

IKT, Wachstum und Produktivität in der Energiewirtschaft - Auf dem Weg zum Smart Grid

Matthias Wissner

Bad Honnef, Mai 2009

**WIK Wissenschaftliches Institut für
Infrastruktur und Kommunikationsdienste GmbH**

Rhöndorfer Str. 68, 53604 Bad Honnef

Postfach 20 00, 53588 Bad Honnef

Tel 02224-9225-0

Fax 02224-9225-63

Internet: <http://www.wik.org>

eMail info@wik.org

[Impressum](#)

In den vom WIK herausgegebenen Diskussionsbeiträgen erscheinen in loser Folge Aufsätze und Vorträge von Mitarbeitern des Instituts sowie ausgewählte Zwischen- und Abschlussberichte von durchgeführten Forschungsprojekten. Mit der Herausgabe dieser Reihe bezweckt das WIK, über seine Tätigkeit zu informieren, Diskussionsanstöße zu geben, aber auch Anregungen von außen zu empfangen. Kritik und Kommentare sind deshalb jederzeit willkommen. Die in den verschiedenen Beiträgen zum Ausdruck kommenden Ansichten geben ausschließlich die Meinung der jeweiligen Autoren wieder. WIK behält sich alle Rechte vor. Ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung des WIK ist es auch nicht gestattet, das Werk oder Teile daraus in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder einem anderen Verfahren) zu vervielfältigen oder unter Verwendung elektronischer Systeme zu verarbeiten oder zu verbreiten.

ISSN 1865-8997

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	II
Tabellenverzeichnis	II
Zusammenfassung	III
Summary	IV
1 Einleitung	1
2 Growth Accounting und der Einfluss der IKT	3
2.1 Einführung	3
2.2 Die Rolle der IKT	6
2.2.1 Theoretische Betrachtung	7
2.2.2 Ergebnisse empirischer Studien	8
3 Wertschöpfung und Produktivität - Die Rolle der IKT in der deutschen Energiewirtschaft	15
4 Wertschöpfungspotenziale für IKT in der Energiewirtschaft	23
4.1 Erzeugung	24
4.2 Übertragung und Verteilung	25
4.3 Vertrieb	26
4.4 Integration der Teilbereiche und TFP	27
5 Schlussfolgerungen und wirtschaftspolitische Handlungsempfehlungen	29
Literaturverzeichnis	31

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3-1:	Anteil des Inputfaktors IKT(-Kapitalleistungen) an der Wertschöpfung in der Energiewirtschaft und im Durchschnitt aller Branchen	16
Abbildung 3-2:	Anteile der Inputfaktoren in der Energiewirtschaft (in %)	17
Abbildung 3-3:	Anlageinvestitionen der Stromversorger	19
Abbildung 4-1:	Energiewirtschaftliche Wertschöpfungskette und IKT	28

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1:	BSP pro Arbeitsstunde 1980-2001	9
Tabelle 2-2:	Beiträge der Inputfaktoren zum Wirtschaftswachstum – Vergleich Europa – USA	10
Tabelle 2-3:	Beiträge der Inputfaktoren zur durchschnittlichen Arbeitsproduktivität (ALP) - Vergleich Europa - USA	11
Tabelle 2-4:	Beiträge der Inputfaktoren zur durchschnittlichen Arbeitsproduktivität (ALP) - Vergleich Europa – USA - Deutschland	12
Tabelle 2-5:	Ursprünge des ALP-Wachstums in Deutschland	13
Tabelle 3-1:	Growth Accounting: Die deutsche Energiewirtschaft im Vergleich zum Durchschnitt aller Industriezweige (Angaben in %)	18
Tabelle 3-2:	Capital Deepening: Anteile von IKT und Nicht-IKT	21

Zusammenfassung

Die deutsche Energiewirtschaft steht vor großen Herausforderungen. Es gilt, die Wirtschaftlichkeit, die Versorgungssicherheit und die Umweltverträglichkeit des Energiesystems in den nächsten Jahren und Jahrzehnten zu gewährleisten. Dabei stehen im Einzelnen verschiedene Aufgaben an: Die Vielzahl der Marktakteure, die nach Liberalisierung und Unbundling auf den Markt getreten ist, gilt es, informatorisch so zu vernetzen, dass effiziente Prozessabläufe über alle Wertschöpfungsstufen möglich sind. Im Bereich der Erzeugung erfolgt eine Zunahme sowohl zentraler als auch dezentraler fluktuierend einspeisender erneuerbarer Energiequellen, die in das Stromnetz integriert werden müssen. Die Gewährleistung einer stabilen Versorgung stellt auch an das Netzmanagement neue Aufgaben. Schließlich soll der Endkunde mehr als bisher in den gesamten Prozess einbezogen werden und wandelt sich, wenn er selbst Energie ins Netz einspeist, immer mehr zum aktiven Teilnehmer.

Alle beschriebenen Herausforderungen werden sich technisch und wirtschaftlich nur durch verstärkten Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) bewerkstelligen lassen. Inwiefern die deutsche Energiewirtschaft in der Vergangenheit Produktivitäts- und Wachstumspotenziale durch IKT zu realisiert hat, kann mit Hilfe der Methodik des „Growth Accounting“ analysiert werden. Diese Analyse mit speziellem Fokus auf die Rolle der IKT ergibt, dass insbesondere in den Jahren ab 2000 ein Rückgang des Beitrags der IKT zur durchschnittlichen Arbeitsproduktivität (ALP) zu beobachten ist. Dies gilt zum einen im relativen Vergleich des IKT-Capital Deepening mit dem Nicht-IKT-Capital Deepening innerhalb der Branche. Gleichzeitig liegt der Beitrag der IKT zur ALP auch im Vergleich zum Durchschnitt aller Branchen auf einem recht niedrigen Niveau. In den Jahren ab 2000 sinkt zum anderen auch der (zuvor über dem Durchschnitt aller Branchen liegende) absolute Beitrag der IKT unter den Gesamtdurchschnitt. Somit scheint hier ein gewisser Aufholbedarf der Energiewirtschaft im Vergleich zur Gesamtwirtschaft feststellbar, der durch Investitionen in Smart Grids verringert werden kann.

In den einzelnen Bereichen der energiewirtschaftlichen Wertschöpfungskette eröffnen sich dabei unterschiedliche Optionen. Während im Erzeugungsbereich die kommunikationstechnische Vernetzung unterschiedlicher Erzeuger zu einem virtuellen Kraftwerk eine viel versprechende Option darstellt, ist im Netzbereich selber durch steuer- und regelbare Lasten sowie den insgesamt verbesserten Informationsstand durch die erhöhte Datenerhebung in allen Bereichen des Systems eine effizienteres Netzmanagement zu erwarten. Im Vertriebsbereich schließlich wird die Technologie der intelligenten Zähler für eine größere Angebotsvielfalt und verstärkten Wettbewerb sorgen. Die notwendigen Investitionen bedürfen dabei entsprechender rechtlicher, regulatorischer und wirtschaftspolitischer Rahmenbedingungen, um angemessen umgesetzt werden zu können. Hierbei gilt es, einen ganzheitlichen Ansatz zu entwickeln, um die komplexen Fragestellungen, die sich teilweise hinter der Verwirklichung eines Smart Grids verbergen, zielführend den entsprechenden Lösungen zuzuführen.

Summary

The German energy industry is faced with great challenges. It is necessary to provide economic efficiency, security of supply and environmental compatibility of the energy system in the years and decades to come. Particularly, there are different tasks to manage: The great number of players that have entered the market after liberalisation and unbundling have to be informationally connected in such a way that efficient processes for the entire value chain are feasible. In the field of generation there is an increase in both central as well as local renewable energy sources, that feed into the grid and have to be integrated into the energy system. The provision of a stable supply confronts the grid management with new tasks, too. Finally the final customer is to be integrated in the whole process more than before. If he himself feeds energy into the grid he transforms himself more and more to an active player.

All described challenges will technically and economically only be overcome through the increased application of information and communication technologies (ICT). In how far the German energy industry has realised productivity and growth potential arising from ICT in the past can be analysed by the methodology of growth accounting. This analysis with a special focus on the role of ICT yields the result that especially in the years after 2000 a decrease in the contribution of ICT to average labour productivity (ALP) is observable. This holds true for the relative comparison of ICT capital deepening to Non ICT capital deepening within the energy industry on the one hand. Here the contribution of ICT to ALP is also on a relatively low level when it is compared to the average value of all industries. On the other hand, the absolute contribution of ICT (that was above industry average before) decreases from 2000 on. All this leads to the conclusion that a certain catch-up is needed that can be realised through investment in Smart Grids.

Within the single parts of the energy value chain there exist different options. While in the field of generation the integration of different generators by communication networks is a promising option, the grid itself may be steered more efficiently through the ability of controlling loads and the generally higher information status that results of increased data collection in all parts of the system. In the retail sector the technology of smart meters will lead to a wider range of offered products and intensify competition. The necessary investments need a corresponding legal, regulatory and economic framework to be implied properly. This means that a holistic approach has to be developed to solve the complex issues that to some extent hide behind the realisation of a smart grid.

1 Einleitung

Die Energiewirtschaft steht vor einer Fülle von Herausforderungen, die zur Schaffung eines effizienten, sicheren und umweltfreundlichen Energiesystems gelöst werden müssen. Der Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) wird dabei eine entscheidende Rolle spielen. Der Ausdruck „Smart Grids“ bezeichnet dabei einen neuen Ansatz. Der Begriff ist nicht eindeutig definiert, bezieht sich aber im Allgemeinen nicht nur auf die Netzinfrastrukturen („grids“) an sich sondern umfasst das gesamte Energiesystem (Erzeugung, Übertragung, Verteilung und Lieferung von Energie). Dahinter verbirgt sich die Nutzung von IKT zur Vereinfachung, Beschleunigung und Automatisierung von Prozessen innerhalb und zwischen allen Stufen der energiewirtschaftlichen Wertschöpfungskette. Im Einzelnen sind durch den Einsatz von IKT vor allen Dingen eine effizientere Stromerzeugung, -übertragung, und -verteilung, eine verbesserte Einbindung erneuerbarer Energien, eine Steigerung der Energieeffizienz, die Erhöhung bzw. Beibehaltung einer hohen Versorgungssicherheit und die Schaffung neuer Märkte und Dienstleistungen zu erwarten. Die Neuorganisation des Systems wird auch die aktive Mitwirkung der Verbraucher ermöglichen, die durch intelligente Infrastruktur (Smart Meter, Intelligente Geräte, Home Automation etc.) von passiven Nutzern zu aktiven Akteuren werden können.

Auf der anderen Seite geht die ökonomische Theorie davon aus, dass bei Monopolstellungen, so wie sie vor der Liberalisierung in der Energiewirtschaft existierten, nur geringe Innovationsanreize bestehen. Als positiver Anreiz kann lediglich angeführt werden, dass die Realisierung von Gewinnen aus der Innovationstätigkeit relativ sicher ist. Insbesondere wenn Innovationen in bestimmten Feldern dazu beitragen, die Subadditivität der Kostenfunktionen zu überwinden, besteht für den Monopolisten allerdings die Gefahr, nicht vollständig von den Ergebnissen dieser Innovationen zu profitieren, da Teilbereiche an Wettbewerber überlassen werden müssen.

Daraus kann die Erwartung abgeleitet werden, dass sich Investitionen in IKT (als Indikator für Innovationen) in der Energiewirtschaft im Vergleich zu anderen Branchen tendenziell niedriger darstellen, sobald dadurch mögliche Monopolrenditen in Gefahr geraten. In diesem Diskussionsbeitrag wird daher untersucht, in welchem Maße die deutsche Energiewirtschaft im Zeitraum zwischen 1992 und 2005 durch den Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) Wachstums- und Produktivitätspotenziale genutzt hat. Ziel der Untersuchung ist dabei die Beantwortung der Frage, inwiefern aus dem beobachteten Verhalten der Energieunternehmen in der Vergangenheit eine Bereitschaft zur Umgestaltung des Energiesystems in Richtung eines Smart Grid in der Zukunft erkennbar ist und ob eine der ökonomischen Theorie entsprechende Innovationstätigkeit existiert. Die Betrachtung beschränkt sich dabei auf den ökonomischen Aspekt (Wachstum und Produktivitätssteigerung) erhöhter IKT-Investitionen.

Zur Beantwortung der beschriebenen Fragestellung wird dabei wie folgt vorgegangen: Zunächst wird allgemein in die Methodik des „Growth Accounting“ eingeführt, eine

Technik, die es ermöglicht, den Einfluss verschiedener Parameter auf Produktivität und Wertschöpfung zu messen. Anschließend wird im Speziellen auf die Rolle der IKT eingegangen. Schließlich wird gezeigt, wie das Growth Accounting in empirischen Studien sowohl Länder- als auch Branchenvergleiche zulässt, indem die Anteile verschiedener Inputfaktoren an Wirtschaftswachstum und Produktivitätssteigerungen, insbesondere des IKT-Kapitals, analysiert werden. Im letzten Schritt wird die Methodik des Growth Accounting schließlich für die empirische Untersuchung der Auswirkungen von IKT-Investitionen auf den Wachstumsbeitrag und die Produktivität in der deutschen Energiewirtschaft im Zeitraum 1992 bis 2005 angewendet.

Bewahrheitet sich an dieser Stelle die These, dass die Energiewirtschaft insbesondere nach der Marktliberalisierung in relativ geringem Umfang in IKT investiert hat, so kann daraus die Forderung abgeleitet werden, diese Zurückhaltung aufzugeben und die zukünftigen Potenziale, die sich durch Smart Grids ergeben, zu nutzen. Dazu werden im zweiten Teil dieses Diskussionsbeitrages Potenziale beschrieben, die durch Smart Grids innerhalb der verschiedenen Bereiche des Energiesystems (Erzeugung, Übertragung und Verteilung, Vertrieb) und im Zusammenspiel über die Wertschöpfungsstufen hinweg gehoben werden können.

