

Hense, Andreas; Stronzik, Marcus

**Working Paper**

## Produktivitätsentwicklung der deutschen Strom- und Gasnetzbetreiber: Untersuchungsmethodik und empirische Ergebnisse

WIK Diskussionsbeitrag, No. 268

**Provided in Cooperation with:**

WIK Wissenschaftliches Institut für Infrastruktur und Kommunikationsdienste GmbH, Bad Honnef

*Suggested Citation:* Hense, Andreas; Stronzik, Marcus (2005) : Produktivitätsentwicklung der deutschen Strom- und Gasnetzbetreiber: Untersuchungsmethodik und empirische Ergebnisse, WIK Diskussionsbeitrag, No. 268, WIK Wissenschaftliches Institut für Infrastruktur und Kommunikationsdienste, Bad Honnef

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/226882>

**Standard-Nutzungsbedingungen:**

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

**Terms of use:**

*Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.*

*You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.*

*If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.*

# **Produktivitätsentwicklung der deutschen Strom- und Gasnetzbetreiber – Untersuchungsmethodik und empirische Ergebnisse**

**Andreas Hense**

**Marcus Stronzik**

Nr. 268

September 2005

**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](mailto: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

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>I</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>III</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>IV</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>V</b>
<b>Zusammenfassung</b>	<b>VII</b>
<b>Summary</b>	<b>VIII</b>
<b>1 Einleitung und Problemstellung</b>	<b>1</b>
<b>2 Produktivität im regulierungsökonomischen Kontext</b>	<b>3</b>
2.1 Anreizregulierung und Effizienzfaktoren	3
2.2 Produktivität in der ökonomischen Theorie	7
<b>3 Methodische Grundlagen der Produktivitätsmessung</b>	<b>10</b>
3.1 Partielle vs. Totale Faktorproduktivität (TFP)	10
3.2 Messung der TFP mittels Index Numbers	11
3.2.1 Methodik	11
3.2.2 Produktivitätsveränderungen im Zeitablauf	12
3.2.2.1 Berücksichtigung von Preisänderungen – direkter vs. indirekter Ansatz	13
3.2.2.2 Wahl der Basisperiode	16
3.2.3 Bewertung der verschiedenen Indices	16
3.2.3.1 Malmquist Index als Referenz	17
3.2.3.2 Vorteilhaftigkeit von Fisher und Törnquist	18
<b>4 Empirische Ergebnisse für den deutschen Energiesektor</b>	<b>20</b>
4.1 Schätzungen auf Basis der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (VGR)	20
4.1.1 Methodischer Ansatz	20
4.1.2 Daten	22
4.1.3 Empirische Ergebnisse	25
4.1.3.1 Erster Überblick	25
4.1.3.2 Gesamtwirtschaft	27
4.1.3.3 Energieversorgung	30
4.2 Berechnung der TFP auf der Basis technischer Daten	34
4.2.1 Methodischer Ansatz	34

4.2.2	Stromnetz	35
4.2.3	Gasnetz	38
4.2.4	Vergleich mit den VGR-Ergebnissen	40
4.3	Kritische Einordnung in internationale Analyseresultate	41
<b>5</b>	<b>Resümee</b>	<b>45</b>
	<b>Annex 1: Äquivalenz verschiedener Ansätze zur TFP-Messung</b>	<b>47</b>
	<b>Annex 2: Basisdaten</b>	<b>50</b>
	<b>Annex 3: Ergebnisse für Energie- und Wasserversorgung</b>	<b>51</b>
	<b>Annex 4: TFP-Veränderungsraten bei alternativen Kostenstrukturen</b>	<b>53</b>
	<b>Literatur</b>	<b>54</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Input-orientierter Malmquist Index (CRS)	17
Abbildung 2:	Entwicklung der Lohnquoten	24
Abbildung 3:	TFP-Vergleich	26
Abbildung 4:	Gesamtwirtschaft – Komponenten des TFP-Indexes	28
Abbildung 5:	Gesamtwirtschaft – Beiträge der Teilproduktivitäten	29
Abbildung 6:	Gesamtwirtschaft – Komponenten der Kapitalproduktivität	30
Abbildung 7:	Energieversorgung – Komponenten des TFP-Indexes	31
Abbildung 8:	Energieversorgung – Bestandteile des Inputindexes	33
Abbildung 9:	Energieversorgung – Beiträge der Teilproduktivitäten	34
Abbildung 10:	Entwicklung der Arbeitsproduktivität, Kapitalproduktivität und TFP der Stromnetzbetreiber in den Jahren 1993 bis 2003 (Veränderungsraten in %)	38
Abbildung 11:	Entwicklung der Arbeitsproduktivität, Kapitalproduktivität und TFP der Gasnetzbetreiber in den Jahren 1995 bis 2003 (Veränderungsraten in %)	40
Abbildung 12:	Entwicklung der TFP der Strom- und Gasnetze gegenüber der Entwicklung des aggregierten Sektors ‚Energie & Wasser‘ (Basisjahr 1994)	41
Abbildung 13:	Energie- und Wasserversorgung - Komponenten des TFP-Indexes	51
Abbildung 14:	Energie- und Wasserversorgung – Bestandteile des Inputindexes	51
Abbildung 15:	Energie- und Wasserversorgung – Beiträge der Teilproduktivitäten	52
Abbildung 16:	TFP-Entwicklung der Stromnetzbetreiber bei unterschiedlichen Kostenaufteilungsannahmen (Veränderungsraten in %)	53
Abbildung 17:	TFP-Entwicklung der Gasnetzbetreiber bei unterschiedlichen Kostenaufteilungsannahmen (Veränderungsraten in %)	53

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Verwendete Größen aus der VGR	23
Tabelle 2:	Grunddaten zur Berechnung einer technisch basierten TFP des Stromnetzbetriebes	36
Tabelle 3:	Grunddaten zur Berechnung einer technisch basierten TFP des Gasnetzbetriebes	39
Tabelle 4:	Durchschnittliche Veränderungsraten der TFP des Aggregats Energie- und Wasserversorgung in ausgesuchten Ländern	42
Tabelle 5:	Empirische Untersuchungen zur Produktivität verschiedener nationaler Stromverteilernetze	43
Tabelle 6:	VGR-Basisdaten	50

## Abkürzungsverzeichnis

AP	Arbeitsproduktivität
COLS	Corrected Ordinary Least Squares
CPI	Consumer Price Index
CRS	Constant Returns to Scale
DEA	Data Envelopment Analysis
DIW	Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung
E-Control	Energie-Control GmbH
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
ESAA	Electricity Supply Association of Australia
FP	Faktorproduktivität
HVPI	Harmonisierter Verbraucherpreisindex
IAB	Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung
KP	Kapitalproduktivität
LQ	Lohnquote
NBER	National Bureau of Economic Research
NSW	New South Wales
OEB	Ontario Energy Board
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
Oftel	Office of Telecommunications
OLS	Ordinary Least Squares
p.a.	per anno
PIN	Price Index Numbers
PJ	Peta-Joule
QIN	Quantity Index Numbers
SFA	Stochastic Frontier Analysis
STAN	Structural Analysis
TFP	Totale Faktorproduktivität
Tsd.	Tausend
TWh	Terawattstunden
UK	United Kingdom
VDEW	Verband der Elektrizitätswirtschaft
VDN	Verband der Netzbetreiber
VGR	Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung
X-Faktor	Produktivitätsfaktor



## Zusammenfassung

Im Rahmen einer anreizorientierten Regulierung kommt der Bestimmung des Produktivitätsfaktors eine zentrale Bedeutung zu. Er ergibt sich aus dem Produktivitätsdifferential der regulierten Branche oder Unternehmung im Vergleich zur Gesamtwirtschaft. Aufgrund fehlender unternehmensspezifischer Daten ist die Ermittlung der Produktivitätsrate für die deutsche Energieregulierungsbehörde zum jetzigen Zeitpunkt nicht ohne weiteres möglich. Hinweise über die Produktivität der zu regulierenden Unternehmen lassen sich aber mit Hilfe von Produktivitätskennzahlen gewinnen, die sich aus einfachen Input-Output-Quotienten ableiten lassen und auf aggregierte Sektoraten zurückgreifen.

Das gängige Maß ist die Totale Faktorproduktivität (TFP). Um die TFP für einzelne Unternehmen oder Sektoren zu bestimmen, werden alle relevanten Inputs und Outputs auf der Basis von Preisinformationen zu einem Index aggregiert. Dabei werden sie entsprechend ihren Anteilen an den Gesamtkosten bzw. Gesamterlösen gewichtet. Als geeigneter Index für den Vergleich der Veränderungen der Produktivitäten gilt dabei gemeinhin der Tornquist-Index, der den gewichteten geometrischen Durchschnitt der eingesetzten Mengenrelationen abbildet. Als Gewichte dienen dabei die einfachen Durchschnitte der Wertanteile in den jeweiligen Perioden.

Unter Verwendung von Daten der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (VGR) ergibt sich zwischen Gesamtwirtschaft und der Energiebranche ein Produktivitätsdifferential in Höhe von 0,5%. Das Energieaggregat der VGR umfasst jedoch neben den Strom- und Gasversorgern auch den Bereich der Fernwärme. Zudem erlaubt es keine weitere Differenzierung nach Wertschöpfungsstufen. Abhilfe kann hier ein Rückgriff auf technische Daten leisten. Für die Produktivitätsberechnung der Stromnetzbetreiber ergibt sich so ein Differential zur Gesamtwirtschaft in Höhe von 1,3%. Für den Gasnetzbereich liegt dieser Wert bei 1,7%. Allerdings kann beim technisch orientierten Ansatz die Konsistenz des Datensatzes aufgrund unterschiedlicher Datenquellen nicht uneingeschränkt gewährleistet werden.

Letztlich ist die Erhebung detaillierter Daten auf Unternehmensebene zwingend erforderlich, um weiterführende Regressionsansätze bzw. aussagekräftige nicht-parametrische Verfahren anwenden zu können. Nur so lassen sich gehaltvolle Aussagen über die Effizienz einzelner Netzbetreiber treffen und angemessene Produktivitätsziele ableiten. Dabei sollte beachtet werden, dass die Höhe des X-Faktors nicht einfach mit der Höhe der historischen Rate der herangezogenen Vergleichsperiode gleichzusetzen ist. In den ersten Jahren einer wirkungsvollen anreizorientierten Regulierung der Strom- und Gasnetzbetreiber ist aufgrund des höheren Anpassungs- und Innovationsdrucks mit höheren jährlichen Produktivitätsfortschritten als in der Vergangenheit zu rechnen.

## Summary

Within the framework of an incentive regulation the proper choice of the X-factor is crucial. The X-factor reflects the capability of the regulated industry or company to achieve a higher productivity growth than the national economy. Since, up to now, company data is not available the German regulatory authority has to use aggregated data. Against this background the total factor productivity approach (TFP) is the most common measure in order to get first evidence on the efficiency of the electricity and gas network operators.

TFP is an index number technique computing the ratio of all outputs (weighted by revenue shares) to all inputs (weighted by cost shares). The growth of TFP gives an indication of the size of productivity gains that are achievable in subsequent regulatory periods. An appropriate TFP measure is the Tornquist index. This index is a weighted geometric average of the quantity relatives with weights given by the simple average of the value shares in two successive periods.

By means of data from the national accounts TFP calculation reveals a productivity growth difference of 0.5% between the energy sector and the national economy. This result has to be construed with care since the energy aggregate in the national account does not only encompass electricity and gas but also district heating. Moreover, the data from the national accounts does not allow for a focused view on network operation. Thus the application of more technical data could provide a helpful approximation. Based on this approach the difference in TFP growth between the national economy and the electricity network operators amounts to 1.3%. The wedge for the gas network operators is 1.7%. Nevertheless, the consistency of the technical data set is not ensured because of different data sources.

The use of more sophisticated regression or non-parametric approaches, like for example Data Envelopment Analysis (DEA), requires the collection of company data. With this information the individual efficiency level of each network operator could be determined and specific X-factors could be derived. However, the X-factor should not only reflect the historically achieved productivity growth. If a network operator is expected to attain higher growth rates in the future, more demanding productivity targets could be set. Particularly with the beginning of an effective incentive regulation productivity generally increases due to higher market pressure to innovate and to adapt to the continuously changing business environment.

## 1 Einleitung und Problemstellung

Der Entwicklung der Produktivität kommt sowohl auf aggregierter volkswirtschaftlicher Ebene als auch auf Unternehmensebene eine zentrale Bedeutung zu. So wird auf der einen Seite der Wohlstand einer Gesellschaft maßgeblich von der gesamtwirtschaftlichen Produktivitätsentwicklung bestimmt. Auf der anderen Seite entscheidet die Produktionseffizienz eines Unternehmens maßgeblich über die Chancen dieses Unternehmens im Wettbewerb. Im Falle einer Unternehmung, die mit einem Input nur einen Output herstellt, ist die Bestimmung der Produktivität kein Problem. Die Frage, wie effizient produziert wird, beantwortet der einfache Quotient aus Output und Input. Sobald es sich aber um einen komplexeren Produktionszusammenhang handelt, bei dem durch mehrere Inputs mehrere Outputs erzeugt werden, erschwert dies die Analyse der Produktivität.

Hinsichtlich der konkreten Messung von Produktivität existieren generell drei Möglichkeiten: parametrische und nicht-parametrische Verfahren sowie die Verwendung von Indexzahlen (Index Numbers). Während die ersten beiden Methoden in der Regel Unternehmensdaten erfordern, können Indexzahlen auch bei höher aggregierten Informationen (z.B. auf Sektor- oder gesamtwirtschaftlicher Ebene) zur Anwendung gelangen. In Abhängigkeit davon, ob in diesen Fällen zur Bestimmung der Produktivität Annahmen über die Produktionsfunktion vorliegen müssen, lassen sich die beiden auf Unternehmensdaten basierenden Ansätze in parametrische und nicht-parametrische Verfahren unterscheiden. Produktionsfunktion bilden den funktionalen Zusammenhang zwischen Input und Output ab und machen somit eine Aussage, wie das Produktionsergebnis von den eingesetzten Faktoren (z.B. Kapital und Arbeit) abhängt. Bei parametrischen Verfahren bilden Annahmen über die Produktionsfunktion die Basis für die individuelle Einschätzung der Effizienz einzelner Unternehmen. Ihre exakte funktionale Form ist jedoch i.d.R. nicht bekannt, so dass sie im Rahmen empirischer Untersuchungen aus den beobachteten Daten geschätzt werden muss. Zu den parametrischen Modellen zählen die Regressionsmethoden mit Ordinary Least Squares (OLS) sowie mit Corrected Ordinary Least Squares (COLS). Die OLS definiert nach der Kleinstquadratmethode eine Effizienzgrenze auf der Grundlage einer durchschnittlichen Produktions- bzw. Kostenfunktion, während die Effizienzgrenze in COLS-Ansätzen zum Unternehmen mit den geringsten Durchschnittskosten verschoben wird. Zu den parametrischen Verfahren zählt schließlich auch die Stochastic Frontier Analysis (SFA). Sie zerlegt den Störterm der Regressionsgleichung in zwei stochastische Zufallsvariablen: eine normalverteilte Komponente für Messfehler und andere Zufallseinflüsse sowie eine Restkomponente, welche die Ineffizienz des oder der betrachteten Unternehmen zum Ausdruck bringt. Bei nicht-parametrischen Verfahren besteht dagegen keine Notwendigkeit zur Spezifizierung der funktionalen Form. Nichtlinearitäten können in den verwendeten Kennziffern bzw. Verfahren ohne weiteres erfasst werden. Die am häufigsten verwendete nicht-parametrische Methode ist die Data Envelopment Analysis (DEA), bei der die Effizienzgrenze durch eine Linearkombination der effizientesten Unternehmen im Sam-

ple definiert wird. Analytisch erfolgt die Ableitung der optimalen Produktionsmöglichkeitskurve mit Hilfe der Linearen Programmierung.<sup>1</sup>

Sowohl die parametrischen Regressionsansätze als auch die DEA benötigen zur Ableitung eindeutiger Produktivitätsaussagen eine möglichst große Anzahl herangezogener Unternehmen, idealerweise mit Beobachtungen über einen längeren Zeitraum. Je größer das Sample, um so höher letztlich die Güte der Untersuchung. Gerade mit der erstmaligen Einführung eines Regulierungsregimes liegen diesen Daten oftmals nicht im geforderten Umfang vor. Es dürfte zu diesem Zeitpunkt für die Betrachtung der Produktivität über die Zeit sehr schwierig sein, einen aussagekräftigen Paneldatensatz auf Unternehmensebene zu erhalten. Einen praktikablen Ausweg, um dennoch die Produktivität der zu regulierenden Unternehmen bestimmen zu können, stellen vor diesem Hintergrund Produktivitätskennzahlen, sogenannte Index Numbers, dar. Sie lassen sich aus dem einfachen Output-Input-Quotienten ableiten und können auf aggregierte Daten auf Sektorebene zurückgreifen.

Für die Gas- und Stromnetzbetreiber sind öffentlich verfügbare unternehmensspezifische Daten nicht oder kaum vorhanden, so dass die Datenerfordernisse für die Anwendung der parametrischen und nicht-parametrischen Verfahren zur Zeit kaum erfüllt werden können. In dieser Studie wird daher der Ansatz der Indexzahlen näher betrachtet, der es erlaubt, auch aus hoch aggregierten (Sektor-) Daten Aussagen über die Produktivität der betrachteten Sektoren zu treffen. Zur Bildung von Indexzahlen reicht es bereits aus, wenn lediglich zwei Datenpunkte vorhanden sind, die zueinander in Beziehung gesetzt werden können.

