

Innovationszyklen in der Elektrizitätswirtschaft

Claudia Wohlfahrtstätter und Roman Boutellier

Das Produkt Strom hat sich seit seiner Erfindung und der Entscheidung für Wechselstrom bis heute nicht wesentlich verändert. Die Frage der Stromproduktion, der Verteilung sowie des Vertriebs prägte die Phase der Prozessinnovation: Der Bau von Großkraftwerken und Leitungen kennzeichnete die Elektrizitätswirtschaft in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts. Liberalisierung und Nachhaltigkeit führten zum dritten Innovationszyklus, den Geschäftsmodellinnovationen. Wird die kommende Stromlücke einen nächsten Innovationsschub antreiben? In Kalifornien ist Marktmodellinnovation bereits Realität: Nicht die Versorgungssicherheit steht im Vordergrund, sondern Systemeffizienz durch Minimierung der Nachfragefluktuation.

Innovationszyklen laufen in sich wiederholenden und meist ähnlichen Mustern ab (Abb. 1). Dies ist auch in der Elektrizitätswirtschaft beobachtbar. Die Modelle von Joseph Schumpeter (1931), James M. Utterback und William J. Abernathy (1975) [1] umfassen die ersten drei Dimensionen von Innovationen in Märkten.

Die Produktinnovation steht am Anfang: Gleich- und Wechselstrom wurde entdeckt. Der Produkt- folgt die Prozessinnovation, welche sich mit der Frage der Art der Herstellung, und der Verteilung des Produktes beschäftigt, die Phase der Kraftwerks-, der Leitungsbauten sowie des Aufbaus von Organisationen zur Abwicklung der Verteilung, den Energieversorgungsunternehmen (EVU) und den Gemeindewerken war eingeleitet.

In der dritten Phase folgen nun Geschäftsmodellinnovationen, die in der Stromwirtschaft erst durch die Liberalisierung möglich wurden. Das „Unbundling“ oder die Entkopplung von Produktion, Verteilung und Vertrieb wurde in vielen Ländern durchgesetzt. Neue Organisationsstrukturen und Unternehmensformen entstanden. Gleichzeitig brachte der Trend zur Nachhaltigkeit neue Kundengruppen hervor.

Die vierte Dimension der Marktmodellinnovation ergänzt das Modell von Schumpeter. Anbieter werden zu Nachfragern und Nachfrager zu Anbietern. Diese neue Dimension führt wieder zu einer Marktentwicklung in allen Phasen des Innovationszyklus.

Produktinnovation Strom

Die Phase der Produktinnovation in der Entwicklung einer Technologie ist von großer Aktivität und Vielfalt geprägt. Firmen differenzieren sich über verschiedene Funktionalitäten, bis ein gut passendes Design gefunden ist [2]. Auf die radikale Innovation folgt eine stufenweise Weiterentwicklung des Produktes. Bspw. gab es in der Zementindustrie seit 40 Jahren keine radikale

Innovation mehr. Auch in der Elektrizitätswirtschaft war die Erfindung des Stroms die radikalste Produktinnovation und sie blieb es für fast 100 Jahre.

Der Erfinder Otto von Guericke (1602-1686) war der erste Ingenieur, der sich mit Elektrizität als Medium beschäftigte, das man beeinflussen und sich schließlich sogar dienstbar machen konnte. Seine Anwendungen mit der Schwefelkugelmaschine, die durch Reibung bläulich zu leuchten begann, dienten jedoch primär zur Unterhaltung der adligen Gesellschaft. Die Volta-Säule schließlich, nach ihrem Erfinder Alessandro Volta (1745-1825) benannt, lieferte gegen Ende des 18. Jahrhunderts als erste praktisch brauchbare Quelle Strom in kleineren Mengen: Der Strom als nutzbares Gut war erfunden.

Am Ende des 19. Jahrhunderts konkurrierten die Technologien des Gleich- und des

Wechselstroms miteinander. Aufgrund der Eigenschaften des Wechselstroms, die Übertragungsvorteile über längere Distanzen boten, konnte sich schließlich Nikola Tesla (1856-1943) mit seinem Konzept gegen die Gleichstromtechnologie Thomas Alva Edisons (1847-1931) durchsetzen. Der Strom, wie wir ihn heute kennen und einsetzen, basiert seitdem überwiegend auf Teslas Prinzip.

