



Kernkompetenzzentrum  
Finanz- & Informationsmanagement



Projektgruppe  
Wirtschaftsinformatik

Diskussionspapier

## Ein IKS gestütztes Modell zur Senkung der direkten Strombezugskosten am Energiemarkt mittels Kundenportfoliogestaltung

von

Michaela Betz<sup>1</sup>, Anna Gründler<sup>1</sup>, Helen Schlott<sup>1</sup>, Robert Thummert<sup>1</sup>,  
Gilbert Fridgen

vorgestellt auf: 12. Internationalen Tagung Wirtschaftsinformatik (WI),  
Osnabrück, Deutschland, März 2015

<sup>1</sup> Studierende des Elitenetzwerkstudiengang "Finanz- & Informationsmanagement"

WI-492

Universität Augsburg, D-86135 Augsburg  
Besucher: Universitätsstr. 12, 86159 Augsburg  
Telefon: +49 821 598-4801 (Fax: -4899)

Universität Bayreuth, D-95440 Bayreuth  
Besucher: F.-v.-Schiller-Str. 2a, 95444 Bayreuth  
Telefon: +49 921 55-4710 (Fax: -844710)



# Ein IKS gestütztes Modell zur Senkung der direkten Strombezugskosten am Energiemarkt mittels Kundenportfoliogestaltung

Michaela Betz<sup>1</sup>, Anna Gründler<sup>2</sup>, Helen Schlott<sup>2</sup>, Robert Thummert<sup>1</sup> und Gilbert Fridgen<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universität Augsburg, <sup>2</sup> Kernkompetenzzentrum Finanz- und Informationsmanagement  
{anna.gruendler, helen.schlott, gilbert.fridgen}@fim-rc.de,  
{michaela.betz, robert.thummert}@student.uni-augsburg.de

**Abstract.** A paradigm shift in electricity markets which is characterized by a higher rate of renewables in energy generation and a stronger position of consumers (demand side management) will be unfolding in the next few years. Thus, new methods for coordinating energy demand and supply have to be found. Information and Communication Techniques (ICT) in combination with concepts from finance and operations research applied to the energy market can shape the role of consumers and deal with the challenges of volatile renewable generation. This paper analyses the effect of portfolio selection in terms of consumer load profiles by building an optimization model. The model enables consumers to combine their load profiles in order to generate benefits from a joint procurement. Thus, consumers benefit from portfolio effects. ICT plays a crucial role, as portfolio selection will be performed using an electronic platform and required data will be collected via smart meter technology. Furthermore, the developed model is evaluated and a possible ICT based concept as a requirement for implementing the model in a broader context is derived.

**Keywords:** Energy Market, ICT, Portfolio Optimization, Smart Meter

## 1 Einleitung

### 1.1 Motivation und Forschungsfrage

Mit dem Amtsantritt der neuen Bundesregierung im Dezember 2013 hat diese die Reform des Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) als ein zentrales Ziel identifiziert. Der am 8. April 2014 beschlossene Gesetzentwurf (Novelle EEG 2014) soll planmäßig am 1. August 2014 in Kraft treten. Bei der Erarbeitung steht die Regierung vor der Herausforderung, zwei nicht kongruente Ziele zu vereinbaren: Durch den beschlossenen Ausstieg aus der Atomenergie muss die Entwicklung hin zu einem konsequent wachsenden Anteil der erneuerbaren Energien an der Energieversorgung gesichert werden, d.h. regenerative Energien, und damit auch der Ausbau entsprechender Anlagen, sollen weiterhin gefördert werden [7]. Gleichzeitig hat sich in den letzten Jahren durch die starke Förderung, an welcher die Endverbraucher mittels der EEG-Umlage beteiligt werden,

eine starke Strompreissteigerung ergeben. Die EEG-Umlage beträgt aktuell 6,24 Cent je Kilowattstunde (kWh), für einen Haushalt mit einem Jahresverbrauch von 3.500 kWh entstehen daraus jährliche Mehrkosten in Höhe von ca. 220 EUR. Insbesondere die gerechte Verteilung dieser Mehrkosten, ohne dabei die internationale Wettbewerbsfähigkeit von stromintensiven Industrien in Deutschland zu gefährden, stellt die Bundesregierung vor eine große Herausforderung [7]. Dieses Dilemma zeigt sich auch in einer Umfrage des Bundesverbands der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (BDEW), laut welcher ca. 90 Prozent der Bevölkerung in Deutschland die Energiewende befürworten, aber dennoch fast die Hälfte der Befragten der Meinung ist, dass ihr individueller Kostenbeitrag zu hoch sei [3].

Ein besonders großes Problem stellt die EEG-Umlage für kleine und mittlere Unternehmen (KMUs) dar. Auf Grund ihres geringen Gesamtjahresverbrauchs fallen sie nicht unter die Ausnahmeregelungen für energieintensive Unternehmen, welche bei einem Verbrauch von 1 - 10 Gigawattstunden pro Jahr (GWh/a) nur noch 10 Prozent der Umlage bezahlen müssen (§41 Abs. 3, Nr. 1, b EEG). Dabei ist es durchaus möglich, dass der Energiekostenanteil an den Produktionskosten bei kleineren Unternehmen relativ gesehen ähnlich hoch ist, dennoch werden diese mit der vollen Umlage belastet. So schreibt auch die Wirtschaftswoche (WIWO) in ihrer Ausgabe 15/2014:

*„[Die armen Bäcker, die] trotz ihres hohen Energiekostenanteils weiterhin die voll Umlage zahlen, weil ihr absoluter Verbrauch unter der Befreiungsschwelle liegt.“ [21]*

Auf Grund ihres geringen Verbrauchs werden KMUs von Energieversorgern häufig ähnlich wie Privathaushalte bepreist [2]. Das bedeutet, dass sie allein auf Basis einer branchenspezifischen Standardlastkurve und den historischen Daten, die sich aus der zweimal jährlich stattfindenden Messung des Stromverbrauchs ergeben, tarifiert werden. Größere Industrieunternehmen, die über einem Jahresverbrauch von 100.000 kWh liegen, erhalten einen individuellen Strompreis, der sich mittels einer regelmäßigen, viertelstündlichen Leistungsmessung berechnet (vgl. §12 StromNZV).