Nach einer Einordnung der Produktivitätsmessung in den übergeordneten regulierungsökonomischen Kontext der Bestimmung von X-Faktoren werden die methodischen Grundlagen zur Bildung von Indexzahlen ausführlich erläutert, um deren Aussagegehalt besser abschätzen zu können. In Kapitel 4 werden für die drei Betrachtungsebenen Gesamtwirtschaft, den Sektor Energieversorgung und den Bereich der Strom- und Gasnetze die in Kapitel 3 als vorteilhaft identifizierten Indexzahlen empirisch für Deutschland angewendet. Dabei wird in den ersten beiden Fällen auf Zahlen der VGR zurückgegriffen, während für die Netzebene eher technische Daten herangezogen werden. Vor dem Hintergrund einer eventuellen Anwendung zur Bestimmung eines X-Faktors im Rahmen einer Anreizregulierung werden die empirischen Ergebnisse hinsichtlich ihres Aussagegehaltes eingehend diskutiert. Die Arbeit schließt mit einem Fazit.

---

<sup>1</sup> Vgl. hierzu ausführlich Franz/Stronzik (2005).

## 2 Produktivität im regulierungsökonomischen Kontext

### 2.1 Anreizregulierung und Effizienzfaktoren

Die Regulierung eines volkswirtschaftlichen Sektors stellt keinen Selbstzweck dar, sondern hat zum Ziel, bestehende Ineffizienzen bei der Bereitstellung von Gütern und Diensten zu beseitigen. Ausschließliches Ziel eines staatlichen Markteingriffs muss es sein, ein drohendes oder bestehendes Marktversagen zu verhindern.<sup>2</sup> In Netzstrukturen, wie den Märkten für Strom und Gas entstehen oftmals monopolistische Engpässe, wenn ein Aufbau paralleler Netzinfrastrukturen nicht in Frage kommt und dritte Anbieter somit zwingend auf die Nutzung dieser Engpass-Ressourcen angewiesen sind. Die Anwendung der Essential-Facilities-Doktrin auf den Versorgungssektor hat gezeigt, dass die Produktionsstufen Erzeugung und Vertrieb wettbewerbsfähig sind, während die Übertragungs- und Verteilungsnetze gerade im Stromsektor monopolistische Bottlenecks darstellen.<sup>3</sup> Auch in den Gasnetzen dürften trotz einiger paralleler Strukturen auf der Ferngasebene die monopolistischen Strukturen noch deutlich überwiegen. Um eine Diskriminierung der (potentiellen) Konkurrenten auf den vor- bzw. nachgelagerten Wertschöpfungsstufen zu verhindern, sind für den Energiesektor insbesondere in den USA und Großbritannien verschiedene Ansätze zur Regulierung der Netzzugangstarife entwickelt worden.

Kostenorientierte Regulierungsansätze setzen an den Kosten an, die ein reguliertes Unternehmen aufwenden muss, um die Nachfrage nach den angebotenen Leistungen befriedigen zu können. Im Rahmen entsprechender Regulierungsregime werden dem regulierten Unternehmen alle relevanten Kosten abgegolten, einschließlich einer angemessenen Verzinsung des investierten Kapitals. Da eine Kostendeckung unabhängig vom Kostenniveau garantiert wird, haben die regulierten Monopolisten jedoch nur einen relativ geringen Anreiz, sich bietende Potentiale zu Produktivitätsverbesserungen auszuschöpfen und ihre Kosten zu senken. Anreizorientierte Regulierungsansätze (Price-Caps, Revenue-Caps) sind dagegen idealerweise so konstruiert, dass die regulierten Unternehmen von sich aus einen hinreichenden Ansporn besitzen, Kostensenkungen bzw. Produktivitätssteigerungen zu erzielen. Die Vorteile von dynamischen Kostensenkungen kommen nicht nur den Nachfragern zugute, sondern auch den Netzbetreibern. Eine anreizorientierter Regulierungsansatz hat typischerweise folgenden Aufbau (hier: Price-Cap):

---

<sup>2</sup> Vgl. Demsetz (1968).

<sup>3</sup> Vgl. Knieps (2003). Eine ‚Essential Facility‘ bezeichnet eine Einrichtung oder Infrastruktur, deren Nutzung für die Aufnahme oder Aufrechterhaltung von Wettbewerb in einem Markt unerlässlich ist. Sie kann von anderen Anbietern nicht oder nicht zu ökonomisch vertretbaren Kosten dupliziert werden. Zu ihr sind keine Substitute bzw. Alternativen vorhanden. Um eine missbräuchliche Ausnutzung der Essential Facility in vor- und nachgelagerten Märkten durch vertikal integrierte Betreiber zu verhindern, ist es aus regulatorischer Perspektive geboten, die Engpasseinrichtung (Bottleneck) zu identifizieren und sie von den angrenzenden Märkten abzugrenzen, auf denen Wettbewerb möglich ist.

$$(2-1) \quad P_t = P_{t-1} \cdot (1 + RPI_{t-1} - X) \pm Z$$

mit	$P$	Preisobergrenze des regulierten Unternehmens
	$t$	Zeit
	$RPI$	Inflationsrate (z.B. Veränderungsrate des Einzelhandelspreisindex)
	$X$	Produktivitätsfaktor
	$Z$	Anpassungswert für exogene Kostenveränderungen

Bei der Price-Cap legt die Regulierungsbehörde für eine vorab festgelegte Zeit (meistens drei bis fünf Jahre) eine Obergrenze für die Preise fest.<sup>4</sup> Diese dürfen somit im Verlauf der Regulierungsperiode nicht stärker steigen als die Steigerungsrate der Preise für die Inputs des Unternehmens abzüglich eines vorgegebenen Abschlags für die prognostizierte Produktivitätsentwicklung (X-Faktor) des Unternehmens bzw. der Branche. Gelingt es dem regulierten Unternehmen, die Kosten über die Vorgaben des X-Faktors hinaus zu senken, kann es die hierdurch entstehenden Gewinne einbehalten.<sup>5</sup> Durch diese über den gesetzten Faktor hinaus gegebenen Produktivitätsanreize soll letztlich in einem angemessenen Zeitraum eine Anpassung des Preisniveaus an die effizienten Kosten erreicht werden. Im Gegensatz zu kostenorientierten Regulierungsregimes haben die betroffenen Unternehmen bei Implementierung eines Price- bzw. Revenue-Cap-Modells einen ausgeprägten Anreiz zum Einsatz einer effizienten Technologie (Innovationseffizienz). Zudem gibt es keine Verzerrungen beim Einsatz von Inputfaktoren in der Produktion (Produktionseffizienz): Anders als im Fall einer kostenorientierten Regulierung unterliegen sie auch keinem Anreiz, von der kostenminimalen Faktorkombination abzuweichen und zu kapitalintensiv zu produzieren.<sup>6</sup>

Anreizorientierte Regulierungsansätze versuchen somit, die Marktkräfte bei funktionsfähigem Wettbewerb zu imitieren.<sup>7</sup> In hoch-kompetitiven Märkten zwingen die Wettbewerbskräfte die Marktteilnehmer dazu, Produktivitätsfortschritte zu realisieren und die daraus resultierenden Zugewinne in Form niedriger Preise an die Kunden weiterzugeben. Bei entsprechendem Wettbewerb in allen Teilmärkten einer Volkswirtschaft drückt die allgemeine Inflationsrate (gemessen z.B. am Konsumentenpreisindex) dann die Differenz zwischen der Wachstumsrate der Inputpreise und der Rate des allgemeinen Produktivitätswachstums aus. Vor diesem Hintergrund würde es genügen, die zeit-

---

4 Die Price-Cap-Regel legt i.d.R. nicht eine Vielfalt einzelner Preise fest, sondern setzt stattdessen eine gewichtete durchschnittliche Preisobergrenze für einen Korb verschiedener Dienste. Die Preisobergrenze gilt für den Durchschnitt der Tarifänderungen der enthaltenen Leistungen. Einzelne Preisänderungen können oberhalb der Cap liegen, solange der Durchschnitt aller Änderungen die Grenze nicht überschreitet. Dadurch bleibt den regulierten Unternehmen ein Spielraum beim Setzen der Preisstruktur. Dieses gilt auch für ein Revenue-Cap-Regime. Den regulierten Unternehmen werden jedoch keine Höchstpreise vorgeben, sondern eine Erlösobergrenze für den Gesamtumsatz, die unabhängig von den Kosten maximal erreicht werden darf.

5 Vgl. Hense/Schäffner (2004), S. 7ff.

6 Vgl. hierzu Averch/Johnson (1962).

7 Verhält sich ein Unternehmen im Wettbewerb gegenüber seinen Konkurrenten relativ effizient, wird es auch relativ hohe Vorsprungsgewinne realisieren, bis diese mittelfristig durch imitierenden Wettbewerb und eine entsprechende Preisanpassung abschmelzen.

liche Entwicklung der zugestandenen Preise bzw. Erlöse der regulierten Netzbetreiber an die gesamtwirtschaftliche Inflationsrate zu koppeln. Jedoch verhalten sich Akteure aus regulierten Branchen im Allgemeinen anders als Unternehmen, die in ihrem Markt einer starken Konkurrenz gegenüber stehen. Im Hinblick auf die Erfassung von Preissteigerungstendenzen und Produktivitätseffekten ergeben sich daraus zwei wichtige Konsequenzen:<sup>8</sup>

- Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Inputpreise in der regulierten Netzindustrie mit einer geringeren Rate wachsen als das allgemeine Preisniveau. Daher sollte als Preisindikator ein allgemein akzeptierter Index herangezogen werden, der die Preisentwicklung der Inputs des regulierten Unternehmens hinreichend reflektiert (z.B. ein spezieller „Stromnetz Index“). Typischerweise sind die dazu erforderlichen Informationen nicht vorhanden, so dass die Ermittlung hinsichtlich Datenerhebung und konzeptioneller Gestaltung mit erheblichem Aufwand verbunden wäre. In der Regel wird daher ein gesamtwirtschaftlich ausgerichteter Index als Approximativ verwendet (z.B. Konsumentenpreisindex, Einzelhandelspreisindex), der Veränderungen der Inputpreise nur bezogen auf die Gesamtwirtschaft abbildet. Diese allgemeinen Indices werden von den statistischen Ämtern in regelmäßigen Abständen ermittelt und veröffentlicht.
- Da in Monopolen gemäß ökonomischer Theorie suboptimale Innovations- und Anpassungsanreize gegeben sind,<sup>9</sup> wird grundsätzlich davon ausgegangen, dass als Ausdruck des Nachholbedarfs zumindest in den ersten Jahren der Regulierung in den betroffenen Netzbranchen höhere jährliche Produktivitätsfortschritte zu erzielen sind als in kompetitiven Industrien einer Volkswirtschaft. Das Potenzial zur Kostensenkung gilt im Allgemeinen als erheblich, wenn Monopolisten erstmals dem Wettbewerb oder einer wirkungsvollen, anreizorientierten Regulierung unterworfen werden.<sup>10</sup>

Die durchschnittliche Wachstumsrate der Preis- oder Erlösobergrenze regulierter Netzbetreiber bestimmt sich somit durch zwei Komponenten: zum einen aus einem für sachgerecht befundenen allgemeinen Preissteigerungsindex und zum zweiten aus dem X-Faktor. Dieser drückt nicht nur die über dem gesamtwirtschaftlichen Durchschnitt liegenden Möglichkeiten des regulierten Netzsektors zu Verbesserungen der (Faktor-) Produktivität (FP) aus, sondern auch die branchenspezifischen Unterschiede (gegenüber der Gesamtwirtschaft N) bei der Entwicklung der Inputpreise q:

$$(2-2) \quad X = (\Delta FP - \Delta FP^N) + (\Delta q^N - \Delta q)$$

---

<sup>8</sup> Vgl. Bernstein (2000).

<sup>9</sup> Vgl. u.a. Kruse (1985).

<sup>10</sup> Vgl. Brunekreeft (2000), S. 6. Dies muss jedoch nicht für alle regulierten Sektoren und insbesondere bei einer unternehmensspezifischen Betrachtung nicht für jeden regulierten Netzbetreiber gelten. So weisen etwa die individuellen X-Faktoren der Verteilernetzbetreiber im niederländischen Gasmarkt in der aktuellen, zweiten Regulierungsperiode sowohl positive als auch negative Vorzeichen auf. Vgl. Hense (2005).

Die im Rahmen der Anreizregulierung geforderte Produktivitätsanpassung  $X$  ergibt sich somit aus dem Produktivitätsentwicklungsdifferential der regulierten Industrie oder Unternehmung im Vergleich zur Gesamtwirtschaft, korrigiert um Abweichungen in der Preisentwicklung zwischen Ökonomie und Industrie.<sup>11</sup> Der  $X$ -Faktor ist Null, wenn der regulierte Netzsektor exakt den gleichen Produktivitätsfortschritt umzusetzen imstande ist und die gleichen Preissteigerungen bei den eingesetzten Produktionsfaktoren hin zunehmen kann wie im Schnitt die anderen, in funktionsfähigem Wettbewerb stehenden volkswirtschaftlichen Branchen. Kommt die Regulierungsbehörde dagegen zu dem Schluss, dass sich die Produktivität der regulierten Unternehmen besser entwickeln kann als die der Gesamtwirtschaft (z.B. aufgrund größerer Innovationspotentiale im betrachteten Sektor), wird sie in der Entgelt- bzw. Erlösformel einen positiven  $X$ -Faktor zum Abzug bringen, so dass die Kunden unmittelbar an den Effizienzsteigerungen teilhaben können.

Ökonomisch betrachtet, stellt der Produktivitätsfaktor somit den bedeutsamsten Teil eines anreizorientierten Regulierungsmodells dar. Ein möglicher Weg zu dessen Bestimmung beruht auf den vergangenen Produktivitätsfortschritten der regulierten Branche. In diesem Fall setzt der Regulator den  $X$ -Faktor mit der historischen Rate des herangezogenen Vergleichszeitraums gleich. Wird aber erwartet, dass die zu erzielenden Produktivitätsfortschritte zukünftig signifikant von den zurückliegenden Raten abweichen, ist eine entsprechende Anpassung vorzunehmen. Mit solchen Abweichungen ist üblicherweise besonders dann zu rechnen, wenn das anreizorientierte Regulierungsregime erstmals implementiert wird.<sup>12</sup> Im Vergleich zum unregulierten Zustand bzw. zu einem rein kostenorientierten regulatorischen Rahmen wird es zusätzliche Rationalisierungsanstrengungen stimulieren. So setzte die britische Regulierungsbehörde im Telekommunikationssektor, Office of Telecommunications (OfTel), den  $X$ -Faktor mit der erstmaligen Einführung des Price-Cap-Regimes im Jahr 1984 zunächst auf 3% fest. Der Regulatory Review am Ende der fünfjährigen Regulierungsperiode offenbarte, dass die British Telecom in dieser Zeit erhebliche Effizienzverbesserungen und enorme Übergewinne realisieren konnte. Für die zweite Regulierungsperiode wurde der  $X$ -Faktor daher auf 7,5% erhöht.<sup>13</sup>

Die angemessene Festsetzung des Produktivitätsfaktors ist für die Wirkungen anreizorientierter Regulierungsregime von essentieller Bedeutung. Wird er auf einem zu niedrigen Niveau angesetzt, werden Kosteneinsparungen nicht mittels Preissenkungen an die Kunden weitergereicht und die regulierten Unternehmen erzielen Übergewinne. Auf der anderen Seite müssen die Anreize zu weitergehenden Produktivitätssteigerungen

---

<sup>11</sup> Der  $X$ -Faktor beinhaltet somit einen Vergleich der Entwicklung der regulierten Industrie mit der Entwicklung der Gesamtwirtschaft. Anders als vielfach in zu kurz reichenden Abhandlungen und Diskussionen zum Ausdruck gebracht, stellt er nicht einfach die absolute Höhe der Effizienzgewinne dar, die der Regulierer von der betroffenen Branche oder dem einzelnen Unternehmen jährlich erwartet. Der  $X$ -Faktor ist vielmehr eine relative Größe. Vgl. Franz (2003), S. 70ff.

<sup>12</sup> Vgl. Bernstein (2000).

<sup>13</sup> Vgl. Nett (1998), S. 356f.

erhalten bleiben, um diese Kosteneinsparungen überhaupt realisierbar zu machen. Es besteht folglich ein potentieller Konflikt zwischen allokativer und produktiver Effizienz: Auf hohem Niveau festgesetzte X-Faktoren drücken zwar (kurzfristig) die Preise und erhöhen damit die allokativen Effizienz.<sup>14</sup> Sie mindern aber die Anreize zu produktiver Effizienz, so dass die Preise längerfristig möglicherweise auf einem höheren Niveau verharren, als dies bei optimalen Regulierungsvorgaben möglich wäre. Je höher dabei der X-Faktor angesetzt wird, um so größer ist auch die Wahrscheinlichkeit, dass ein reguliertes Unternehmen die Kosten gegebenenfalls nicht decken kann.

