

- [1] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: Erneuerbare Energien im Jahr 2014. Berlin: Öffentlichkeitsarbeit 2015
- [2] Aichele, C.; Doleski, O. D.: Smart Market „Vom Smart Grid zum intelligenten Energiemarkt“. Wiesbaden: Springer Fachmedien 2014
- [3] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: Forschungsjahrbuch Erneuerbare Energien 2014. Berlin: Öffentlichkeitsarbeit 2015
- [4] VGB PowerTech e.V.: VGB-Standard- Anwendungsrichtlinie, Teil 32: Windkraftwerke. Essen: VGB-Regelwerk 2014
- [5] Reich, G.; Reppich, M.: Regenerative Energietechnik „Überblick über ausgewählte Technologien zur nachhaltigen Energieversorgung“. Wiesbaden: Springer Fachmedien 2013

Kosten- und Energieeffizienzpotenziale durch den vermehrten Einsatz von IKT im deutschen Stromversorgungssystem

Michael Miller, Dr. Ulrich Fahl, Prof. Dr.-Ing. Kai Hufendiek, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Universität Stuttgart

Kurzfassung

Das Elektrizitätsversorgungssystem Deutschlands wird im Zuge der Energiewende transformiert. Ziel der vorliegenden Untersuchung ist es herauszufinden, inwieweit der vermehrte Einsatz von Informations- und Telekommunikationstechnologien (IKT) in diesem Kontext zu einem kosteneffizienteren Elektrizitätsversorgungssystem bei geringerem Energieeinsatz führen kann. Ergebnis der Untersuchung ist, dass durch den vermehrten Einsatz von IKT sowohl Energie als auch Kosten eingespart werden können, sofern eine adäquate Durchdringungsquote von IKT-Komponenten gewählt wird.

1. Einleitung

Das Elektrizitätsversorgungssystem Deutschland befindet sich in einer Transformationsphase. Der starke Zubau von fluktuierenden und dezentral verteilten Erzeugern stellt zahlreiche Herausforderungen an die Versorgungssicherheit, unter anderem im Hinblick auf die technischen Restriktionen der Netze sowie hinsichtlich der Gleichzeitigkeit von Erzeugung und Nachfrage. Zur Erfüllung der neuen Anforderungen stehen unterschiedliche Lösungsoptionen zur Auswahl. So kann beispielsweise das Problem der Netzrestriktionen durch den Zubau konventioneller Netzelemente behoben und der Ausgleich von Nachfrage und Erzeugung durch Reserve- bzw. Spitzen(residual)lastkraftwerke, Lastmanagement und/ oder Speicher erreicht werden.

Ziel der vorliegenden Untersuchung ist es herauszufinden, inwieweit die Lösungsoption des vermehrten Einsatzes von Informations- und Telekommunikationstechnologien (IKT) zu einem kosteneffizienteren Elektrizitätsversorgungssystem bei geringerem Energieeinsatz führen kann. Indem bestehende Systemkomponenten durch eine verbesserte Koordination und Steuerung in ihrer Auslastung gesteigert (Netzmanagement) oder aufeinander abgestimmt (Einspeise- und Lastmanagement) werden und indem die Stromnachfrage verringert wird, kann IKT dazu beitragen, den Bedarf an physikalischer Infrastruktur zu reduzieren.

2. Modellstruktur und Methode

Um die Effekte von IKT auf die im Elektrizitätsversorgungssystem auftretenden Kosten und Energieverbräuche zu bewerten, wird eine Modellstruktur verwendet, welche die IKT-

Komponenten für die Vernetzung ebenso erfasst, wie die anzusteuern Anschlusspunkte bei Erzeugern, Verbrauchern und Netzknoten. Ausgehend von diesem Strukturmodell wird die Anzahl der mit IKT angeschlossenen Verbraucher- und Netzknoten variiert und die Kosten sowie Energieverbräuche bestimmt. Betriebs- und Investitionskosten werden für Prozesse (Kundensupport, Forderungsmanagement, Abrechnung usw.), technische Anlagen des Versorgungssystems (Übertragungs- und Verteilnetze, Erzeuger) und für zentrale und dezentrale IKT quantifiziert. Gleichfalls wird der Nettoeffekt des Einsatzes von IKT auf den Stromverbrauch bewertet. Der Stromverbrauch wird durch den Einsatz von IKT einerseits reduziert (Einsparungen durch Verbrauchersensibilisierung) und andererseits gesteigert (zusätzliche Verbräuche der zentralen und dezentralen IKT-Infrastruktur). Die Berechnungen erfolgen für den Zeitraum 2014-2030. Die jährlich anfallenden Kosten werden auf das Basisjahr 2014 diskontiert und für den Betrachtungszeitraum aufaddiert. Drei verschiedene IKT-Ausbauszenarios (Verbraucherfokus, Netzfokus, Netz- und Verbraucherfokus) werden ins Verhältnis zu einem Referenz-Szenario gesetzt. Im Referenz-Szenario werden die aktuell moderaten IKT-Ausbauraten bis 2030 fortgeschrieben. Lediglich digitale Zähler werden vermehrt eingesetzt. Digitale Zähler erfassen zwar wie Smart Meter den Zeitpunkt des Stromverbrauchs, verfügen jedoch nicht über Kommunikationstechnologien. Die in den Szenarios variierten Parameter sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Im Hinblick auf die angegebenen Durchdringungsraten wird von einem linearen Rollout bis 2030 ausgegangen.