Unterstellt man den Unternehmen an dieser Stelle rationales Verhalten, so stellt sich die Frage, warum diese möglicherweise nicht ausreichend in IKT investieren. Dies kann gegebenenfalls darauf zurückzuführen sein, dass sich aus einer Investition (externe) Effekte ergeben, die nicht dem Investor selbst zugute kommen. So ist vorstellbar, dass ein Netzbetreiber nicht in die Automatisierung des Lieferantenwechsels investiert, wenn dadurch die Gefahr steigt, dass seinem verbundenen Vertriebsunternehmen aufgrund des vereinfachten Wechselprozesses Kunden verloren gehen. Daraus kann die Frage abgeleitet werden, ob der derzeitige politisch-regulatorische Rahmen eine ausreichende Grundlage bildet, um solch einer Entwicklung entgegenzuwirken. Daher werden im letzten Abschnitt Handlungsempfehlungen abgeleitet, auf deren Basis der Einsatz von IKT in der Energiewirtschaft vorangetrieben und optimiert werden kann.

2 Growth Accounting und der Einfluss der IKT

Ziel dieser Studie ist es, den Beitrag der IKT zum Wachstums- und Produktivitätsfortschritt in der Energiewirtschaft zu erklären und somit das Innovationsverhalten der Unternehmen zu analysieren. Die Methodik des „Growth Accounting“ bietet die Möglichkeit, den Einfluss der IKT isoliert zu betrachten und erscheint daher für die betrachtete Fragestellung gut geeignet. In diesem Abschnitt wird daher eine kurze Einführung in die Theorie des „Growth Accounting“ gegeben, die in Abschnitt 3 für die Analyse innerhalb der deutschen Energiewirtschaft angewendet wird. Diese Methodik dient der Aufschlüsselung des Wirtschafts- und Produktivitätswachstums nach dem jeweiligen Beitrag der Inputfaktoren. Anschließend wird anhand der Ergebnisse empirischer Studien die Anwendung des Growth Accounting für Länder- und Branchenvergleiche vorgestellt. Diese sind insofern relevant, als dort in vielen Untersuchungen die Rolle der IKT im Mittelpunkt steht. Sie wird insbesondere für das Produktivitätsdifferenzial zwischen Europa und den USA in der zweiten Hälfte der 1990er Jahre verantwortlich gemacht.

2.1 Einführung

Ziel des Growth Accounting ist es, die jeweiligen Beiträge der Inputfaktoren zu Wirtschaftswachstum und Produktivität zu erklären. Ausgangspunkt der Analyse ist eine Produktionsfunktion der Form:

$$Y_t = A_t * F(K_t, L_t) \quad (1)$$

mit Y: Volkswirtschaftlicher Output

F: Produktionsfunktion

K: Kapital

L: Arbeit

A: Totale Faktorproduktivität (TFP)

t: Zeitpunkt

Der volkswirtschaftliche Output setzt sich damit aus den Faktoren Arbeit und Kapital sowie der Totalen Faktorproduktivität zusammen. Im Allgemeinen wird in der Wachstumstheorie eine Cobb-Douglas-Produktionsfunktion angenommen, die folgende Form besitzt:

$$Y = A * F(K, L) = A * K^\alpha * L^{1-\alpha} \quad (2)$$

Die Cobb-Douglas-Produktionsfunktion besitzt die Eigenschaft konstanter Skalenerträge. Das bedeutet, dass die Erhöhung der Inputfaktoren K und L um einen bestimmten Prozentsatz eine Erhöhung des Outputs um eben diesen Prozentsatz nach sich zieht. Der nicht durch Mengeneffekte erklärbare Anteil A ist die Totale Faktorproduktivität (TFP), manchmal auch Multi-Faktor-Produktivität (MFP) genannt. Diese wird üblicherweise als Technologiefortschritt bezeichnet, allerdings lassen sich darunter viele verschiedene Faktoren subsumieren, etwa eine verbesserte Arbeitsorganisation.

Um die Ursachen des Wirtschaftswachstums zu analysieren, wird die Wachstumsrate des (gesamtwirtschaftlichen) Outputs betrachtet. Es gilt dann:¹

$$\frac{\Delta Y}{Y} = \alpha \frac{\Delta K}{K} + (1 - \alpha) \frac{\Delta L}{L} + \frac{\Delta A}{A} \quad (3)$$

mit α : Anteil des Kapitals ($0 \leq \alpha \leq 1$)

und $(1 - \alpha)$: Anteil der Arbeit

Das Wirtschaftswachstum wird also durch die jeweiligen Beiträge der drei Parameter Kapital, Arbeit und TFP begründet.

Ziel des Growth Accounting ist es, die Determinanten des Wirtschaftswachstums sowie der Produktivitätsfortschritte festzustellen, d.h. Gleichung (3) mit realen Werten zu füllen. Das Wachstum der TFP wird dabei indirekt ermittelt, indem die Beiträge der Faktoren Arbeit und Kapital von der gesamtwirtschaftlichen Wachstumsrate subtrahiert werden:²

$$\frac{\Delta A}{A} = \frac{\Delta Y}{Y} - \alpha \frac{\Delta K}{K} - (1 - \alpha) \frac{\Delta L}{L} \quad (4)$$

Unter der bereits erwähnten Annahme konstanter Skalenerträge sowie wettbewerblicher Faktormärkte kann Gleichung (1) in die folgende Form weiterentwickelt werden, unter der üblicherweise das Growth Accounting erfolgt:³

$$\Delta \ln Y_{i,t} = \bar{v}_{K,i,t} \Delta \ln K_{i,t} + \bar{v}_{L,i,t} \Delta \ln L_{i,t} + \Delta \ln A_{i,t} \quad (5)$$

$K_{i,t}$ stellt dabei die Kapitaldienste („capital services“) für Industrie i in Periode t dar, die sich als Messgröße des Kapitals in der Produktivitätsanalyse durchgesetzt haben.⁴ Sie sind allerdings nicht Teil der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen, im Gegensatz zum Kapitalstock. Dessen Verwendung für das Growth Accounting ist dagegen weniger

1 Mankiw (1997).

2 Ebenda.

3 Jorgenson und Stiroh (2000), Im Folgenden wird auf das Konzept der Bruttowertschöpfung („value-added“) abgestellt, d.h. Zwischenprodukte, die in den Produktionsprozess eingehen, finden keine Berücksichtigung.

4 Roehn, Eicher und Strobel (2007).

geeignet, da er keine Flussgröße darstellt, so wie die anderen verwendeten Parameter.⁵ Der Kapitaleinsatz entspricht also beispielsweise nicht dem Wert einer vorhandenen Maschine, sondern deren Nutzung(zeit). Der Zusammenhang zwischen Kapitalstock und –diensten kann wie folgt hergestellt werden: Die Kapitaleinsatz einzelner Anlagen können als proportional zum arithmetischen Durchschnitt des Kapitalstocks über zwei Perioden betrachtet werden:⁶

$$K_{i,j,t} = Q_{K,i,j} \frac{1}{2} (S_{i,j,t-1} + S_{i,j,t}) \quad (6)$$

wobei die $S_{i,j,t}$ den Kapitalstock der Anlage j in Industrie i zum Zeitpunkt t und Q einen Proportionalitätsfaktor darstellt, der die Qualität des Anlagegutes j widerspiegelt. Dieser Faktor wird als konstant über die Zeit angenommen, so dass sämtliche Qualitätsveränderungen im Zeitablauf über den Preisindex abgedeckt werden (s.u.). Bei wettbewerblichen Faktormärkten stellt $K_{i,t}$ die Grenzproduktivität des Faktors Kapital dar, die im Gleichgewicht dem Realzinssatz entspricht.

$L_{i,t}$ in Gleichung (4) steht für den Faktor Arbeit in Industrie i zum Zeitpunkt t . Dieser Faktor kann unterschiedliche Grenzproduktivitäten aufweisen, abhängig z.B. von Geschlecht, Alter und Ausbildung der Beschäftigten. Daher kann dieser Faktor entsprechend angepasst werden, so dass die unterschiedlichen Aspekte entsprechend berücksichtigt werden (sog. „Quality Adjusted Labour“).⁷ Die Grenzproduktivität entspricht im Gleichgewicht dem Reallohn einer Arbeitsstunde einer gewissen Arbeitsqualität.

Die Inputanteile des Kapitals $\bar{v}_{K,i,t}$ und der Arbeit $\bar{v}_{L,i,t}$ entsprechen den Faktoren α bzw. $(1 - \alpha)$ in Gleichung (3) und addieren sich zu eins. Über zwei Perioden werden sie als durchschnittliche Anteile wie folgt berechnet:⁸

$$\bar{v}_{h,i,t} = 0,5(v_{h,i,t} + v_{h,i,t-1}) \quad \text{mit } h = K, L \quad (7)$$

Die Inputanteile können weiterhin definiert werden als:⁹

$$v_{K,i,t} = \frac{P_{K,i,t} K_{i,t}}{P_{K,i,t} K_{i,t} + P_{L,i,t} L_{i,t}} \quad (8)$$

bzw.

$$v_{L,i,t} = \frac{P_{L,i,t} L_{i,t}}{P_{K,i,t} K_{i,t} + P_{L,i,t} L_{i,t}} \quad (9)$$

⁵ Für genauere Erläuterungen vgl. OECD (2001).

⁶ Jorgenson, Ho und Stiroh (2005), Roehn, Eicher und Strobel (2007).

⁷ Vgl. z.B. Bell, Burriel-Llombart und Jones (2005).

⁸ Roehn, Eicher und Strobel (2007).

⁹ Schreyer (2004).

$P_{K,i,t}$ und $P_{L,i,t}$ sind dabei jeweils die Preise für Arbeit und Kapital. Die Gewichte der Inputs sind also definiert als Anteil am Gesamtinput der beiden Faktoren Arbeit und Kapital.

Neben der Frage, welche Faktoren für das Wachstum einer Branche oder Volkswirtschaft verantwortlich sind, interessiert insbesondere auch, worauf die Veränderung der Produktivität zurückzuführen ist. Üblicherweise wird als Messgröße die durchschnittliche Arbeitsproduktivität („Average Labour Productivity“, ALP) herangezogen, also das Verhältnis des Outputs (Y) zu den geleisteten Arbeitsstunden (H):

$$ALP = \frac{Y}{H} \quad (10)$$

Gleichung (5) ergibt sich daher nach entsprechender Umformung als:¹⁰

$$\Delta \ln ALP_{i,t} = \bar{v}_{K,i,t} \Delta \ln k_{i,t} + \bar{v}_{L,i,t} \Delta \ln q_{i,t} + \Delta \ln A_{i,t} \quad (11)$$

Der Parameter $\Delta \ln k_{i,t}$ stellt das Wachstum des Kapitalinputs pro Arbeitsstunde dar. Er wird üblicherweise als „capital deepening“ bezeichnet¹¹ und reflektiert den Mehreinsatz von Kapital, also die Substitution von Arbeit durch Kapital bzw. die bessere Ausstattung der Arbeitskräfte mit Kapital.¹² Die Größe $\Delta \ln q_{i,t}$ bezeichnet den steigenden Anteil an Arbeitsstunden, die von Beschäftigten mit höherer Grenzproduktivität ausgeführt werden und stellt somit die Steigerung der Arbeitsqualität dar.¹³ Der dritte Faktor schließlich beschreibt die Totale Faktorproduktivität, die sich direkt auf die ALP auswirkt.

2.2 Die Rolle der IKT

In diesem Abschnitt soll nun der Einfluss der IKT bezüglich ihres Beitrags zu Wirtschaftswachstum und Produktivitätssteigerungen untersucht werden. Es wird insbesondere gezeigt, an welchen Stellen die IKT in der im vorhergehenden Abschnitt dargestellten Methodik des „Growth Accounting“ berücksichtigt werden kann, um anschließend die Ergebnisse entsprechender empirischer Studien für die Gesamtwirtschaft darzustellen. Diese beschäftigen sich insbesondere mit dem Beitrag der IKT zu unterschiedlichen Produktivitäts- und Wachstumsentwicklungen.

¹⁰ Roehn, Eicher und Strobel (2007).

¹¹ vgl. Jorgenson, Ho und Stiroh (2005).

¹² Roehn, Eicher und Strobel (2007).

¹³ Jorgenson, Ho und Stiroh (2005).

2.2.1 Theoretische Betrachtung

Die IKT kann auf verschiedene Art und Weise Wirtschaftswachstum und Produktivität beeinflussen¹⁴: Zunächst trägt die Produktion von IKT-Gütern zum Wachstum der gesamten Volkswirtschaft bei. Dieser Ansatz bezieht sich also auf den Produktionsprozess von IKT-Gütern. Auch wenn der Anteil dieser Produktion an einer Volkswirtschaft relativ gering ist, kann der Beitrag zum Wirtschaftswachstum relativ groß sein, sofern die IKT-produzierende Industrie sehr viel schneller wächst als die übrigen Branchen.

Als zweiter Ansatz kann der Beitrag der IKT als Kapitalinput betrachtet werden. Dieser Input findet mehr oder weniger in allen Industrien statt und lässt somit Branchenvergleiche zu. Der Faktor Kapital wird dabei unterteilt in IKT-Kapital und Nicht-IKT-Kapital. Auch hier kann der bereits erwähnte Prozess des „capital deepening“ in der Form stattfinden, dass Nicht-IKT-Kapital und Arbeit durch IKT-Kapital substituiert werden. Dies geschieht insbesondere auch dann, wenn die Preise von IKT-Gütern im Vergleich zu den anderen Inputfaktoren relativ billiger werden.

Im Bezug auf den Output lässt sich Gleichung (5) somit differenziert darstellen als:

$$\Delta \ln Y_{i,t} = \bar{v}_{IKT,i,t} \Delta \ln K_{i,t}^{IKT} + \bar{v}_{N-IKT,i,t} \Delta \ln K_{i,t}^{N-IKT} + \bar{v}_{L,i,t} \Delta \ln L_{i,t} + \Delta \ln A_{i,t} \quad (12)$$

Der Beitrag des Faktors Kapital ist somit aufgeteilt in $\bar{v}_{IKT,i,t} \Delta \ln K_{i,t}^{IKT}$, d.h. dem Inputanteil des IKT-Kapitals multipliziert mit dem IKT-Kapitaldienst einerseits, und $\bar{v}_{N-IKT,i,t} \Delta \ln K_{i,t}^{N-IKT}$, d.h. dem Inputanteil des Nicht-IKT-Kapitals multipliziert mit dem Nicht-IKT-Kapitaldienst andererseits.

