. Marktreport des Fraunhofer ISE. Fraunhofer ISE, Freiburg 2006.

SCHÄFFLER, H.: Flexibilisierung der Verteilnetze durch Smart Metering und Lastmanagement. ZVEI-Fachkongress Energie im Dialog. Gelesenkirchen 07.11.2006.

SCHÄFFLER, H.: Smart Metering. AMM-Systeme in Deutschland. Marktreport des Fraunhofer ISE. Fraunhofer ISE, Freiburg 2007.

STRASSNER, M.: RFID im Supply Chain Management. Auswirkungen und Handlungsempfehlungen am Beispiel der Automobilindustrie.Deutscher Universitäts Verlag, Wiesbaden 2005.

WIK-CONSULT; FHG VERBUND ENERGIE: Potenziale der Informations- und Kommunkations-Technologien zur Optimierung der Energieversorgung und des Energieverbrauchs (eEnergy). BMWi, Bad Honnef 2006.

WILLIAMSON, O. E.: The Economic Institutions of Capitalism. Firms, Markets, Relational Contracting. In: Cornelius Boersch und Rainer Elschen (Hg.): Das Summa Summarum des Management. Gabler, Wiesbaden 2007, S. 61 – 75.

# Glossar/Abkürzungsverzeichnis

| Abkürzung | Begriff | Erläuterung |
|---|---|---|
| ACK | Acknowledgement | Bestätigung (einer Datenübertragung) |
| AES | Advanced Encryption Standard | Verschlüsselungsalgorithmus |
| ANU | Anschlussnutzer | - |
| - | Anycast | Adressierungsart in Computernetzen, bei der ein einzelner Rechner aus einer Gruppe von Rechnern über eine Adresse angesprochen wird und jeweils derjenige mit der kürzesten Route angesprochen wird |
| AS2 | Applicability Statement 2 | Übertragungsweg bei der Übermittlung von Nachrichten über das Internet |
| - | Avahi Dienst | Technik zur Vernetzung von Geräten in einem lokalen Netzwerk |
| BZA | Bezugsattribut | - |
| BZE | Bezugselement | - |
| BzK | Bezugskondition | - |
| - | Bilanzkreis | Zusammenfassung von Stromkunden und Stromlieferanten auf einem liberalisierten Strommarkt, der den Übertragungsnetzbetreibern die Möglichkeit gibt, die Einspeisungen und Entnahmen zu saldieren |
| BHKW | Blockheizkraftwerk | - |
| - | Bridge | siehe Energiemanagement-Gateway |
| - | Broadcast | Adressierungsart in Computernetzen, bei der mehrere Rechner über einen einzelnen angesprochen werden |
| GFI | Brokerplattform | bietet institutionellen Kunden Brokerdienstleistungen an |
| BaFin | Bundesamt für Finanzdienstleistungsaufsicht | beaufsichtigt und kontrolliert alle Bereiche des Finanzwesens in Deutschland |
| BSI | Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik | - |
| BDSG | Bundesdatenschutzgesetz | - |
| BMWi | Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie | - |

| | | |
|---|---|---|
| BNetzA | Bundesnetzagentur | hat die Aufrechterhaltung und Förderung des Wettbewerbs in Netzmärkten zur Aufgabe |
| - | CE-Kennung | hiermit erklärt der Hersteller, dass sein Produkt den geltenden Anforderungen genügt, die in den Harmonisierungsrechtsvorschriften der Gemeinschaft über ihre Anbringung festgelegt sind |
| CSV | Character Seperated Values | Datenformat |
| COP | Coefficient Of Performance | zu Deutsch Leistungszahl, der Quotient aus der Wärme, die in den Heizkreis abgegeben wird, und der eingesetzten Energie |
| CENELEC | Comité Européen de Normalisation Électrotechnique | Europäisches Komitee für elektrotechnische Normung |
| | Commodity-Produkt | Produkte, die austauschbar sind |
| CIM | Common-Information-Model | Standard für das Management von IT-System |
| CRM | Costumer-Relationship-Management | Kundenbetreuung |
| - | Dargebot | die einer Anlage zur Verfügung stehende Menge |
| DZ | Datenzentrale | - |
| DSM | Demand-Side-Mangement | Steuerung der Nachfrage nach netzgebundenen Dienstleistungen |
| DMZ | Demilitarisierte Zone | Trennung von eigenem Netz und Internet durch je ein Firewall |
| DKE | Deutsche Kommission Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik | VDE-Normungsorganisation |
| DWD | Deutscher Wetterdienst | - |
| DSL | Digital Subscriber Line | eine Reihe von Übertragungsstandards in der Bitübertragungsschicht |
| DER | Distributed Energy Resources | Tendenziell kleine Anlagen zur Stromerzeugung |
| DNS | Domain Name System | Dienst zur Beantwortung von Anfragen zur Namensauflösung im Internet |
| DHCP | Dynamic Host Configuration Protocol | Tool zur Netzwerkkonfiguration mit Clients |
| EMV | Elektromagnetische Verträglichkeit | - |
| eHZ | elektronischer Haushaltszähler | - |