Während der Mechanismus eines Price- oder Revenue-Cap-Regimes an sich einfach zu implementieren ist, hat die reale Anwendung dieser Instrumente gezeigt, dass es Regulierungsbehörden schwer fällt, die notwendigen Informationen zur Bestimmung der Produktivitätsdifferenziale zu gewinnen. Das grundsätzliche regulatorische Problem liegt dabei in der asymmetrischen Informationsverteilung zwischen den zu kontrollierenden Unternehmen und der Regulierungsbehörde. Grundsätzlich verfügen die Unternehmen über bessere und genauere Informationen bezüglich ihrer Kosten, Kunden und Märkte als der Regulierer. Sie haben jedoch keine Anreize, diese Informationen zu offenbaren. Die moderne Regulierungstheorie sucht daher nach Mechanismen, die es dem Regulierer ermöglichen, Informationen über die wirtschaftliche Lage der Unternehmen zu gewinnen. Vor allem ist es wichtig, die Produktivitätsentwicklung der Unternehmen in der Vergangenheit einschätzen zu können, um so ihre Preise an allokativ vorteilhafte Niveaus heranzuführen, ohne dabei Anreize zu weiteren Produktivitätsfortschritten zu untergraben.

## 2.2 Produktivität in der ökonomischen Theorie

Die Produktivität bildet im ökonomischen Kontext grundsätzlich das Verhältnis von Output zu Input ab. Sie ist damit ein Effizienzmaß für die Faktorergiebigkeit im Produktionsprozess. Sie soll Auskunft über die Performance eines Landes, Sektors oder eines Unternehmens geben. Im Falle einer Unternehmung, die mit einem Input  $x$  nur einen Output  $y$  herstellt, ergibt sich die Faktorproduktivität aus dem einfachen Quotienten

$$(2-3) \quad FP = y/x.$$

Für einen Regulator ist nicht nur die absolute Höhe der Produktivität wichtig. Um sachgerechte Entscheidungen treffen zu können, ist die Entwicklung der Produktivität im Zeitablauf ebenfalls von zentraler Bedeutung. Grundsätzlich gibt es dabei fünf Quellen,

---

<sup>14</sup> Als weiteres Beispiel für dieses Spannungsverhältnis möge folgende Überlegung dienen. Aufgrund subadditiver Kostenverläufe bei natürlichen Monopolen kann ein Unternehmen nicht zu Preis = Grenzkosten anbieten, da es sonst langfristig einen Verlust erleiden würde. Um allokativen Effizienz zu gewährleisten, müsste der Netzbetreiber subventioniert werden (Kostenerstattung), was wiederum seinen Anreiz, kosteneffizient zu produzieren, reduzieren würde. Vgl. u.a. Fritsch et al. (2005), 180ff.

aus denen sich die zeitliche Veränderung der Produktivität von Unternehmen speisen kann:

- Technischer Fortschritt: Aufgrund technologischer Entdeckungen im betroffenen Sektor gelingt es *allen* Unternehmen, besser zu produzieren;<sup>15</sup>
- Technische Effizienzsteigerungen: Es gelingt *einer* Unternehmung bei Verwendung der bestmöglichen Technologie und konstanten Mengen und Preisen zunehmend besser, die in der Produktion eingesetzten Verfahren zu optimieren und sich so dem aktuellen technisch-effizienten Rand des Produktionsmöglichkeitenbereichs zu nähern;
- Größenvorteile bzw. Skaleneffekte: Eine Veränderung der Produktionsvolumens führt die Unternehmung zu einer Input-Output-Kombination, die niedrigere Durchschnittskosten verursacht;
- Allokative Effizienz (input- und outputorientiert): Das Unternehmen passt seinen Inputeinsatz besser an die auf den Faktormärkten herrschenden Preisverhältnisse an, bzw. es richtet seinen Produktmix besser nach den aktuellen Absatzmarktpreisen aus.<sup>16</sup>

Bei nur jeweils einem Input und Output ergibt sich der Index für die Veränderung der Faktorproduktivität zwischen zwei Perioden  $t$  und  $t+1$  vereinfachend gemäß:

$$(2-4) \quad \Delta FP = \frac{y_t / y_{t+1}}{x_t / x_{t+1}}.$$

Dieser Index kann unter Verwendung einer Produktionsfunktion  $y_t = \lambda_t f_t(x_t)$  noch weiter in die Ursachen seiner Veränderung zerlegt werden, wobei  $\lambda_t$  ( $\lambda_t \in [0,1]$ ) angibt, ob sich ein Unternehmen auf seiner Produktionsmöglichkeitenkurve befindet, d.h. technisch effizient ist ( $\lambda_t = 1$ ). Bei nur einem Inputfaktor kann darüber hinaus  $x_{t+1}$  als Vielfaches des Wertes aus Periode  $t$  ausgedrückt werden,  $x_{t+1} = \kappa x_t$ ; wobei  $\kappa > 1$  bedeutet, dass in der zweiten Periode mehr an Gut  $x$  verwendet wird. Führen diese Variationen des Inputfaktors immer zu entsprechenden Outputveränderungen, die dem Muster folgen  $y(\kappa x) = \kappa^\varepsilon y(x)$ , so spricht man von homogenen Produktionsfunktionen vom

---

<sup>15</sup> Dabei sollte beachtet werden, dass die ökonomische Theorie drei Formen technischen Fortschritts kennt: 1. Neutraler technischer Fortschritt (Hicks neutral), der das Einsatzverhältnis von Kapital und Arbeit nicht verändert; 2. Quasi-kapitalvermehrender technischer Fortschritt (Solow neutral) und 3. Quasi-arbeitsvermehrender technischer Fortschritt (Harrod neutral). In den letzten beiden Fällen wirkt der technische Fortschritt einseitig zugunsten eines Produktionsfaktors und trägt so zu einer Veränderung der optimalen Kombination von Kapital und Arbeit bei.

<sup>16</sup> Bei vollständiger Konkurrenz bzw. funktionsfähigem Wettbewerb auf den Faktor- und Produktmärkten ist gemäß ökonomischer Wohlfahrtstheorie allokative Effizienz gegeben, so dass entsprechende Veränderungen an dieser Stelle ausgeschlossen werden können.

Grade  $\varepsilon$ .<sup>17</sup> Wird somit ferner unterstellt, dass die Produktionsfunktion homogen vom Grade  $\varepsilon(t)$  ist, dann ergibt sich die Faktorproduktivität als:<sup>18</sup>

$$(2-4a) \quad \Delta FP = \frac{\lambda_{t+1}}{\lambda_t} \times \frac{f_{t+1}(\kappa x_t)}{f_t(x_t)} \times \frac{\kappa x_t}{x_t} = \frac{\lambda_{t+1}}{\lambda_t} \times \underbrace{\kappa^{\varepsilon(t)-1}}_{\Delta SE} \times \underbrace{\frac{f_{t+1}(x_t)}{f_t(x_t)}}_{\Delta TF}.$$

Formel (2-4a) beinhaltet eine vollständige Dekomposition der Veränderung der Faktorproduktivität in ihre einzelnen Bestandteile, wobei allokativer Effizienz unterstellt wird. Der erste Term auf der rechten Seite drückt die Änderung der technischen Effizienz aus. Im letzten Ausdruck spiegelt sich die Verschiebung der Produktionsmöglichkeitenkurve wider, d.h. technologischer Fortschritt. In der Mitte wird die Veränderung der Skaleneffizienz abgebildet, wobei zwei Dinge zum Tragen kommen. Der Faktor  $\kappa$  gibt an, wie sich der Einsatz der Inputfaktoren geändert hat (operating scale), während  $\varepsilon(t)$  die Skalenerträge ausdrücken.  $\varepsilon=1$  bedeutet, dass eine Produktionsfunktion homogen vom Grade 1 ist und somit konstante Skalenerträge aufweist.<sup>19</sup> In diesem Fall ergibt sich der mittlere Term zu Eins. Die Veränderung des Faktoreinsatzes hat in diesem Fall keine Auswirkung auf die Faktorproduktivität. Umgekehrt gilt, dass sich die Skaleneffizienz nicht verändert, wenn der Input konstant gehalten wird ( $\kappa=1$ ), unabhängig davon, welche Skalenerträge vorliegen.

---

<sup>17</sup> Der Term  $\kappa^\varepsilon$  gibt mithin an, um wie viel sich bei homogenen Produktionsfunktionen jeweils der Output verändern muss, wenn das  $\kappa$ -fache des Inputs verwendet wird; z.B. führt bei linear-homogenen ( $\varepsilon=1$ ) Produktionsfunktionen eine Verdopplung der Inputfaktoren immer auch zu einer Verdopplung des Outputs.

<sup>18</sup> Bei diesem Beispiel werden die Inputmengen der Periode  $t$  als Basis herangezogen. Die Zerlegung der Produktivitätskennzahl kann natürlich auch erfolgen, wenn die Werte der Periode  $t+1$  als Bezugspunkt gewählt werden.

<sup>19</sup> Als Beispiel sei eine Produktionsfunktion vom Typ Cobb-Douglas angeführt, bei der sich die Exponenten der Inputfaktoren zu Eins addieren.

### 3 Methodische Grundlagen der Produktivitätsmessung

#### 3.1 Partielle vs. Totale Faktorproduktivität (TFP)

Die Bestimmung der Produktivität eines Ein-Produkt-Unternehmens, welches zur Herstellung nur einen Produktionsfaktor einsetzt, ist trivial. Sobald es sich aber um einen Produktionszusammenhang handelt, bei dem durch mehrere Inputs mehrere Outputs erzeugt werden, erhöht sich die Komplexität der Produktivitätsanalyse. In diesem Fall müssen die einzelnen Input- und Outputquantitäten zunächst aggregierbar gemacht werden. Die Aggregation erfolgt i.d.R. über eine monetäre Bewertung der technischen Größen.<sup>20</sup> Als Gewichte dienen auf der Inputseite häufig die Anteile an den Gesamtkosten, während auf der Outputseite die Anteile an den Erlösen genutzt werden. Je nachdem, ob vor diesem methodischen Hintergrund die Ergiebigkeit nur eines Inputfaktors oder die Produktivität sämtlicher eingesetzter Inputs betrachtet wird, lassen sich partielle und totale Produktivitätskennzahlen unterscheiden.

Partielle Produktivitätsmaße setzen den Output nur zu einem einzigen Input ins Verhältnis (z.B. Arbeitsproduktivität, Kapitalproduktivität). Entsprechende Teilproduktivitäten lassen sich relativ leicht berechnen und interpretieren. Allerdings ist ihre Aussagekraft im Hinblick auf die Gesamtleistung eines Unternehmens beschränkt. Sie bilden diese nicht vollständig ab und können bei einer isolierten Betrachtung leicht zu Missverständnissen führen. So kann eine Erhöhung der Arbeitsproduktivität auch auf die Substitution des Faktors Arbeit durch den Faktor Kapital oder z.B. auf ein Outsourcing arbeitsintensiver Unternehmenseinheiten zurückzuführen sein. Im regulatorischen Kontext birgt die ausschließliche Verwendung partieller Faktorproduktivitäten somit erhebliche Potentiale für Fehlinterpretationen, da die regulierten Unternehmen diese im Allgemeinen durch gezielte Maßnahmen zu ihren Gunsten verändern können. Partielle Methoden greifen somit für eine umfassende Effizienzanalyse zu kurz.<sup>21</sup> Eine vollständige Abbildung der Wechselwirkungen der verschiedenen Input- und Outputparameter ist mit ihnen nicht möglich. Partielle Produktivitätskennzahlen erlauben zudem oftmals nur dann einen uneingeschränkten Vergleich zwischen verschiedenen Unternehmen, wenn diese die gleiche Technologie und die gleiche Größe aufweisen.

Um die Gesamtproduktivität eines Unternehmens beurteilen zu können, sollte letztlich ein ganzheitlicher Produktivitätsindikator, wie die so genannte TFP, Anwendung finden. Diese Maß berücksichtigt, dass mit mehreren Inputs mehrere Outputs erzeugt werden können. Die TFP beschreibt, wie gut eine Unternehmung in der Lage ist, ihre Inputs miteinander zu kombinieren und so ihre Produktion auch über den Effekt einer reinen Erhöhung der Einsatzmengen hinaus zu steigern.

---

<sup>20</sup> Hierbei können sich Probleme ergeben, wenn die Preise verzerrt sind, weil sie auf unterschiedlichen Märkten mit unterschiedlichen Strukturen (z.B. Monopol, Polypol) gebildet werden.

<sup>21</sup> Dieser Punkt ist insofern bedeutsam, als damit zu rechnen ist, dass die zu kontrollierenden Unternehmen zu jedem Regulierungsregime Anpassungsreaktionen zeigen werden. Dies ist der zentrale Vorteil z.B. der Anreizregulierung; es folgt hieraus aber auch, dass die ökonomische Analyse sorgfältig erfolgen muss, um ungewollte Wirkungen zu vermeiden.

## 3.2 Messung der TFP mittels Index Numbers<sup>22</sup>

### 3.2.1 Methodik

Um die TFP für einzelne Unternehmen oder Sektoren zu bestimmen, werden alle relevanten Inputs  $x$  und Outputs  $y$  auf der Basis von Preisinformationen zu einem Index aggregiert. Dabei werden sie entsprechend ihren Anteilen an den Gesamtkosten bzw. Gesamterlösen gewichtet:

$$(3-1) \quad TFP = \frac{\text{Output Index}}{\text{Input Index}} = \frac{\sum_{m=1}^M a_m y_m}{\sum_{k=1}^K b_k x_k},$$

Dabei sollen die Koeffizienten  $a_m$  und  $b_k$  die relative Wichtigkeit der verschiedenen  $K$  Inputs und  $M$  Outputs reflektieren. Es gibt zwei Möglichkeiten, diese Gewichte festzulegen. Im Zuge von SFA und DEA werden dazu endogen Schattenpreise bestimmt.<sup>23</sup> Im Gegensatz dazu werden bei den hier behandelten Indices Marktpreise für die entsprechenden Güter herangezogen. Fallen diese beiden Größen auseinander, liegt allokativer Ineffizienz vor. Im weiteren Verlauf wird unterstellt, dass sich die beiden Größen, also Markt- und Schattenpreise, entsprechen, da aufgrund der mangelnden Datenlage diesbezüglich häufig nicht näher unterschieden werden kann. Beim Einsatz von Indexzahlen zur Bestimmung der Produktivität sollte man sich jedoch dieser vereinfachenden Annahme bewusst sein, da sie voraussetzt, dass die in die Produktivitätsbestimmung eingehenden Güter auf funktionierenden Märkten gehandelt werden, was im Falle der Netzbereiche von Gas und Strom zumindest auf der Outputseite eher fraglich ist.

Ein Nachteil der Indexzahlen zur Messung der TFP besteht allerdings darin, dass es nicht möglich ist, die gemessene Produktivität in ihre Bestandteile (technischer Wandel, technische Effizienzsteigerungen oder Skaleneffekte) zu zerlegen. Tiefergehende Informationen über die Gründe, warum bestimmte Unternehmen ihre Produktivität schneller steigern als andere oder eben Probleme damit haben, sich zu verbessern, sind somit nicht zu erhalten. Aus regulatorischer Sicht kommt einer solchen Zerlegung aber gerade wegen des bestehenden Spannungsverhältnisses zwischen allokativer und produktiver Effizienz eine große Bedeutung zu.

---

<sup>22</sup> In der Regel wird der englische Begriff „Index Numbers“ mit Index übersetzt. Da der Begriff Index jedoch wesentlich weiter gefasst ist und darunter neben den reinen Index Numbers auch eine Vielzahl von anderen Konzepten subsumiert werden, wird im Rahmen dieser Studie – in der Hoffnung das Verständnis zu vereinfachen – der Begriff Indexzahlen verwendet. Dabei sind Indices der Oberbegriff, unter den auch die Indexzahlen als eine mögliche Kategorie von Indices fallen.

<sup>23</sup> Bei SFA und DEA sind die Koeffizienten das Ergebnis von ökonomischen Optimierungskalkülen, die beiden Methoden zugrunde liegen. Da die Gewichte nicht am Markt beobachtbar sind, spricht man von Schattenpreisen.

Die eigentlich erwünschte Dekomposition der Produktivitätsänderung in ihre ursächlichen Bestandteile kann von den Indexzahlen nicht geleistet werden, da hierzu explizit Produktionsfunktionen unterstellt bzw. geschätzt werden müssten. Dies wäre nur möglich, wenn unternehmensspezifische Daten vorlägen, mit deren Hilfe im Rahmen einer Panelschätzung die zugrundeliegende Produktionsfunktion bestimmt werden könnte und die unterschiedlichen Quellen für die Veränderung der Produktivität separiert werden könnten. Daraus ergeben sich gewisse Implikationen für die Anwendung von Indexzahlen zur Messung der Produktivität und der Aussagekraft der Ergebnisse: Ohne die Kenntnis der Produktionsfunktionen kann aus dem Ergebnis für die TFP nicht auf den technischen Fortschritt des Sektors geschlossen werden. Dies wäre nur möglich, wenn unterstellt würde, dass konstante Skalenerträge (constant returns to scale, CRS) sowie technische Effizienz vorlägen. Dies wird bei der Anwendung von Indexzahlen in der Praxis häufig implizit angenommen. Ferner kann die TFP aus Gleichung (2-4a) nicht nur am Wert  $x_t$  sondern auch bei  $x_{t+1}$  evaluiert werden. Beide Wege führen nur dann zum gleichen Ergebnis, wenn wiederum konstante Skalenerträge vorliegen bzw. unterstellt werden.<sup>24</sup> Das gleiche gilt, wenn anstelle der outputorientierten Zerlegung in Gleichung (2-4a) inputorientiert vorgegangen wird.<sup>25</sup> Auch dann führen beide Wege nur bei CRS zum gleichen Resultat.