Entsprechend ergibt sich für die durchschnittliche Arbeitsproduktivität (ALP) nach weiterer Differenzierung in IKT- und Nicht-IKT-Kapital (vgl. Gleichung (11)):

$$\Delta \ln ALP_{i,t} = \bar{v}_{IKT,i,t} \Delta \ln k_{i,t}^{IKT} + \bar{v}_{N-IKT,i,t} \Delta \ln k_{i,t}^{N-IKT} + \bar{v}_{L,i,t} \Delta \ln q_{i,t} + \Delta \ln A_{i,t} \quad (13)$$

Der Parameter $\Delta \ln k_{i,t}^{IKT}$ stellt dabei das Wachstum des IKT-Kapitalinputs pro Arbeitsstunde und somit das oben beschriebene „capital deepening“ in Bezug auf IKT-Kapital dar.

Schließlich wird angenommen, dass IKT einen Einfluss auf die Totale Faktorproduktivität besitzen kann. Dies bedeutet, dass durch sie nicht direkt ermittelbare Produktivitätssteigerungen begründet werden können. Dies ist z.B. dann der Fall, wenn mit dem Einsatz der IKT positive Netzexternalitäten (Netzwerkeffekte) verbunden sind. So ist z.B. vorstellbar, dass ein großflächiges Roll-Out mit Smart Metern in Zukunft positive Exter-

¹⁴ Vgl. im Folgenden: Schreyer (2000).

nalitäten verursachen kann, die die Gesamtproduktivität erhöhen (z.B. über vereinfachte Netzüberwachung etc.).

In der Systematik des Growth Accounting würde sich ein solcher Effekt wie folgt darstellen:¹⁵

$$\Delta \ln Y_{i,t} = \bar{v}_{IKT,i,t} (1 + \theta) \Delta \ln K_{i,t}^{IKT} + \bar{v}_{N-IKT,i,t} \Delta \ln K_{i,t}^{N-IKT} + \bar{v}_{L,i,t} \Delta \ln L_{i,t} + \Delta \ln A_{i,t} \quad (14)$$

θ stellt dabei die Netzwerkexternalitäten dar, die sich durch den Einsatz von IKT ergeben können. Diese Größe ist in der Praxis allerdings kaum beobachtbar, so dass sie nur als Restgröße mit dem Parameter $\Delta \ln A_{i,t}$, der alle nicht durch IKT ausgelösten Produktivitätssteigerungen erklärt, ermittelbar ist:¹⁶

$$\begin{aligned} \Delta \ln TFP_{i,t} &= \Delta \ln Y_{i,t} - \bar{v}_{IKT,i,t} \Delta \ln K_{i,t}^{IKT} - \bar{v}_{N-IKT,i,t} \Delta \ln K_{i,t}^{N-IKT} - \bar{v}_{L,i,t} \Delta \ln L_{i,t} \\ &= \bar{v}_{IKT,i,t} \theta \Delta \ln K_{i,t}^{IKT} + \Delta \ln A_{i,t} \end{aligned} \quad (15)$$

Wird unter Verwendung von Gleichung (14) ein Anstieg der Totalen Faktorproduktivität gemessen, muss diese allerdings nicht notwendigerweise auf den Einsatz von IKT zurückzuführen sein. Alle anderen Faktoren können die TFP ebenfalls beeinflussen. Umgekehrt wäre aber auch der Schluss falsch, dass kein messbarer Anstieg der TFP positive Externalitäten durch IKT ausschließt. Vielmehr können sich IKT- und Nicht-IKT-bedingte Einflüsse gegenseitig kompensieren.¹⁷

2.2.2 Ergebnisse empirischer Studien

In der wissenschaftlichen Literatur herrscht weitgehend Übereinstimmung, dass die (unterschiedliche) Zunahme an IKT-Kapital eine entscheidende Ursache für unterschiedliche Wachstumsgeschwindigkeiten und Produktivitätsdifferenziale zwischen verschiedenen Volkswirtschaften darstellt.¹⁸ Dabei wird auf die in Abschnitt 2.2.1 beschriebenen Ursachen für den Einfluss der IKT verwiesen, wobei in diesem Abschnitt hauptsächlich auf den Aspekt des IKT-capital deepening eingegangen wird. Im Folgenden werden die Ergebnisse ausgewählter Studien dargestellt, die Länder- und Branchenvergleiche zum Forschungsinhalt hatten. Anhand der dargestellten Beispiele wird die Anwendung des Growth Accounting gezeigt und es sind gleichzeitig erste Rückschlüsse bezüglich der Rolle der IKT möglich, die bei der späteren Analyse des Energiesektors hilfreich sind.

¹⁵ Schreyer (2000).

¹⁶ ebenda

¹⁷ ebenda; Ein anderer Ansatz zur Messung des Einflusses der IKT auf die TFP besteht in der Verwendung ökonomischer Methoden. Durch Regressionsanalyse kann beispielsweise der Einfluss der IKT auf die durchschnittliche Arbeitsproduktivität geschätzt werden (vgl. z.B. NOIE (2004)).

¹⁸ Oliner und Sichel (2000), Jorgenson und Stiroh (2000).

2.2.2.1 Ländervergleiche

Timmer, Ypma und van Ark (2003) weisen zunächst darauf hin, dass sich die Wachstumsrate der ALP in den USA von 1,4% zwischen 1980 und 1995 auf 1,7% in den Jahren 1995 bis 2001 beschleunigte, während sie für die EU (14) in den selben Zeiträumen von 2,3% auf 1,4% sank¹⁹ (vgl. Tabelle 2-1).

Tabelle 2-1: BSP pro Arbeitsstunde 1980-2001

	BSP pro Arbeitsstunde (1999 EKS \$)			ALP-Wachstumsrate		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	1980	1995	2001	1980- 1995	1995- 2001	Differenz (5)-(4)
Niederlande	30,2	39,3	41,4	1,8	0,8	-0,9
Frankreich	26,2	37,5	41,4	2,4	1,7	-0,7
Belgien	26,6	37,4	43,1	2,3	2,3	0,1
Italien	26,4	36,0	38,3	2,1	1,0	-1,0
Deutschland	22,9	35,1	39,0	2,8	1,8	-1,1
Dänemark	25,5	34,6	38,3	2,0	1,7	-0,4
Österreich	25,2	32,4	37,8	1,7	2,6	0,9
Irland	16,2	28,9	39,9	3,8	5,4	1,6
Spanien	19,2	28,8	28,0	2,7	-0,5	-3,2
Finnland	18,7	28,8	33,8	2,9	2,7	-0,2
Großbritannien	20,3	28,6	31,4	2,3	1,5	-0,8
Schweden	23,2	28,3	31,4	1,3	1,7	0,4
Griechenland	16,7	19,1	23,0	0,9	3,1	2,2
Portugal	12,9	18,2	20,5	2,3	2,0	-0,3
EU 14	23,0	32,6	35,8	2,3	1,3	-1,0
USA	27,9	34,1	37,8	1,3	1,7	0,4

Quelle: University of Groningen and The Conference Board, GGDC Total Economy Database, February 2003, www.ggdc.net

Zu sehen ist aber auch ein deutlicher Unterschied zwischen den einzelnen Staaten der EU. Insbesondere in den großen Ländern (Deutschland, Frankreich, Großbritannien und Italien) ging die Wachstumsrate der ALP für die betrachteten Zeiträume deutlich zurück, während sie in anderen Ländern anstieg. Als ein Treiber wird für die unterschiedliche Entwicklung im Wirtschaftswachstum zwischen Europa und den USA ab Mitte der 1990er-Jahre das unterschiedliche Investitionsverhalten bezüglich IKT ver-

¹⁹ Timmer, Ypma und van Ark (2003).

antwortlich gemacht. Eine Aufteilung des Wirtschaftswachstums nach verschiedenen Inputparametern gemäß Gleichung (12) ist in Tabelle 2-2 dargestellt.

Tabelle 2-2: Beiträge der Inputfaktoren zum Wirtschaftswachstum –
Vergleich Europa – USA

	1980 – 1990 (1)	1990 - 1995 (2)	1995 – 2001 (3)	Differenz (2) – (1)	Differenz (3) – (1)
EU					
BIP	2,38	1,58	2,42	0,84	0,04
Beitrag Arbeit	0,05	-0,59	0,69	1,28	0,65
Beitrag Kapaldienste	1,21	1,03	1,26	0,23	0,05
IKT-Kapital	0,35	0,27	0,46	0,19	0,11
Nicht-IKT-Kapital	0,86	0,77	0,81	0,04	-0,05
Beitrag TFP	1,12	1,14	0,46	-0,67	-0,66
USA					
BIP	3,19	2,42	3,52	1,10	0,33
Beitrag Arbeit	1,22	0,86	1,15	0,29	-0,08
Beitrag Kapaldienste	1,21	0,96	1,57	0,61	0,36
IKT-Kapital	0,59	0,46	0,82	0,35	0,22
Nicht-IKT-Kapital	0,62	0,49	0,75	0,26	0,13
Beitrag TFP	0,75	0,61	0,80	0,20	0,05
US-EU-Differenz					
BIP	0,81	0,84	1,10	0,26	0,29
Beitrag Arbeit	1,18	1,45	0,46	-0,99	-0,72
Beitrag Kapaldienste	0,00	-0,08	0,30	0,38	0,30
IKT-Kapital	0,25	0,20	0,36	0,16	0,12
Nicht-IKT-Kapital	-0,24	-0,27	-0,06	0,22	0,19
Beitrag TFP	-0,37	-0,53	0,34	0,87	0,71

Quelle: Timmer, Ypma und van Ark (2003).

Wie ersichtlich ist, lag das Wirtschaftswachstum in den USA stets über dem der EU. Während der Beitrag des Faktors Arbeit in den USA in allen Perioden höher ausfiel und den größten Erklärungsbeitrag für die Wachstumsunterschiede liefert, ist ebenfalls ein höherer Beitrag der IKT-Kapitaleleistungen für alle betrachteten Zeiträume erkennbar. Im letzten betrachteten Zeitraum erklärt es 0,36 Prozentpunkte des Wachstumsunterschieds von 1,1 Prozentpunkten. Die TFP erklärt 0,34 Prozentpunkte und liegt im letz-

ten betrachteten Zeitraum in den USA erstmals höher als in der EU. Dabei ist zu beachten, dass sie den Beitrag einer verbesserten Arbeitsqualität enthält.²⁰

In Bezug auf die ALP ergibt sich ein differenziertes Bild, wie Tabelle 2-3 zeigt.

Tabelle 2-3: Beiträge der Inputfaktoren zur durchschnittlichen Arbeitsproduktivität (ALP) - Vergleich Europa - USA

	1980 - 1990 (1)	1990 - 1995 (2)	1995 - 2001 (3)	Differenz (2) – (1)	Differenz (3) – (1)
EU					
ALP	2,28	2,43	1,37	-1,07	-0,92
Beitrag Capital-Deepening	1,16	1,30	0,90	-0,40	-0,26
IKT	0,34	0,29	0,42	0,13	0,08
Nicht-IKT	0,82	1,01	0,48	-0,53	-0,34
TFP	1,12	1,14	0,46	-0,67	-0,66
USA					
ALP	1,46	1,19	1,85	0,66	0,39
Beitrag Capital-Deepening	0,71	0,58	1,05	0,46	0,33
IKT	0,52	0,40	0,72	0,33	0,20
Nicht-IKT	0,19	0,19	0,32	0,13	0,13
TFP	0,75	0,61	0,80	0,20	0,05
US-EU-Differenz					
ALP	-0,82	-1,24	0,48	1,73	1,30
Beitrag Capital-Deepening	-0,45	-0,71	0,14	0,86	0,60
IKT	0,18	0,11	0,30	0,20	0,12
Nicht-IKT	-0,63	-0,82	-0,16	0,66	0,47
TFP	-0,37	-0,53	0,34	0,87	0,71

Quelle: Timmer, Ypma und van Ark (2003).

Die ALP liegt in der EU für die ersten beiden betrachteten Zeiträume über der der USA, während sich dieser Trend ab Mitte der 1990er Jahre umkehrt. Hier macht sich in der EU die relativ hohe Steigerung des Inputfaktors Arbeit im Vergleich zum Kapitalinput bemerkbar. Insbesondere die Wachstumsraten des Inputs von Nicht-IKT-Kapitalleistungen pro Arbeitsstunde gingen in der EU für den Zeitraum 1995-2001 auf 0,48 Prozentpunkt zurück. Höhere Steigerungsraten beim IKT-Kapital konnten dies nicht ausgleichen. Im Gegensatz dazu spielt das IKT-capital deepening bei der Steigerung der ALP in den USA im Zeitraum 1995-2001 eine entscheidende Rolle.²¹ Geht

²⁰ Timmer, Ypma und van Ark (2003).

²¹ Timmer, Ypma und van Ark (2003).

man weiterhin von einem gewissen Einfluss der IKT auf die TFP aus (vgl. Abschnitt 2.2.1), so vergrößert sich der Anteil der IKT an der Steigerung der ALP.

Bei der Betrachtung der deutschen Situation bezüglich der ALP ergibt sich ein ähnliches Bild, das teilweise dennoch gewisse Unterschiede aufweist (vgl. Tabelle 2-4).

Tabelle 2-4: Beiträge der Inputfaktoren zur durchschnittlichen Arbeitsproduktivität (ALP) - Vergleich Europa – USA - Deutschland

		IKT pro Stunde	Nicht-IKT pro Stunde	TFP	ALP
1980 - 1995	USA	0,5	0,2	0,7	1,4
	EU	0,3	0,9	1,1	2,3
	Deutschland	0,4	0,8	1,7	2,8
1995 - 2001	USA	0,7	0,3	0,8	1,8
	EU	0,4	0,5	0,5	1,4
	Deutschland	0,4	0,5	0,9	1,7

Quelle: Timmer, Ypma und van Ark (2003).

So liegt die TFP für beide betrachteten Zeiträume jeweils höher als der EU-Durchschnitt bzw. der entsprechende Wert für die USA. Beim Beitrag der IKT-Kapitaldienste weicht Deutschland kaum von den EU-Werten ab, liegt damit jedoch genauso hinter den USA wie der EU-Durchschnitt.