| | | |
|---|---|---|
| EMG | Energiemanagement-Gateway | Auch EEBus-Bridge, mitunter auch Smart Home Gateway genannt, hat dieses Gateway die Aufgabe, die Informationen zwischen Smart-Meter-Gateway, Haushaltsgeräten, Internetverbindungen und Visualisierungsgerät auszutauschen und zu managen. |
| EDL | Energiedienstleister | - |
| EVU | Energieversorgungsunternehmen | - |
| EnWG | Energiewirtschaftsgesetz | enthält grundlegende Regelungen zum Recht der leitungsgebundenen Energie |
| EDS | Energy-Discovery-Service | Basisservice der Smart Architecture |
| EIS | Energy-Interface-Service | Basisservice der Smart Architecture |
| ELS | Energy-Lookup-Service | Basisservice der Smart Architecture |
| EMIM | Energy-Market-Information-Management | Datenzentrale in einer Sterntopologie zur Verwaltung aller Nachrichten |
| ENS | Energy-Name-Service | Basisservice der Smart Architecture |
| ERS | Energy-Registry-Service | Basisservice der Smart Architecture |
| ESS | Energy-Security-Service | Basisservice der Smart Architecture |
| EE | Erneuerbare Energien | - |
| EEG | Erneuerbare-Energien-Gesetz | regelt die bevorzugte Einspeisung von erneuerbaren Energiequellen in das Stromnetz und garantiert deren Erzeugern feste Einspeisevergütungen |
| EA | Erzeugungsanlagen | - |
| - | Ethernet | ermöglicht den Austausch von Daten in einem lokalen Netzwerk |
| ECC | European Commodity Clearing | Clearinghaus der EEX mit Sitz in Leipzig |
| EEX | European Energy Exchange | Marktplatz für Energie |
| EPEX | European Power Exchange | Energiebörse |
| ETSI | European Telecommunications Standards Institute | Europäisches Institut für Telekommunikationsnormen |
| XML | Extensible-Markup-Language | Auszeichnungssprache zur Darstellung strukturierter Daten |
| FTP | File-Transfer-Protocol | Netzwerkprotokoll |

| | | |
|---|---|---|
| F&E | Forschung und Entwicklung | - |
| FSK | Frequency Shift Keying | zu Deutsch: Frequenzumtastung |
| - | Friendly-User | Testgruppe, die im Vorfeld des Tests ein positives Bild zu dem Testprodukt/der Testdienstleistung hat |
| - | Gateway | Kurzform – in dieser Form ist das Smart-Meter-Gateway gemeint |
| GW | Gateway | - |
| GPRS | General-Packet-Radio-Service | paketorientierter Dienst zur Datenübertragung |
| GPKE | Geschäftsprozesse für Kundenbelieferung mit Elektrizität | haben das Ziel einer Vereinheitlichung von Geschäftsprozessen und Datenformaten bei der Abwicklung der Versorgung von Kunden mit Elektrizität im liberalisierten Strommarkt |
| GeLiGas | Geschäftsprozesse Lieferantenwechsel Gas | Regulierte Geschäftsprozesse der Bundesnetzagentur |
| GPKE | Geschäftsprozesse zur Kundenbelieferung mit Elektrizität | Regulierte Geschäftsprozesse der Bundesnetzagentur |
| GSM | Global System for Mobile Communications | Standard für Mobilfunknetze |
| GUI | Graphical-User-Interface | Benutzeroberfläche einer Anwendung |
| HGB | Handelsgesetzbuch | enthält den Kern des Handelsrechts in Deutschland |
| HAN | Home-Area-Network | lokales Rechennetzwerk |
| - | Hub | Netzwerkkomponente |
| - | Inbound-Communication-Layer | interne Kommunikation im EEBus |
| ISM-Band | Industrial, Scientific and Medical Band | Frequenzbereich, welcher durch Hochfrequenzgeräte beansprucht wird |
| IKT | Informations- und Kommunikationstechnologie | - |
| IEC | International Electrotechnical Commission | Internationale Elektrotechnische Kommission mit Sitz in Genf |
| ioe | Internet der Energie | englisch: "internet of energy" |
| - | Intraday-Market | laufende Gebote der Handelsteilnehmer werden verglichen und bei Kompatibilität kommt es zum Handelsabschluss auf dem Markt |
| JSON | JavaScript-Object-Notation | Datenformat zum Datenaustausch in JavaScript |