### 3.2.2 Produktivitätsveränderungen im Zeitablauf

Im Kontext dieser Studie soll bestimmt werden, wie sich die Produktivität der Sektoren Gas und Elektrizität über die Zeit entwickelt hat. Mithin ist die Veränderung der TFP ( $\Delta TFP$ ) über die Zeit zu bestimmen.

$$(3-2) \quad \Delta TFP = \frac{TFP_t}{TFP_{t-1}} = \frac{\text{Output Index}_t}{\text{Input Index}_t} \bigg/ \frac{\text{Output Index}_{t-1}}{\text{Input Index}_{t-1}}$$

Die zeitliche Veränderung der Produktivität in einem zurückliegenden Zeitraum liefert im Allgemeinen deutliche Indizien für den Umfang möglicher Produktivitätsgewinne, die in Zukunft von der Branche bzw. dem betrachteten Unternehmen zu erwarten sind.

Dabei stellen sich zwei Problemkomplexe. Zum einen ist zu fragen, wie mit Preisänderungen der betrachteten Güter umzugehen ist. Ohne die Berücksichtigung von Preiseffekten würde sich die Produktivität allein deshalb erhöhen, da die Preise der Outputs

---

**24** Für den Mehrgüterfall müssen genau genommen homothetische Produktionsfunktionen vorliegen. Diese Bedingung geht über die einfache CRS-Annahme hinaus. Eine Produktionsfunktion ist homothetisch in  $x$ , wenn sie aufgesplittet werden kann in eine innere Funktion, die monoton steigend in  $x$  ist und eine äußere Funktion, die homogen vom Grade eins ist. Vereinfachend bedeutet dies eine Parallelverschiebung der Produktionsmöglichkeitenkurve in allen Inputvektoren  $x$ .

**25** Bei einer Inputorientierung würden nicht die Produktionsfunktionen  $f_i(x_i)$  sondern die Faktoreinsatzfunktionen  $f_i^{-1}(y_i)$  verwendet werden, die eine Umkehrung der Produktionsfunktionen darstellen und angeben, welche Mengen an Inputfaktoren benötigt werden, um einen bestimmten Output zu erzielen.

stärker steigen als die Preise der Inputfaktoren. Zum anderen stellt sich bei Betrachtungen über die Zeit die Frage nach der Wahl des Basisjahres, das als Referenz für die Bestimmung der Produktivitätsentwicklung herangezogen wird.

### 3.2.2.1 Berücksichtigung von Preisänderungen – direkter vs. indirekter Ansatz

Sowohl der Nenner als auch der Zähler in Gleichung (3-2) setzen sich aus Mengen- und Wertkomponenten zusammen. Bei mehr als nur einem Gut ergibt sich ein Aggregationsproblem, sobald Indices zur Bestimmung der Produktivität verwendet werden. Als Lösung bietet sich an, entweder die Mengen einer Periode konstant zu halten (Price Index Numbers, PIN), oder aber die Preise einer Periode nicht zu verändern (Quantity Index Numbers, QIN). Da die Leistungen des Sektors gemessen werden sollen, sollten Quantity Index Numbers verwendet werden, welche die um Preiseffekte bereinigten Mengenänderungen angeben.<sup>26</sup> Dabei werden unterschiedliche Ansätze verfolgt. Während bei Laspeyres ( $Q^L$ ) die Preise einer in der Vergangenheit liegenden Basisperiode als Gewichte zur Definition des Indexes verwendet werden, benützt Paasche ( $Q^P$ ) die gegenwärtigen Preise:<sup>27</sup>

$$(3-3) \quad Q^L = \frac{\sum_{m=1}^M a_{m,t} y_{m,t+1}}{\sum_{m=1}^M a_{m,t} y_{m,t}} ;$$

$$(3-4) \quad Q^P = \frac{\sum_{m=1}^M a_{m,t+1} y_{m,t+1}}{\sum_{m=1}^M a_{m,t+1} y_{m,t}} .$$

Diese beiden Indices stellen sozusagen die beiden Extrempunkte der Gestaltung dar. Während Laspeyres durch die Orientierung an Vergangenheitswerten die tatsächliche Produktivitätsentwicklung tendenziell unterschätzt, wird diese durch Paasche eher überschätzt. Um diesem Problem zu begegnen, hat Fisher einen Index ( $Q^F$ ) definiert, der beide Indices zusammenführt, indem das geometrische Mittel aus dem Laspeyres Index und dem Paasche Index gebildet wird:

$$(3-5) \quad Q^F = \sqrt{Q^L \times Q^P} .$$

<sup>26</sup> Generell können alle Indices als PIN bzw. QIN dargestellt werden. Zur übersichtlicheren Darstellung wird darauf jedoch an dieser Stelle verzichtet. Näheres vgl. Coelli et al. (1998), S. 72ff.

<sup>27</sup> Es erfolgt eine beispielhafte Darstellung für die Outputseite. Analoge Formeln ergeben sich für die Inputfaktoren.

Während früher in den statistischen Zeitreihen fast ausschließlich Paasche und Laspeyres verwendet wurden, findet in neuerer Zeit der Fisher-Index vermehrt Eingang in diese Statistiken. So wurde beispielsweise der amerikanische Index für Konsumentenpreise (Consumer Price Index, CPI) 1999 umgestellt. Die Verwendung des geometrischen Mittels wird Substitutionseffekten besser gerecht, während die fixen Gewichte bei Paasche und Laspeyres dies nicht erlauben.<sup>28</sup>

Eine Weiterentwicklung von Fisher stellt der Törnquist Index ( $Q^T$ ) dar, bei dem der gewichtete geometrische Durchschnitt der Mengenrelationen verwendet wird, wobei die Gewichte  $\psi$  einfache Durchschnitte der Wertanteile  $\omega$  in den jeweiligen Perioden sind:<sup>29</sup>

$$(3-6) \quad Q^T = \prod_{m=1}^M \left[ \frac{y_{m,t+1}}{y_{m,t}} \right]^{\psi}, \text{ mit } \psi = \frac{\omega_{m,t} + \omega_{m,t+1}}{2} \text{ und } \omega_{m,t} = \frac{a_{m,t} y_{m,t}}{\sum_{m=1}^M a_{m,t} y_{m,t}}.$$

Neben dieser direkten Bestimmung können die Mengenindices auch indirekt ermittelt werden, wobei auf den Umstand rekuriert wird, dass sich eine Wertänderung ( $V$ ) eines bestimmten Güterbündels aus einer Preis- ( $P$ ) und einer Mengenänderung ( $Q$ ) ergibt:

$$(3-7) \quad V = P \times Q \Leftrightarrow Q = \frac{V}{P} = \frac{\sum_{m=1}^M a_{m,t+1} y_{m,t+1}}{\sum_{m=1}^M a_{m,t} y_{m,t}} \bigg/ P = \frac{\sum_{m=1}^M a_{m,t+1} y_{m,t+1} / P}{\sum_{m=1}^M a_{m,t} y_{m,t}}.$$

Der Ausdruck im Zähler entspricht einer Zeitreihe zu konstanten Preisen. QINs können somit auch aus dem Verhältnis von Wertgrößen ermittelt werden, nachdem diese um Preisveränderungen über die betrachtete Zeitperiode bereinigt wurden.

Dies ermöglicht, zur Bestimmung der sektoralen Produktivität über die Zeit auf Zeitreihen aus statistischen Veröffentlichungen zurückzugreifen, die üblicherweise nach dem oben erläuterten Schema gebildet werden. Allerdings ist dabei auf eine gewisse „Dualität“ der verschiedenen Indices zu achten. Wird gemäß Formel (3-7) vorgegangen und mit einem Preisindex nach Paasche deflationiert, so erhält man den Mengenindex nach

<sup>28</sup> Vgl. Dalton et al. (1998). Der CPI ist ein PIN nach obiger Definition, d.h. die Preise verschiedener Güter werden mit deren Mengen gewichtet. Bei Preisänderungen verändern sich jedoch in aller Regel auch die relativen Nachfragemengen aufgrund von Substitutionseffekten. Relativ teure Güter werden zum Teil durch relativ billigere ersetzt. Die konstanten Gewichte bei Paasche und Laspeyres vernachlässigen diesen Umstand.

<sup>29</sup> Geometrische Mittel spiegeln im Gegensatz zu arithmetischen Mitteln prozentuale Veränderungen besser wieder. Ein einfaches Beispiel möge dies veranschaulichen. Es gebe 3 Güter x, y und z. Die Preise in Periode 1 betragen 20, 30 und 50. Der Preis von z steige in Periode 2 um 10% auf 55. Die Gewichte seien jeweils 1. Für das arithmetische Mittel ergibt sich eine Veränderung von 5%:  $105/100 = 1,05$ . Das geometrische Mittel weist exakt die 10-prozentige Veränderung im Preis von z aus:  $\frac{20 \times 30 \times 55}{20 \times 30 \times 50} = 1,1$ .

Laspeyres. Paasche und Laspeyres formen ein Indexpaar, das die Wertänderung ( $V$ ) exakt in seine Mengen- und Wertkomponente aufsplittet. Während bei diesen beiden Indices immer der entsprechende Counterpart benötigt wird, kann  $V$  exakt zerlegt werden, wenn sowohl der Mengen- als auch der Preisindex nach Fisher Anwendung finden. Coelli et al. sprechen hier von „Self Duality“ ( $V/P^F = Q^F$ ).<sup>30</sup> Der Törnquist Index weist aufgrund seiner geometrischen Natur diese Eigenschaft nicht auf, d.h. die Deflationierung mittels des Törnquist Preisindex ergibt nicht auf indirektem Wege den Mengenindex nach Törnquist sondern nur eine Näherung.<sup>31</sup>

Ob der direkte oder indirekte Ansatz zu präferieren ist, hängt von folgenden Punkten ab:

- Datenlage: Die Datenlage ist in der Praxis meist ausschlaggebend für die Wahl des indirekten Weges, da oft nur Zeitreihen zu konstanten Preisen verfügbar sind.
- Variabilität der Mengen- und Preisrelationen: Zeigen die Preisrelationen über die Zeit eine geringere Veränderlichkeit auf als die entsprechenden Mengenrelationen, so ist eher der indirekte Ansatz anzuraten. Die Variabilität kann überprüft werden, indem für jedes Gut die entsprechenden Varianzen verglichen werden;
 
$$\frac{a_{m,t+1}}{a_{m,t}}, \frac{y_{m,t+1}}{y_{m,t}} \quad \forall m = (1,2,\dots,M) \quad \text{für die Outputseite bzw.}$$

$$\frac{b_{k,t+1}}{b_{k,t}}, \frac{x_{k,t+1}}{x_{k,t}} \quad \forall k = (1,2,\dots,K) \quad \text{für die Inputfaktoren.}$$
- Theoretische Aspekte: Der direkte Ansatz erweist sich grundsätzlich als theoretisch überlegen, da er explizit aus der Produktionstheorie hergeleitet werden kann.<sup>32</sup> Allerdings gilt dies nur für kompetitive Faktor- und Gütermärkte. Liegen solche Märkte nicht vor, sollten Produktivitätsmessungen eher auf das indirekte Vorgehen zurückgreifen.<sup>33</sup> Letzteres ist insbesondere bezüglich der Gas- und Stromnetzbetreiber ein interessanter Aspekt, da dort aufgrund der Monopolsituationen im Netzbereich ein von einem reinen Preisnehmer abweichendes Verhalten unterstellt werden kann. Die Wahl des indirekten Ansatzes aufgrund pragmatischer Überlegungen (Datenlage) findet daher auch eine theoretische Rechtfertigung.

---

<sup>30</sup> Vgl. Coelli et al. (1998), S. 76.

<sup>31</sup> Die weiter unten unter 3.2.3.2 beschriebene theoretische Vorteilhaftigkeit des Törnquist Indexes würde somit keine Gültigkeit mehr besitzen.

<sup>32</sup> Vgl. Diewert (1976); ders. (1983); Caves et al. (1982).

<sup>33</sup> Vgl. Balk (1997).

### 3.2.2.2 Wahl der Basisperiode

Beim Vergleich der Produktivität über die Zeit können zwei Wege beschritten werden:

- Kettenindex (chain-base index): Bei der Bestimmung von  $\Delta TFP$  werden immer zwei aufeinander folgende Jahre ( $t, t+1$ ) in Relation gesetzt. Soll nun die Produktivität im Jahre  $T$  mit der in einer weiter zurückliegenden Basisperiode  $0$  verglichen werden, so erfolgt dies über die Bildung eines Kettenindexes, der sich aus allen Einzelindices der Perioden zwischen  $0$  und  $T$  zusammensetzt:  $Q(0, T) = Q(0, 1) \times Q(1, 2) \times \dots \times Q(T-1, T)$
- Feste Basisperiode (fixed-base index): Die Perioden  $0$  und  $T$  können jedoch auch direkt miteinander verglichen werden, indem die entsprechenden Zeitindices in den unter Abschnitt 3.2.2.1 aufgeführten Formeln (3-3) bis (3-6) benutzt werden.

In den meisten nationalen Statistiken werden fixed-base Indices nach Laspeyres verwendet, so dass sich bei Rückgriff auf diese Datenreihen aus rein pragmatischen Gründen die zweite Variante von selbst ergibt. Ein wesentlicher Vorteil ist in diesem Fall, dass die entsprechenden Gewichte in den TFP-Formeln konstant bleiben. Allerdings sind die Indexzahlen nach Laspeyres, Paasche, Fisher und Törnquist häufig nur Annäherungen an die aus der Produktionstheorie abgeleiteten - aber aufgrund der Datenlage oft nicht anwendbaren - Indices zur Produktivitätsmessung.<sup>34</sup> Dies spricht für die Wahl des Kettenindexes, da dort Änderungen über einen kleineren Zeitraum gemessen werden. Somit fallen auch die Änderungen tendenziell geringer aus, wodurch mögliche Ungenauigkeiten in der Approximation nicht so stark ins Gewicht fallen.<sup>35</sup>

### 3.2.3 Bewertung der verschiedenen Indices

Im vorhergehenden Abschnitt wurden zwei generelle Freiheitsgrade bei der Gestaltung der Indexzahlen aufgezeigt, die Wahl zwischen direktem und indirektem Ansatz sowie chain-base vs. fixed-base Index. Im Folgenden wird nun der Frage nachgegangen, welche der vier zur Auswahl stehenden Indexzahlen (Paasche, Laspeyres, Fisher oder Törnquist) zur Messung der Produktivität herangezogen werden sollte. Als Referenzpunkt wird dazu einleitend kurz der Malmquist Index dargestellt. Der Malmquist Index gehört nicht zur Klasse der Indexzahlen (PINs und QINs). Für seine Anwendung sind unternehmensspezifische Daten erforderlich, um die entsprechenden Produktionsfunktionen abzuleiten und die verschiedenen Quellen für Ineffizienzen separieren zu kön-

---

<sup>34</sup> Siehe dazu auch Abschnitt 3.2.3.2.

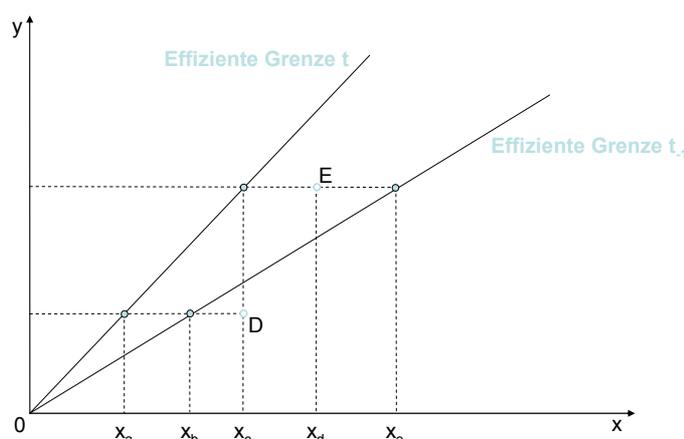
<sup>35</sup> Darüber hinaus ist in letzter Zeit ein gewisser Trend hin zu Kettenindices zu beobachten, z.B. im Kontext internationaler, insbesondere innereuropäischer Vergleiche. Dort dient der vom Statistischen Bundesamt veröffentlichte Harmonisierte Verbraucherpreisindex (HVPI) u.a. zur Messung des Konvergenzkriteriums „Preisstabilität“ im Rahmen des Stabilitätspaktes der EU.

nen, die für die spezifische Fragestellung dieser Studie nicht vorliegen bzw. öffentlich zugänglich sind. Allerdings kann der Index aufgrund seiner produktionstheoretischen Fundierung und seiner Nähe zu den Indexzahlen als Referenzmaßstab herangezogen werden.<sup>36</sup> Dabei geht es um die Frage, wie gut der Malmquist Index durch die Indices nach Paasche, Laspeyres, Fisher und Törnquist approximiert werden kann bzw. unter welchen Umständen bzw. Annahmen eine Übereinstimmung erreicht werden kann.

### 3.2.3.1 Malmquist Index als Referenz

Der Malmquist Index misst die Veränderung der TFP zwischen zwei Produktionspunkten, die jeweils mit Hilfe von Distanzfunktionen nach Shephard zu einer Technologie in Bezug gesetzt werden. In Abbildung 1 ist beispielhaft ein Malmquist Index illustriert, der sich am effizienten Einsatz der Inputs orientiert, wobei konstante Skalenerträge (CRS) unterstellt sind.

Abbildung 1: Input-orientierter Malmquist Index (CRS)



Definitionsgemäß nehmen Inputdistanzfunktionen einen Wert größer 1 an, wenn mehr Inputs eingesetzt werden, als im Vergleich zu einem effizienten Unternehmen notwendig sind, d.h. im Punkt  $D$  und bezogen auf die Technologie der ersten Periode gilt  $x_c/x_b > 1$ . In der zweiten Periode produziert das Unternehmen im Punkt  $E$ ; ein einfaches Maß für die Variation der TFP zwischen zwei Perioden ist dann:<sup>37</sup>

<sup>36</sup> Vgl. Coelli et al. (1998), S. 114ff.