Eine Produktinnovation in der Elektrizitätswirtschaft aus der jüngeren Zeit sind die CO₂-Zertifikate: Dem Trend zur Nachhaltigkeit und damit dem Bedürfnis nach Ökologie folgend hat sich ein Produkt gebildet, welches Umweltverschmutzung im Preis berücksichtigt. Ein Stromproduzent bezahlt für den Ausstoß von CO₂, externe Kosten werden internalisiert.

Die CO₂-Zertifikate verteuern das Produkt Strom aus Kohle, Gas und Öl. Das System der Erstallokation der CO₂-Zertifikate, die

zum größten Teil gratis und ohne Verpflichtung zugeteilt wurden ist noch mangelhaft. Es fehlt die Verknüpfung des Wertes der CO₂-Zertifikate mit den Kosten ökologischer Maßnahmen.

Prozessinnovation: Wie soll Strom produziert, verteilt und vertrieben werden?

Die Prozessinnovation tritt in den Vordergrund, sobald sich ein dominantes Design durchsetzt und das Produkt kommerzialisierbar wird (Abb. 2). Kostenoptimierung wird wichtig. Dies wird möglich mittels Arbeitskostenreduktion durch Automatisierung, Materialkostenreduktion durch Miniaturisierung und Prozessoptimierung durch Outsourcing. Kostenoptimierung ist ein ständiger Kampf um kleine Innovationschritte in der gesamten Wertschöpfungskette.

Die Möglichkeit, Strom bis zum Haushalt und in die Fabriken zu leiten und in genügenden Mengen zum Zeitpunkt des Verbrauchs herzustellen, prägte die Phase der Prozessinnovationen in der Elektrizitätswirtschaft. Die ersten Wechselstromgeneratoren wurden von der Firma Siemens & Halske zu Beginn des 20. Jahrhunderts gebaut.

Die erste Großanlage zur Stromproduktion ist an den Niagara Fällen in den USA 1886 entstanden. Heute haben die größten im Einsatz befindlichen Generatoren eine Leistung von 1 800 MW. Dies entspricht etwa dem 500-fachen Wert der damaligen Generatoren und entspricht einer Leistungssteigerung von über 5 % p. a. Eine erste Überlandleitung entstand zu dem 42 km entfernten Buffalo und zum ersten Mal wurde auch der Strom von Hochspannung zu Mittel- und Niederspannung transformiert. Weiteren Großanlagen und der Verbreitung von Strom stand damit nichts mehr im Wege.

Fast gleichzeitig mit den Wasserkraftwerken entwickelte sich auch die Produktion von Strom aus Kohle und Öl, damals jedoch noch mit niedrigen Wirkungsgraden. Mit der Weiterentwicklung der Technologie der Dampfturbine steigerte sich der Wirkungsgrad der Kohlekraftwerke jedoch schnell und erreichte in den 1950er Jahren rd. 30 % (heute max. 47 %). Die Technologie zur Stromproduktion aus Öl war dieselbe und entwickelte sich parallel.

Mit der Nutzung der Kernkraft erhielt die Elektrizitätsproduktion in der Mitte des letzten Jahrhunderts ihren letzten großen Innovationsschub. Mit der dritten

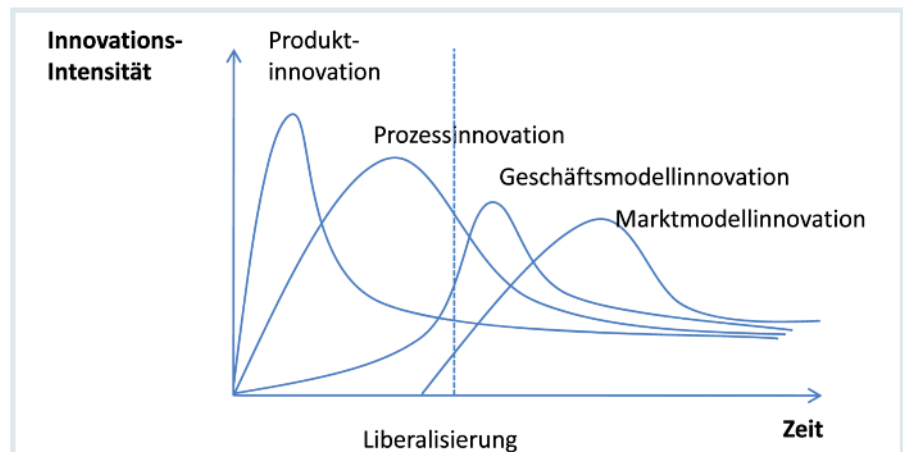


Abb. 1 Innovationszyklen in der Elektrizitätswirtschaft

Atomkonferenz in Genf 1958 stand die Atomtechnologie an der Schwelle zum industriellen Erfolg. Die Atomkraft war im Bezug auf die Energiedichte von Uran bahnbrechend: Was ein Kohlekraftwerk an Material an einem Tag verbrauchte, genügte einem Kernkraftwerk für drei Jahre.