| | | |
|---|---|---|
| KWK | Kraft-Wärme-Kopplung | gleichzeitige Gewinnung von mechanischer Energie und Wärmenergie |
| KWKG | Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz | regelt die bevorzugte Einspeisung von Energie aus KWK-Anlagen und garantiert deren Erzeugern feste Einspeisevergütungen |
| KNN | Künstliches Neuronales Netz | |
| LM | Lastmanagement | Koordination der Lasten angepasst auf die aktuelle Angebotslage |
| - | Lastverschiebung | Verschiebung einer geplanten Last auf einen späteren Zeitpunkt im Rahmen des Lastmanagements |
| MID | Measuring-Instrument-Device | Messgerät |
| - | Meshed Radio | vermaschtes Funknetz |
| MDL | Messdienstleister | - |
| MSB | Messstellenbetreiber | - |
| MUC | Multi-Utility-Communication | Smart-Meter-Gateway mit Multi-Sparten-Funktionalität (Gas, Wasser, Strom etc.) |
| - | Multicast | Adressierungsart in Computernetzen, bei der von einem einzelnen Rechner mehrere Rechner gleichzeitig angesprochen werden können |
| - | Nahfunk | Kurzstreckenfunkverbindung |
| - | Ontologie | Relationen zwischen Begriffen |
| OFDM | Orthogonal-Frequency-Division-Multiplexing | spezielle Implementierung der Multicarrier-Modulation ein Modulationsverfahren, welches mehrere orthogonale Träger zur digitalen Datenübertragung verwendet |
| - | Outbound-Communication-Layer | externe Kommunikation im EEBus |
| OTC | Over-The-Counter | außerbörslicher Handel zwischen zwei Marktteilnehmern |
| PV | Photovoltaik | - |
| PVA | Photovoltaikanlage | |
| PL | Physical Layer | zu Deutsch: Bitübertragungsschicht |
| PTB | Physikalisch-Technische Bundesanstalt | metrologisches Institut der Bundesrepublik Deutschland mit wissenschaftlich-technischen Dienstleistungsaufgaben |

| | | |
|---|---|---|
| - | Portfolio | Sammlung von Objekten eines bestimmten Typs |
| PLC | Powerline-Communication | Datenkommunikation über Stromnetze |
| PPP | PPP-Tunnel | *Engl. Point-to-Point-of-protocol*, Punkt-zu-Punkt-Tunnel bei Datenübertragung |
| PFC | Price-Forward-Curve | Prognose der Energiepreise auf dem Markt |
| - | Primärenergie | ursprünglich vorkommende Energiequellen wie Gas, Erdöl, Solarenergie etc. |
| PKI | Public-Key-Infrastruktur | System, welches digitale Zertifikate ausstellen, verteilen und prüfen kann und dadurch zur Absicherung rechnergestützter Kommunikation beiträgt |
| Qt | Qt-Laufzeitbibliotheken | C++-Klassenbibliothek |
| RTP | Real-Time-Pricing | zu Deutsch: Echtzeit-Preisgebung |
| - | Redispatch | Verfahren, um die geforderte Reserveenergie zu reduzieren |
| RID | Reference Identification Number | Identifikator, mit dem erfolgreich versendete Nachrichten versehen werden sollen |
| RLM | Registrierende Leistungsmessung | auch: registrierende Lastgangmessung, Messvorgang bei Kunden mit hohem Jahresverbrauch |
| RSA | Rivest, Shamir und Adleman-Kryptosystem | Verschlüsselungsalgorithmus |
| SAP IS-U | SAP-Industry-Solution-Utilities | branchenübergreifende SAP-Softwarelösung, die zur Verwaltung von Kundenstammdaten, Abrechnungen von Dienstleistungen etc. dient |
| SFTP | Secure-File-Transfer-Protocol | Übertragungsweg bei der Übermittlung von Nachrichten über das Internet |
| SSL | Secure-Socket-Layer | siehe auch Transport Layer Security (TLS) |
| - | Security-Token | Hardwarekomponente zur Identifizierung und Authentifizierung |
| - | Semantic Web | Semantisches Netz |
| SOA | Serviceorienterte Architekturen | serviceorientiertes Management- und Softwarearchitekturkonzept |
| - | Sharepoint | Webanwendung von Microsoft die die Zusammenarbeit in Projekten unterstützt |
| SMTP | Simple-Mail-Transfer-Protocol | Übertragungsweg bei der Übermittlung von Nachrichten über das Internet |