Hat die Informationstechnologie bereits in den letzten Jahren die Geschäftstätigkeit von Unternehmen revolutionär verändert [4], kann sie auch in diesem Spannungsfeld zur treibenden Kraft werden. Denn waren Privathaushalte aufgrund ihrer Größe bislang uninteressant für große Energieversorger, könnten plattformgetriebene Lösungen künftig eine Skalierung auf genau diese Kundengruppen ermöglichen (vgl. Interview E.Q Energy, 2014). Ein geeignetes Informations- und Kommunikationssystem ebnet dabei den Weg für die Verarbeitung großer Datenmengen verschiedener Quellsysteme. Auf diese Weise können Privathaushalte ebenso von genaueren Verbrauchsmessungen erzeugt durch intelligente Stromzähler (Smart Meter) profitieren. Darüber hinaus schafft es die IT neue Geschäftspotentiale zu identifizieren und zu realisieren. Beispielhaft könnten über eine solche Plattform Demand-Side Management Ansätze, also das Anpassen der Stromnachfrage an das -angebot über verschiedene Maßnahmen, integriert werden [19]. Letztlich gilt es die Besonderheiten der oben thematisierten Kundengruppe und Möglichkeiten der IT gewinnbringend zu verknüpfen.

Aus den vorangegangenen Überlegungen resultiert daher die folgenden Forschungsfrage: *Wie können die direkten Strombezugskosten pro Leistungseinheit für kleine und mittlere Unternehmen in Deutschland mittels Portfoliogestaltung gesenkt werden?* Der wissenschaftliche Beitrag widmet sich der Entwicklung eines Modells zur Senkung der

direkten Strombezugskosten von KMUs in Deutschland unter Berücksichtigung von Portfoliobildung und des Produktangebots der Strombörse. Gleichsam wird eine mögliche Umsetzung des Modells mittels gezieltem Einsatz von IKS beleuchtet. Diese Arbeit versteht sich als gestaltungsorientierte Forschung was sich durch die Anwendung der Design Science Grundsätze nach Hevner et al. (2004) zeigt [14].

## 1.2 Literaturüberblick und Aufbau der Arbeit

Wie in der eingehenden Motivation herausgearbeitet, wurden die KMUs mit einem Stromverbrauch von weniger als 100.000 kW/h pro Jahr als Zielgruppe für den vorliegenden Beitrag identifiziert. Trotz der erläuterten Relevanz werden diese in einer Vielzahl der analysierten Literatur nicht als eigenständige Kundengruppe fokussiert. Exemplarisch soll an dieser Stelle auf die Strompreisanalyse des BDEW [3], welche zweimal jährlich erstellt wird, verwiesen sein. Wie deren Titel „Strompreisanalyse: Haushalte und Industrie“ vermuten lässt, erfolgt lediglich eine einfache Differenzierung in die zwei genannten Kundengruppen. Im Bereich der Haushalte wird ein beispielhafter Verbraucher mit 3.500 kWh/a analysiert, wobei die Analyse der Industriekunden erst bei einem Verbrauch ab 160 Megawattstunden pro Jahr (MWh/a) beginnt. Gleiches Bild zeigt sich in der vom statistischen Bundesamt (2014) in der Rubrik „Lange Reihe“ veröffentlichten Analyse der Energiepreisentwicklung. In einer Vielzahl der Publikationen, wie jener von Götz et al. [12], liegt der Fokus gänzlich auf den Strompreisen für Haushalte als Endverbraucher. Daher erscheint die Wahl der Zielgruppe der KMUs für die weiteren Analysen als sinnvoll. Die originär aus dem Finanzkontext stammende Methodik der Portfoliobildung von Markowitz [17] findet heute bereits in anderen Fachbereichen, wie dem Kundenportfoliomanagement oder auch dem IT-Portfolio-Management, in abgewandelter Form Anwendung. Für das Kundenportfoliomanagement von Energieversorgern hat sie jedoch auch nach Aussage von E.Q Energy (2014) bislang keine zentrale Bedeutung. Daher werden die Möglichkeiten und Grenzen einer sich an Markowitz anlehenden Portfoliobildung im Rahmen des vorliegenden Artikels explizit adressiert. Auf der Beschaffungsseite rücken die Strombörse und deren Charakteristika zunehmend in den Blickpunkt. So beschäftigen sich nicht nur Garamvölgyi und Varga [11] mit der Preismodellierung über die verschiedenen Börsenprodukte, auch Harms [13] untersucht exemplarisch die Auswirkung von Börsenpreisen auf Stromendkundenpreise. Die Analyse der Strombörse soll demnach in diesem Artikel aufgegriffen und mit oben aufgezeigter Portfoliobildung verknüpft werden. Die Schlüsselrolle, die der Informations- und Kommunikationstechnologie bei der Umsetzung der Energiewende vor allem hinsichtlich des Demand Side Managements zukommt, wird u.a. von Strbac [19] hervorgehoben. Auch Bichler et al. [6] betonen, dass Elektrizitätsmärkte ein Kernthema der Forschung im Bereich der Informationssysteme sind und stellen in diesem Zusammenhang das Konzept der Intelligenten Märkte (smart markets) vor.

Zur Bearbeitung der bereits in der Motivation herausgearbeiteten Forschungsfrage gliedert sich die vorliegende wissenschaftliche Arbeit wie folgt: Eingangs werden theoretische Grundlagen zu den Spezifika des Energiemarktes, Smart-Meter-Daten und der Portfoliobildung auf Kundenseite vermittelt. Darauf aufbauend widmet sich das

dritte Kapitel dem Kern des Beitrags. Nach einer ausführlichen Beschreibung getroffener Annahmen wird das mathematische Optimierungsmodell entwickelt. Interpretation und Würdigung der Modellergebnisse werden dabei durch die Simulation eines Fallbeispiels ergänzt, welches ebenso kritisch evaluiert wird. Daran anschließend wird das entwickelte Modell in den Kontext eines IKS eingeordnet und eine erste Anforderungsanalyse durchgeführt. Der Ausblick auf weiterführende Forschungsfragen schließt die wissenschaftliche Ausarbeitung ab. Diese Arbeit folgt dem Design Science Ansatz [14]. Dieser zeichnet sich durch die Entwicklung und anschließende Evaluation des Artefakts aus. Hevner et al. (2004) heben hervor, dass das entwickelte Modell eine praktische Implikation zeigen soll. Dieser Tatsache wird durch den Vorschlag einer Einbettung in ein IKS Rechnung getragen.