<sup>37</sup> Bei Inputorientierung ist darauf zu achten, dass die Produktivität reziprok zu den Distanzfunktionen ist. Daher erscheinen die Distanzen für TFP0 im Zähler und für TFP1 im Nenner.

$$(3-2a) \quad \Delta TFP = TFP_1 / TFP_0 = \frac{X_c / X_a}{X_d / X_c}$$

In Abb. 3.1 nimmt Gleichung (3-2a) einen Wert größer 1 an, da gemessen in der Technologie der zweiten Periode (obere Gerade als gemeinsamer Bezugspunkt) der Abstand zur Grenze verkürzt werden konnte. Die gesamte Veränderung des Produktionsergebnisses zwischen beiden Perioden kann nun entsprechend den Ausführungen in Abschnitt 2.2 nach seinen Quellen aufgliedert werden, indem das geometrische Mittel der TFP-Indices zweier Perioden verwendet wird:

$$(3-2b) \quad \Delta TFP = TFP_1 / TFP_0 = \left[ \frac{X_c / X_a \cdot X_c / X_b}{X_d / X_c \cdot X_d / X_e} \right]^{0,5} = \underbrace{\frac{X_c / X_b}{X_d / X_c}}_{\Delta TE} \cdot \underbrace{\left[ \frac{X_c / X_a \cdot X_d / X_c}{X_c / X_b \cdot X_d / X_e} \right]^{0,5}}_{\Delta TF}$$

Der Ausdruck nach dem Gleichheitszeichen in Formel (3-2b) zerlegt die Variation der totalen Faktorproduktivität in ein Maß für die Verbesserung der technischen Effizienz zwischen zwei Perioden (Ausdruck vor der Klammer) und ein Maß des technischen Fortschritts – wiederum gemessen als geometrisches Mittel, d.h.  $\Delta TFP = \Delta TE \cdot \Delta TF$ . Nach Färe et al. kann der Index weiter zerlegt werden, indem auch die Skaleneffizienz berücksichtigt wird.<sup>38</sup>

### 3.2.3.2 Vorteilhaftigkeit von Fisher und Törnquist

Die Indices nach Paasche und Laspeyres, die implizit eine lineare Produktionsfunktion unterstellen, bilden die obere (Paasche) bzw. untere (Laspeyres) Schranke für den „wahren“ Produktivitätsindex nach Malmquist. Fisher und Törnquist bilden den Malmquist Index unter bestimmten Bedingungen sogar exakt ab. Während dies für Fisher unter der Annahme quadratischer Produktionsfunktionen gilt, gibt Törnquist den Malmquist Index bei translog Funktionen adäquat wieder.<sup>39</sup> Im Falle von Törnquist gilt dann:

$$(3-8) \quad \text{Malmquist Index} = \frac{\text{Törnquist Output Index}}{\text{Törnquist Input Index}}$$

Diese Eigenschaft wird als Exaktheit und Superlativität des Indexes unter den entsprechenden Annahmen bezeichnet.<sup>40</sup> Diese theoretische Fundierung von Fisher bzw. Törnquist gilt jedoch nur bei allokativer und technischer Effizienz. Ferner sind für die

<sup>38</sup> Vgl. Färe et al. (1994).

<sup>39</sup> Ein Beispiel für eine quadratische Technologie ist Cobb-Douglas, die im Gegensatz zu linearen Produktionsfunktionen einen u-förmigen Verlauf der Durchschnittskosten abbilden kann, was in der Praxis häufig zu beobachten ist. Translog Funktionen (transcendental logarithmic production function) sind letztlich ein Taylor-Polynom zweiten Grades, das eine höchst flexible Anpassung der Produktionsfunktion an die tatsächlichen Daten ermöglicht. Da es sich um ein Taylor-Polynom zweiten Grades handelt, sind quadratische Funktionen als ein Sonderfall ebenfalls abgedeckt.

<sup>40</sup> Vgl. Coelli et al. (1998), S. 122ff.

exakte Übereinstimmung der Werte konstante Skalenerträge in beiden Perioden erforderlich, die Eingang in den Index finden.

Da translog flexibler als quadratische Funktionen sind und somit eine größere Bandbreite möglicher Produktionstechnologien umfassen, weist Törnquist einen leichten Vorteil gegenüber Fisher aus. Zusätzlich erfüllt Törnquist die Eigenschaft der Transitivität, d.h. für drei beliebige Perioden  $s$ ,  $t$  und  $r$  ergibt der direkte Vergleich zwischen  $s$  und  $r$  den gleichen Index wie der indirekte Vergleich über die Periode  $t$ , was insbesondere bei Verwendung von Kettenindices von Bedeutung ist:

$$(3-9) \quad Q_{sr}^T = Q_{st}^T \times Q_{tr}^T.$$

Demgegenüber hat Fisher jedoch den Vorteil der „Self Duality“, d.h. direkter und indirekter Ansatz führen unter Fisher zum gleichen Ergebnis, nicht jedoch bei Törnquist. Diese Eigenschaft wird auch als *factor-reversal test* bezeichnet.

Hinsichtlich der Wahl zwischen Fisher und Törnquist kann mithin keine eindeutige Empfehlung ausgesprochen werden. Sie hängt eher von persönlichen Vorlieben des Anwenders ab. Beide Indices werden auch von der Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) als geeignet zur Produktivitätsmessung eingestuft.<sup>41</sup> In der Praxis kommen beide Ansätze zur Anwendung, wobei Törnquist jedoch in der Mehrzahl der Fälle gewählt wird.

Um die TFP eines Sektors mittels Indexzahlen zu messen, sollten ferner zwei Bedingungen erfüllt sein: Zum einen sollte die gewählten Messgröße eine hinreichende Aussagekraft hinsichtlich der sektoralen Produktivität besitzen. Zum anderen muss sichergestellt sein, dass für die in den Indikator eingehenden Variablen Daten vorhanden sind bzw. sich mit angemessenem Aufwand erheben lassen. Sind diese beiden Voraussetzungen gegeben, lassen sich TFP-Kennzahlen relativ einfach konstruieren. Im folgenden Kapitel soll nun anhand von Indexzahlen die Produktivität in den Bereichen der Gas- und Stromnetze empirisch bestimmt werden. Die Aussagekraft der Ergebnisse sollte dabei immer vor dem Hintergrund der eben beschriebenen Eigenschaften kritisch hinterfragt werden.

---

41 Vgl. OECD (2001).

## 4 Empirische Ergebnisse für den deutschen Energiesektor

Nach der Behandlung der verschiedenen theoretischen Ansätze für die Messung der Produktivität eines Landes, eines Sektors oder eines Unternehmens im vorhergehenden Kapitel sollen nun diese Erkenntnisse auf Deutschland angewendet werden. Im Zentrum dieser Studie stehen ausnehmend die Netzbereiche des Strom- und Gassektors. Nach einer umfangreichen Recherche hat sich jedoch herausgestellt, dass konsistente Daten für diese beiden Bereiche nicht oder erst ab dem Jahr 2000 und die folgenden Jahre verfügbar sind. Bei einer Abschätzung der Entwicklung der TFP aus Vergangenheitswerten ist jedoch insbesondere auf die Konsistenz der zur Verfügung stehenden Daten sowie ein angemessenes langes Zeitintervall für die Analyse zu achten, um zyklische oder andere unsystematische Einflüsse möglichst durch die Glättung über einen längeren Zeitraum auszuschalten. Daher wird zeitstufig vorgegangen. Zum einen wird basierend auf dem konsistenten Datensatz der VGR die TFP auf drei Ebenen – Gesamtwirtschaft sowie für die in der VGR ausgewiesenen Aggregate „Energie- und Wasserversorgung“ und „Energieversorgung“ – ermittelt. Zum anderen werden technische Daten herangezogen, um Aussagen für die Netzbereiche abzuleiten. Ersteres erlaubt zwar keine direkten Aussagen über die Produktivität der Strom- und Gasnetze, kann jedoch als Plausibilitätscheck der Ergebnisse der zweiten Stufe verwendet werden. Durch die Gegenüberstellung der Ergebnisse können zudem die Datenprobleme verdeutlicht werden.

### 4.1 Schätzungen auf Basis der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (VGR)

#### 4.1.1 Methodischer Ansatz

Aus den Überlegungen in Kapitel 3 haben sich der Fisher- und der Törnquist-Index den anderen beiden Alternativen als überlegen erwiesen. Aufgrund der weiteren Verbreitung des Törnquist-Indexes in nationalen und internationalen Studien zu Produktivitätsschätzungen<sup>42</sup> wird im Folgenden dieser Index für die empirischen Analysen für Deutschland herangezogen. Werden Daten aus der VGR zugrunde gelegt, reduziert sich die Betrachtung auf der Inputseite auf die beiden Faktoren Arbeit (L) und Kapital (C). Eine feinere Untergliederung nach weiteren Inputfaktoren lässt die VGR aufgrund der Datenverfügbarkeit nicht zu. Dazu wären weitere Informationen erforderlich, was wiederum

---

<sup>42</sup> Vgl. z.B. OECD (2001) für einen Überblick, O'Mahony/van Ark (2003) für einen europäischen Vergleich sowie Wiegmann (2003) für eine Untersuchung für Deutschland.

einer konsistenten Datenbasis, die im ersten Schritt angestrebt wird, widersprechen würde.<sup>43</sup> Formel (3-6) vereinfacht sich somit zu

$$(4-1) \quad Q_I^T = \left[ \frac{C_t}{C_{t-1}} \right]^{\psi_C} \times \left[ \frac{L_t}{L_{t-1}} \right]^{\psi_L},$$

wobei  $\psi_L$  die über zwei Perioden gemittelte Lohnquote darstellt und sich die Profitquote  $\psi_C$  als Residualgröße ergibt zu  $\psi_C = 1 - \psi_L$ , da gemäß der Verteilungsrechnung der VGR das Bruttoinlandsprodukt bzw. die Bruttowertschöpfung zur Entlohnung der beiden Produktionsfaktoren Arbeit und Kapital verwendet wird.<sup>44</sup>

Im Gegensatz zu diesem Inputindex  $Q_I^T$  ergibt sich der entsprechende Outputindex  $Q_O^T$  nach Törnquist einfach durch die Division der Outputs der beiden betrachteten Perioden, da die VGR hoch aggregiert ist und nur einen Output ausweist, nämlich die Bruttowertschöpfung.

Für die Bestimmung der Veränderung der TFP zwischen zwei Perioden werden entsprechend der international weit verbreiteten Verwendung exponentielle Wachstumsraten unterstellt.<sup>45</sup> Daraus folgt, dass sich die Veränderung der Faktorproduktivität als Quotient der logarithmierten Einzelindizes ergibt:

$$(4-2) \quad \Delta TFP = \frac{\ln(Q_O^T)}{\ln(Q_I^T)}.$$

Im Zusammenhang mit Produktivitätsanalysen, die auf gesamtwirtschaftlichen Daten statistischer Ämter beruhen, werden häufig zwei Ausgangspunkte für die Berechnungen der TFP-Veränderungen gewählt, die sich auf den ersten Blick von dem in dieser Studie verwendeten indexgetriebenen Ansatz unterscheiden. Im ersten Fall wird von der Entstehungsrechnung des Bruttoinlandsproduktes ausgegangen. Unter Verwendung einer neoklassischen Produktionsfunktion ergibt sich die Faktorproduktivität als Residualgröße (Solow-Residuum), die denjenigen Teil des Wachstums der gesamtwirtschaftlichen Produktion erfasst, der nicht durch das Wachstum der Produktionsfaktoren Arbeit und Kapital erklärt werden kann. Im zweiten Fall ist die Verteilungsrechnung der VGR der Startpunkt. Bei angenommener Grenzproduktivitätsentlohnung kann dann die TFP aus der Summe der mit der Profit- bzw. Lohnquote gewichteten Wachstumsraten der partiellen Faktorproduktivitäten bestimmt werden. Alle drei Ansätze – Formel (4-2) sowie

<sup>43</sup> Die Reduktion auf zwei Inputfaktoren ist somit durch rein praktische Überlegungen (Datenverfügbarkeit in der VGR) bedingt und nicht theoretisch motiviert.

<sup>44</sup> Zu einer formalen Ableitung aus den Grundlagen der VGR siehe Wiegmann (2003), S. 9f.

<sup>45</sup> Vgl. z.B. O'Mahony/van Ark (2003). In der Analogie der Zinsrechnung bedeutet dies nichts anderes, als dass eine stetige Verzinsung (continuous compounding) unterstellt wird.

das Solow-Residuum und der Ansatz über die Verteilungsrechnung – führen zum gleichen Ergebnis.<sup>46</sup>

Hinsichtlich der Aussagefähigkeit der weiter unten aufgeführten Ergebnisse sei noch auf zwei einschränkende Faktoren hingewiesen: Der Ansatz über die VGR erlaubt eigentlich nur die Verwendung der Faktoren Arbeit und Kapital. Nicht aufgenommene Produktionsfaktoren (z.B. Boden), für die keine Daten vorhanden sind, fallen in das Residuum. Ein weiterer wichtiger Punkt sind Qualitätsänderungen, die nicht erfasst werden. So gehen die installierten Kapitalgüter zu verschiedenen Zeitpunkten in den gesamtwirtschaftlichen Kapitalstock ein. Hierbei treten einerseits Probleme der Berücksichtigung der Abnutzung auf, andererseits sind im Kapitalstock verschiedene Niveaus technischen Fortschritts und somit unterschiedliche Effizienzen enthalten. Diese Punkte führen somit zu einer Über- oder Unterschätzung der totalen Faktorproduktivität.

#### 4.1.2 Daten

Wie eingangs bereits erwähnt, stützt sich der erste Teil der empirischen Analyse für Deutschland auf die Daten aus der VGR. Als Datenbasis diente dabei die online-Datenbank GENESIS des Statistischen Bundesamtes (DESTATIS).<sup>47</sup> Aufgrund der Wiedervereinigung und den damit verbundenen statistischen Problemen<sup>48</sup> wurde nur der Zeitraum ab 1991 bis zum Zeitpunkt der jeweils aktuell verfügbaren Daten gewählt. Zum einen können dadurch Brüche in den Zeitreihen vermieden werden. Zum anderen geht es hier nicht nur um die Darstellung der Entwicklung der TFP in der Vergangenheit sondern auch um eine Abschätzung, welches Effizienzpotential künftig zu erwarten ist. Bei einer solchen prospektiven Sicht spielen jedoch weit in der Vergangenheit liegende Werte, wenn überhaupt, nur eine sehr untergeordnete Rolle, da sich die technisch-wirtschaftlichen und rechtlichen Rahmenbedingungen mit der Zeit erheblich geändert haben. Letzteres gilt insbesondere für den Energiesektor mit der Mitte der 90er Jahre einsetzenden Liberalisierungswelle. Die Wahl des Jahres 1991 als Startpunkt der Betrachtungen ermöglicht es, noch einen gewissen Zeitraum vor der Liberalisierung zu erfassen und die grundlegenden statistischen Probleme in den zugrundeliegenden Zeitreihen zu vermeiden. Während für die Gesamtwirtschaft die Zahlenreihen meistens bis 2004 verfügbar waren, reichen sie für das Aggregat „Wasser- und Energieversorgung“

---

<sup>46</sup> Eine ausführliche formale Ableitung dieser Aussage ist im Annex 1 zu finden. Als kurzer Hinweis sei darauf verwiesen, dass alle drei Ansätze auf den gleichen produktionstheoretischen Grundlagen basieren und somit notwendigerweise ineinander überführbar sein müssen. So liegt allen Ansätzen im Endeffekt eine linear homogene Produktionsfunktion mit konstanten Skalenerträgen zugrunde. Bei einer Entlohnung der Faktoren nach ihrem Grenzprodukt kann dann das Gesamtprodukt, also das Bruttoinlandsprodukt bzw. die Bruttowertschöpfung, nach dem Euler-Theorem vollständig auf die Produktionsfaktoren aufgeteilt werden. Nichts anderes besagt jedoch Formel (4-2) in Verbindung mit (4-1).

<sup>47</sup> Vgl. DESTATIS (2005). Die Datenbank ist nahezu deckungsgleich mit der in internationalen Vergleichsstudien gebräuchlichen OECD-Datenbank STRUCTURAL ANALYSIS (STAN), die sich aus den nationalen Angaben der statistischen Ämter der OECD-Mitgliedsstaaten speist. Vgl. OECD (2005).

<sup>48</sup> Vgl. z.B. Schmalwasser (2001) zu den Problemen der Revision des Anlagevermögens 1991 und den dadurch verursachten Brüchen mit vorhergehenden Zeitreihen.

in der Regel nur bis 2003. Für die „Energieversorgung“ existiert ein konsistenter Datensatz nur bis 2001.<sup>49</sup> Das Statistische Bundesamt hat die VGR zwar in der Zwischenzeit einer Revision unterzogen und die Zeitreihen auf die in wissenschaftlichen Diskussionen oft als theoretisch vorteilhafter angesehenen<sup>50</sup> und zudem international auch zunehmend gebräuchlicheren Kettenindices (chain-based index) umgestellt. Allerdings wurde im Rahmen dieser Studie noch auf die alten Zeitreihen zurückgegriffen, die sich auf ein festes Basisjahr (1995) stützen (fixed-based index). Die meisten Zeitreihen über GENESIS sind seit Ende April zwar als Kettenindices abrufbar, nicht jedoch das Anlagevermögen. Da diese Information laut persönlicher Auskunft des Statistischen Bundesamtes auch nicht vor August 2005 zur Verfügung stehen wird, wurden die herkömmlichen Zeitreihen mit festem Basisjahr zur Analyse herangezogen.