Tabelle 1: IKT-Durchdringungsraten der betrachteten Szenarios für das Jahr 2030

Bereich	Parameter	Referenz-Szenario	Verbraucherfokus	Netzfokus	Netz- und Verbraucherfokus	Sensitivitätsanalyse
Haushalte	Mechanische Zähler	60%	0%	60%	60%	$(1-x)^{60/94}$
	Digitale Zähler	34%	69%	34%	34%	$(1-x)^{34/94}$
	Smart Meter	6%	31%	6%	6%	$x \in \{0, \dots, 70\}$
Industrie und GHD	Mechanische Zähler	60%	0%	60%	60%	$(1-y)^{60/94}$
	Digitale Zähler	34%	69%	34%	34%	$(1-y)^{34/94}$
	Smart Meter	6%	31%	6%	6%	$y \in \{0, \dots, 70\}$
Erzeugerpunkte	Smart Meter (Fernwirktechnik-Standard)	55%	55%	55%	55%	55%
	Digitale Zähler	10%	10%	10%	10%	10%
	Kein Anschluss	35%	35%	35%	35%	35%
Netzknoten	Angebundene Ortsnetzstationen Land	6%	6%	28%	28%	$z \in \{0, \dots, 60\}$
	Angebundene Ortsnetzstationen Stadt	2%	2%	30%	30%	$m \in \{0, \dots, 60\}$

Über die aufgeführten, in den Szenarios variierten Parameter hinaus fließen zahlreiche weitere Parameter – wie Anschaffungs- und Betriebskosten für Komponenten, prozentuale Ver-

ringerung von Netzausbaubedarfen, prozentuale Energieeinsparungen, Prozesskosten – in die Berechnung ein. Hierzu wird auf zahlreiche Untersuchungen und Publikationen im Kontext der Transformation des Elektrizitätsversorgungssystems aufgebaut. Exemplarisch sind verschiedene Netzausbaupositionen [1], [2], [3], die Kosten und der Nutzen von Smart Metern [2], [3], [4], [5], Prozesskostenanalysen [6], [7], möglichen Energieeinsparungen [8], [9], [10], [11] sowie die Kosten und der Nutzen von Lastmanagement im Hinblick auf die Erzeugungskosten [12] zu nennen.

Nach Durchführung der Szenariorechnungen werden ausgehend vom kostenminimalen Szenario Sensitivitätsanalysen durchgeführt. Hierzu werden die Durchdringungsraten der Smart Meter in Haushalten, GHD und Industrie sowie der Anteil der durch IKT vernetzten Ortsnetzstationen in ländlichen und städtischen Gebieten variiert, um den Einfluss auf die Gesamtkosten und die erzielbaren Energieeinsparungen zu untersuchen.

3. Ergebnisse und Diskussion

Die Berechnung der Szenarios hat sowohl die Bewertung der Wirtschaftlichkeit als auch der erzielten Energieeinsparung zum Ergebnis. Bild 1 zeigt die Deltakosten der drei betrachteten Szenarios für die betrachteten Kostenkategorien auf.

In der Gesamtbetrachtung zeigt sich, dass lediglich der IKT-Ausbau mit Netzfokus zu geringeren Gesamtkosten in Höhe von 206 Mio. EUR₂₀₁₄ im Vergleich zum Referenzszenario führt. Die Mehrkosten bei dezentraler Infrastruktur (Investitionen und Betriebskosten) können in diesem Szenario durch Einsparungen im Netzbereich aufgewogen werden. Dahingegen sind bei den Szenarios mit Verbraucher- sowie mit Verbraucher- und Netzfokus die Mehrkosten der zusätzlichen Infrastruktur (insbesondere die Investitionsaufwendungen) weitaus größer als die Kosteneinsparungen, die durch verringerte Investitionen und Betriebskosten der Netze und Erzeugung erzielt werden können.

Anhand der Szenarioergebnisse wird darüber hinaus deutlich, dass eine Wirtschaftlichkeit nicht zwingend mit einer Energieeinsparung einhergeht. Während die beiden Szenarios mit Mehrkosten eine Nettoenergieeinsparung erzielen (in Bild 1 an den Energiekosten für dezentrale und zentrale IKT-Infrastruktur aufwiegenden Energiekosteneinsparungen erkennbar), führt der netzfokussierte IKT-Ausbau zu einem Strommehrverbrauch.