## 2 Theoretischer Hintergrund

Der Energiemarkt entwickelt sich in Europa seit seiner Liberalisierung Mitte der 90er Jahre auf verschiedenen europäischen Plattformen, darunter vor allem an Strombörsen [11]. Eine der heute Größten ist die im Jahr 2000 gegründete European Energy Exchange (EEX) in Leipzig. Strom kann dort sowohl auf dem Spotmarkt (Power Spot Market) als auch auf dem Terminmarkt (Power Terminmarkt) in der Einheit MWh gehandelt werden [8]. Auf dem Spotmarkt wird Strom für die 24 Stunden des folgenden Tages gehandelt, dies sind sogenannte Day-Ahead-Auktionen. Jede Stunde des folgenden Tages kann somit als Einzelstundenkontrakt (ESK) gekauft und verkauft werden. Es ist auch möglich Day Base Produkte zu erwerben, die ein Band von 0-24 Uhr abdecken (sog. Grundlast) [8]. Ein Band beinhaltet eine bestimmte Menge an Strom, die über 24 Stunden konstant geliefert wird. Das Day Peak Produkt, welches ein Band von 8-20 Uhr enthält, dient zur Deckung der Spitzenlast. Abbildung 1 stellt die einzelnen Produktkategorien schematisch dar. Des Weiteren wird Strom auch kurzfristig kontinuierlich innerhalb eines Tages im Intraday-Handel gehandelt [9].

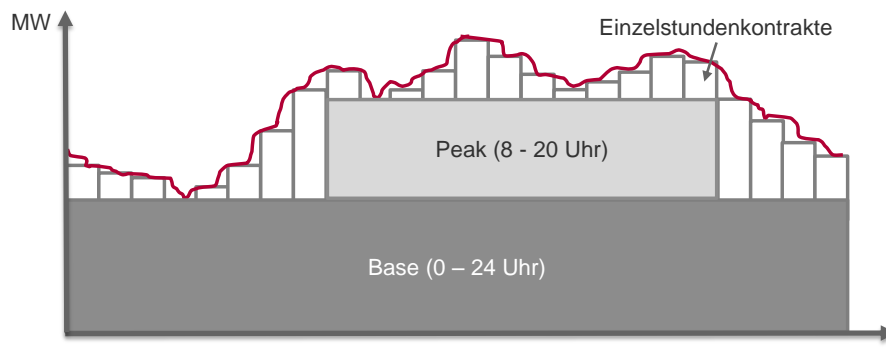


Abbildung 1 An der EEX gehandelte Produktkategorien

Für jede Stunde, die am Spotmarkt erworben wird, wird an der EEX ein Preis ermittelt. Auf Grund der geringen Grenzkosten und des Einspeisevorrangs der erneuerbaren

Energien kann es kurzfristig zu einem Überangebot an Strom und entsprechend zu sinkenden Preisen für die ESK und damit auch für die anderen Spotmarktprodukte kommen, die von den Preisen der ESK abhängen. (MERIT-Order Effekt) [20]. Die Entwicklung der Preise ist entscheidend für den zu wählenden Beschaffungsansatz. Wenn von einem Sinken der Preise in Zukunft ausgegangen wird, findet die Energiebeschaffung auf dem Spotmarkt statt. Im Gegensatz dazu wird bei der Annahme steigender Energiepreise eine langfristige Beschaffung über den Terminmarkt angestrebt, um Preisrisiken abzusichern. Diese Erwartungen haben wiederum Einfluss auf die Verbraucherstrompreise. Welche Menge an Produkten gekauft wird, hängt von der zugrundeliegenden Strategie ab. Es gibt einerseits die Möglichkeit mengenneutral zu beschaffen, d.h. es wird genau so viel Energie am Markt gekauft wie auch benötigt wird. Eine alternative, in der Praxis verbreitete Vorgehensweise, beschafft teilweise mehr Strom an der Börse als laut Prognose benötigt wird, um diesen kurzfristig am Spotmarkt wieder abzustößen. Dies wird als wertneutrale Beschaffung bezeichnet [12].

Der Stromverbrauch von Haushalten und kleinen mittelständischen Unternehmen mit einem Jahresverbrauch von unter 100.000 kW/h wird anhand von vordefinierten Standardlastprofilen prognostiziert [1]. Diese bilden den durchschnittlichen Lastverlauf unterschiedlicher Kundengruppen im Viertelstundentakt ab. In Kombination mit historischen Daten aus zweimaligen Messungen pro Jahr können Verbrauchsprognosen und die entsprechende Preissetzung erfolgen. Diese Art der Prognose birgt jedoch das Risiko der Fehlkalkulation. Gravierende Änderungen im Verbrauch des Haushalts bzw. des Unternehmens z.B. durch die Hinzunahme zusätzlicher Fertigungsmaschinen zwingen den Stromversorger dazu, kurzfristige Engpässe oder Überschüsse kostspielig ausgleichen zu müssen. Bei Kunden mit einem Jahresverbrauch von mehr als 100.000 kW/h werden schon heute intelligente Stromzähler mit einer viertelstündlichen Leistungsmessung eingesetzt. Smart Meter sind Messgeräte, welche den Energiekonsum in einem höheren Detaillierungsgrad messen als dies herkömmliche Stromzähler tun. Darüber hinaus sind Smart Meter in der Lage, die gemessenen Informationen elektronisch an den Energieversorger zu übermitteln und ermöglichen somit eine frühzeitigere und genauere Prognose. Diese ganzheitliche Einbindung in das Energieversorgungsnetz in Verbindung mit einer Ausstattung an diversen Analyse- und Auswertungsfunktionen resultiert in theoretischen Vorteilen sowohl für den Versorger als auch für den Verbraucher. An dieser Stelle kommt der IT ein besonders hoher Stellenwert zu, ohne die eine optimale Ausnutzung der vorhandenen Daten nicht möglich ist. Von Seiten der Politik ist im Rahmen des Energiewirtschaftsgesetzes (EnWG) eine flächendeckende Verbreitung von Smart Metern vorgesehen (vgl. EnWG, §21d), da durch deren Einsatz auch auf Ebene der Privathaushalte oder KMUs die Nachteile der Standardlastprofile, in Form von den zuvor beschriebenen Fehlkalkulationen und dem damit einhergehenden Absatzrisiko, verringert werden können. Der Käufer profitiert von einer transparenteren Sicht auf den eigenen Stromverbrauch und kann diesen im Falle von detaillierteren Analysen entsprechend anpassen [1] und [18].