Zur Übersicht sind in Tabelle 1 die Größen der VGR aufgelistet, die Eingang in die Formeln (4-1) und (4-2) gefunden haben.<sup>51</sup>

Tabelle 1: Verwendete Größen aus der VGR

Größen in der TFP-Formel	Dafür verwendete Größen aus der VGR
Output [y]	Bruttowertschöpfung in Preisen von 1995
Input	
Kapital [C]	Bruttoanlagevermögen in Preisen von 1995
Arbeit [L]	Arbeitsstunden der Erwerbstätigen
Lohnquote [ $\psi_L$ ]	$\frac{(1)}{(2)} \bigg/ \frac{(3)}{(4)}$ <p>(1) Arbeitnehmerentgelt                      (2) Arbeitnehmer                      (3) Bruttowertschöpfung zu Marktpreisen<sup>1)</sup>                      (4) Erwerbstätige</p>

<sup>1)</sup> Für die Gesamtwirtschaft wurde das Bruttoinlandsprodukt zu Marktpreisen verwendet.

Quelle: Eigene Darstellung WIK.

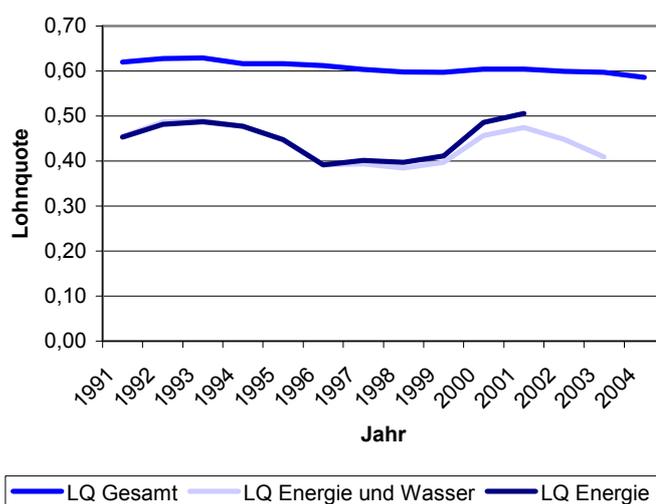
<sup>49</sup> Die speziell auf den Energiesektor abzielende Veröffentlichung der Fachserie 4 / Reihe 6.1 ist zwar gerade erst kürzlich um die Zahlen für 2002 aktualisiert worden. Allerdings enthält sie keine Zahlen zum Anlagevermögen als Kapitalstock. Vgl. Statistisches Bundesamt (2005a).

<sup>50</sup> Bei Kettenindices findet durch die Verkettung der einzelnen relativen Wertänderungen eine jährliche Aktualisierung der (Preis-)Gewichte statt, wodurch Änderungen in den Preisrelationen zeitnah erfasst werden und der so genannte „Substitution Bias“ ausgeschaltet wird. Dieser Bias entsteht bei Zeitreihen mit festem Basisjahr dadurch, dass bis zur nächsten Anpassung des Basisjahres mit den Preisrelationen gearbeitet wird, die im verwendeten Basisjahr vorherrschten. Die in der Zwischenzeit de facto veränderten Preisstrukturen und die damit einhergehenden geänderten Substitutionsbeziehungen können dann über den Index nicht mehr adäquat erfasst werden. Vgl. Mayer (2001); Nierhaus (2001). Siehe auch Abschnitt 3.2.1.2.

<sup>51</sup> Eine detaillierte Darstellung für die drei betrachteten Ebenen Gesamtwirtschaft, Energie- und Wasserversorgung sowie Energieversorgung inklusive der Werte ist im Annex 2 zu finden.

Die Lohnquote gibt an, welcher Teil des Outputs, also der Bruttowertschöpfung <sup>52</sup>, auf die Entlohnung des Faktors Arbeit entfällt. In der VGR ist üblicherweise nicht direkt der Lohnsatz  $w$  ersichtlich, sondern es werden die gesamten Einkünfte der Arbeitnehmer ausgewiesen (Arbeitnehmerentgelt).<sup>53</sup> Die Lohnquote würde sich, wenn nur Arbeitnehmer im Sektor vorhanden wären, aus dem Quotient von Arbeitnehmerentgelten zu nominaler Bruttowertschöpfung ergeben. Im Fall von Selbstständigen muss noch eine Korrektur für die zunächst nicht erfasste Entlohnung dieser Personengruppe erfolgen. Dabei wird üblicherweise unterstellt, dass sie gemäß dem durchschnittlichen Gehalt eines Arbeitnehmers entlohnt werden. Die Lohnquote ergibt sich somit aus dem Verhältnis der beiden Quotienten Arbeitnehmerentgelt zu Anzahl der Arbeitnehmer und nominaler Bruttowertschöpfung zu Anzahl der Erwerbstätigen.<sup>54</sup>

Abbildung 2: Entwicklung der Lohnquoten



Quelle: Eigene Berechnungen WIK auf Basis von Genesis.

Aus Abbildung 2 sind zwei Dinge ersichtlich. Zum einen liegen die Werte für die Energieversorgung deutlich unter denen der Gesamtwirtschaft (ca. 45% vs. ca. 60%), was

<sup>52</sup> Für die Gesamtwirtschaft wird üblicherweise das Bruttoinlandsprodukt als relevante Outputgröße verwendet. Es errechnet sich als Summe der unbereinigten Bruttowertschöpfung aller Wirtschaftsbereiche abzüglich der unterstellten Bankgebühr und zuzüglich des Saldos von Gütersteuern minus Gütersubventionen. Da diese Größen jedoch nur für die Gesamtwirtschaft verfügbar sind, wird bei der Betrachtung eines einzelnen Wirtschaftsbereiches (z.B. Energieversorgung) auf die Bruttowertschöpfung als Outputgröße zurückgegriffen. Vgl. Hauf (1997).

<sup>53</sup> Es wird die Kategorie „Arbeitnehmerentgelte“ gewählt und nicht „Bruttolöhne und -gehälter“. Erstere enthalten neben den Bruttolöhnen auch noch den Arbeitgeberanteil an den Sozialversicherungen und stellen somit die volkswirtschaftlich relevanten Lohnkosten dar.

<sup>54</sup> Es kann in Anlehnung an einen Vergleich der Lohnstückkosten auch von realen Lohnstückkosten gesprochen werden. Vgl. Hauf (1997).

auf eine höhere Kapitalintensität der Energieversorgung in Relation zur Gesamtwirtschaft hindeutet. Zum anderen ist gesamtwirtschaftlich über den Zeitraum eine relativ stetige leichte Abnahme der Lohnquote zu beobachten. Der Energiesektor hingegen zeichnet sich eher durch eine Wellenbewegung aus mit einem „Tal“ in der zweiten Hälfte der 90er Jahre. Während das Arbeitsvolumen ständig abnahm, ist die Delle dadurch zu erklären, dass es bis 1996 eine Zunahme der Bruttowertschöpfung gab, die danach jedoch wieder leicht zurückging. Ferner sind die Arbeitsentgelte trotz der Mitarbeiterfreisetzung nominal ständig gestiegen.

Abschließend sei noch auf die deutliche Parallelentwicklung der beiden Aggregate Energie- und Wasserversorgung sowie Energieversorgung hingewiesen, die jedoch nicht weiter verwunderlich ist. Der Anteil der Energieversorgung an dem Aggregat Energie- und Wasserversorgung liegt input- und outputseitig in der Regel deutlich über 80%, was zur Folge hat, dass die Ergebnisse dieses Aggregats vom Energiesektor dominiert werden. Im Folgenden wird daher auf die explizite Darstellung der Ergebnisse für die Energie- und Wasserversorgung verzichtet, da sie keinen weiteren Erklärungsgehalt für den Gegenstand der Untersuchungen besitzt. Der Vollständigkeit halber sind die entsprechenden Ergebnisse jedoch im Annex 3 enthalten.

### 4.1.3 Empirische Ergebnisse

#### 4.1.3.1 Erster Überblick

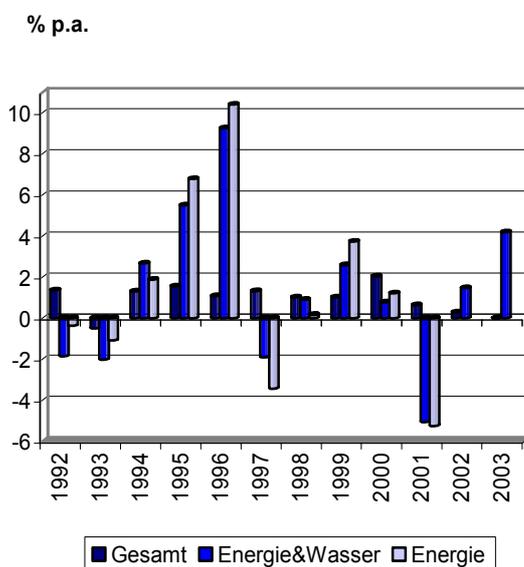
Die Ergebnisse für die TFP-Berechnungen der drei betrachteten Ebenen auf Basis der Daten aus der VGR sind in Abbildung 3 abgetragen. Da die Veränderungsdaten auf Zeitreihen ab 1991 basieren, sind die ersten Werte für die TFP für 1992 verfügbar. <sup>55</sup> Während die Produktivität der Gesamtwirtschaft in einem engen Korridor zwischen 0% und 2% in diesen Jahren nur geringen Schwankungen unterworfen ist, weist sie für die Energieversorgung deutliche Ausschläge auf. Die Produktivität ist bis 1996 stark angestiegen, um danach ein uneinheitliches Bild aufzuzeigen. Hervorstechend sind die zwei Dellen mit deutlich negativen Werten in den Jahren 1997 und 2001. Der Liberalisierungsprozess seit Mitte der 90er Jahre hätte eigentlich eine verbesserte Produktivitätsperformance des Energiesektors vermuten lassen. Zwei mögliche Faktoren können zur Erklärung herangezogen werden. Zum einen sind dies die Effekte der Wiedervereinigung. Nach 1990 wurden gerade im Energiesektor in Ostdeutschland erhebliche Investitionen getätigt. Das Bruttoanlagevermögen verzeichnet seit 1991 einen relativ stetigen Anstieg von rund 500 Mrd. € auf über 580 Mrd. €. Diese Investitionen flossen einerseits in die Modernisierung des Kraftwerkparks und andererseits in die Netzstruktur. Dies

---

<sup>55</sup> Im Laufe der Untersuchungen wurden verschiedene Plausibilitätschecks eingestreut. So konnten u.a. die vom Statistischen Bundesamt veröffentlichten Zahlen für die Kapitalproduktivität Deutschlands näherungsweise reproduziert werden. Vgl. Statistisches Bundesamt (2005b).

erklärt den enormen Anstieg der Produktivität nach 1990. Beim Abflauen des Produktivitätsfortschritts nach 1996 sei darauf hingewiesen, dass es sich beim Indikator um ein relatives Maß handelt. Mit einem relativ niedrigen Effizienzniveau in Ostdeutschland als Ausgangspunkt waren Produktivitätsfortschritte anfangs verhältnismäßig einfach zu realisieren, indem eine Niveauannäherung an Westdeutschland erfolgte. Mit steigendem Effizienzniveau sind Produktivitätsfortschritte jedoch erheblich schwerer zu erreichen. Zudem sind die Investitionen in die ostdeutschen Netze in den Folgejahren zum Teil durch Nachfragerückgänge in vielen Gebieten konterkariert worden. Im Erzeugungsbereich kam es seit Mitte der 90er Jahre darüber hinaus zu einem Abschmelzen der Reservekapazitäten.

Abbildung 3: TFP-Vergleich



Quelle: Eigene Berechnungen WIK auf Basis von Genesis.

Neben diesen Effekten der Wiedervereinigung und des Abbaus von Überkapazitäten bei der Erzeugung kann eine gewisse Unsicherheit auf Seiten der Energieversorger hinsichtlich des Tempos und der Intensität der Umsetzung der Liberalisierung (gesetzgeberische Unsicherheit)<sup>56</sup> ursächlich für die sich abschwächende Produktivitätsentwicklung gewesen sein. In diesem Fall verhalten sich Unternehmen eher abwartend, bis sich der neue Regulierungsrahmen deutlicher abzeichnet. Ein Indiz für diesen Erklärungsansatz ist, dass die erste EU-Richtlinie zur Liberalisierung des Stromsektors in Deutschland nicht in der Konsequenz umgesetzt wurde wie in anderen europäischen

<sup>56</sup> Im englischsprachigen Raum wird dafür häufig der Begriff der „regulatory uncertainty“ verwendet, der erheblich weiter gefasst ist und im Endeffekt alle mit ordnungspolitischen Rahmenbedingungen verbundenen Risiken umfasst.

Ländern. Deutschland hat zwar bereits früh den Strommarkt zu 100% geöffnet, beim Netzzugang als einziges Land jedoch auf die Freiwilligkeit einer Verbändevereinbarung gesetzt, wohingegen die meisten Mitgliedsstaaten einen regulierten Netzzugang wählten. Spätestens mit der Verabschiedung der Beschleunigungsrichtlinien für Strom und Gas 2003 mit weitreichenden Vorgaben für die Mitgliedsstaaten (insbesondere hinsichtlich des Unbundling und der Regulierung des Netzzugangs) zeichnete sich ab, dass der Regulierungsrahmen künftig in Richtung einer höheren potentiellen Wettbewerbsintensität weiterentwickelt werden wird. Ein – wenn auch schwaches – Signal ist der Anstieg der Produktivität in der Energie- und Wasserversorgung nach 2001, was aufgrund der Parallelität auf eine wieder positive TFP-Entwicklung im Energiesektor hindeutet.

Aufgrund der zur Verfügung stehenden Datenbasis sind diese Aussagen allerdings nur als erste Erklärungsansätze zu verstehen. Ein etwas tieferen Einblick in mögliche Ursachen für die Entwicklungen soll in den beiden nun folgenden Abschnitten gegeben werden.

#### 4.1.3.2 Gesamtwirtschaft

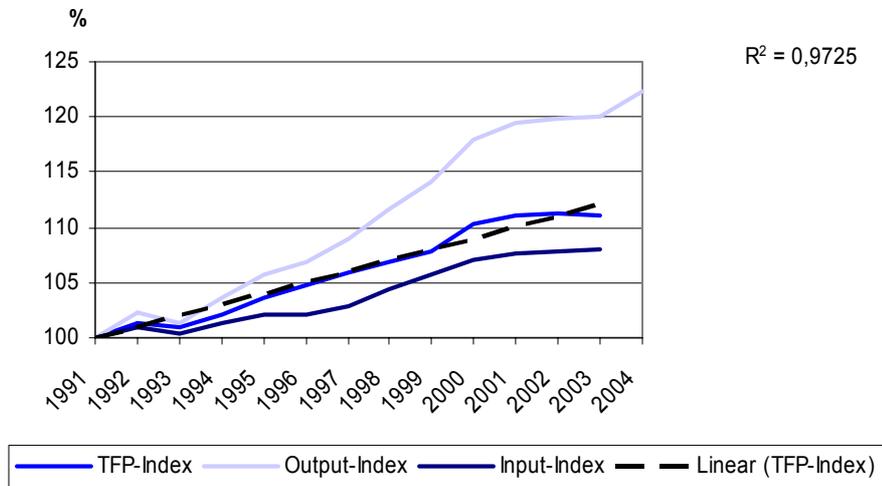
Als Startpunkt der tiefergehenden Analyse für die Gesamtwirtschaft sind in Abbildung 4 die grundsätzlichen Bestandteile des TFP-Indexes, der Input- und der Outputindex aus Formel (4-2) über die Zeit aufgetragen. Zum Anfangsjahr der betrachteten Zeitperiode (1991) wurden alle Indices auf 100 normiert.<sup>57</sup>

Der Index für die TFP steigt über die betrachteten 12 Jahre um durchschnittlich 0,92% p.a., was an der Steigung der Trendgeraden ablesbar ist, die im Falle der Gesamtwirtschaft einen relativ guten Fit an die tatsächliche Entwicklung darstellt (Bestimmtheitsmaß  $R^2=0,9725$ ). Für die Bestimmung des X-Faktors im Rahmen einer Anreizregulierung, der eine Produktivitätsvorgabe für einen Sektor in Relation zur Gesamtwirtschaft beinhaltet (vgl. Abschnitt 2.1), könnte der Durchschnittswert von 0,92% somit durchaus Verwendung finden, da die nahezu lineare Entwicklung des TFP-Indexes über die letzten Jahre die Vermutung nahe legt, dass sich die gesamtwirtschaftliche Produktivität auch in den nächsten Jahren in ähnlichen Bahnen bewegen wird.

---

<sup>57</sup> Veränderungsdaten (z.B. für die TFP aus Abbildung 2) ergeben sich aus dem Verhältnis der Indices zweier benachbarter Jahre.