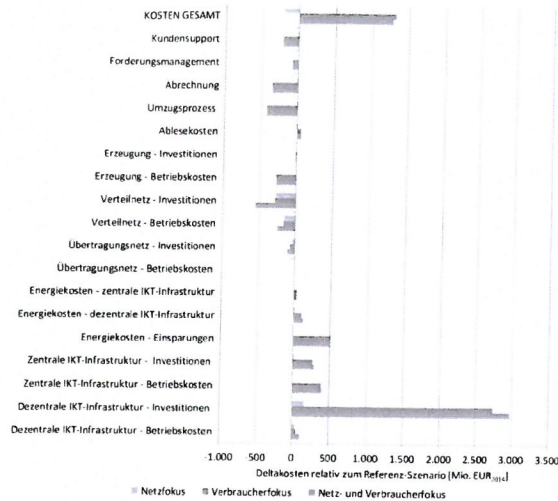


Bild 1: Deltakosten der berechneten Szenarios relativ zum Referenz-Szenario

Aufgrund der geringeren Gesamtkosten wird das Szenario mit einem netzfokussierten IKT-Ausbau herangezogen, um mittels einer Sensitivitätsanalyse die Durchdringungsraten konkreter IKT-Komponenten zu variieren und damit den Einfluss auf die Gesamtkosten und die erzielbaren Energieeinsparungen zu untersuchen.

Die Variation des Anteils der Haushalte, welche mit einem Smart Meter ausgestattet werden (Bild 2 links oben), macht deutlich, dass durch einen vermehrten Einsatz von Smart Metern im Haushaltsbereich trotz der abnehmenden Energiemenge pro angeschlossenen Verbraucher (es wird von einer Priorisierung von Verbrauchern mit größerer Abnahmemenge ausgegangen) eine Nettoenergieeinsparung erreicht werden kann. Lediglich ein kleiner Teil der Energieeinsparungen lässt sich jedoch wirtschaftlich, d. h. mit einer Kosteneinsparung größer Null, erreichen. Ab einer Durchdringung von 43 % sind weitere Energieeinsparungen nur durch Mehrkosten erzielbar.

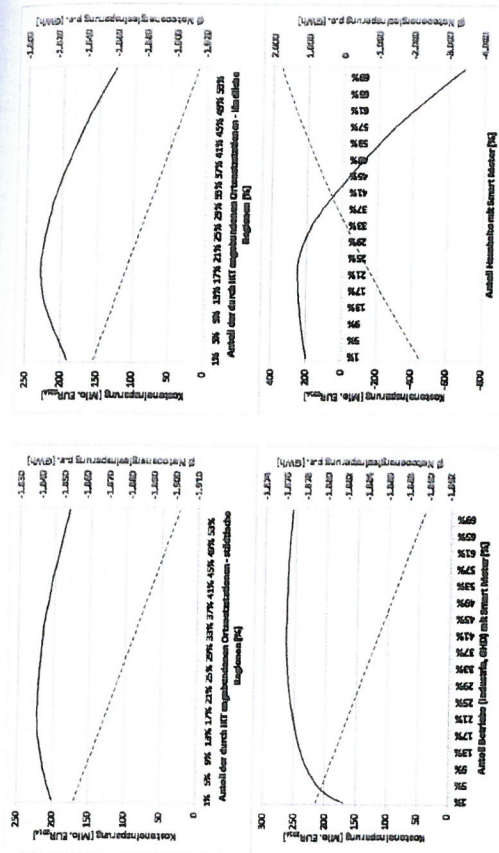


Bild 2: Auswirkung der Variation der Durchdringungsraten der Smart Meter in Haushalten, GHD und Industrie sowie die durch IKT angebundene Ortsnetzstationen in ländlichen und städtischen Gebieten auf die Kostensparung [Mio. EUR] und Energieeinsparung p.a. [GWh] für das Szenario Netzfokus

Da bei Industrie- und GHD-Betrieben von einem vernachlässigenden Energieeinsparpotenzial ausgegangen wird, sind durch die IKT-Eigenverbräuche bei zunehmender Smart Meter Durchdringung (Bild 2 rechts oben) Nettoenergieerhöhrverbräuche zu verzeichnen. Dahingegen wirkt sich der vermehrte Einsatz von Smart Metern aufgrund der Netz- und Erzeugungsdienlichkeit sowie Kostenvorteilen bei den Prozessen der Zählerbewirtschaftung zunächst kostensenkend aus. Analog lassen sich die Auswirkungen auf die Nettoenergieeinsparung und die Kosteneinsparung bei Variation des Anteils der mit IKT angebundener Ortsnetzstationen in ländlichen (Bild 2 links unten) und städtischen (Bild 2 rechts unten) Gebieten beschreiben. Während sich die kommunikationstechnische Einbindung zusätzlicher regelbarer Ortsnetztransformatoren im Hinblick auf die Netzausbaubedarfe zunächst mildernd auswirkt, entstehen durch die höheren Eigenverbräuche Nettoenergieerhöhrverbräuche.