Die Gasturbine wurde zwar bereits in den 1930er Jahren gebaut, lohnte sich aber kommerziell und industriell erst mit der Förderung von Erdgas in den 1960er und 1970er Jahren. Die damalige Ölkrise und die Verteuerung des Rohstoffs Öl unterstützte diese Entwicklung zusätzlich.

In den letzten Jahrzehnten folgten schließlich die Entwicklungen der „neuen“ erneuerbaren Energien wie Solar-, Windkraft und Geothermie, die sich in ihren Reifegraden noch in unterschiedlichen Stadien befinden. Diese Technologien verdanken ihre Blüte vor allem dem Trend zur Nachhaltigkeit und werden durch Privilegien und Subventionen staatlich stark gefördert.

Eine Kostenoptimierung findet heute bei allen Technologien statt. In den reifen, etablierten Technologien steigert sich die Produktivität um rund 2-3 % p. a., was immerhin zu einer Verdoppelung der Produktivität alle 25 bis 40 Jahre führt.

Heute ist die Kostenoptimierung in der Elektrizitätsbranche größtenteils in der Miniaturisierung zu finden. Kostenoptimierung steht aber auch immer in der Wechselwirkung zur Sicherheit und seit einigen Jahren auch zur Nachhaltigkeit. So ist bspw. der Bau von Kernkraftwerken gesellschaftlich in verschiedenen Kulturkreisen nicht akzeptiert; in Deutschland wurde der Bau von neuen, modernen Kohlekraftwerken durch politischen Widerstand blockiert.

Ökologie hat jedoch auch zu weiteren Prozessinnovationen geführt: Ein neuer Kundentyp ist bereit, einen Preiszuschlag für Strom mit einem Herkunftsnachweis aus regenerativen Quellen zu bezahlen. Damit wird die Optimierung der Schnittstelle zum Kunden immer wichtiger.