Abbildung 4: Gesamtwirtschaft – Komponenten des TFP-Indexes

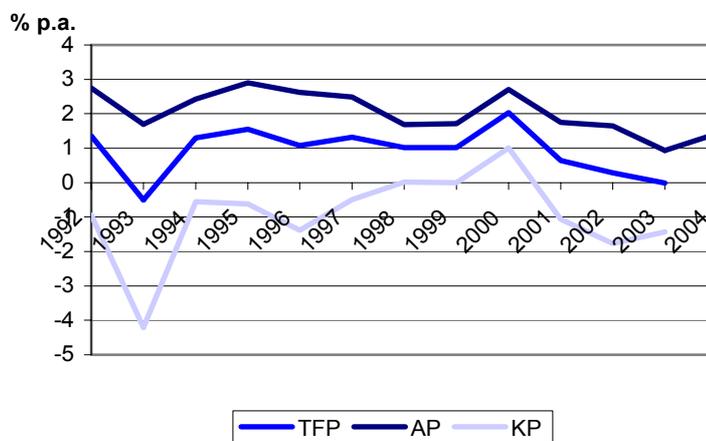
wik 

Quelle: Eigene Berechnungen WIK auf Basis von Genesis.

Der Input-Index ist der mit der Lohn- bzw. Profitquote gewichtete Durchschnitt der beiden Faktoren Arbeit und Kapital. Der Anstieg von 8% über den gesamten Zeitraum zeigt auf, dass gesamtgesellschaftlich der Ressourceneinsatz über die Jahre zugenommen hat, allerdings unterproportional im Vergleich zum Wachstum der Bruttowertschöpfung (abgebildet im Outputindex), woraus insgesamt eine positive Steigung der Produktivität resultiert. Der vermehrte Faktoreinsatz ist dabei auf die Entwicklung des Bruttoanlagevermögens zurückzuführen. Während dieses um fast 35% gestiegen ist, wurde der Arbeitsinput auf 96,5% des Anfangsniveaus zurückgeführt. Arbeit wurde also zum Teil durch Kapital substituiert.

Diese Entwicklungen bei den Inputfaktoren führen zu den in Abbildung 5 dargestellten Beiträgen der Teilproduktivitäten zur Gesamtproduktivität, wobei sich die Veränderung der TFP aus der Summe der mit der Profit- bzw. Lohnquote gewichteten Wachstumsraten der partiellen Faktorproduktivität von Kapital (KP) und Arbeit (AP) ergibt (siehe auch Annex 1). Basierend auf dem zugrundeliegenden substitutionalen Produktionsverhältnisses von Arbeit und Kapital sowie der Tatsache, dass sich Produktivitäten als Verhältnis von Output zum jeweiligen Input darstellen, ist es nicht weiter verwunderlich, dass die Arbeitsproduktivität positive Wachstumsraten aufweist, während die Kapitalproduktivität üblicherweise negative Werte annimmt. Bei wachsendem Bruttoanlagevermögen nimmt die Kapitalproduktivität nur dann einen positiven Wert an, wenn der Output stärker wächst als das Kapital, was nur im Jahr 2000 der Fall war.

Abbildung 5: Gesamtwirtschaft – Beiträge der Teilproduktivitäten

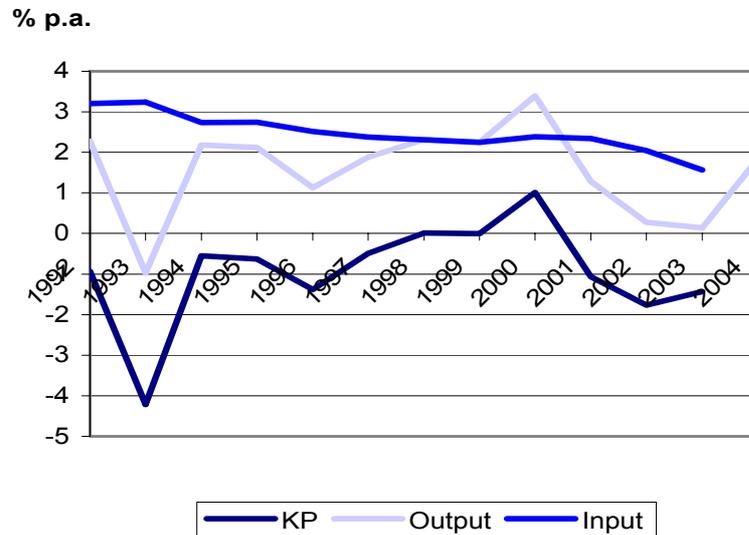


Quelle: Eigene Berechnungen WIK auf Basis von Genesis.

Dieser Zusammenhang wird auch aus Abbildung 6 ersichtlich, in der die Entwicklungen (als Veränderungsrate) der Kapitalproduktivität sowie deren Komponenten Output und Kapitaleinsatz ausgewiesen sind. Die Outputkurve liegt nur im Jahr 2000 über der Inputkurve. Ferner wird deutlich, dass die Produktivitätsschwankungen hauptsächlich outputseitig bedingt sind, d.h. durch Änderungen in der Auslastung des Kapitalstocks. So wurde der Abschwung der Kapitalproduktivität nach 2000 nicht durch eine massive Investitionstätigkeit verursacht, sondern eher durch eine sinkende Auslastung, die sich in abnehmenden Wachstumsraten der Bruttowertschöpfung widerspiegelt. Die Veränderung des Kapitaleinsatzes beeinflusst somit das Niveau der Kapitalproduktivität, nicht jedoch deren Varianzen.<sup>58</sup> Augenscheinlich sind zudem die sich stetig verringernden Wachstumsraten des Kapitalstocks, von anfangs über 3% auf nur noch 1,5% in 2003. Vor dem Hintergrund, dass durch den Kapitalstock zukünftige Wachstumschancen determiniert werden, erscheint diese Entwicklung nicht ganz unbedenklich.

<sup>58</sup> Beim Faktor Arbeit sind die Schwankungen der partiellen Faktorproduktivitäten nicht eindeutig auf Outputänderungen zurückzuführen, da dort die Wachstumsrate des Arbeitsvolumens größeren Varianzen unterliegt.

Abbildung 6: Gesamtwirtschaft – Komponenten der Kapitalproduktivität



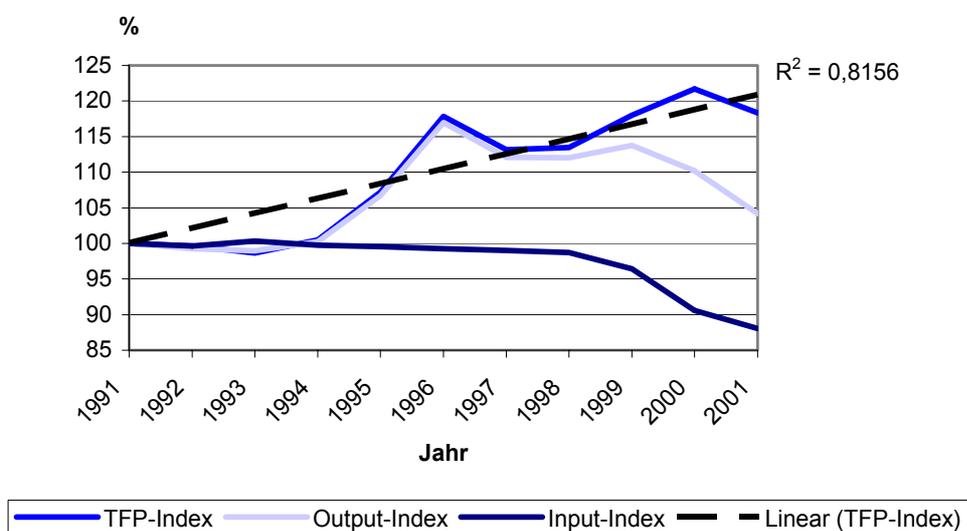
Quelle: Eigene Berechnungen WIK auf Basis von Genesis.

wik

#### 4.1.3.3 Energieversorgung

Analog zur Gesamtwirtschaft werden auch im Hinblick auf die Energiewirtschaft zunächst die beiden Bestandteile der TFP betrachtet, wobei die Indices auf 100 für das Jahr 1991 normiert werden (siehe Abbildung 7). Es ist eine fast identische Entwicklung des Output- und des TFP-Indexes zumindest bis 1998 zu beobachten, da der Inputindex bis zu diesem Zeitpunkt mehr oder minder auf seinem Ausgangsniveau verharrt. Danach kommt es jedoch aufgrund des sinkenden Inputs zu einer Entkopplung. Im Durchschnitt weist die Energieversorgung einen Produktivitätsfortschritt von ca. 1,4% p.a. auf (Steigung der Trendgeraden), der leicht über der durchschnittlichen Performance der Gesamtwirtschaft liegt. Generell könnte die Trendgerade dazu benutzt werden, um Rückschlüsse aus der vergangenen Produktivitätsentwicklung auf mögliche, künftig zu erwartende Produktivitätssteigerungen des Sektors zu ziehen (z.B. zur Vorgabe eines sektorweiten X-Faktors für die kommende Regulierungsperiode). Bei der gesamtwirtschaftlichen Trendgeraden wäre dies aufgrund der relativ guten Annäherung an die tatsächliche Entwicklung auch ein durchaus probates Mittel. Im Fall der Energieversorgung kann dies nicht uneingeschränkt positiv bewertet werden, da das Bestimmtheitsmaß mit 0,8156 verhältnismäßig niedrig liegt, was in den in Relation zur Gesamtwirtschaft größeren Schwankungen des TFP-Indexes begründet ist. So steigt die TFP in den ersten 5 Jahren um durchschnittlich ca. 3,5% p.a. an, wohingegen sie in der zweiten Hälfte des Betrachtungszeitraumes um ca. 0,7% fällt, wobei das Ergebnis der zweiten Hälfte durch die beiden Dellen 1997 und 2001 getrieben wird.

Abbildung 7: Energieversorgung – Komponenten des TFP-Indexes



Quelle: Eigene Berechnungen WIK auf Basis von Genesis.

Die anfängliche Konstanz des Inputindexes ändert sich, wenn seine Bestandteile einzeln betrachtet werden (siehe Abbildung 8). Während der Arbeitseinsatz stetig – fast linear – auf unter 70% des Ausgangsniveaus zurückgefahren wurde, weist der Kapitalindex einen eher logarithmischen Verlauf auf, um sich quasi asymptotisch einem Niveau von ca. 115% des Ausgangswertes anzunähern. Ist der Kapitalstock anfangs noch um fast 3% p.a. gewachsen, so ist die Investitionstätigkeit zum Ende des Betrachtungszeitraumes mit Wachstumsraten nahe Null fast zum Erliegen gekommen. Hinsichtlich des Inputindexes haben sich bis 1998 die unterschiedlichen Entwicklungen von Arbeit und Kapital mehr oder weniger gegeneinander aufgehoben. Da sich das Wachstum des Bruttoanlagevermögens jedoch stetig abgeschwächt hat, fällt der Inputindex seit 1998, was zugleich die Ursache für die Entkopplung von TFP- und Outputindex ist.

Der logarithmische Verlauf des Kapitalindexes deutet auf eine Bestätigung der drei weiter oben angeführten Begründungsansätze hin, den Wiedervereinigungseffekt, den Abbau von Überkapazitäten bei der Erzeugung sowie das Vorliegen einer gesetzgeberischen Unsicherheit auf Seiten der Energieversorgungsunternehmen. Die anfänglich relativ hohen Wachstumsraten des Kapitalstocks lassen sich auf umfangreiche Investitionen in Ostdeutschland zurückführen. Danach schwächt sich das Wachstum im Verhältnis zur Gesamtwirtschaft jedoch deutlich stärker ab. Während die gesamtwirtschaftlichen Zuwächse nach Abflauen des Wiedervereinigungseffektes immerhin noch über 2% liegen, bleibt der Kapitalstock im Energiesektor gegen Ende des Betrachtungszeitraumes nahezu unverändert. Dieser Verlauf des Kapitalstocks in den letzten Jahren kann zum einen auf das Abschmelzen von Erzeugungsreserven zurückgeführt werden. Wurden nach der Wiedervereinigung noch erhebliche Investitionen in den Kraftwerks-

park in Ostdeutschland getätigt (Kraftwerkserneuerung), so ist die insgesamt installierte Kraftwerkskapazität unter Vernachlässigung des Sondereffektes durch den Zubau von Windenergie von 1991 bis 2002 stetig gesunken (von ursprünglich 125,8 GW auf 105,2 GW). Erst in 2003 kam es wieder zu einem leichten Anstieg. Im gleichen Zeitraum ist die erzeugte Strommenge jedoch relativ kontinuierlich gestiegen, von 540,1 TWh auf 584,9 TWh.<sup>59</sup> In der Folge kam es zu einer deutlichen Reduktion der frei verfügbaren Reservekapazität.<sup>60</sup> Zum anderen ist die Entwicklung des Kapitalstocks zum Ende des Betrachtungszeitraumes ein deutlicher Hinweis auf die durch unklare rechtliche Rahmenbedingungen bedingten Unsicherheiten auf Unternehmensseite, die ein eher abwartendes Verhalten der Unternehmen hinsichtlich von Neuinvestitionen zur Folge haben. Diese Vermutung wird durch diverse Aussagen aus Wissenschaft, Industrie und Politik bestärkt, in denen ein erheblicher Investitionsbedarf sowohl in Kraftwerke als auch in die Netze in Höhe mehrerer Milliarden Euro in den kommenden Jahren geäußert wird.<sup>61</sup> Zudem sieht sich die Energiewirtschaft nicht nur der Frage ausgesetzt, wie der zukünftige Regulierungsrahmen hinsichtlich einer weiter voranschreitenden Liberalisierung aussehen wird.<sup>62</sup> Zumindest zwei weitere Politikfelder tangieren zur Zeit die Energiewirtschaft. Dies ist zum einen die Frage der zukünftigen Förderung der erneuerbaren Energien sowie zum anderen die Ausgestaltung bzw. Weiterentwicklung des EU-weiten Emissionshandels nach 2008.

Die beiden zuletzt angeführten Phänomene, das Abschmelzen der Reservekapazitäten sowie die gesetzgeberischen Unsicherheiten, hängen zum Teil auch zusammen. Wurde der Abbau von Überkapazitäten aus Monopolzeiten anfangs durchaus positiv beurteilt, so wird zunehmend darauf verwiesen, dass die Reservekapazitäten auf ein kritisches Niveau zu steuern, nach dessen Unterschreitung unter Umständen Probleme bei der Netzstabilität zu erwarten sind. Diese Entwicklung wird wiederum auf die oben angeführten unsicheren Rahmenbedingungen im Energiesektor für langfristige Investitionen zurückgeführt.<sup>63</sup>

---

<sup>59</sup> Vgl. BMWA (2005).

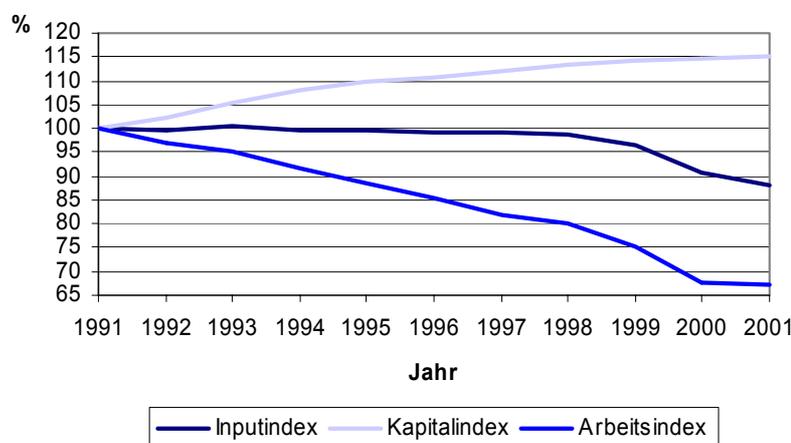
<sup>60</sup> Vgl. Brunekreeft und McDaniel (2005).

<sup>61</sup> Vgl. z.B. Jäger (2005); Jopp/von Borstel (2005); Ristau/Salzmänn (2005).

<sup>62</sup> Hier sei jedoch angemerkt, dass sich durch die Beschleunigungsrichtlinien der EU sowie den laufenden Gesetzgebungsprozess in Deutschland zumindest einige wichtige Eckpfeiler abgezeichnet haben. Welche Auswirkungen die Ankündigung von Bundeskanzler Schröder zu Neuwahlen auf Bundesebene nach der Niederlage der rot-grünen Koalition bei den Landtagswahlen in Nordrhein-Westfalen auf diesen Prozess haben wird, bleibt abzuwarten.

<sup>63</sup> Vgl. Brunekreeft und Tweleemann (2004).

Abbildung 8: Energieversorgung – Bestandteile des Inputindex

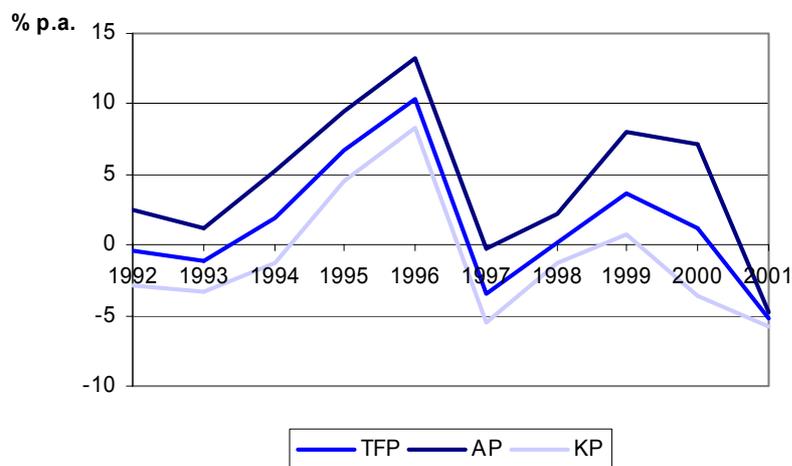


Quelle: Eigene Berechnungen WIK auf Basis von Genesis.