Segmentorientierte Preisdifferenzierung bezeichnet im Allgemeinen die Gruppierung von Nachfragern in unterschiedliche Segmente, um Produkte, die in ihrer Kern-

leistung identisch sind, unterschiedlichen Gruppen zu unterschiedlichen Preisen anbieten zu können. Wird die Segmentierung dabei, wie auf dem Strommarkt durch den Jahresverbrauch und das jeweilige Lastprofil, anhand beobachtbarer Kriterien (Fencingstruktur) vorgenommen, spricht man von einer Preisdifferenzierung dritten Grades. Zentrale Eigenschaften sind hierbei, dass das jeweilige Segment nicht durch den Nachfrager frei wählbar ist bzw. erhebliche Nutzeneinbußen durch den Segmentwechsel entstehen [15]. Im konkreten Fall müsste ein KMU seinen Energieverbrauch über einen Jahresenergieverbrauch von 100.000 kW/h steigern, um individuelle Tarife zu erhalten und nicht weiter analog zu Haushalten mit Standardlastprofilen tarifiert zu werden.

Der in dieser Arbeit gewählte Ansatz der Portfoliobildung auf Kundenseite ist in Kombination mit den Daten der Smart Meter dazu geeignet, die von den Energieversorgern festgelegten Fencingstrukturen zu umgehen. Durch eine präzisere Prognose - Smart Meter Daten anstelle von Standardlastprofilen - und der Betrachtung im Portfolioverbund kann den Kunden ein individueller Tarif angeboten werden. Klassische Mengenrabatte sind durch die Portfoliobildung allerdings nicht erzielbar, da diese auf dem Strommarkt nicht existieren. Vielmehr ist es entscheidend, zu welchem Zeitpunkt wie viel Energie benötigt wird (Interview E.Q Energy, 2014). Folglich können durch geschickte Portfoliobildung „attraktivere“ Lastkurven geschaffen werden, welche auf die Produkte der Strombörse zugeschnitten sind, und somit zu günstigeren Preisen in der Strombeschaffung führen. Solch eine „attraktive“ Lastkurve zeichnet sich durch einen Verlauf aus, der durch eine Kombination möglichst günstiger Energiemarktprodukte gedeckt werden kann. Da dies bei längerfristiger Beschaffung meist einem hohen Anteil an Base Produkten gleichkommt, kann von einer „glatten Kurve“ gesprochen werden, welche sich durch eine geringe Volatilität im Tagesverlauf auszeichnet. Um eine solche zu erzielen, kommt als erster Ansatz in Anlehnung an die Idee der Portfolio Selection Theory von Markowitz [17] die Bildung eines Varianz-minimalen Portfolios zum Einsatz. Werden die einzelnen Lastkurven der verschiedenen Standardlastprofile als Zufallsvariablen ähnlich den Renditen einer Aktie interpretiert, so kann das statistische Maß der Korrelation berechnet werden. Dieses misst den linearen Zusammenhang im Verlauf zweier Aktien bzw. im beschriebenen Anwendungsfall des Stromverbrauchs [5]. Auch bei den durch Smart Meter erstellten detaillierteren Lastverläufen lässt sich eine solche Korrelation berechnen. Werte nahe -1 deuten auf einen entgegengesetzten Verlauf zweier Profile hin, welche sich daher für die Portfoliobildung besonders eignen. Über eine gelungene Kombination mehrerer Verbrauchsverläufe kann sich so der oben beschriebenen „attraktiven“, glatten Lastkurve angenähert werden. Tabelle 1 zeigt beispielhaft die berechneten Korrelationen zwischen den Standardlastprofilen, auf die mangels realweltlicher Smart Meter Daten zur Verdeutlichung der existierenden Zusammenhänge zurückgegriffen wird. Ein Blick auf die so erstellte Korrelationsmatrix ermöglicht nun erste Überlegungen für eine mögliche Portfoliobildung. Da die meisten Standardlastprofile hohe Korrelation aufweisen und niedrige oder sogar negative Korrelation eher die Ausnahme darstellt, erscheint die reine Glättung des Portfolios, sodass die Beschaffung überwiegend durch Base Produkte erfolgen werden kann, wenig aussichtsreich. Im Folgenden wird deswegen ein Modell zur Bepreisung von Portfolios entwickelt, um verschiedene Portfoliozusammensetzungen auf Basis einer ökonomischen Kenngröße vergleichbar zu machen.

Korrelationen	G0	G1	G2	G3	G4	G5	G6	L0	L1	L2
G0	1,00	0,91	0,55	0,91	0,97	0,34	0,56	0,60	0,38	0,71
G1	0,91	1,00	0,27	0,73	0,81	0,51	0,33	0,53	0,37	0,60
G2	0,55	0,27	1,00	0,80	0,66	-0,29	0,93	0,70	0,48	0,80
G3	0,91	0,73	0,80	1,00	0,95	0,08	0,79	0,74	0,52	0,84
G4	0,97	0,81	0,66	0,95	1,00	0,21	0,63	0,66	0,45	0,75
G5	0,34	0,51	-0,29	0,08	0,21	1,00	-0,30	0,15	0,21	0,10
G6	0,56	0,33	0,93	0,79	0,63	-0,30	1,00	0,66	0,42	0,78
L0	0,60	0,53	0,70	0,74	0,66	0,15	0,66	1,00	0,93	0,97
L1	0,38	0,37	0,48	0,52	0,45	0,21	0,42	0,93	1,00	0,82
L2	0,71	0,60	0,80	0,84	0,75	0,10	0,78	0,97	0,82	1,00

**Tabelle 1.** Korrelationen der Standardlastprofile

### 3 Formulierung des Optimierungsmodells

Ziel des Modells ist es, wie in der Forschungsfrage in Kapitel 1.1 definiert, die Strombezugskosten für kleine und mittlere Unternehmen in Deutschland zu reduzieren. In den vorangegangenen Kapiteln wurden bereits zwei maßgebliche Ansatzpunkte für diese Aufgabe identifiziert. Zum einen soll es durch Portfoliobildung auf Seiten der Kunden ermöglicht werden, die benötigte Energie über die EEX zu beschaffen und somit die am Markt existierende Benachteiligung von KMUs durch nicht individualisierte Vollversorgungsverträge auszuhebeln. Zum anderen soll die Volatilität des Portfolioverbrauchs berücksichtigt werden, um die Beschaffungskosten an der Strombörse durch einen möglichst optimalen Produktmix zu reduzieren [11].

#### 3.1 Modellannahmen

Im Modell werden die in Kapitel 2 beschriebenen Stromprodukte Grundlast (Base), Spitzenlast (Peak) und ESK angewendet. Zur Vereinfachung wird für jedes Produkt nur eine Terminmarkt-Produktvariante und somit ein Preis modelliert. Die Preise werden als deterministisch angenommen.