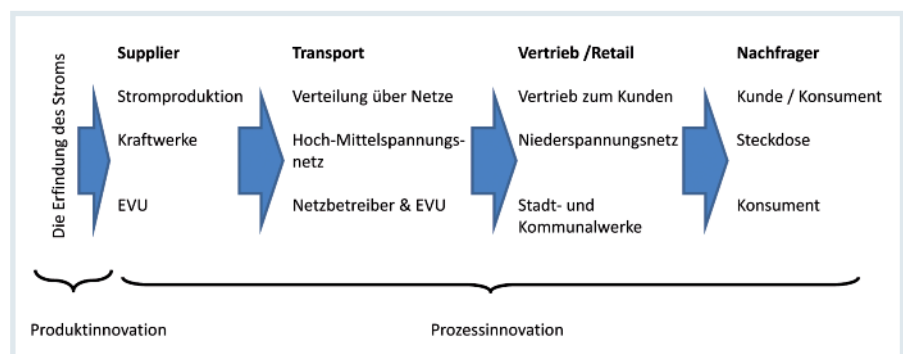


Abb. 2 Typisches Marktmodell in der Elektrizitätswirtschaft

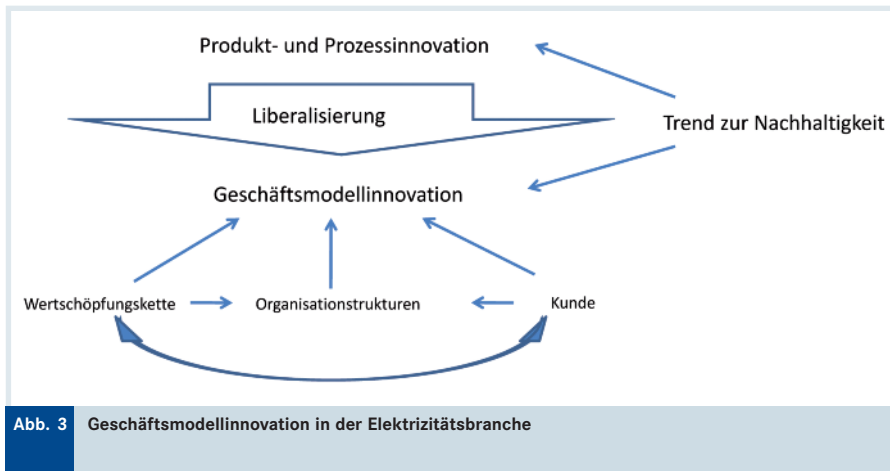


Abb. 3 Geschäftsmodellinnovation in der Elektrizitätsbranche

Geschäftsmodellinnovation – Liberalisierung und der Trend zur Nachhaltigkeit

Nach der Produkt- und Prozessinnovation liegt der Schwerpunkt im dritten Innovationszyklus auf den Geschäftsmodellen. Dafür gibt es zahlreiche, unterschiedliche Begriffsdefinitionen. Wir konzentrieren uns hier auf den Ansatz von Schumpeter. Er prägte die Theorie von neuen Wegen, um Mehrwert auf der Basis von technologischer Veränderung und Innovation zu generieren. Neben den zwei bereits beschriebenen Innovationstypen der Produkt- und Prozessinnovation nennt er drei weitere Innovationen, die wir als Geschäftsmodellinnovation zusammenfassen [3]:

- die Entwicklung neuer Märkte: neue Kunden oder Kundenschnittstellen;
- die Entwicklung neuer Ressourcen in der Wertschöpfungskette: neue Lieferanten und Vertriebspartner;
- die Entwicklung neuer organisatorischer Strukturen.

Geschäftsmodellinnovation wird oft unterschätzt, sie kann jedoch dem Unternehmen bedeutende Marktvorteile verschaffen. Ein bekanntes Beispiel aus der Informations- und Kommunikationstechnologie ist das junge Unternehmen Skype, das nicht nur das Produkt Telefonie mit Chatten und Videokonferenz kombinierte, sondern auch die Konsumentenschnittstelle veränderte. Der Kunde bei Skype telefoniert via Computer.

Auch das Schweizer Venture Blacksocks ist ein Beispiel für Geschäftsmodellinnovation. Das Unternehmen löste das Problem der Sockensortierung durch eine periodische

Lieferung von schwarzen Socken, die alle identisch sind. Die Kundschaft kauft über das Internet und bindet sich langfristig. Blacksocks hat außer Marketing und Kundenservice alle Prozesse ausgelagert. In der sehr reifen und hart konkurrierenden Textilindustrie schaffte es das Unternehmen innerhalb weniger Jahre mit einer Innovation zu reüssieren.

Geschäftsmodellinnovationen konnten sich in der Elektrizitätswirtschaft durch die Liberalisierung entwickeln, welche in Europa 1998 begann und bei weitem noch nicht abgeschlossen ist. Die zwei wichtigsten Aspekte der Liberalisierung im Elektrizitätsmarkt sind einerseits das „Unbundling“ der integrierten Energie-Versorgungsunternehmen und andererseits die freie Durchleitung von Elektrizität.

Im „Unbundling“ oder der Entbündelung wird von Gesetzes wegen die organisatorische und räumliche Trennung der Einheiten Produktion, Vertrieb und Handel sowie der Netze gefordert. Aber auch der Trend zur Nachhaltigkeit hat fast gleichzeitig mit der Liberalisierung zu innovativen Geschäftsmodellen und Produkt- und Prozessinnovationen geführt. Das Produkt CO₂-Zertifikat entstand und die „neuen“, erneuerbaren Energien sind Prozessinnovationen, die in den letzten 20-30 Jahren stark weiterentwickelt wurden.

Drei Geschäftsmodellinnovationen haben sich bis heute in der Elektrizitätswirtschaft durchgesetzt (Abb. 3):

- In der Wertschöpfungskette entstanden neue Anbieter wie die Börse zur Abwicklung von Stromderivaten, Serviceunternehmen an unterschiedlichen Punkten der Wertschöpfungskette, Unternehmen zur Stromversorgung mit dezentralen Anlagen

und Anbieter von Kraftwerkskomponenten der erneuerbaren Energien.

- Ein neues Kundensegment wurde mit dem Trend Nachhaltigkeit und Ökologie geschaffen. Einige Konsumenten sind bereit, für zertifizierten Strom aus erneuerbaren Quellen mehr zu bezahlen, um darüber eine bestimmte Lebenseinstellung auszudrücken. Ein neuer Kunde ist auch der Investor, der direkt in einen Fond für Stromhandel oder andere Stromgeschäfte investiert. Der Kunde bezieht keinen Strom, sondern erwartet Renditen.