Eine Erklärung für diese Entwicklung ist, dass sich viele europäische Länder in der zweiten Hälfte der 1990er-Jahre noch in einer Übergangsphase zu einer neuen Phase der Nutzung von Produktivitätsvorteilen durch IKT-Nutzung befinden, die die Vereinigten Staaten bereits realisiert haben.²²

2.2.2.2 Branchenvergleiche

Ebenso wie auf einzelne Länder kann das Growth Accounting auch auf einzelne Branchen innerhalb eines Landes angewendet werden.²³ Dabei wird oftmals zwischen IKT produzierenden, IKT nutzenden und nicht IKT bezogenen Branchen unterschieden.²⁴

In Bezug auf die ALP kommen Eicher und Roehn (2006) für Deutschland zu folgenden Ergebnissen (vgl. Tabelle 2-5).

²² van Ark und Robert Inklaar (2005).

²³ Vgl. z.B. Jorgenson, Ho und Stiroh (2005).

²⁴ Jorgenson, Ho und Stiroh (2005), Eicher und Roehn (2006).

Tabelle 2-5: Ursprünge des ALP-Wachstums in Deutschland

	1991- 1995	1995- 2000	2000- 2003	Differenz	Differenz
	(1)	(2)	(3)	(2) – (1)	(3) – (2)
ALP Gesamtwirtschaft	2,31	2,04	1,57	-0,27	-0,47
Beiträge zur ALP:					
1. Capital Deepening	1,02	0,88	1,14	-0,14	0,26
<i>1.1 davon IKT Capital Deepening</i>	<i>0,23</i>	<i>0,33</i>	<i>0,29</i>	<i>0,10</i>	<i>-0,04</i>
1.1.1 erbracht in IKT produzierenden Industrien	0,07	0,05	0,06	-0,02	0,01
1.1.1 erbracht in IKT nutzenden Industrien	0,12	0,21	0,13	0,09	-0,08
1.1.1 erbracht in nicht IKT bezogenen Industrien	0,04	0,07	0,10	0,03	0,03
<i>1.2 davon Nicht- IKT Capital Deepening</i>	<i>0,79</i>	<i>0,55</i>	<i>0,85</i>	<i>-0,24</i>	<i>0,30</i>
1.2.1 erbracht in IKT produzierenden Industrien	0,10	0,04	0,03	-0,06	-0,01
1.2.2 erbracht in IKT nutzenden Industrien	0,39	0,20	0,27	-0,19	0,07
1.2.3 erbracht in nicht IKT bezogenen Industrien	0,30	0,31	0,55	0,01	0,24
2. Wachstum der TFP	0,35	0,47	-0,01	0,12	-0,48
2.1 erbracht in IKT produzierenden Industrien	0,07	0,27	0,17	0,20	-0,10
2.2 erbracht in IKT nutzenden Industrien	-0,03	0,37	0,13	0,40	-0,24
2.3 erbracht in nicht IKT bezogenen Industrien	0,31	-0,17	-0,31	-0,48	-0,14
3. Wachstum der Arbeitsqualität	0,27	0,13	0,23	-0,14	0,10
4. Reallokation von Arbeitsstunden	0,67	0,56	0,21	-0,11	-0,35

Quelle: Eicher und Roehn (2006).

Wie aus Tabelle 2-5 ersichtlich ist, liefert das Capital Deepening über alle betrachteten Perioden hinweg den größten Beitrag zum Anstieg der ALP in Deutschland.²⁵ In der Periode zwischen 1995 und 2000 stieg der relative Beitrag des IKT Capital Deepening im Vergleich zum Nicht-IKT-Capital Deepening relativ stark an, getrieben vor allen Dingen durch entsprechende Entwicklungen in den IKT nutzenden Industrien.²⁶ Dennoch ging für diese Periode das Capital Deepening insgesamt zurück.

²⁵ Die 4. Position (Reallokation von Arbeitsstunden) ist ein Beitrag, der bisher in diesem Diskussionsbeitrag nicht berücksichtigt wurde und nur vereinzelt gesondert ausgewiesen wird. Dieser Parameter ist positiv, wenn sich Beschäftigung von Industrien mit geringer Produktivität zu solchen mit hoher Produktivität verlagert (van Ark und Inklaar (2005); vgl. im Folgenden: Eicher und Roehn (2006)).

²⁶ Für eine Übersicht zur Einteilung der Industrien (IKT produzierende Industrien, IKT nutzende Industrien, nicht IKT bezogene Industrien) vgl. Eicher und Roehn (2006).

Auf die Messung der Parameter innerhalb einzelner Branchen, insbesondere die Energiewirtschaft, wird im folgenden Abschnitt detailliert eingegangen. Dabei wird der zentralen Frage nachgegangen, inwiefern IKT zum Wachstum und zum Produktivitätsfortschritt innerhalb der Energiewirtschaft beigetragen hat.

3 Wertschöpfung und Produktivität - Die Rolle der IKT in der deutschen Energiewirtschaft

In diesem Abschnitt werden die Entwicklung der deutschen Energiewirtschaft bezüglich Wirtschaftswachstum und Produktivität und insbesondere der Einfluss bzw. Einsatz der IKT untersucht. Grundlage bildet eine Datenbank des Ifo-Instituts, die branchenscharfe Daten zur Anwendung des Growth Accounting enthält.²⁷ Die für die Energiewirtschaft hinterlegten Daten beziehen sich auf den gesamten Sektor, d.h. die Bereiche Gas und Strom werden zu einer Branche zusammengefasst. Die Daten umfassen dabei die gesamte Wertschöpfungskette (Erzeugung, Transport, Verteilung und Vertrieb). Dies lässt einerseits keine Analyse für einzelne Wertschöpfungsstufen zu, entspricht aber andererseits dem Gedanken eines Smart Grid, d.h. einer durchgängigen Durchdringung und Vernetzung der Wertschöpfungskette mit IKT.

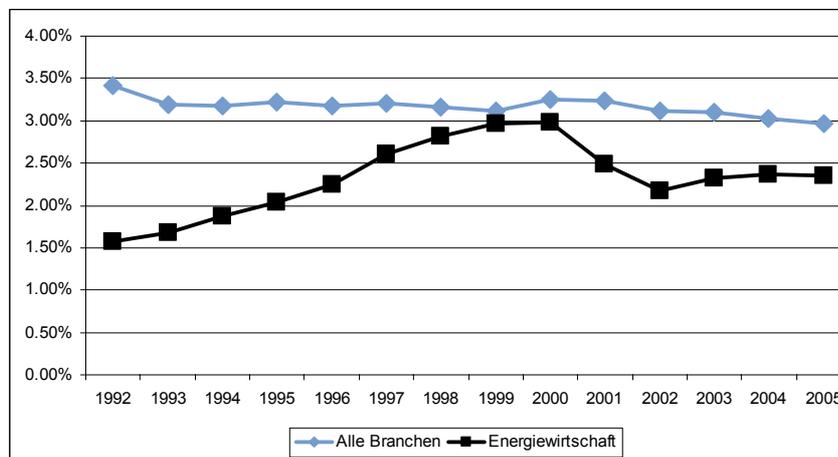
Die verwendete Datenbank enthält Daten für 52 Branchen für die Zeit von 1992 bis 2005.²⁸ Weiterhin wird nach zwölf verschiedenen Investitionsgütern unterschieden, drei davon aus dem Bereich der IKT: Computer und Bürogeräte, Kommunikationseinrichtungen und Software. Diese Kategorisierung lässt naturgemäß keine direkten Schlüsse zu, inwieweit die Smart-Grids-Idee tatsächlich verwirklicht wird, da nicht ersichtlich ist, an welcher Stelle die IKT-Güter im Einzelnen zum Einsatz kommen. Auch muss beachtet werden, dass die Datenreihe 2005 endet, so dass Investitionen in Richtung eines Smart Grids bis zu diesem Zeitraum wohl nur ansatzweise getätigt wurden. Dennoch lässt ein erhöhter Einsatz von IKT auf Automatisierungen schließen, die eine Steigerung der Effizienz und Produktivität bewirken sollten und somit einen ersten Schritt in Richtung Smart Grid darstellen. Es zeigt sich, ob die Energiewirtschaft in diesem Sinne im betrachteten Zeitraum entsprechend innovationsfreundlich agiert hat. Die beschriebene Definition von IKT kann daher als ein guter Indikator für Fortschritte auf diesem Gebiet herangezogen werden.

Einen ersten Hinweis auf den Einsatz der IKT geben die Inputanteile des IKT-Kapitals an der Wertschöpfung ($\bar{v}_{IKT,i,t}$ in Gleichung (12)). Die entsprechende Entwicklung ist in Abbildung 3-1 dargestellt.

²⁷ Ifo Industry Growth Accounting Database (2007).

²⁸ Roehn, Eicher und Strobel (2007).

Abbildung 3-1: Anteil des Inputfaktors IKT(-Kapitalleistungen) an der Wertschöpfung in der Energiewirtschaft und im Durchschnitt aller Branchen



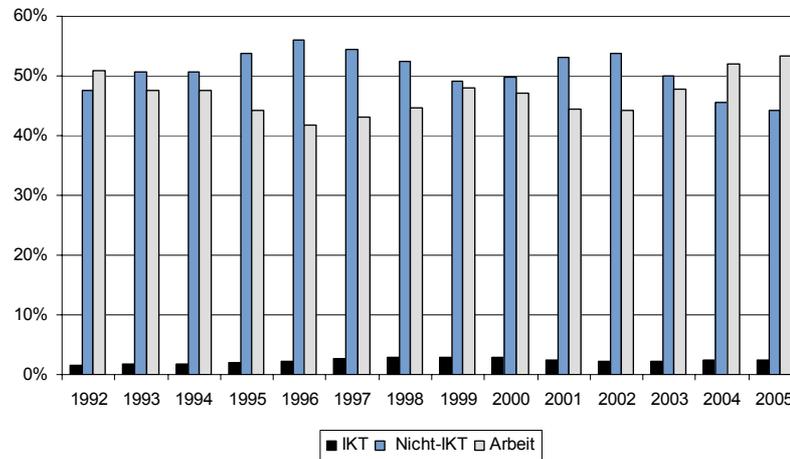
wik

Quelle: WIK auf Basis der Ifo Industry Growth Accounting Database (2007).

Hier wird deutlich, dass der Inputanteil des IKT-Kapitals im Vergleich zu den anderen Branchen unterdurchschnittlich abschneidet. Zwar konnte die Energiewirtschaft bis zum Ende der 1990er-Jahre den Abstand zum Durchschnitt verringern, fiel dann ab dem Jahr 2000 aber wieder zurück. Dies deckt sich mit der oben getroffenen Aussage, dass beim Einsatz der IKT in der Energiewirtschaft in den letzten Jahren eine gewisse Zurückhaltung zu beobachten ist. Ein entsprechender Aufholbedarf ist also erkennbar.

Ein Vergleich innerhalb der Energiewirtschaft macht die Entwicklungen der Anteile der drei Inputfaktoren IKT-Kapital, Nicht-IKT-Kapital und Arbeit deutlich (vgl. Abbildung 3-2).

Abbildung 3-2: Anteile der Inputfaktoren in der Energiewirtschaft (in %)



Quelle: WIK auf Basis der Ifo Industry Growth Accounting Database (2007).

Der Rückgang des Anteils des Faktors Arbeit wurde bis 1996 durch Steigerungen der Anteile der Faktoren Nicht-IKT-Kapital und IKT-Kapital ausgeglichen. Danach ist bis 1999 ein Rückgang im Nicht-IKT-Anteil zu beobachten, der vor allem durch den Faktor Arbeit, aber auch steigende Anteile des IKT-Kapitals aufgefangen wurde. Anschließend erfolgte jeweils eine kurze gegenläufige Bewegung, die sich ab 2002 wieder umkehrte. Der Beitrag des Faktors IKT blieb dabei ungefähr auf gleich hohem Niveau.

Die Ergebnisse des Growth Accounting für die deutsche Energiewirtschaft im Vergleich mit dem (ungewichteten) Durchschnitt aller Industrien für die Perioden 1992 bis 1995, 1996 bis 2000 und 2001 bis 2005 sind in Tabelle 3-1 dargestellt. Die beiden ersten Perioden können dabei als Zeiträume vor der Liberalisierung betrachtet werden, während diese im Zeitraum 2001 bis 2005 stark vorangetrieben wurde.