| | | |
|---|---|---|
| SSO | Single-Sign-On | erhalt von Rechten und Diensten in einem Rechennetzwerk nach einmaliger Authentifizierung |
| SMA | Smart Architecture | Service Architektur, welche die Nutzung des Internets innerhalb des Smart Grids unterstützt |
| SAN | Smart-Architecture-Nutzer | - |
| - | Smart Grid | zu Deutsch: intelligentes Stromnetz |
| SML | Smart-Message-Language | Ein Kommunikationsprotokoll für Stromzähler für Messdatenaustausch Firmwareupgrades. |
| - | Smart Meter | alternativ: Smart Metering/intelligenter Stromzähler |
| SMGW-Admin | Smart-Meter-Gateway-Administrator | Administrator des Smart Meters |
| - | Smart Card | Chipkarte mit Funktionalität |
| - | SM-Betreiber | Smart Market Betreiber (siehe Smart Market) |
| - | Sportmarkt | Markt, der die elektrische Energieeinspeisung handelt |
| - | Switch | Netzwerkkomponente |
| SIT | Systemintegrationstest | - |
| tLZ | Taktsynchrone Lastgangzähler | Zähler, der Taktsynchronität gewährleistet und dadurch auch nach Stromausfällen verlässliche Messdaten liefert |
| TAM | Technology-Acceptance-Model | Modell zur Akzeptanzanalyse von Technologie |
| | Terminmarkt | Ort, an dem Angebot und Nachfrage nach Termingeschäften aufeinandertreffen |
| TCP/IP | Transmission-Control-Protocol/ -Internet-Protocol | Netzwerkprotokolle zum Austausch im Internet |
| TLS | Transport-Layer-Security | Verschlüsselungsprotokoll zur Datenübertragung im Internet |
| - | Unbundling | Entkopplung der an den verschiedenen Prozessen der<br>Wertschöpfungskette beteiligten Akteure von der Erzeugung bis hin zum Verkauf<br>an den Endabnehmer |
| - | Unicast | Adressierungsart in Computernetzen, bei der jeweils zwei Rechner miteinander kommunizieren |
| UML | Unified-Modeling-Language | grafische Modellierungssprache zur Spezifikation, Konstruktion und Dokumentation von Softwareteilen |

| | | |
|---|---|---|
| UN/ EDIFACT | United Nations Electronic Data Interchange For Administration, Commerce and Transport | Branchenübergreifender, internationaler Standard für ein Format elektronischer Daten |
| UMTS | Universal-Mobile-Telecommunications-System | Standard für Mobilfunknetze |
| - | Use-Case | zu Deutsch: Anwendungsfall |
| - | Value-added Services | Mehrwertdienste des Dienstleisters, die über den normalen Anspruch des Kunden hinaus gehen |
| - | Value-Chain | Wertschöpfungskette |
| VDEW | Verband der Elektrizitätswirtschaft | bündelte und vertrat die Interessen von rund 750 deutschen Energieversorgungsunternehmen gegenüber der Politik |
| VDE | Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik | - |
| VNB | Verteilnetzbetreiber | - |
| VKW | Virtuelles Kraftwerk | Zusammenschaltung mehrerer zumeist kleiner Energieerzeugungseinheiten |
| - | Webfrontend | Oberfläche eines Systems, die direkt am Nutzer ist |
| WiM | Wechselprozesse im Messwesen | Regulierte Geschäftsprozesse der Bundesnetzagentur |
| WAN | Wide-Area-Network | Rechennetz, welches sich im Gegensatz zu LAN etc. über einen weiten geographischen Bereich erstreckt |
| WKA | Windkraftanlage | - |
| - | Workforce-Management | Organisation von Arbeitskräften |
| ZFA | Zähler Fernauslesung | Ablesen der Energiedaten über Datenkommunikationswege |
| - | ZigBee | Industriestandard für Funknetze IEEE 802.15.4 |

fir
an der
RWTH AACHEN