- Neue organisatorische Strukturen haben sich aufgrund des „Unbundlings“ innerhalb der etablierten Energie-Versorgungsunternehmen gebildet. Verschiedenste Organisationsmodelle wurden zur Trennung von Netz, Vertrieb und Produktion angewendet, die je nach Modell enorme Kostenvorteile brachten oder Mehrkosten verursachten. Die Möglichkeit, Strom als Derivat zu handeln, verlangte nach neuen Strukturen und bisher in der Branche unbekanntem Know-how, welches aus der Finanzindustrie eingekauft und an die Besonderheiten des Strommarktes angepasst und integriert werden musste. Auch hier sind verschiedenste Modelle auf dem Markt, die Wert generieren oder vernichten.

Die Ära der Geschäftsmodellinnovationen in der Elektrizitätswirtschaft hat in Europa erst vor rund 20 Jahren begonnen. Es wird interessant sein, zu beobachten, welche weiteren Innovationen in diesem Bereich in den nächsten Jahrzehnten entstehen werden.

Die Zukunft – Marktmodellinnovation?

Die Marktmodellinnovation ist typischerweise nach der Deregulierung von Märkten beobachtbar. Die oft intransparenten und homogenen Märkte werden offener und durchschaubarer. Neue Akteure auf der Angebotsseite informieren die Nachfrager und zwingen die ehemaligen Monopolisten, es ihnen gleich zu tun. Information und Transparenz führen zu Kunden, die ihren Konsum den Preisen anpassen: Der Kunde wird zum aktiven Marktteilnehmer.

Beispiel Schweizerischer Elektrizitätsmarkt

Im Elektrizitätsmarkt herrscht in weiten Teilen noch die Idee der Inelastizität der Nachfrage der Stromkonsumenten vor und die Deregulierung ist oft geprägt von Top-Down-Betrachtungen der Politik. Die ehemaligen Monopolisten und großen Anbieter

haben durch ihren Wissensvorsprung eine gewichtigere Stimme bei der Gestaltung des neuen Marktmodells. Auch ist ihr Kontakt zur Politik durch ihre staatlichen Eigentumsstrukturen etabliert.

Konsumenten sind zu Beginn einer Liberalisierungsperiode oft unzureichend informiert und organisiert. Nicht alle Marktteilnehmer werden also zu gleichen Teilen involviert. Das Verhalten des Konsumenten wird daher heute in den Strompreisen nicht gespiegelt und kann damit auch keine Signale geben, um das Angebot der Nachfrage anzupassen. Die konsequente Umsetzung eines flexibleren Marktmodells fehlt in der Elektrizitätsbranche noch weitgehend.

Das heute in der Schweiz und auch in den meisten europäischen Ländern vorherrschende Paradigma der Elektrizitätsbranche heißt noch immer „Versorgungssicherheit zu jedem Preis“. Die Stromversorgung steuern wie im typischen Marktmodell der letzten hundert Jahre nach wie vor die Stromanbieter und die Politiker. Die meisten Pläne und Projekte sehen den Ersatz alter Produktionsanlagen durch neue Großkraftwerke vor. Je nach Szenario werden in Europa in den nächsten 10 bis 20 Jahren bis zu 50 % der heutigen Leistung an Elektrizität fehlen, fast die Hälfte der bestehenden Kraftwerke ist überaltert.

Informiert sich der Schweizer Bürger bspw. heute über die Energiepolitik des Bundes und der Energieversorgungsunternehmen im Bereich Elektrizität, liest und hört man vor allem von Regulierungen, Lenkungsabgaben, Subventionen und Kraftwerksbau. Zentrale Grundlage für die Energiepolitik der Schweiz sind die verschiedenen Publikationen zu den Energieperspektiven 2035 des Bundesamtes für Energie (BFE) des Jahres 2007.

Regulierungen und Lenkungsabgaben werden vor allem zur Beeinflussung der Nachfrageseite eingesetzt, mit dem Ziel, den Verbrauch an Elektrizität zu senken und in Richtung Nachhaltigkeit zu lenken. Man traut dem klassischen ökonomischen Ansatz nicht, dass Märkte sich über steigende Preise selber regulieren: Als zentrales Instrument setzt die Politik auf Lenkungsabgaben. Strom soll je nach Szenario [4] um 50 % bis 87 % verteuert werden. Subventionen und Fördermittel zum Ausbau der neuen Erneuerbaren werden je nach Szenario massiv ausgebaut, um auf der Angebotsseite die Investitionen zu lenken. Flankierend werden in allen Szenarien Vorschriften für die Energieeffizienz in Gebäuden und Anlagen erlassen.