Tabelle 3-1: Growth Accounting: Die deutsche Energiewirtschaft im Vergleich zum Durchschnitt aller Industriezweige (Angaben in %)

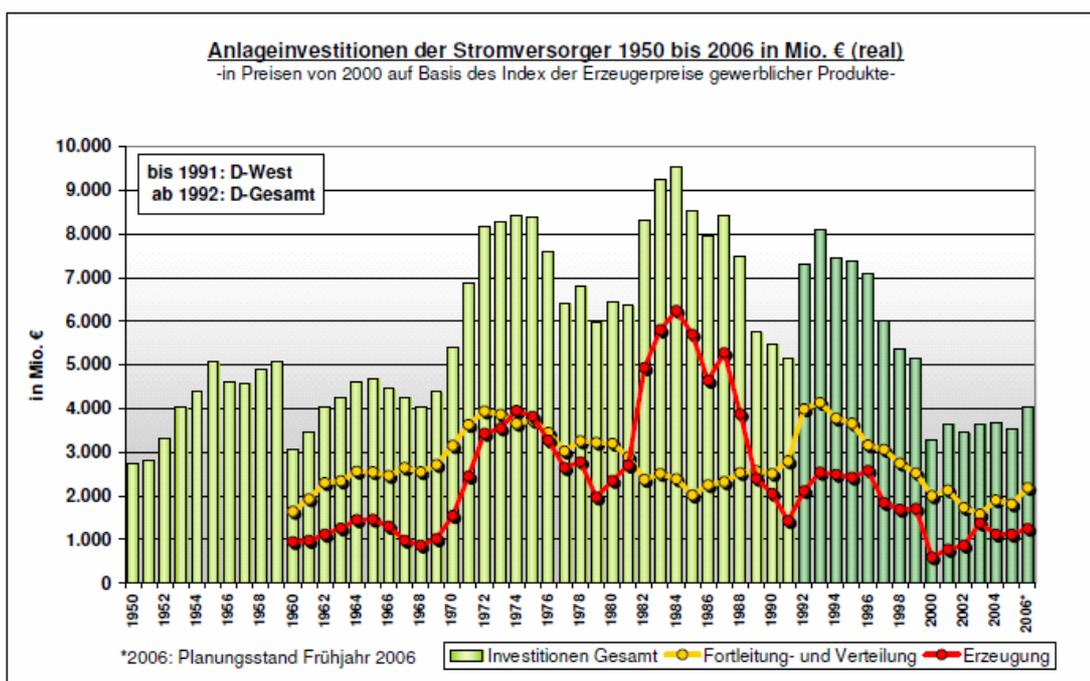
	1992 - 1995	1996 - 2000	2001 - 2005
Deutsche Energiewirtschaft			
Bruttowertschöpfung (value added)	1,59	3,35	3,95
Arbeitsstunden	-2,99	-5,50	-1,06
ALP	4,59	8,85	5,00
<i>davon Beitrag Capital Deepening</i>	4,00	4,35	0,95
IKT	0,40	0,60	0,10
Nicht-IKT	3,60	3,75	0,84
<i>davon Beitrag Arbeitsqualität</i>	0,27	0,03	0,09
<i>davon Beitrag TFP</i>	0,32	4,47	3,96
Alle Industrien			
Bruttowertschöpfung (value added)	-1,02	2,42	-0,13
Arbeitsstunden	-3,19	-0,91	-1,4
ALP	2,17	3,33 1,27	1,27
<i>davon Beitrag Capital Deepening</i>	2,03	1,23	0,85
IKT	0,29	0,41	0,22
Nicht-IKT	1,74	0,83	0,63
<i>davon Beitrag Arbeitsqualität</i>	0,32	0,18	0,26
<i>davon Beitrag TFP</i>	-0,18	1,92	0,17
Differenz Energiewirtschaft - Alle Industrien			
Bruttowertschöpfung (value added)	2,61	0,93	4,08
Arbeitsstunden	0,20	-4,59	0,34
ALP	2,42	5,52	3,73
<i>davon Beitrag Capital Deepening</i>	1,97	3,12	0,10
IKT	0,11	0,19	-0,12
Nicht-IKT	1,86	2,92	0,21
<i>davon Beitrag Arbeitsqualität</i>	-0,05	-0,15	-0,17
<i>davon Beitrag TFP</i>	0,50	2,55	3,79

Quelle: WIK (2009) auf Basis der Ifo Industry Growth Accounting Database (2007)

Wie zu erkennen ist, ist die Bruttowertschöpfung in der Energiewirtschaft in allen betrachteten Perioden gestiegen. Die Arbeitsstunden gingen hingegen durchgehend zu-

rück. Die Steigerung der Bruttowertschöpfung ist daher allein auf eine Steigerung der durchschnittlichen Arbeitsproduktivität (ALP) zurückzuführen. Sie stieg in allen betrachteten Zeiträumen, insbesondere aber in den Jahren zwischen 1996 und 2000. Auffällig ist der hohe Beitrag des Capital Deepening in der ersten betrachtete Periode (87%). In den Folgeperioden sank dieser Beitrag von 49% für die Jahre 1996 bis 2000 auf 19% in den Jahren 2001 bis 2005. Diese lässt auf eine abnehmende Investitionstätigkeit schließen, möglicherweise auch bedingt durch die durch eine zunehmenden Regulierung der Energiemärkte (Binnenmarkttrichtlinien und EnWG-Novellen) geprägten Rahmenbedingungen. Diese Entwicklung ist auch aus Zahlen des BDEW ablesbar, die sich allerdings nur auf den Strombereich beziehen. (vgl. Abbildung 3-3). Sowohl im Bereich der Netze als auch der Erzeugung gingen die Investitionen seit Anfang der 1990er-Jahre tendenziell zurück.

Abbildung 3-3: Anlageinvestitionen der Stromversorger



Quelle: BDEW (2007).

Auffällig in Tabelle 3-1 ist auch, dass sich der Beitrag der Totalen Faktorproduktivität (TFP) in der Energiewirtschaft nahezu umgekehrt zum Capital Deepening entwickelt hat. Ihr Anteil an der ALP stieg von 7% in den Jahren 1992-1995 auf 51% in den Jahren 1996 bis 2000 und 79% in den Jahren 2001 bis 2005. Wie ersichtlich ist, wird der in Abschnitt 2.2.1 beschriebene potenzielle Effekt positiver Netzwerkeffekte auf die TFP

nicht ausgewiesen, da er in der verwendeten Datenbank nicht hinterlegt und auch nicht direkt ableitbar ist. Somit kann kein quantitativer Rückschluss auf eine eventuelle Beschleunigung des TFP-Wachstums durch den Einfluss der IKT gezogen werden. In bestimmten Bereichen können hier aber sicherlich solche Effekte vermutet werden, allerdings wird weitere Forschung notwendig sein, um diese zu quantifizieren.

Als ein letzter Beitrag zur ALP ist in Tabelle 3-1 schließlich die Steigerung der Arbeitsqualität aufgeführt. Sie spielt in allen betrachteten Zeiträumen in der Energiewirtschaft allerdings nur eine untergeordnete Rolle.

Im Vergleich der Entwicklung der Energiewirtschaft zum Durchschnitt aller Industrien können weitere Rückschlüsse gezogen werden: Die Bruttowertschöpfung ist im Durchschnitt aller Industrien nur in der Periode zwischen 1996 bis 2000 gestiegen, in den Perioden 1992 bis 1995 und 2001 bis 2005 dagegen gefallen. Grund hierfür ist die gegenüber der Energiewirtschaft relativ geringere ALP über alle Perioden sowie für die Periode 1996 bis 2000 zusätzlich der relativ geringere Rückgang der Arbeitsstunden. Dieser Zeitraum scheint für die Energiewirtschaft also eine Periode der Konsolidierung darzustellen.

Die Steigerung der Bruttowertschöpfung ist daher wie auch in der Energiewirtschaft allein auf eine Steigerung der durchschnittlichen Arbeitsproduktivität (ALP) zurückzuführen. Letztere ist im Industriedurchschnitt für alle betrachteten Zeiträume positiv und weist ebenso wie in der Energiewirtschaft einen Sprung in der zweiten betrachteten Periode auf. Der Beitrag des Capital Deepening zur ALP beträgt in der ersten betrachteten Periode 94%. In der Folgeperiode (1996-2000) sank dieser Beitrag zunächst auf 37%, um anschließend wieder Jahre auf 67% zu steigen (2001 bis 2005). Hier ist also für die letzte Periode ein gegenläufiger Trend zur Entwicklung in der Energiewirtschaft erkennbar und bestätigt die oben geäußerte These branchenspezifischer Einflüsse (zunehmende Regulierung der Energiemärkte und damit verbundene Investitionszurückhaltung).

Der Beitrag der TFP ist in der Energiewirtschaft durchgängig höher als im Schnitt aller Branchen. Bei diesem Vergleich ist aber zu beachten, dass der Branchenvergleich der TFP im verwendeten value-added-Konzept mit Vorsicht zu interpretieren ist, da Zwischenprodukte, die die TFP beeinflussen können, nicht berücksichtigt werden.²⁹

Auffällig ist auch, dass das Capital Deepening in der Energiewirtschaft ebenfalls in allen Perioden höher lag als im Durchschnitt der übrigen Industrien. Auch der Beitrag der IKT ist in den ersten betrachteten Perioden absolut höher als im Gesamtdurchschnitt. Zu beachten ist allerdings der unterdurchschnittliche Beitrag der IKT in der letzten Periode. Während die allgemeine Abnahme in diesem Bereich auf den Niedergang der „New Economy“ zurückgeführt werden kann, fällt sie in der Energiewirtschaft besonders stark

²⁹ Kuhlmann (2007).

aus. Relativ gering (zwischen 10 und 14 Prozent) ist dabei der Anteil der IKT am Capital Deepening im Vergleich mit der Nicht-IKT. Im Gegensatz dazu ist der relative Anteil der IKT am Capital Deepening im Vergleich mit der Nicht-IKT im Schnitt aller Industrien höher als in der Energiewirtschaft (vgl. Tabelle 3-2).

Tabelle 3-2: Capital Deepening: Anteile von IKT und Nicht-IKT

	1992 - 1995	1996 - 2000	2001 - 2005
Energiewirtschaft			
IKT	10%	14%	11%
Nicht-IKT	90%	86%	89%
Alle Industrien			
IKT	14%	33%	26%
Nicht-IKT	86%	67%	74%

Quelle: WIK (2009) auf Basis der Ifo Industry Growth Accounting Database (2007)

Wie zu erkennen ist, fiel die kurzfristige Steigerung des IKT-Capital Deepening innerhalb der Energiewirtschaft in den Jahren 1996 bis 2000 in den Jahren 2001 bis 2005 fast auf das alte Niveau der Jahre 1992 bis 1995 zurück. Dies kann zum einen mit der allgemeinen wirtschaftlichen Entwicklung erklärt werden (s.u.). Das relativ niedrige Niveau, auf dem sich die Entwicklung innerhalb der Energiewirtschaft abspielt, deutet aber auch auf eine relativ geringe Investitionsneigung in diesem Bereich und somit eine gewisse Innovationsscheu hin. Dies bestätigt die eingangs formulierte These, dass die Energieunternehmen zu Monopolzeiten tendenziell mehr in IKT investiert haben und somit innovationsfreundlicher waren, da Innovationen sichere Rückflüsse garantierten. Im Gegensatz dazu sind Innovationstätigkeiten im Zeitraum 2001 bis 2005 geringer, da hier die Gefahr besteht, mit Investitionen in IKT Prozesse zu automatisieren, die den Wettbewerb in Gang bringen (etwa dezentrale Erzeugung, Lieferantenwechsel).³⁰

Die relativen Anteile der IKT im Durchschnitt aller Industrien liegen durchgängig höher als in der Energiewirtschaft, teilweise deutlich. Es erfolgte hier tendenziell eine ähnliche Entwicklung, d.h. ein Anstieg des Anteils der IKT in der zweiten betrachteten Periode und ein Rückgang in der dritten. Allerdings steigt der Anteil in der zweiten Periode auf 33% und fällt dann auf „nur“ 26%. Diese letzte Abnahme kann allgemein auf den Abschwung nach dem Niedergang der „New Economy“ Anfang der 2000er-Jahre interpretiert werden. Somit kann auch der entsprechende Rückgang in der Energiewirtschaft (von 14 auf 11 Prozent) mit diesem Ereignis erklärt werden. Branchenspezifisch erscheint jedoch der im Vergleich deutlich niedrigere Anstieg des Anteils der IKT von 10%

³⁰ Obwohl die Datenbank sämtliche Unternehmen von der Erzeugung bis zum Vertrieb erfasst, ist diese Periode von monopolistischen Strukturen geprägt, da viele Unternehmen noch vertikal verflochten sind (vgl. dazu auch Wissner et al. (2007)).

in den Jahren 1992 bis 1995 auf 14 % in den Jahren 1996 bis 2000 in der Energiewirtschaft zu sein.

Für die Periode 2001 bis 2005 ist im Bereich des IKT-Capital Deepening für die Energiewirtschaft also eine relativ und absolut niedrigere Entwicklung als in der Gesamtwirtschaft zu beobachten. Dies lässt vermuten, dass sich die bereits angesprochene Zurückhaltung in der Investitionstätigkeit in der Energiewirtschaft in besonderem Maße auf den Einsatz von IKT-Gütern ausgewirkt hat. Somit ist davon auszugehen, dass hier für die nächsten Jahre Spielraum für verstärkte Aktivitäten im Bereich der Smart Grids besteht, will die Energiewirtschaft nicht weiter hinter den Gesamtdurchschnitt zurückbleiben. Dies scheint auch von gesamtwirtschaftlichem Interesse, da die Energiewirtschaft im Schnitt der Jahre 1992 – 2005 1,87% zur gesamten Wertschöpfung beitrug und somit auf Rang 16 von 52 Branchen in diesem Bereich liegt. Eine verminderte Investitionstätigkeit im Bereich der IKT wirkt sich damit mittelbar auch auf die gesamtwirtschaftliche Produktivität aus.

Fazit

Die Analyse des Energiesektors mit Hilfe der Methodik des Growth Accounting mit speziellem Fokus auf die Rolle der IKT ergibt, dass insbesondere in den Jahren ab 2000 ein Rückgang des Beitrags der IKT zur durchschnittlichen Arbeitsproduktivität (ALP) zu beobachten ist. Dies gilt zum einen im relativen Vergleich des IKT-Capital Deepening mit dem Nicht-IKT-Capital Deepening innerhalb der Branche. Hier liegt der Beitrag der IKT zur ALP auch im Vergleich zum Durchschnitt aller Branchen auf einem recht niedrigen Niveau. In den Jahren ab 2000 sinkt zum anderen auch der (zuvor über dem Durchschnitt aller Branchen liegende) absolute Beitrag der IKT unter den Gesamtdurchschnitt. Die zunehmende Liberalisierung bei gleichzeitig weiterhin monopolistisch geprägten Strukturen der Energiewirtschaft garantiert den Unternehmen keine Rückflüsse aus Innovationstätigkeiten (IKT-Einsatz) mehr, da dadurch bestimmte Marktbereiche an Wettbewerber verloren zu gehen drohen.

Weiterhin schneidet die Entwicklung der Anteile des IKT-Inputs über den gesamten Zeitraum 1992 bis 2005 unterdurchschnittlich ab. Somit scheint hieraus ein gewisser Aufholbedarf feststellbar, um so mehr, als dass die in Abschnitt 1 beschriebenen Herausforderungen in der Energiewirtschaft sich nur durch erhöhten IKT-Einsatz werden bewältigen lassen. In welchen Bereichen hier Potenziale vorhanden sind ist Gegenstand des folgenden Abschnitts.

4 Wertschöpfungspotenziale für IKT in der Energiewirtschaft

Wie im letzten Abschnitt analysiert, hat sich insbesondere in den Jahren von 2001 bis 2005 die Investitionstätigkeit der Energiewirtschaft in IKT stark abgeschwächt. Die Ursachen dafür erscheinen vielfältig. Wie schon angedeutet, kann sich die zunehmende Regulierung der Energiemärkte seit Mitte der 1990er Jahre negativ auf das gesamte Investitionsverhalten ausgewirkt haben, da die Branche zunächst abwartete, wie sich die Rahmenbedingungen entwickelten. Auch heute kann ein unzureichender regulatorischer Rahmen in Teilbereichen, insbesondere im speziellen Fall der Investitionen in IKT, noch investitionshemmend wirken.