Folglich zeigt die Sensitivitätsanalyse, dass für jede IKT-Komponente individuell eine optimale Durchdringung existiert. Diese optimale Durchdringung ist jedoch stets ceteris paribus bestimmt, für ein gesamtsystemisches Optimum müssen zusätzlich die Abhängigkeiten zwischen den Parametern erfasst werden.

4. Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass durch den vermehrten Einsatz von IKT sowohl Energie als auch Kosten eingespart werden können, sofern eine adäquate Durchdringungsquote von IKT-Komponenten gewählt wird. Kosten lassen sich durch vermehrten IKT-Einsatz insbesondere bei Prozessen der Zählerbewirtschaftung, den notwendigen Investitionen in Verteilernetze sowie in der Erzeugung (durch Lastmanagement) einsparen. Mit den Berechnungen konnte aufgezeigt werden, dass die Lösungsoption des vermehrten Einsatzes von IKT in der Modellierung des Elektrizitätsversorgungssystems danach verlangt über die Erzeugungsfokussierung hinaus auftretende Prozesskosten (z. B. Zählerablesung, Lieferantenwechsel oder Abrechnungen) und IKT-Komponentenkosten zu erfassen. Ferner wird durch die explizite Modellierung der IKT und deren Eigenverbräuche eine Bewertung von Energieeinsparpotenzialen möglich. Darüber hinaus lässt sich aus den Ergebnissen folgern, dass im Hinblick auf das Kostenminimum die IKT-Durchdringung mit zu optimieren ist.

Literatur

- [1] DENA. dena-Verteilernetzstudie: Ausbau- und Innovationsbedarf der Stromverteilernetze in Deutschland bis 2030. Berlin; 2012.
- [2] Brunner H., Lugmaier A., Bletterie B., Fechner H., Bründlinger R. DG DemoNet – Konzept: Aktiver Betrieb von elektrischen Verteilernetzen mit hohem Anteil dezentraler Stromerzeugung – Konzeption von Demonstrationsnetzen. Wien: 2008. Leitfaden für den Weg zum aktiven Verteilernetz 13a/2008.
- [3] Idlbi B., Diwold K., Stetz T., Wang H., Braun M. Cost - Benefit Analysis of Central and Local Voltage Control Provided by Distributed Generators in MV Networks. Grenoble, 2013. Powertech 2013.
- [4] Caggemini. Analyse der Kosten – Nutzen einer österreichweiten Smart Meter Einführung. Wien: Caggemini; 2010.
- [5] PwC. Studie zur Analyse der Kosten-Nutzen einer österreichweiten Einführung von Smart Metering Nutzen einer österreichweiten Einführung von Smart Metering: PwC Österreich; 2010.
- [6] Dohr M., Timm M. Prozesskostenbenchmarking eröffnet vielseitige Entwicklungsperspektiven. Energiewirtschaftliche Tagesfragen 2012;62:74–7.
- [7] Gnika A., Klebsch R., Foltz N. Ermittlung der Prozesskosten für Messstellenbetrieb, Messung und Abrechnung im Strom- und Gasbereich: LBD-Beratungsgesellschaft mbH; 2008.
- [8] Carrie Arnel K., Gupta A., Shrimali G., Albert A. Is disaggregation the holy grail of energy efficiency? The case of electricity. Energy Policy 2013;52:213–34.
- [9] Modellstadt Mannheim (moma). Beiträge von moma zur Transformation des Energiesystems für Nachhaltigkeit, Beteiligung, Regionalität und Verbundenheit; Abschlussbericht; 2013.
- [10] Lutz H., Eßer-Frey A., Fichtner W. Preis- und Effizienzsignale im MeRegio Smart Grid Feldtest – Simulationen und erste Ergebnisse. In: 7. Internationale Energiewirtschaftstagung an der TU Wien (IEWT); 2011.
- [11] Karg L., Kleine-Hegemann K., Wedler M., John C. E-Energy Abschlussbericht: Ergebnisse und Erkenntnisse aus der Evaluation der sechs Leuchtturmprojekte. B.A.U.M. Consult GmbH; 2014.
- [12] Steurer M., Miller M., Fahl U., Hufendiek K. Enabling demand side integration – assessment of appropriate information and communication technology infrastructures, their costs and possible impacts on the electricity system. Proceedings SmartER Europe - World Energy & Water 2015 2015.