Die diskutierten Ansätze zur Schließung der Schweizer Stromlücke ab 2017 entsprechen dem klassischen Paradigma der Versorgungssicherheit durch die Energieversorgungsunternehmen mittels Großkraftwerken. Die Szenarien wechseln vom Zubau der fehlenden Kapazität durch Kernenergie, Gaskraftwerke, Produktion aus neuen erneuerbaren Energien bis hin zu reinen Stromimporten und Mischformen von allem. Eines haben die diskutierten Lösungen alle gemeinsam: Sie decken einen Spitzenverbrauch, wie er nur selten im Jahr vorkommt und berücksichtigen die Anpassungen der Nachfrager an Preissignale nicht.

Neues Paradigma – Systemeffizienz

Industrie und Politik in der Schweiz lassen momentan innovative Denkmuster und Lösungen vermissen. Wagt man jedoch den Blick über den Tellerrand hinaus, sind durchaus interessante Ansätze bereits in anderen Märkten etabliert. Märkte mit „Demand Response“-Modellen bspw., haben sich von der Philosophie des „Rundum Sorglos“-Pakets gelöst und folgen dem neuen Paradigma der Systemeffizienz durch Minimierung der Nachfragefluktuation. Erfahrungen aus Nordamerika, Frankreich, Australien und dem skandinavischen Markt zeigen, dass ein Einbezug des Konsumenten in den Markt zu höherer Netzstabilität, zu tieferen Strompreisen und tieferen Preisvolatilitäten führt [5]. Das wiederum kappt Nachfragespitzen und führt zu einer geringeren Nachfrage.

8 % aller Energiekonsumenten der USA partizipieren in irgendeiner Art an einem „Demand Response“-Programm [6]. Die potenzielle Auswirkung auf die US-amerikanische Peak-Nachfrage aus diesen Programmen lag 2008 bei 5,8 %. Solche neuen Marktmodelle entstehen nur unter genügend Marktfreiheit und erfordern ein Umdenken.

Weitere Innovationen in diese Richtung versprechen nicht nur Mehrwert für den Versorger und Produzenten, sondern auch für Umwelt und Kunden.

Anmerkungen

[1] Schumpeter, J. A.: *Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung*. 3. Auflage, München: Duncker & Humblot, 1931; Utterback, J. M.; Abernathy, W. J.: *A Dynamic Model of Product and Process Innovation*. In: *Omega*, Vol. 3, No. 6, 1975, S. 639-656.

[2] Surowiecki, J.: *The wisdom of crowds: Why the Many are Smarter than the Few and how Collective Wisdom Shapes Business Economics, Societies, and Nations*. New York: Doubleday 2004.

[3] Boutellier, R.; Eurich, M.; Hurschler, P.: *An Integrated Business Model Innovation Approach: It is not All about Product and Process Innovation*. 2009.

[4] Bundesamt für Energie: *Die Energieperspektiven 2035 (Stand 2007)*, abrufbar unter: www.bfe.admin.ch/Energiepolitik

[5] Albadi M. H.; El-Saadany, E. F.: *Demand Response in Electricity Markets: An Overview*. In: *Power Engineering Society General Meeting. IEEE*, 2007. S. 1-5

[6] Federal Energy Regulatory Commission (FERC), *Assessment of Demand Response and Advanced Metering Staff Report*, Dez. 2008, abrufbar unter: <http://www.ferc.gov/legal/staff-reports/12-08-demand-response.pdf>

Weitere Literatur

Boëtius, H.: *Die Geschichte der Elektrizität*. Weinheim, Basel: Beltz & Gelberg, 2006.

Utterback, J. M.: *Mastering the Dynamics of Innovation: How companies can seize opportunities in the face of technological change*. Boston: Harvard Business School Press, 1994.

lic.oec.publ. C. Wohlfahrtstätter, Doktorandin, Prof. Dr. R. Boutellier, Professor für Technologie- und Innovationsmanagement, Department Management, Technologie und Ökonomie der ETH Zürich
cwohlfahrtstaetter@ethz.ch