Auch externe Effekte können für die Investitionszurückhaltung verantwortlich sein. Dies gilt insbesondere dann, wenn nicht klar ist, ob nur der Investor oder (auch) eine andere Partei von der Investition profitiert. In diesem Falle positiver externer Effekte fällt die Produktionsmenge des Nutzenstifters (Investors) zu gering aus, sein privater Nutzen ist geringer als der entstehende soziale Nutzen.³¹ Beispielsweise ist es möglich, dass das Verbundunternehmen eines Netzbetreibers seine Kunden mit intelligenten Zählern ausstattet. Dies hat für den Netzbetreiber den Vorteil, dass er über einen besseren Kenntnisstand des Netzes verfügt und dieses somit einfacher steuern kann. Auf der anderen Seite kann der Kunde durch einen intelligenten Zähler aufgrund der höheren Transparenz seines Verbrauchs aber Energie einsparen, so dass das Vertriebsunternehmen möglicherweise Umsatzrückgänge zu verzeichnen hat. In einem verflochtenen leitungsgebundenen System wie dem der Energieversorgung besteht bei Investitionen im Sinne eines Smart Grid somit stets die Gefahr, für Investitionen nicht optimal entlohnt zu werden. Hierdurch können Investitionen verhindert werden.

In vielen Fällen scheint für die Investoren auch nicht klar zu sein, ob überhaupt Umsatzpotenzial für IKT-Investitionen existiert. So erwarten etwa im Bereich intelligenter Zähler 43% der Unternehmen in einer Umfrage³², dass kein zusätzliches Umsatzpotential durch Smart Metering erschlossen werden kann. Gleichzeitig geben 51% der Unternehmen an, in diesem Bereich eine abwartende Haltung einzunehmen. Hier wird also im Sinne von Realoptionen abgewartet, bis sich bei bestimmten Umweltzuständen (z.B. weitere Kostensenkung zur Realisierung von Smart Metering) Unsicherheiten weiter aufgelöst haben.

In diesem Abschnitt werden daher die Felder dargestellt, in denen Investitionen in IKT stattfinden können. Dabei werden Effizienz- und Produktivitätspotenziale in jedem einzelnen Bereich entlang der energiewirtschaftlichen Wertschöpfungskette dargestellt, die durch solche Investitionen genutzt werden können. Des Weiteren werden potenzielle Nutznießer solcher Investitionen beschrieben und mögliche Investitionshindernisse dar-

³¹ Fritsch, Wein und Ewers (2001).

³² PWC (2008); befragt wurden 67 Versorgungsunternehmen, die überwiegend in den Bereichen Strom, Gas, Wasser und Nah- und Fernwärme tätig sind.

gestellt. Nur wenn diese überwunden werden können, können die Potenziale, die sich durch Smart Grids ergeben, realisiert werden, denn diese vergrößern sich weiterhin durch die informatorische Vernetzung der einzelnen Bereiche untereinander. Schließlich ist es die Idee des Smart Grid- bzw. E-Energy-Gedankens³³, die Wirtschaftlichkeit, die Energieeffizienz und die Versorgungssicherheit durch einen durchgängigen Informationsfluss von der Erzeugung bis zum Verbrauch zu steigern. Daher muss jeder der im Folgenden beschriebenen Teilbereiche nicht nur energie- sondern auch IKT-seitig in das Gesamtsystem eingebettet sein.

4.1 Erzeugung

Im Erzeugungsbereich eröffnet die IKT verschiedene Möglichkeiten, um bestimmte Prozesse produktiver zu gestalten und gleichzeitig die Versorgungssicherheit zu verbessern. Zunächst spielt die Einbindung fluktuierend einspeisender regenerativer Energiequellen (Wind und Photovoltaik) eine immer größere Rolle. IKT kann hier auf sehr unterschiedliche Weise hilfreich sein. Über die Meldung von Echtzeit-Erzeugungsdaten kann zunächst die aktuelle Einspeisesituation an den Netzbetreiber übermittelt werden, dem somit die Netzführung erleichtert wird. Weiterhin können Daten aufgezeichnet werden, die als Grundlage für zukünftige Einspeiseprognosen dienen, welche somit permanent verbessert werden können. Erzeugungsanlagen, die nicht einfach zugänglich sind, so wie etwa Offshore-Windkraftanlagen, können durch IKT neben Erzeugungsdaten auch Daten zur Überwachung und Steuerung übertragen. Durch Fernsteuerung können Einsätze vor Ort reduziert und somit Kosten gespart werden.

Eine weitere viel versprechende Option stellt der Aufbau virtueller Kraftwerke dar. Dabei erfolgt der Zusammenschluss der Erzeugungleistung kleinerer und mittlerer dezentraler Erzeuger zu einem (virtuellen) Großkraftwerk. Dies hat zum einen den Vorteil, dass die gewonnene Energie effizienter und in größerem Maßstab vertrieben werden kann. Zum anderen kann der unterschiedlichen Verfügbarkeit verschiedener, vor allen Dingen erneuerbarer Energiequellen, Rechnung getragen werden. Durch die Kombination verschiedener Erzeugungseinheiten kann ein Grundlastband zur Verfügung gestellt werden, das im Vergleich zur Einspeisung der einzelnen Einheiten einen Mehrwert liefert.

Derzeit profitieren die Betreiber virtueller Kraftwerke, die aus erneuerbaren Energieträgern bestehen, allerdings nicht von dieser netzfreundlichen Einspeisung, da das EEG eine feste Vergütung für die Einspeisung von Strom aus erneuerbarer Energien unabhängig von der jeweiligen Netzsituation vorsieht. Für die entstehenden Regelenergie-

³³ Der Begriff E-Energy wurde durch das BMWi eingeführt (BMWi, 2005). Er meint die „umfassende digitale Vernetzung sowie computerbasierte Kontrolle und Steuerung des Gesamtsystems der Energieversorgung.“ (BMWi, 2008).

kosten aufgrund fluktuierender Erzeugung und Prognoseabweichungen kommt somit der Übertragungsnetzbetreiber und letztlich der Stromkunde auf.³⁴

Eine bereits existierende Option besteht in der Teilnahme von virtuellen Kraftwerken am Regelenergiemarkt.³⁵ Dabei kann durch die Einbindung von abschaltbaren Lasten, etwa Industriebetrieben mit regelmäßigen Verbrauchszyklen, auch negative Regelenergie bereitgestellt werden. Grundvoraussetzung für den Aufbau eines virtuellen Kraftwerks ist die informations- und kommunikationsmäßige Vernetzung und Steuerung der einzelnen Erzeugungs- und Verbrauchseinheiten von einer zentralen Stelle aus. Diese regelt die verschiedenen Erzeuger (und ggf. Verbraucher) in einem eigenen Bilanzkreis gegeneinander aus und sorgt somit für eine netzfreundliche Einspeisung.

Schließlich können intelligente Zähler (Smart Meter) bei der Installation von dezentralen Erzeugungseinheiten, z.B. Photovoltaikanlagen in Privathaushalten, die Messung und Abrechnung erleichtern, da sie in der Lage sind, den Stromfluss bidirektional zu messen und aufzuzeichnen. Die Ausstattung der Zähler mit IKT erleichtert insbesondere die Abrechnung der Einspeisevergütung nach EEG gegenüber dem Netzbetreiber. Zukünftig ist auch vorstellbar, dass eine Direktvermarktung eingespeister (erneuerbarer) Energie an einem E-Energy-Marktplatz durch entsprechende IKT-Infrastruktur möglich wird. Dies würde die Transparenz der Strompreise deutlich erhöhen. Dies wiederum ist möglicherweise nicht im Interesse der Vertriebsunternehmen, die daher in diesem Bereich voraussichtlich eher zurückhaltend sein werden.

4.2 Übertragung und Verteilung

Auch im eigentlichen Netzbereich eröffnen sich neue Möglichkeiten. Der höhere Informationsgrad, der durch die zunehmende digitale Ausstattung des Energiesystems erreicht werden wird, führt zunächst zu einem verbesserten Wissenstand über den Netzzustand seitens der Netzbetreiber. Dies kann auf Transportnetzebene bedeuten, dass kritische Situationen besser vorhergesagt werden und automatische Abwehrhandlungen erfolgen können.³⁶ Mittels Leistungselektronik kann in allen Netzebenen eine gezielte Steuerung des Lastflusses und die Erweiterung von Transportkapazitäten erfolgen.³⁷

Weiterhin führt auch die energie- und IKT-seitige Einbindung und intelligente Steuerung von Stromspeichern zu einer Erhöhung der Systems, Stabilität und damit zu einer höheren Versorgungsqualität. Hierbei können sowohl konventionelle Speichertechniken (Pumpspeicher, Druckluft) als auch neue Technologien, die noch zur Marktreife ge-

³⁴ VDE (2008).

³⁵ Bei Evonik Power Saar ist ein virtuelles Regelkraftwerk seit September 2003 mit einer Leistung von zurzeit 400 Megawatt in Betrieb.

³⁶ Kueck (2009).

³⁷ Ebenda.

bracht werden müssen (insbesondere chemische Speicher), aber auch gänzlich neue Ansätze (Elektroautos, Kühlhäuser) eine wichtige Rolle übernehmen. Auch hier kann die IKT die Funktion der Statusübermittlung übernehmen (Wie viel Speicherkapazität ist vorhanden?), gleichzeitig aber auch als Backbone für die notwendigen Abrechnungsprozesse zwischen den involvierten Akteuren (Netzbetreiber bzw. Speichernutzer, Speichereigentümer) dienen.

Schließlich kann es auch im Interesse des Netzbetreibers liegen, intelligente Zähler-technologie bei den Verbrauchern zu installieren. Einige Zähler sind dazu in der Lage, die Stromqualität zu dokumentieren und somit einen Beitrag zur Spannungsüberwachung zu leisten.³⁸ Des Weiteren ist es technisch möglich, Gruppen von Zählern zu bilden und hierdurch kontrolliertes Zu- oder Abschalten von signifikanten Lasten z.B. in Notfällen zu ermöglichen.³⁹ Auch hier kann es allerdings zu Effekten kommen, die einer solchen Investition entgegenlaufen. Werden Prozesse durch Investition in IKT vereinfacht und automatisiert (z.B. Lieferantenwechsel) so kommen die Vorteile dieser Investitionen möglicherweise anderen Akteuren als dem Investor selbst zugute.

4.3 Vertrieb

Im Vertriebsbereich wird es zu zunehmendem Wettbewerb kommen, der zu einem höheren Angebot an neue Dienstleistungen führen wird. Zunächst kann für den Kunden durch den Einsatz intelligenter Zähler eine höhere Transparenz bezüglich des eigenen Energieverbrauchs geschaffen werden. Dies kann in einem ersten Schritt über unterjährliche Abrechnungen (quartals-/monatsweise) geschehen. Die über Fernauslesung erhobenen Daten können dabei direkt in ein entsprechendes Abrechnungsprogramm eingespeist werden, so dass manuelle Ablesung und Dateneingabe entfallen. Dem Kunden können in der Abrechnung Vergleichszahlen von anderen, strukturgleichen Kunden zur Verfügung gestellt werden, so dass er seinen eigenen Verbrauch einordnen kann. Die Transparenz für den Kunden wird also erhöht. Weiterhin ist es mit intelligenten Zählern möglich und vom deutschen Gesetzgeber bis zum 30. Dezember 2010 vorgeschrieben, dem Kunden im Strombereich last- oder tageszeitabhängige Tarife anzubieten.⁴⁰ Somit können Preissignale, die sich aus der Erzeugungs- und Nachfragesituation ergeben, an die Kunden weitergegeben werden. Bei entsprechend elastischer Nachfragerreaktion ergibt sich somit eine effizientere Allokation der Produktionsfaktoren als dies bei den bisher verwendeten und auf Durchschnittskosten basierenden Tarife der Fall war.⁴¹

³⁸ WIK-Consult et al. (2006)

³⁹ ebenda.

⁴⁰ Vgl. § 40 (3) EnWG.

⁴¹ Für detailliertere Ausführungen siehe hierzu: Growitsch und Wissner (2007).

Da immer mehr Verbraucher zukünftig auch zu Erzeugern und Einspeisern werden – vor allen Dingen durch Erzeugungsanlagen im Bereich der erneuerbaren Energien, s.o. – und sich zu sog. „Prosumern“ entwickeln werden, ist eine IKT-seitige Anbindung zur Steuerung der entsprechenden Prozesse geboten. Ziel sollte es dabei sein, die Prozesse durch IKT weitestgehend zu automatisieren. So ist es denkbar, dass die Verbraucher Strom für bestimmte Anwendungen dann beziehen, wenn er günstig ist, und auf der anderen Seite die Möglichkeit haben, überschüssigen Strom zu verkaufen, wenn eine hohe Nachfrage besteht und der Preis entsprechend hoch ist. Auch ist ein Systemdesign vorstellbar, bei dem der Kunde den jeweils günstigsten Anbieter auswählen kann. Dies alles setzt den Aufbau einer entsprechenden Infrastruktur voraus, die die Prozesse steuert und die notwendigen Daten überträgt. Eine Option können dabei in Zukunft auch Elektroautos darstellen, die als Stromspeicher dienen können. Auch hierzu muss eine entsprechende Infrastruktur aufgebaut werden (z.B. Tankstellen), wobei mit Hilfe von IKT die notwendigen Abrechnungsprozesse mit und zwischen den Energieversorgern erfolgen kann. Insgesamt bietet sich in diesem Bereich also großes Potenzial für neue Dienstleistungen und Geschäftsmodelle, die durch Investitionen in entsprechende IKT verwirklicht werden können.