*Annahme A1: Sämtlicher Strom wird über den Spotmarkt der EEX bezogen und ist in beliebiger Menge handelbar. Für die angebotenen Bandprodukte wird jeweils ein einzelner deterministischer Preis angenommen, ferner werden für die ESK unterschiedliche Preise  $P_{e(t)}$  in Abhängigkeit der Tageszeit modelliert.*

Im Rahmen des Modells sollen lediglich die Bezugskosten des Stroms als ein Preisbestandteil modelliert werden, da das Abdecken weiterer Kostenbestandteile und das Festlegen einer Marge unternehmensindividuelle Entscheidungsfelder sind. In den an der EEX gehandelten Preisen sind ebenso lediglich die Strombezugskosten enthalten. Steuern, Netznutzungsentgelte und Transaktionskosten werden daher im Rahmen des Modells nicht betrachtet.

*Annahme A2: Bestandteil des Modells sind lediglich die Strombezugskosten. Steuern, Netznutzungsentgelte und Transaktionskosten werden nicht modelliert.*



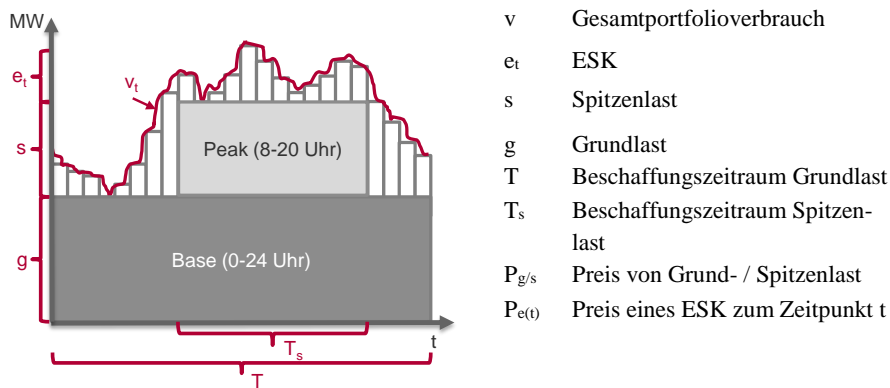
Die Modellierung geht weiterhin davon aus, dass die an der EEX bezogene Strommenge zu jedem Zeitpunkt der prognostizierten Nachfrage entspricht. Dies stimmt mit der in der Praxis etablierten, mengenneutralen Beschaffungsstrategie überein. Die wertneutrale Strategie (vgl. Kapitel 2) findet in dem zu entwickelnden Modell keinen Einsatz.

*Annahme A3: Die gekaufte Strommenge entspricht für jeden Zeitpunkt  $t$  der prognostizierten Nachfrage  $v(t)$ .*

Die Modellbetrachtung erfolgt in diskreter Zeit, da sowohl die Produkte an der EEX in Zeitblöcken gehandelt werden, als auch jegliche Lastprofile diskrete Daten liefern, unabhängig ob es sich um Standardlastprofile oder Smart-Meter-Daten handelt.

*Annahme A4: Die Modellbetrachtung erfolgt in diskreter Zeit.*

### 3.2 Optimierungsmodell



**Abbildung 2** Grafische Darstellung des mathematischen Modells

Der Gesamtportfolioverbrauch  $v$  ergibt sich, indem der Jahresenergieverbrauch aller Kunden  $x$  mit einem spezifischen Lastprofil  $j$  mit der aus dem Lastprofil hervorgehenden Leistung  $a$  zu jedem Zeitpunkt  $t$  multipliziert wird:

$$v = \sum_{j \in J} \sum_{t \in T} x_j * a_{tj} \quad (1)$$

Gemäß der gewählten mengenneutralen Beschaffungsstrategie (A3) werden dem Gesamtportfolioverbrauch aus (1) die zu beziehenden Mengen der einzelnen Stromprodukte gegenübergestellt. Die Grundlast  $g$  wird dabei über den gesamten Beschaffungszeitraum  $|T|$  bezogen, während die Spitzenlast  $s$  nur für den Zeitraum  $|T_s|$  zur Verfügung steht. Die sich über die Zeit ändernde Menge der ESK wird in der Variablen  $e_t$  berücksichtigt.

$$v = g * |T| + s * |T_s| + \sum_{t \in T} e_t \quad (2)$$

Es wird ein lineares Optimierungsproblem aufgestellt, um zu bestimmen, welche Produkte zur möglichst kostengünstigen Deckung dieses Verbrauchs zu beziehen sind. Die Zielfunktion leitet sich aus (2), erweitert um die jeweiligen Produktpreise, ab:

$$\min f(g, s, e_t) = g * |T| * P_g + s * |T_s| * P_s + \sum_{t \in T} e_t * P_{e(t)} \quad (3)$$

Die Nebenbedingungen (4) und (5) resultieren aus der Tatsache, dass die bezogene Energiemenge der benötigten Leistung entsprechen muss. Die Nebenbedingungen (6) und (7) ergeben aus der Mengenneutralen Beschaffungsstrategie (A3). Die Nichtnegativitätsbedingung (8) ist darin begründet, dass Strom nicht leerverkauft werden kann.

$$g + s + e_t = v_t \quad , \text{für alle } t \in T \setminus T_s \quad (4)$$

$$g + e_t = v_t \quad , \text{für alle } t \in T_s \quad (5)$$

$$g \leq \min(v_t) \quad , \text{für alle } t \in T \quad (6)$$

$$g + s \leq \min(v_t) \quad , \text{für alle } t \in T_s \quad (7)$$

$$g, s, e_t \geq 0 \quad , \text{für alle } t \in T \quad (8)$$

## 4 Evaluation des Modells

Hevner et al. [14] identifizieren Simulationen als geeignetes Mittel zur Evaluation von mathematischen Modellen bei gestaltungsorientierter Forschung. Um die Vorteilhaftigkeit der Portfoliobildung mithilfe des entwickelten Modells zu überprüfen, werden verschiedene Beispielpportfolios gebildet und die errechneten Preise mit den Preisen verglichen, die die einzelnen Teilnehmer außerhalb des Portfolioverbands erzielen könnten. Hierzu werden historische Daten der EEX aus dem Jahr 2013 eingesetzt.

### 4.1 Auswahl der Testdaten

Zur Evaluation des entwickelten Optimierungsmodells werden empirische Preise des Jahres 2013 eingesetzt. Für die Terminmarktprodukte Base und Peak werden die Preise des jeweils ersten Handelstages des Monats für Produkte mit 30-tägiger Laufzeit ermittelt, bei den ESK werden die Spotpreise der analysierten Tage herangezogen.

Da für die Simulation des Verbrauchs keine Smart-Meter-Daten vorliegen, werden vom BDEW veröffentlichte Standardlastprofile verwendet. Um die Effekte der Portfoliobildung auf den Strompreis möglichst realitätsnah zu quantifizieren, wurden bei verschiedenen Energieversorger Informationen über einen in der Praxis vorkommenden Portfoliomix aus Kunden mit Standardlastprofilen angefragt. Da diese jedoch keine Information zur Verfügung stellen konnten, wurde für die Evaluation zusätzlich Interviews mit zwei Milchwirten und einem Bäcker geführt. Ziel der Interviews war es, ein genaueres Verständnis der Spezifika (Lastkurve, Strompreisproblematik) zu gewinnen. Resultierend wurden verschiedene Portfolios aus den Standardlastprofilen G3 (Gewerbe durchlaufend), G5 (Bäcker mit Backstube) sowie L1 (Milchwirtschaft) gebildet. Das Profil G3 wird zusätzlich zu den Interviewten (G5 und L1) in das Portfolio hinzugefügt, da es von allen Standardlastprofilen, durch die charakteristisch relativ glatte Lastkurve, die an der EEX handelbaren Produkte am besten abbildet und somit als Benchmark für die Portfoliobildung besonders geeignet erscheint.

## 4.2 Durchführung der Evaluation

Die folgenden Berechnungen basieren exemplarisch auf den historischen Preisen des 12. September 2013. Um die Auswirkungen der Portfoliobildung auf den Strompreis zu untersuchen, wird ein Diversifikationseffekt<sup>1</sup> definiert, der sich wie folgt berechnet:

$$\text{Diversifikationseffekt} = \frac{\sum \text{Preis der einzelnen Teilnehmer}}{\text{Anzahl der Teilnehmer im Portfolio}} - \text{Portfoliopreis}$$

Die Preise der einzelnen Teilnehmer des Portfolios werden ebenfalls mithilfe des Modells berechnet, unter der Annahme, dass diese jeweils individuell ihren Strom über die EEX beziehen. Zusätzlich wird untersucht, wie sich der Diversifikationseffekt auf die einzelnen Teilnehmer des Portfolios verteilt, indem die Differenz aus dem Portfoliopreis und dem Einzelpreis gebildet wird:

$$\text{Differenz} = \text{Preis des einzelnen Teilnehmers} - \text{Portfoliopreis}$$

Die Differenz zwischen der Einzelbeschaffung und der Portfoliobeschaffung in EUR/MWh erlaubt eine quantifizierbare Interpretation. Durch diesen Vergleich kann die Vorteilhaftigkeit des Modells bestimmt werden. Tabelle 2 zeigt drei Beispielportfolios aus den in Kapitel 4.1 beschriebenen Standardlastprofilen, ergänzt um die soeben beschriebenen Kennzahlen Diversifikationseffekt und Differenz. Die Auswahl der Lastprofile für Fall 1 erfolgt dabei zufällig, für Fall 2 werden diese auf Basis der Korrelationsmatrix aus Tabelle 1 um ein zu beiden möglichst niedrig korreliertes drittes Lastprofil ergänzt. Fall 3 stellt ein mit Standardlastprofilen näherungsweise optimal erreichbares Portfolio dar.

Fall 1: (je 1x G5, L1)	Einzelpreis [EUR/MWh]	Portfoliopreis [EUR/MWh]	Diversifikationseffekt [EUR/MWh]	Differenz [EUR/MWh]
Bäcker [G5]	47,38	47,01	1,09	0,37
Milchwirt [L1]	48,81			1,8
Fall 2: (je 1x G3, G5, L1)				
Bäcker [G5]	47,38	45,32	1,25	2,06
Milchwirt [L1]	48,81			3,49
Gewerbe [G3]	43,53			-1,79
Fall 3: (5xG3, 1xG5)				
Bäcker [G5]	47,38	43,11	2,35	4,27
Gewerbe [G3]	43,53			0,42

**Tabelle 2.** Beispielportfolios

Portfolio 1, bestehend aus einem Bäcker und einem Milchwirt mit gleichem Jahresenergieverbrauch, zeigt bereits auf, dass die Portfoliobildung zu einem positiven Di-

<sup>1</sup> In diesem Zusammenhang bezieht sich der Begriff Diversifikationseffekt auf den durch die Portfoliobildung im Vergleich zur Einzelbeschaffung erzielten Preisvorteil.

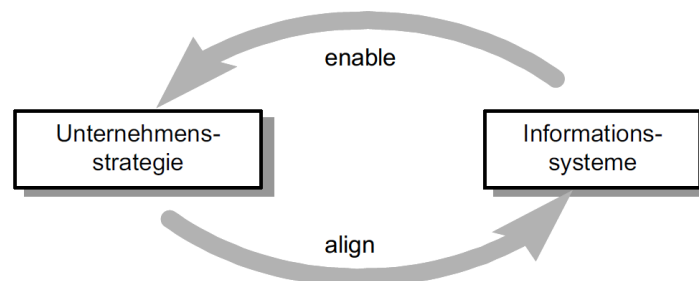
versifikationseffekt\* in Höhe von 1,09 EUR/MWh führt. Die beiden Unternehmen profitieren allerdings unterschiedlich stark von der Portfoliobildung. Für den Bäcker ergibt sich ein Preisvorteil von 0,37 EUR/MWh im Vergleich zur Einzelbeschaffung, während der Milchwirt 1,80 EUR/MWh sparen kann. Wird das Portfolio um ein Gewerbe G3 erweitert (Fall 2), welches sehr gleichmäßig Strom verbraucht, ergibt sich ein neuer Portfoliopreis, der unterhalb des Preises von Portfolio 1 liegt. Fall 2 verdeutlicht jedoch ebenso, dass nicht für alle Teilnehmer die Strombeschaffung im Portfolio einer direkten Beschaffung an der EEX vorzuziehen ist. G3 verbessert in diesem Fall das Portfolioergebnis, könnte allerdings selbständig günstiger Strom erwerben. In geeigneter Kombination kann das Gewerbe G3 dennoch vom Portfolioverbund profitieren (Fall 3).