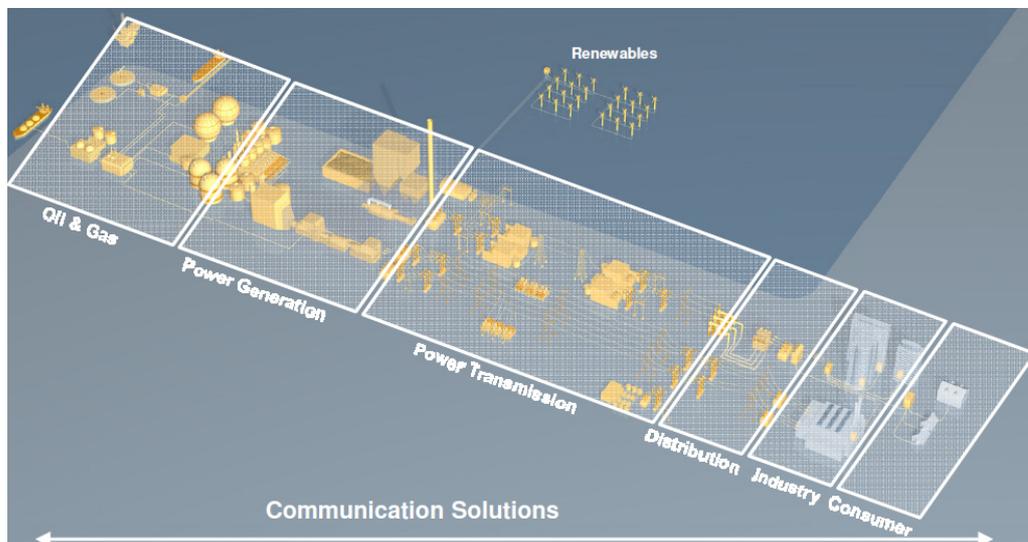
Eventuelle Investitionshindernisse in diesem Bereich sind zum einen mögliche Energieeinsparungen der Kunden, die sich negativ auf den Umsatz der Vertriebsunternehmen auswirken können. Zum anderen können fehlende Standards dazu führen, dass Investitionen u.U. nicht zurückverdient werden (sog. „stranded investments“), wenn die Technologien nicht im gesamten Markt eingesetzt werden kann. So sollte es z.B. grundsätzlich möglich sein, intelligente Zähler in fremden Netzgebieten zu installieren. Es existieren derzeit aber noch Marktzutrittskosten, da spezifische Investitionen und Prozesse der einzelnen Netzbetreiber zu mangelnder Interoperabilität beim Einsatz der Messgeräte in Netzen dritter Netzbetreiber und somit zu hohen Transaktionskosten führen.⁴²

4.4 Integration der Teilbereiche und TFP

Wie in den vorigen Abschnitten bereits deutlich wurde, lassen sich einzelne Investitionen (z.B. Smart Meter) nicht trennscharf einzelnen Bereichen der energiewirtschaftlichen Wertschöpfungskette zuordnen. Dies entspricht durchaus der Smart Grids-Idee, die einen durchgängigen Informationsfluss von der Erzeugung bis zum Vertrieb vorsieht (vgl. Abbildung 4-1).

⁴² Wissner und Growitsch (2007).

Abbildung 4-1: Energiewirtschaftliche Wertschöpfungskette und IKT



Quelle: Kueck (2009).

Nur durch diesen ganzheitlichen Ansatz lassen sich die durch das Unbundling institutionell unterbrochenen Prozessabläufe zwischen den Wertschöpfungsstufen wiederherstellen und vereinfachen. Erzeugung und Verbrauch können effizienter aufeinander abgestimmt werden, so wie dies vor der Entflechtung für die Gebietsmonopolisten durch eine integrierte Ressourcenplanung der Fall war. Wichtig ist dabei, dass einheitliche Standards bezüglich der übertragenen Daten gebildet werden und somit ein reibungsloser Informations- bzw. Datenfluss gewährleistet wird. Gleichzeitig muss auf der anderen Seite darauf geachtet werden, dass das politisch gewollte informatorische Unbundling nicht außer Kraft gesetzt wird.

Erfolgt ein reibungsloser Ablauf von Datenströmen und Prozessen, so können damit positive ökonomische Effekte erzielt werden, die durch die Auflösung der vertikalen Integration verloren gegangen sind. Darüber hinaus können auch Effekte im Sinne der Steigerung der totalen Faktorproduktivität (TFP) entstehen. Sind alle Erzeuger und Verbraucher in einer idealen Smart Grid-Welt untereinander kommunikationsfähig, so können sich daraus Netzwerkeffekte ergeben, die nicht direkt auf den Einsatz von Arbeit oder Kapital zurückgeführt werden können und somit einen Beitrag zur TFP leisten.

5 Schlussfolgerungen und wirtschaftspolitische Handlungsempfehlungen

In den vorherigen Abschnitten wurde theoretisch und empirisch abgeleitet, dass sich für die Energiewirtschaft bzgl. der Investitionen in Informations- und Kommunikationstechnologien Handlungsbedarf ergibt. Diese notwendigen Investitionen bedürfen allerdings entsprechender rechtlicher, regulatorischer und wirtschaftspolitischer Rahmenbedingungen, um angemessen umgesetzt werden zu können. Hierbei gilt es einerseits, die beschriebenen Investitionshindernisse in den einzelnen Wertschöpfungsstufen abzubauen, andererseits aber darauf zu achten, einen ganzheitlichen Ansatz zu entwickeln, um die komplexen Fragestellungen, die sich teilweise hinter der Verwirklichung eines Smart Grids verbergen, zielführend den entsprechenden Lösungen zuzuführen. Es ist daher Aufgabe der entsprechenden Institutionen, einen Rahmen zu entwickeln, innerhalb dessen Investitionen in IKT, die zu Produktivitätssteigerung und Effektivität des Energiesystems beitragen, entsprechend berücksichtigt und angereizt werden.

Im Erzeugungsbereich, insbesondere bei virtuellen Kraftwerken aus regenerativen Energiequellen, können Anreize beispielsweise dadurch geschaffen werden, dass die derzeit innerhalb der Regelenergiezonen eigenen EEG-Bilanzkreise in Bilanzkreise aufgehen, die es ermöglichen, durch Schaffung virtueller Kraftwerke entsprechende Fahrpläne zu erstellen und Abweichungen in Echtzeit auszugleichen. Dadurch ließe sich Regelenergie vermindern, gleichzeitig könnte aus diesen Kostensenkungen die netzfreundliche Einspeisung entlohnt werden.⁴³

Soweit die Investitionen in den eigentlichen Netzbereich fallen, muss im Rahmen der Regulierung die Bepreisung so ausfallen, dass Investitionen in IKT stattfinden können. So beabsichtigt die BNetzA z.B. im Bereich der intelligenten Zähler, dass den Netzbetreibern gewisse Spielräume zugestanden werden können.⁴⁴

Ein wichtiger Querschnittsaspekt ist die Frage der Interoperabilität der eingesetzten Technologien. Nur wenn das gesamte Energiesystem dieselbe Sprache spricht, werden Investitionen in die in Abschnitt 4 beschriebenen Bereiche die Verwirklichung eines Smart Grids ermöglichen. Es gilt daher einerseits, der Entwicklung und dem Einsatz neuer Technologien soviel Freiheit wie möglich zu gewähren, so dass sich effiziente Lösungen und Prozesse durchsetzen können. Auf der anderen Seite sollte aber darauf geachtet werden, dass sich keine proprietären Insellösungen bilden, die sich aus dem Gesamtgefüge lösen. Hierbei ist z.B. die Standardisierung der zu verwendenden Datenformate eine wichtige Aufgabe, falls die Daten von mehreren Akteuren benötigt werden. Gleichzeitig muss an dieser Stelle die Frage des Datenschutzes gelöst werden.

⁴³ VDE (2008).

⁴⁴ BNetzA (2009).

Diese beschriebenen Aspekte sind einerseits für einen effizienteren, da IKT-gestützten Netzbetrieb unerlässlich. Auf der anderen Seite spielen sie aber auch für eine weitere Belebung des Wettbewerbs auf Vertriebsseite eine wichtige Rolle. Nur bei einheitlichen Daten- und Kommunikationsstandards können Transaktionskosten auf Kundenseite gesenkt und z.B. der Lieferantenwechsel vereinfacht werden. In diesem Sinne kann auch in diesem Bereich der Weg für verstärkte Investitionen in IKT geebnet werden.

Insgesamt ist zu bemerken, dass das Vorantreiben von Smart Grids einen wichtigen Beitrag nicht nur zur Zukunftsfähigkeit der deutschen Energiewirtschaft, sondern der gesamten Volkswirtschaft zum Ergebnis haben wird. Andere Länder sind bereits ebenfalls im Aufbruch, um ein „Internet der Energie“ zu schaffen. Deutschland kann hier durch die Schaffung entsprechender Rahmenbedingungen Vorreiter sein und möglicherweise die Technologieführerschaft erringen. Denkbar wäre dann ein Export des Know-Hows ähnlich wie im Bereich der Erneuerbaren Energien oder der Energieeffizienz.

Literaturverzeichnis

- Bell, V., Burriel-Llombart, P. und J. Jones (2005): A quality-adjusted labour input series for the United Kingdom (1975–2002), Working Paper no. 280, Bank of England, October 2005.
- BMWi (2005): Ausschreibung der Studie: Potenziale der Informations- und Kommunikations-Technologien zur Optimierung der Energieversorgung und des Energieverbrauchs (eEnergy)
- BMWi (2008): E-Energy - IKT-basiertes Energiesystem der Zukunft, abrufbar unter: www.e-energie.info.
- BNetzA (2009): Die Bundesnetzagentur im Dialog – Leitlinien für Innovation und Wettbewerb mit intelligenten Zählern.
- Eicher, T.S. und O. Roehn (2006): Sources of the German Productivity Demise - Tracing the Effects of Industry-Level ICT Investment, October 10, 2006
- Fritsch, M. Wein, T. und Ewers, H.-J. (2001): Marktversagen und Wirtschaftspolitik, 4. Auflage, Verlag Vahlen, München.
- Growitsch, C. und Wissner, M. (2007): Die Liberalisierung des Zähl- und Messwesens, wik-Diskussionsbeitrag Nr. 298, September 2007, Bad Honnef.
- Ifo Industry Growth Accounting Database (2007), abrufbar unter: <http://faculty.washington.edu/te/growthaccounting>.
- Jorgenson, D. W., Ho, M. S. und K. J. Stiroh (2005): Productivity – Information Technology and the American Growth Resurgence, Volume 3, MIT Press, Cambridge, Massachusetts, United States.
- Jorgenson, D. W. und K. J. Stiroh (2000): Raising the Speed Limit: US Economic Growth in the Information Age, OECD Economics Department Working Papers, No. 261.
- Kueck, H. (2009): Stromfluss und IT: Zwischen Erzeugung und Verbrauch, Münchner Kreis Kongress: E-Energy – Wandel und Chance durch das Internet der Energie, Berlin, 23.01.2009.
- Kuhlmann (2007): Essays on Network Industries: Privatization, Regulation, and Productivity Measurement, ifo Beiträge zur Wirtschaftsforschung
- Mankiw, N. G. (1997): Macroeconomics, Third Edition, Worth Publishers, INC.
- NOIE (2004): Productivity growth in Australian manufacturing, NOIE Occasional Economic Paper, Australian Government, National Office for the Information Economy, Canberra.
- OECD (2001): Measuring Capital, OECD Manual, Measurement of Capital Stocks, Consumption of fixed Capital and Capital Services.
- Oliner, S.D. und D.E. Sichel (2000): The resurgence of Growth in the Late 1990s: Is Information Technology the Story?, Journal of Economic Perspectives, 14(4), S. 3-22.
- PWC (2008): Smart Metering, Umsetzungsstand und strategische Implikationen für die Energiewirtschaft.

- Roehn, O., Eicher, T.S. und T. Strobel (2007): The Ifo Industry Growth Account Database, June 2007.
- Schreyer, P. (2000): The Contribution of Information and Communication Technology to Output Growth: A Study of the G7 Countries, OECD Science, Technology and Industry Working Papers, 2000/2, OECD Publishing.
- Schreyer, P. (2004): Measuring Multi-Factor Productivity when Rates of Return are Exogenous, Paper presented at the SSHRC International Conference on Index Number Theory and the Measurement of Prices and Productivity, Vancouver July 2004.
- Timmer, M.P., Ypma, G. und B. van Ark (2003): IT in the European Union: Driving Productivity Divergence? Research Memorandum GD-67, Oktober 2003.
- van Ark, B. und R. Inklaar (2005): Catching Up or Getting Stuck? Europe's Troubles to Exploit ICT's Productivity Potential, Research Memorandum GD-79, Groningen Growth and Development Centre, September 2005.
- VDE (2008): Smart Distribution 2020, Virtuelle Kraftwerke in Verteilungsnetzen, Technische, regulatorische und kommerzielle Rahmenbedingungen.
- WIK-Consult, Fraunhofer ISI, Fraunhofer ISE (2006): Potenziale der Informations- und Kommunikations-Technologien zur Optimierung der Energieversorgung und des Energieverbrauchs (eEnergy), Studie für das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi).
- Wissner, M. und Growitsch, C. (2007): Die Liberalisierung des Zähl- und Messwesens, WIK-Diskussionsbeitrag Nr. 298.
- Wissner, M., Stonzik, M., Müller, G. und N. Angenendt. (2007): Stromerzeugung und Stromvertrieb – eine wettbewerbsökonomische Analyse, WIK-Diskussionsbeitrag Nr. 297.