## 5 Einbettung des Optimierungsmodells in ein IKS

Das in Kapitel 3 entwickelte mathematische Modell ist ein erster Schritt in Richtung einer stärkeren Kundenintegration und niedrigerer Energiepreise. Die Umsetzung eines daraus resultierenden Geschäftsmodells ist stark an eine unterstützende IT-Infrastruktur gekoppelt. Im Folgenden werden der Aufbau und die Ausgestaltung sowohl der Unternehmens- als auch der IT-Strategie im Sinne einer wechselseitigen Beziehung analysiert. Im Rahmen der Design Science erfolgt die Evaluation eines entwickelten Artefakts nicht nur auf theoretischer Basis, es ist darüber hinaus erforderlich, auch die praktischen Implikationen zu betrachten [14]. Daher wird das entwickelte Modell als Basis eines möglichen Geschäftsmodells mit der dazugehörigen notwendigen IT-Infrastruktur vorgestellt.

Ausgangspunkt der Strategie des Unternehmens bildet die Idee einer Plattform, mit deren Hilfe Strom durch das Sammeln und Aggregieren der Nachfrager im Portfolioverbund günstiger und transparenter beschafft wird. Darüber hinaus existieren zusätzlich zielgruppenspezifische Service-Angebote, bspw. von intelligenten Datenauswertungen bis hin zur Direktvermarktung von selbst erzeugtem Strom. Durch Soll-Ist Abgleiche, Preisinformationen und Anmerkungen zu möglichen Energiesparmaßnahmen sind die Kunden in der Lage ihren individuellen Verbrauch zu beobachten und geeignet zu reagieren. Mit Hilfe der umfangreichen Kundendaten, bezogen aus Vertragsmanagement und Smart-Meter-Analysen können zusätzliche Auswertungen durchgeführt werden, mit denen präzise Prognosen und somit eine optimale Portfoliozuordnung möglich werden. Durch die Eingabe relevanter persönlicher Daten, Veränderung des Berufes, zusätzliche Mitglieder im Haushalt etc., die den Energieverbrauch beeinflussen, kann der Kunde ebenfalls zu einer genaueren Prognose beitragen und erhält hierfür einen preislichen Anreiz.

Ziel des IKS ist es nun, das beschriebene Geschäftsmodell und dessen Potentiale auf zwei Wegen geeignet zu unterstützen (siehe Abbildung 3). So ist das auf das mathematische Modell aufsetzende Geschäftskonzept in seiner Umsetzung stark von der IT-Seite abhängig (Align-Funktion). Eine noch größere Bedeutung kommt dem IKS an dieser Stelle aber als Enabler zu, da es einen festen Bestandteil der aufgezeigten Geschäftsidee bildet und deren Realisation überhaupt erst ermöglicht. Das Zusammenspiel der beiden Dimensionen soll daher im Folgenden aufgezeigt werden.



**Abbildung 3** Informationsmanagement zwischen alignment und enabling [16]

Maßgeblich ist das IKS als Enabler an der Verwirklichung des Modells beteiligt. So liefert erst die Einführung und Einbindung der beschriebenen Smart-Meter-Geräte detailliertere und umfangreiche Inputdaten, sodass auf eine Verwendung der bisherigen Standardlastprofile zur Ausführung des Modells verzichtet werden kann. Dadurch kann dem Anspruch des Modells, kundenindividuelle Tarife anzubieten, Rechnung getragen werden. Des Weiteren schafft das IKS im Rahmen seiner Align-Funktion die nötigen Arbeitsvoraussetzungen für das Modell. Hierbei stellt die große Vielfalt an Dateninputs und -outputs verschiedener Quellen und deren Verarbeitung eine der Hauptherausforderungen dar. Dabei ist zu erwarten, dass die bereits große Datenbasis seitens der Smart Meter durch die Verarbeitung weiterer Prognosedaten stetig an Umfang gewinnen wird. Darüber hinaus kann und soll das IKS auch weiter als Werttreiber agieren und weitere Geschäftsmöglichkeiten aufzeigen. Hierbei erscheinen für das betrachtete Geschäftsmodell insbesondere Fragestellungen des Demand-Side Managements als interessant, welche ohne IKS nur schwer durchgeführt werden könnten [19].

## 6 Ausblick und Verweis auf weitere mögliche Forschungsfragen

Die Energiewende bringt viele Herausforderungen aber auch Raum für innovative, intelligente Lösungen mit sich. Im Energiemarkt ergeben sich wie in vielen anderen Industrien neue Möglichkeiten durch die Nutzung des steigenden Datenvolumens aus verschiedensten Quellen. Das entwickelte Modell stellt in Kombination mit einer geeigneten IT-Strategie eine Anwendung dar, ein aktuelles Problem der Energiewirtschaft zu adressieren. Um den maximalen Nutzen daraus ziehen zu können, bedarf es jedoch sowohl modelltheoretisch als auch im Hinblick auf eine realweltliche Anwendung weiterer Forschung.

Wie in Kapitel 3 aufgezeigt, optimiert das entwickelte Modell die Beschaffungsstrategie mit dem Ziel, die Strombezugskosten für KMUs im Portfolioverbund zu reduzieren. Die wohl stärkste Restriktion des Modells ist die Verwendung deterministischer Preise. Da sich die Börsenstrompreise allerdings ähnlich wie Aktienkurse verhalten, ist es unerlässlich, die Stochastik ebenso zu modellieren, um das Modell stärker an die

Realität anzunähern. In diesem Zusammenhang ist es ebenso interessant die Übertragbarkeit von den Techniken des algorithmischen Aktienhandels auf den Energiemarkt zu betrachten und einen möglichen Einbezug in das mathematische Optimierungsmodell zu prüfen. Auch eine erneute Ergebnisevaluation, unter Einbeziehung mehrerer Produktvarianten stellt einen Ansatzpunkt für weitere Forschung dar.