Als "Diskussionsbeiträge" des Wissenschaftlichen Instituts für Infrastruktur und Kommunikationsdienste sind zuletzt erschienen:

- Nr. 242: Christin-Isabel Gries:
Die Entwicklung der Nachfrage nach breitbandigem Internet-Zugang, April 2003
- Nr. 243: Wolfgang Briglauer:
Generisches Referenzmodell für die Analyse relevanter Kommunikationsmärkte – Wettbewerbsökonomische Grundfragen, Mai 2003
- Nr. 244: Peter Stamm, Martin Wörter:
Mobile Portale – Merkmale, Marktstruktur und Unternehmensstrategien, Juli 2003
- Nr. 245: Franz Büllingen, Annette Hillebrand:
Sicherstellung der Überwachbarkeit der Telekommunikation: Ein Vergleich der Regelungen in den G7-Staaten, Juli 2003
- Nr. 246: Franz Büllingen, Annette Hillebrand:
Gesundheitliche und ökologische Aspekte mobiler Telekommunikation – Wissenschaftlicher Diskurs, Regulierung und öffentliche Debatte, Juli 2003
- Nr. 247: Anette Metzler, Cornelia Stappen unter Mitarbeit von Dieter Elixmann:
Aktuelle Marktstruktur der Anbieter von TK-Diensten im Festnetz sowie Faktoren für den Erfolg von Geschäftsmodellen, September 2003
- Nr. 248: Dieter Elixmann, Ulrike Schimmel with contributions of Anette Metzler:
"Next Generation Networks" and Challenges for Future Regulatory Policy, November 2003
- Nr. 249: Martin O. Wengler, Ralf G. Schäfer:
Substitutionsbeziehungen zwischen Festnetz und Mobilfunk: Empirische Evidenz für Deutschland und ein Survey internationaler Studien, Dezember 2003
- Nr. 250: Ralf G. Schäfer:
Das Verhalten der Nachfrager im deutschen Telekommunikationsmarkt unter wettbewerblichen Aspekten, Dezember 2003
- Nr. 251: Dieter Elixmann, Anette Metzler, Ralf G. Schäfer:
Kapitalmarktinduzierte Veränderungen von Unternehmensstrategien und Marktstrukturen im TK-Markt, März 2004
- Nr. 252: Franz Büllingen, Christin-Isabel Gries, Peter Stamm:
Der Markt für Public Wireless LAN in Deutschland, Mai 2004
- Nr. 253: Dieter Elixmann, Annette Hillebrand, Ralf G. Schäfer, Martin O. Wengler:
Zusammenwachsen von Telefonie und Internet – Marktentwicklungen und Herausforderungen der Implementierung von ENUM, Juni 2004
- Nr. 254: Andreas Hense, Daniel Schäffner:
Regulatorische Aufgaben im Energiebereich – ein europäischer Vergleich, Juni 2004
- Nr. 255: Andreas Hense:
Qualitätsregulierung und wettbewerbspolitische Implikationen auf Postmärkten, September 2004
- Nr. 256: Peter Stamm:
Hybridnetze im Mobilfunk – technische Konzepte, Pilotprojekte und regulatorische Fragestellungen, Oktober 2004
- Nr. 257: Christin-Isabel Gries:
Entwicklung der DSL-Märkte im internationalen Vergleich, Oktober 2004
- Nr. 258: Franz Büllingen, Annette Hillebrand, Diana Rätz:
Alternative Streitbeilegung in der aktuellen EMVU-Debatte, November 2004
- Nr. 259: Daniel Schäffner:
Regulierungsökonomische Aspekte des informatorischen Unbundling im Energiebereich, Dezember 2004
- Nr. 260: Sonja Schölermann:
Das Produktangebot von Universaldienstleistern und deren Vergleichbarkeit, Dezember 2004

- Nr. 261: Franz Büllingen, Aurélie Gillet, Christin-Isabel Gries, Annette Hillebrand, Peter Stamm:
Stand und Perspektiven der Vorratsdatenspeicherung im internationalen Vergleich, Februar 2005
- Nr. 262: Oliver Franz, Marcus Stronzik:
Benchmarking-Ansätze zum Vergleich der Effizienz von Energieunternehmen, Februar 2005
- Nr. 263: Andreas Hense:
Gasmarktregulierung in Europa: Ansätze, Erfahrungen und mögliche Implikationen für das deutsche Regulierungsmodell, März 2005
- Nr. 264: Franz Büllingen, Diana Rätz:
VoIP – Marktentwicklungen und regulatorische Herausforderungen, Mai 2005
- Nr. 265: Ralf G. Schäfer, Andrej Schöbel:
Stand der Backbone-Infrastruktur in Deutschland – Eine Markt- und Wettbewerbsanalyse, Juli 2005
- Nr. 266: Annette Hillebrand, Alexander Kohlstedt, Sonia Strube Martins:
Selbstregulierung bei Standardisierungsprozessen am Beispiel von Mobile Number Portability, Juli 2005
- Nr. 267: Oliver Franz, Daniel Schöffner, Bastian Trage:
Grundformen der Entgeltregulierung: Vor- und Nachteile von Price-Cap, Revenue-Cap und hybriden Ansätzen, August 2005
- Nr. 268: Andreas Hense, Marcus Stronzik:
Produktivitätsentwicklung der deutschen Strom- und Gasnetzbetreiber – Untersuchungsmethodik und empirische Ergebnisse, September 2005
- Nr. 269: Ingo Vogelsang:
Resale und konsistente Entgeltregulierung, Oktober 2005
- Nr. 270: Nicole Angenendt, Daniel Schöffner:
Regulierungsökonomische Aspekte des Unbundling bei Versorgungsunternehmen unter besonderer Berücksichtigung von Pacht- und Dienstleistungsmodellen, November 2005
- Nr. 271: Sonja Schölermann:
Vertikale Integration bei Postnetzbetreibern – Geschäftsstrategien und Wettbewerbsrisiken, Dezember 2005
- Nr. 272: Franz Büllingen, Annette Hillebrand, Peter Stamm:
Transaktionskosten der Nutzung des Internet durch Missbrauch (Spamming) und Regulierungsmöglichkeiten, Januar 2006
- Nr. 273: Gernot Müller, Daniel Schöffner, Marcus Stronzik, Matthias Wissner:
Indikatoren zur Messung von Qualität und Zuverlässigkeit in Strom- und Gasversorgungsnetzen, April 2006
- Nr. 274: J. Scott Marcus:
Interconnection in an NGN Environment, Mai 2006
- Nr. 275: Ralf G. Schäfer, Andrej Schöbel:
Incumbents und ihre Preisstrategien im Telefondienst – ein internationaler Vergleich, Juni 2006
- Nr. 276: Alex Kalevi Dieke, Sonja Schölermann:
Wettbewerbspolitische Bedeutung des Postleitzahlensystems, Juni 2006
- Nr. 277: Marcus Stronzik, Oliver Franz:
Berechnungen zum generellen X-Faktor für deutsche Strom- und Gasnetze: Produktivitäts- und Inputpreisdifferential, Juli 2006
- Nr. 278: Alexander Kohlstedt:
Neuere Theoriebeiträge zur Netzökonomie: Zweiseitige Märkte und On-net/Off-net-Tariffdifferenzierung, August 2006
- Nr. 279: Gernot Müller:
Zur Ökonomie von Trassenpreissystemen, August 2006
- Nr. 280: Franz Büllingen, Peter Stamm in Kooperation mit Prof. Dr.-Ing. Peter Vary, Helge E. Lüders und Marc Werner (RWTH Aachen):
Potenziale alternativer Techniken zur bedarfsgerechten Versorgung mit Breitbandzugängen, September 2006

- Nr. 281: Michael Brinkmann, Dragan Ilic:
Technische und ökonomische Aspekte des VDSL-Ausbaus, Glasfaser als Alternative auf der (vor-) letzten Meile, Oktober 2006
- Nr. 282: Franz Büllingen:
Mobile Enterprise-Solutions — Stand und Perspektiven mobiler Kommunikationslösungen in kleinen und mittleren Unternehmen, November 2006
- Nr. 283: Franz Büllingen, Peter Stamm:
Triple Play im Mobilfunk: Mobiles Fernsehen über konvergente Hybridnetze, Dezember 2006
- Nr. 284: Mark Oelmann, Sonja Schölermann:
Die Anwendbarkeit von Vergleichsmarktanalysen bei Regulierungsentscheidungen im Postsektor, Dezember 2006
- Nr. 285: Iris Böschen:
VoIP im Privatkundenmarkt – Marktstrukturen und Geschäftsmodelle, Dezember 2006
- Nr. 286: Franz Büllingen, Christin-Isabel Gries, Peter Stamm:
Stand und Perspektiven der Telekommunikationsnutzung in den Breitbandkabelnetzen, Januar 2007
- Nr. 287: Konrad Zoz:
Modellgestützte Evaluierung von Geschäftsmodellen alternativer Teilnehmernetzbetreiber in Deutschland, Januar 2007
- Nr. 288: Wolfgang Kiesewetter:
Marktanalyse und Abhilfemaßnahmen nach dem EU-Regulierungsrahmen im Ländervergleich, Februar 2007
- Nr. 289: Dieter Elixmann, Ralf G. Schäfer, Andrej Schöbel:
Internationaler Vergleich der Sektorperformance in der Telekommunikation und ihrer Bestimmungsgründe, Februar 2007
- Nr. 290: Ulrich Stumpf:
Regulatory Approach to Fixed-Mobile Substitution, Bundling and Integration, März 2007
- Nr. 291: Mark Oelmann:
Regulatorische Marktzutrittsbedingungen und ihre Auswirkungen auf den Wettbewerb: Erfahrungen aus ausgewählten Briefmärkten Europas, März 2007
- Nr. 292: Patrick Anell, Dieter Elixmann:
"Triple Play"-Angebote von Festnetzbetreibern: Implikationen für Unternehmensstrategien, Wettbewerb(s)politik und Regulierung, März 2007
- Nr. 293: Daniel Schäffner:
Bestimmung des Ausgangsniveaus der Kosten und des kalkulatorischen Eigenkapitalzinssatzes für eine Anreizregulierung des Energiesektors, April 2007
- Nr. 294: Alex Kalevi Dieke, Sonja Schölermann:
Ex-ante-Preisregulierung nach vollständiger Marktöffnung der Briefmärkte, April 2007
- Nr. 295: Alex Kalevi Dieke, Martin Zauner:
Arbeitsbedingungen im Briefmarkt, Mai 2007
- Nr. 296: Antonia Niederprüm:
Geschäftsstrategien von Postunternehmen in Europa, Juli 2007
- Nr. 297: Nicole Angenendt, Gernot Müller, Marcus Stronzik, Matthias Wissner:
Stromerzeugung und Stromvertrieb – eine wettbewerbsökonomische Analyse, August 2007
- Nr. 298: Christian Growitsch, Matthias Wissner:
Die Liberalisierung des Zähl- und Messwesens, September 2007
- Nr. 299: Stephan Jay:
Bedeutung von Bitstrom in europäischen Breitbandvorleistungsmärkten, September 2007
- Nr. 300: Christian Growitsch, Gernot Müller, Margarethe Rammerstorfer, Prof. Dr. Christoph Weber (Lehrstuhl für Energiewirtschaft, Universität Duisburg-Essen):
Determinanten der Preisentwicklung auf dem deutschen Minutenreservemarkt, Oktober 2007

- Nr. 301: Gernot Müller:
Zur kostenbasierten Regulierung von Eisenbahninfrastrukturergeltem – Eine ökonomische Analyse von Kostenkonzepten und Kostentreibern, Dezember 2007
- Nr. 302: Patrick Anell, Stephan Jay, Thomas Plückebaum:
Nachfrage nach Internetdiensten – Dienstarten, Verkehrseigenschaften und Quality of Service, Dezember 2007
- Nr. 303: Christian Growitsch, Margarethe Rammerstorfer:
Zur wettbewerblichen Wirkung des Zweivertragsmodells im deutschen Gasmarkt, Februar 2008
- Nr. 304: Patrick Anell, Konrad Zoz:
Die Auswirkungen der Festnetzmobilfunksubstitution auf die Kosten des leitungsvermittelten Festnetzes, Februar 2008
- Nr. 305: Marcus Stronzik, Margarethe Rammerstorfer, Anne Neumann:
Wettbewerb im Markt für Erdgasspeicher, März 2008
- Nr. 306: Martin Zauner:
Wettbewerbspolitische Beurteilung von Rabattsystemen im Postmarkt, März 2008
- Nr. 307: Franz Büllingen, Christin-Isabel Gries, Peter Stamm:
Geschäftsmodelle und aktuelle Entwicklungen im Markt für Broadband Wireless Access-Dienste, März 2008
- Nr. 308: Christian Growitsch, Gernot Müller, Marcus Stronzik:
Ownership Unbundling in der Gaswirtschaft – Theoretische Grundlagen und empirische Evidenz, Mai 2008
- Nr. 309: Matthias Wissner:
Messung und Bewertung von Versorgungsqualität, Mai 2008
- Nr. 310: Patrick Anell, Stephan Jay, Thomas Plückebaum:
Netzzugang im NGN-Core, August 2008
- Nr. 311: Martin Zauner, Alex Kalevi Dieke, Torsten Marner, Antonia Niederprüm:
Ausschreibung von Post-Universaldiensten. Ausschreibungsgegenstände, Ausschreibungsverfahren und begleitender Regulierungsbedarf, September 2008
- Nr. 312: Patrick Anell, Dieter Elixmann:
Die Zukunft der Festnetzbetreiber, Dezember 2008
- Nr. 313: Patrick Anell, Dieter Elixmann, Ralf Schäfer:
Marktstruktur und Wettbewerb im deutschen Festnetz-Markt: Stand und Entwicklungstendenzen, Dezember 2008
- Nr. 314: Kenneth R. Carter, J. Scott Marcus, Christian Wernick:
Network Neutrality: Implications for Europe, Dezember 2008
- Nr. 315: Stephan Jay, Thomas Plückebaum:
Strategien zur Realisierung von Quality of Service in IP-Netzen, Dezember 2008
- Nr. 316: Juan Rendon, Thomas Plückebaum, Iris Bösch, Gabriele Kulenkampff:
Relevant cost elements of VoIP networks, Dezember 2008
- Nr. 317: Nicole Angenendt, Christian Growitsch, Rabindra Nepa, Christine Müller:
Effizienz und Stabilität des Stromgroßhandelsmarktes in Deutschland – Analyse und wirtschafts-politische Implikationen, Dezember 2008
- Nr. 318: Gernot Müller:
Produktivitäts- und Effizienzmessung im Eisenbahninfrastruktursektor – Methodische Grundlagen und Schätzung des Produktivitätsfortschritts für den deutschen Markt, Januar 2009
- Nr. 319: Sonja Schölermann:
Kundenschutz und Betreiberauflagen im liberalisierten Briefmarkt, März 2009
- Nr. 319: Matthias Wissner:
IKT, Wachstum und Produktivität in der Energiewirtschaft - Auf dem Weg zum Smart Grid, Mai 2009

ISSN 1865-8997