Auch wenn das Modell das gesteckte Ziel in der Theorie erfüllt, stellt sich anschließend die Frage, wie eine praktische Umsetzung auf einer Plattform aussehen kann. Um ein Geschäftsmodell basierend auf dem entwickelten Algorithmus zu realisieren, ist eine allumfassende IT-Unterstützung notwendig. Hier ist es weiterhin notwendig die technische Ausgestaltung solcher IT-Anwendungen im Detail zu betrachten. Das IKS ist nicht nur auf eine Align-Funktion beschränkt. Es kann eine Kommunikationsbrücke zum Kunden schlagen und ermöglicht mit weiteren Services einen noch höheren Nutzen aus der gesammelten Datenmenge zu ziehen. Dies ist zum Beispiel durch die Gestaltung einer Energie-App möglich, mit deren Hilfe Kunden Details zu ihrem Energieverbrauch einsehen können. Eine weitere Herausforderung hinsichtlich einer Einbettung aller Kundendaten in ein IKS, bleibt die Frage nach dem Datenschutz bzw. der notwendigen IT Security [10]. Diese Problemstellung gilt es im Rahmen weiterer Forschung zwingend zu adressieren; gleichzeitig liefert jedoch das Modell selbst einen ersten Ansatzpunkt. So können die zuvor beschriebenen Nutzeneffekte Anstoß liefern, die Kritikalität der Daten und deren Verwendung aus einer neuen Perspektive zu betrachten. Dies kann den Kunden die für eine Umsetzung des Demand Side Managements nötige Motivation liefern, ihre Daten preiszugeben und die notwendige Flexibilität bereitzustellen. In der vorliegenden Arbeit ist die Anreizsetzung für Kunden im Detail nicht näher thematisiert, dies gilt es im Zuge einer Umsetzung jedoch ausführlich zu betrachten.

## Literaturverzeichnis

1. Baranek, D., Probst, A., Tenbohlen, S.: Optimierung der Lastprognose mittels Smart Meter Daten. In: IEEE PES Bielefeld, pp. 23-34 (2013)
2. BDEW: BDEW-Strompreisanalyse November 2013: Haushalte und Industrie, [http://www.bdew.de/internet.nsf/id/123176ABDD9ECE5DC1257AA20040E368/\\$file/131120\\_BDEW\\_Strompreisanalyse\\_November%202013.pdf](http://www.bdew.de/internet.nsf/id/123176ABDD9ECE5DC1257AA20040E368/$file/131120_BDEW_Strompreisanalyse_November%202013.pdf)
3. BDEW: Erneuerbare Energien und das EEG: Zahlen, Fakten, Grafiken (2014). [http://www.bdew.de/internet.nsf/id/bdew-publikation-erneuerbare-energien-und-das-eeg-zahlen-fakten-grafiken-2014-de/\\$file/Energie\\_Info\\_Erneuerbare%20Energien%20und%20das%20EEG%202014\\_korr%2027.02.2014\\_final.pdf](http://www.bdew.de/internet.nsf/id/bdew-publikation-erneuerbare-energien-und-das-eeg-zahlen-fakten-grafiken-2014-de/$file/Energie_Info_Erneuerbare%20Energien%20und%20das%20EEG%202014_korr%2027.02.2014_final.pdf)
4. Bente, S.: Kollaborative Enterprise-Architektur. Managementwerkzeug für komplexe IT-Systeme. In: Schoeneberg, K.-P. (eds.): Komplexitätsmanagement in Unternehmen, Wiesbaden, Springer Fachmedien, 187-223 (2014)
5. Berk, J., DeMarzo, P.: Corporate Finance. Pearson Education, Essex (2011)

6. Bichler, M., Gupta, A., Ketter, W.: Designing Smart Markets. In: Information Systems Research, Jg. 21, Nr. 4, 688-699 (2010)
7. BMWi: Eckpunkte für die Reform des EEG, <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/E/eeg-reform-eckpunkte,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf>
8. EEX: EEX Produktbroschüre Strom, [http://cdn.eex.com/document/113163/Konzept%20Strom%20Release%2003A\\_deutsch.ppd](http://cdn.eex.com/document/113163/Konzept%20Strom%20Release%2003A_deutsch.ppd)
9. EEX: Im Zentrum des europäischen Energiehandels, [http://cdn.eex.com/document/144177/EEX\\_Prodktbroschuere\\_DE.pdf](http://cdn.eex.com/document/144177/EEX_Prodktbroschuere_DE.pdf)
10. Efthymiou, C., Kalogridis, G.: Smart Grid Privacy via Anonymization of Smart Metering Data. In: IEEE Xplore, First IEEE International Conference on Smart Grid Communications (SmartGridComm), pp. 238-243 (2010)
11. Garamvölgyi, M., Varga, L.: Electricity pricing in liberalized market using consumer characterization. In: IEEE Xplore, 6th International Conference on the European Energy Market, pp. 1-6 (2009)
12. Götz, P., Henkel, J., Lenck, T.: Zusammenhang von Strombörsenpreisen und Endkundenpreisen, <http://www.agora-energiewende.de/themen/die-energiewende/detailansicht/article/zusammenhang-von-stromboersenpreisen-und-endkundenpreisen/> (2013)
13. Harms, G.: Kurzgutachten. Auswirkungen sinkender Börsenstrompreise auf die Verbraucher Strompreise, [https://www.gruene-bundestag.de/fileadmin/media/gruenebundestag\\_de/themen\\_az/energie/PDF/Studie-Harms-Wirkung\\_Boersenpreise\\_auf\\_Verbraucherstrompreise.pdf](https://www.gruene-bundestag.de/fileadmin/media/gruenebundestag_de/themen_az/energie/PDF/Studie-Harms-Wirkung_Boersenpreise_auf_Verbraucherstrompreise.pdf) (2012)
14. Hevner, A.R., March, S.T., Park, J., Ram, S.: Design Science in Information Systems Research. In: MIS Quarterly, Jg. 28, Nr. 1, 75-105 (2004)
15. Klein, R., Steinhardt, C.: Revenue Management. Springer, Berlin (2011)
16. Krmar, H.: Informationsmanagement. Springer, Berlin (2005)
17. Markowitz, H.: Portfolio Selection. In: Journal of Finance, Jg. 7, Nr. 1, 77-91 (1952)
18. Panapakidis, I.P., Alexiadis, M.C., Papagiannis, G.K.: Electricity Customer Characterization Based on Different Representative Load Curves. In: IEEE Xplore, 9th International Conference on the European Energy Market, pp. 1-8 (2012)
19. Strbac, G.: Demand side management: Benefits and challenges. In: Energy Policy, No. 36, 4419-4426 (2008)
20. Winkler, J., Keles, D., Renz, L., Sensfuß, F., Fichtner, W.: Perspektiven zur aktuellen Kapazitätsmarktdiskussion in Deutschland. In: Zeitschrift für Energiewirtschaft, Jg. 37, Nr. 4, 233-248 (2013)
21. Wildhagen, A., Brück, M., Krumrey, H.: : Arme Bäcker, glückliche Windmüller. In: WirtschaftsWoche, o. Jg., Nr. 15, pp. 66-67 (2014)