Hinsichtlich der Anteile der beiden Inputfaktoren an der sektoralen Produktivitätsentwicklung zeigt Abbildung 9 das aus der Gesamtwirtschaft bereits bekannte Bild. Bei konstantem Outputniveau muss aufgrund der unterstellten substitutionalen Produktionsfunktion der Einsatz von Kapital ansteigen, wenn gleichzeitig das Arbeitsvolumen zurückgefahren wird. Dies hat wiederum zur Folge, dass die Arbeitsproduktivität steigt, während die Kapitalproduktivität fällt, da sich beide als Verhältnis von Output zum jeweiligen Input ergeben. Eine fallende Kapitalproduktivität führt logischerweise zu negativen Wachstumsraten, eine steigende Arbeitsproduktivität zu positiven Veränderungs-raten. Da sich die TFP aus dem gewichteten Durchschnitt der Wachstumsraten der beiden partiellen Faktorproduktivitäten zusammensetzt, liegt die TFP-Kurve notwendigerweise zwischen den beiden anderen.<sup>64</sup> Allerdings rutschen die Werte für den Faktor Arbeit diesmal zweimal (1997 und 2001) auch in den negativen Bereich, da in diesen beiden Jahren die Bruttowertschöpfung im Energiesektor stärker fällt als das Arbeitsvolumen. Die Kapitalproduktivität hingegen bewegt sich häufiger im positiven Bereich als im Fall der Gesamtwirtschaft, was durch ein in diesen Jahren im Verhältnis zum Kapitalstock überproportionales Wachstum des Outputs verursacht wird. Die Parallelentwicklung der drei Indices gepaart mit den in Abbildung 8 aufgezeigten Entwicklungen der Inputindices zeigt zudem erneut, dass die Produktivitätsschwankungen eher outputseitig bedingt sind, d.h. dass die Varianzen der Wachstumsraten der verschiedenen Produktivitäten (TFP, Arbeitsproduktivität und Kapitalproduktivität) eine Folge von Auslastungsschwankungen und nicht Folge von Veränderungen der Inputfaktoren sind.

<sup>64</sup> Würde im Gegensatz zur Realität der Kapitalstock sinken, müsste gleichzeitig aufgrund der substitutionalen Produktionsverhältnisse bei konstanten Outputniveau das Arbeitsvolumen ansteigen und alle obigen Aussagen würden sich umkehren. Als Folge würde dann die Kurve der Kapitalproduktivität über und die der Arbeitsproduktivität unter der TFP-Linie liegen.

Abbildung 9: Energieversorgung – Beiträge der Teilproduktivitäten

wik 

Quelle: Eigene Berechnungen WIK auf Basis von Genesis.

Abschließend sei noch einmal auf die Grenzen der Aussagekraft der hier vorgestellten Ergebnisse hingewiesen. Ziel war es, eher das methodische Vorgehen zu verdeutlichen als belastbare Zahlen für den Bereich der Strom- und Gasnetze zu generieren. Dies ist unter Verwendung des konsistenten Datensatzes der VGR auch nicht möglich, da als kleinste Betrachtungseinheit die Energieversorgung als Ganzes erfasst wird. Es wird weder zwischen Strom und Gas noch nach Wertschöpfungsstufen, wie Erzeugung/Gewinnung oder Verteilung der Energie, unterschieden. Darüber hinaus fällt unter das Aggregat der Energieversorgung auch noch der Bereich der Fernwärme, der hier nicht Gegenstand der Betrachtungen ist. Daher wird im folgenden Abschnitt versucht, sich über eher technisch orientierte Kennzahlen dem Bereich der Strom- und Gasnetze anzunähern, wobei auf unterschiedliche Quellen zurückgegriffen wurde und die Konsistenz des Datensatzes somit nicht gewährleistet werden kann.

## 4.2 Berechnung der TFP auf der Basis technischer Daten

### 4.2.1 Methodischer Ansatz

Aufgrund der fehlenden historischen Daten lassen sich aus den monetären Daten der VGR zwar Produktivitätskennzahlen für die Energieversorgungsbranche berechnen, nicht aber gesondert für den Netzbetrieb. Hinweise über erzielte Effizienzfortschritte der Strom- und Gasnetzbetreiber können jedoch aus der Verwendung technischer Daten zur Berechnung der TFP abgeleitet werden. Ein solches Verfahren hat etwa die österreichische Regulierungsbehörde E-Control zur Festlegung des X-Faktors im Rahmen

ihrer Vorarbeiten zu einer Anreizregulierung für die österreichische Stromwirtschaft als ergänzendes Instrument angewandt.<sup>65</sup>

Die E-Control geht bei ihren Berechnungen von Gesamtkosten der Netzbetreiber aus, die zu 40% Arbeitskosten und zu 30% Kapitalkosten sowie sonstige Kosten umfassen.<sup>66</sup> Vor diesem Hintergrund berechnet sie drei Faktorproduktivitäten, die entsprechend der empirisch abgeleiteten Kostenstruktur bei der Bestimmung der TFP gewichtet werden:

- Die Arbeitsproduktivität ergibt sich demnach aus der transportierten Energiemenge pro Anzahl der Mitarbeiter.
- Die Kapitalproduktivität drückt sich in der transportierten Energiemenge pro installierter Leitungskapazität aus.
- Für die sonstigen Kosten (u.a. Aufwendungen für Fremdleistungen, Immobilienkosten, Lizenz- und Patentgebühren) wird die TFP der Gesamtwirtschaft herangezogen.

Die Verwendung der transportierten Energiemenge als einzige Outputgröße stellt eine Vereinfachung dar, die sich im Falle unserer Untersuchung vor allem aus fehlenden Daten für andere mögliche Outputvariablen rechtfertigt. Neben dem verteilten Energievolumen könnten auch Kapazitätsgrößen (z.B. die Höchstlast) und die Anzahl der Anschlüsse für den Umfang des Outputs bestimmend sein. Lägen für diese beiden möglichen Outputvariablen entsprechende technische Werte vor, ließe sich der Output genauer abbilden. Zur Gewichtung der drei Variablen müsste jedoch – will man sich nicht allein auf Plausibilitätsüberlegungen verlassen – eine ökonometrische Kostenfunktion abgeleitet werden.<sup>67</sup>

#### 4.2.2 Stromnetz

Die Berechnung der Arbeitsproduktivität und der Kapitalproduktivität ist insofern nicht trivial, als dass auch hierfür entsprechende Daten gesammelt werden müssen. Besonders schwierig erweist sich die Aufgabe für die Produktivitätsbestimmung des Strom-

---

<sup>65</sup> Vgl. E-Control (2003).

<sup>66</sup> Gemäß E-Control beruht diese Annahme auf der Basis der bestehenden Kostenverteilung der österreichischen Netzbetreiber. Vgl. E-Control (2003). Da für deutsche Netzbetreiber unseres Wissens keine empirischen Informationen über die bestehende Verteilung der Kosten auf die drei genannten Kategorien vorliegen, übernehmen wir im Folgenden vereinfachend die österreichische Kostenaufteilungshypothese. Um verdeutlichen zu können, welchen Einfluss Abweichungen von dieser angenommenen Kostenstruktur auf unsere Untersuchungsergebnisse ausüben, haben wir unsere Produktivitätsberechnungen darüber hinaus mit zwei Alternativhypothesen durchgeführt: Im *Alternativszenario 1* unterstellen wir jeweils 40% anteilige Arbeits- und Kapitalkosten, während die sonstigen Kosten hier nur 20% ausmachen. Im *Alternativszenario 2* bilden die Kapitalkosten mit 40% den größten Kostenblock. Arbeits- und sonstige Kosten gehen hier mit jeweils 30% ein. Ergeben sich aus den unterschiedlichen Kostenverteilungsannahmen gravierende Differenzen, führen wir dieses an den relevanten Passagen zusätzlich an.

<sup>67</sup> Vgl. Lawrence/Diewert (2004).

netzbetriebes. Der VDEW hält zwar Daten über die Anzahl der Beschäftigten in der Stromwirtschaft bereit, weist diese allerdings nicht getrennt nach Erzeugung, Übertragung und Verteilung sowie Vertrieb aus.<sup>68</sup> Aufgrund der noch sehr jungen Unbundling-Vorschriften ist dies auch nicht weiter verwunderlich. Da auch das Statistische Bundesamt und das Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB) solche Daten nicht vorhalten, konnte die Arbeitsproduktivität nur approximativ anhand der Gesamtmitarbeiterzahlen der größtenteils vertikal integrierten Stromversorger ermittelt werden.<sup>69</sup> Zwar wird der absolute Arbeitsinput dadurch im Rahmen unserer Untersuchung zu hoch angesetzt. Da in unserer Untersuchung aber Veränderungsraten der Produktivität im Zeitablauf untersucht werden, ergeben sich aus der Verwendung der Gesamtmitarbeiterzahlen nur dann Verzerrungen, wenn die relative Beschäftigungsentwicklung im Netzbetrieb im Verlauf der Jahre nicht analog zur Entwicklung der Gesamtmitarbeiterzahl der Stromversorger erfolgte. Da hierfür keine augenfälligen Indizien vorliegen, halten wir die mögliche Fehlerabweichung für akzeptabel.

Problembefahet ist auch die Längenbestimmung des installierten Stromnetzes. Eine exakte Erhebung der Stromkreislänge wurde in Deutschland vom VDN nur in den Jahren 1992, 1998 sowie 2004 durchgeführt.<sup>70</sup> Für die Zwischenjahre lassen sich nur Annahmen über die Entwicklung der Netzlänge aufstellen. Im Rahmen unserer Studie gehen wir dabei von einem kontinuierlichen Ausbau des Netzes aus, so dass die zwischen zwei Messzeitpunkten liegenden Netzerweiterungen zu gleichen Anteilen auf die entsprechend umfassten Jahre verteilt werden. Das transportierte Stromvolumen berechnet sich schließlich aus der Nettostromerzeugung und den Stromimporten. Diese Daten werden vom VDEW veröffentlicht.<sup>71</sup> Für die Berechnung der TFP des Stromnetzsektors steht im Ergebnis eine zwölfjährige Zeitreihe zur Verfügung (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2: Grunddaten zur Berechnung einer technisch basierten TFP des Stromnetzbetriebes

Jahr	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Transportierte Strommenge [TWh]	533,2	527,8	532,0	543,1	555,8	553,8	558,0	561,9	583,6	588,3	591,0	611,6
Länge des Stromnetzes [Tsd. km]	1.487	1.504	1.521	1.537	1.554	1.570	1.587	1.596	1.605	1.614	1.623	1.632
Anzahl der Beschäftigten [Tsd.]	210,6	204,4	196,3	187,9	178,9	171,1	160,4	151,1	137,2	130,5	131,6	131,4

Quelle: Eigene Berechnungen WIK auf Grundlage der Daten von VDEW (2005) und VDN (2005).

<sup>68</sup> Vgl. VDEW (2005).

<sup>69</sup> Den identischen Ansatz wählte die österreichische Regulierungsbehörde, die vor dem gleichen Problem stand. Vgl. E-Control (2003).

<sup>70</sup> Vgl. VDN (2005).

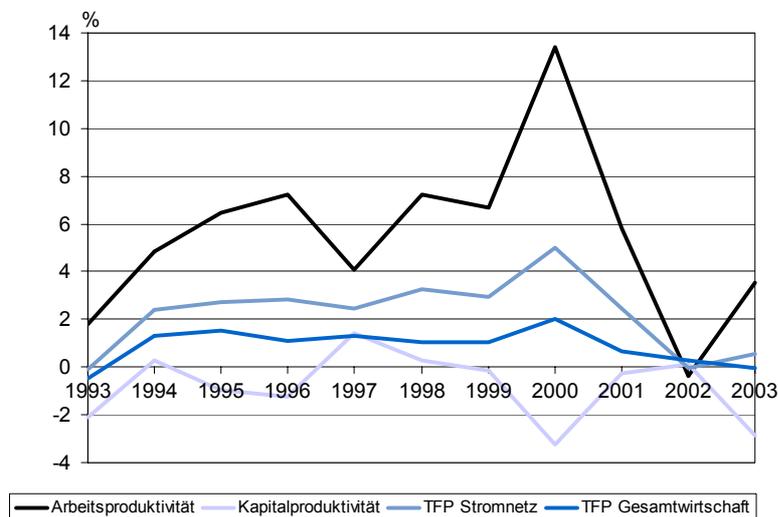
<sup>71</sup> Vgl. VDEW (2005).

Auf der Basis dieser Daten lassen sich für den Stromnetzbetrieb nicht nur Arbeits- und Kapitalproduktivitäten berechnen, sondern – entsprechend dem Vorgehen der österreichischen Regulierungsbehörde – auch Veränderungsrate der TFP der Stromnetzbetreiber ableiten. Die Ergebnisse der Berechnungen werden in Abbildung 10 wiedergegeben. Mit einer durchschnittlichen Veränderungsrate der TFP der Stromnetzversorger in Höhe von 2,24% verläuft der Produktivitätspfad zwar parallel zum Pfad der Gesamtwirtschaft, jedoch auf höherem Niveau.<sup>72</sup> Das durchschnittliche Produktivitätswachstum der Gesamtwirtschaft liegt für den gleichen Zeitraum lediglich bei 0,88%. Zeitlich weisen die Produktivitätszuwächse im Stromnetzbetrieb durchaus eine gewisse Konstanz auf: die durchschnittliche TFP-Veränderungsrate der ersten Jahre des Betrachtungsamples von 1992 bis 1997 weicht mit 2,08% kaum von der jährlichen TFP-Veränderung in den nachfolgenden Jahren ab, in welchen diese bei 2,37% lag. Eine deutliche Stagnation der Produktivitätsentwicklung ist allerdings für die letzten beiden Jahre des Betrachtungszeitraums festzustellen. Im Jahr 2002 lag die TFP-Veränderung praktisch bei null, 2003 auch nur bei 0,55%. Zurückzuführen sind die Produktivitätsgewinne im Stromnetzbetrieb vor allem auf starke Verbesserungen der Arbeitsproduktivität. Diese lag im Betrachtungszeitraum im Durchschnitt bei knapp 5,3%, was vor allem auf einen nachhaltigen Beschäftigungsabbau zurückzuführen sein dürfte: Waren im Jahr 1992 noch 210.600 Personen in der Stromversorgung beschäftigt, lag diese Zahl im Jahr 2003 nur noch bei ca. 131.400.

---

<sup>72</sup> Bei anteilsgleichen Arbeits- und Kapitalkosten (Alternativszenario 1) beträgt die durchschnittlichen Veränderungsrate der TFP 2,07%. Im Alternativszenario 2 mit 40% Kapitalkosten bei jeweils 30% Arbeits- und sonstige Kosten liegt die jährliche TFP-Veränderung im Durchschnitt bei 1,60%. Wie Abbildung 16 im Annex 4 verdeutlicht, verlaufen die dargestellten TFP-Kurven unabhängig von der unterstellten Kostenstruktur nahezu parallel. Unterschiede bestehen jedoch im Niveau.

Abbildung 10: Entwicklung der Arbeitsproduktivität, Kapitalproduktivität und TFP der Stromnetzbetreiber in den Jahren 1993 bis 2003 (Veränderungsraten in %)



Quelle: Eigene Berechnungen WIK auf Grundlage der Daten von VDEW (2005) und VDN (2005).

### 4.2.3 Gasnetz

Entsprechend dem Vorgehen für den Stromnetzbetrieb erfolgt auch die Produktivitätsbestimmung für die Gasnetzbetreiber. Anders als bei den Berechnungen für die Stromnetze, bei denen zur Datengenerierung auf unterschiedliche Quellen (VDEW, VDN, DIW) zurückgegriffen werden musste, lassen sich sämtliche Daten für den Gasnetzbe-  
reich aus Informationen von Eurogas gewinnen,<sup>73</sup> so dass die Konsistenz des Datensatzes gesichert ist (siehe Tabelle 3). Für die Berechnung der Arbeitsproduktivität stehen allerdings auch hier nur die Gesamtmitarbeiterzahlen der Gasversorger zur Verfügung. Eurogas schlüsselt die Mitarbeiterangaben nicht weiter nach den Arbeitsbereichen innerhalb der vertikalen Wertschöpfungskette auf. Ebenso wie für Stromnetze wird der absolute Arbeitsinput dadurch im Rahmen unserer Untersuchung zwar zu hoch angesetzt. Probleme ergeben sich für unsere Untersuchung aber nur dann, wenn die Beschäftigungsentwicklung im Netzbetrieb im betrachteten Zeitraum nicht parallel zur Entwicklung der Gesamtmitarbeiterzahl der Gasversorger verlaufen ist. Hierfür existieren unseres Erachtens keine zwingenden Hinweise.

<sup>73</sup> Vgl. Eurogas (2005).

Das jährliche Transportvolumen kann ebenfalls nur approximiert durch die Summe aus Inlandsproduktion und Nettoimporten abgebildet werden, da Eurogas keine Angaben zur Höhe der Einfuhr- und Ausführströme macht. Aufgrund fehlender Daten bleiben Gasflüsse, die aus Speicherentnahmen resultieren, ebenfalls unberücksichtigt. Insgesamt wird dadurch die Outputgröße, das Transportvolumen, systematisch zu klein ausgewiesen. Zu Verzerrungen unserer Untersuchungsergebnisse führt dieses aber nur dann, wenn die Speicherflüsse von Jahr zu Jahr stark variieren und sich nicht im Verhältnis zur transportierten Gasmenge (aus Inlandsproduktion und Nettoimporten) verändern.

Tabelle 3: Grunddaten zur Berechnung einer technisch basierten TFP des Gasnetzbetriebes

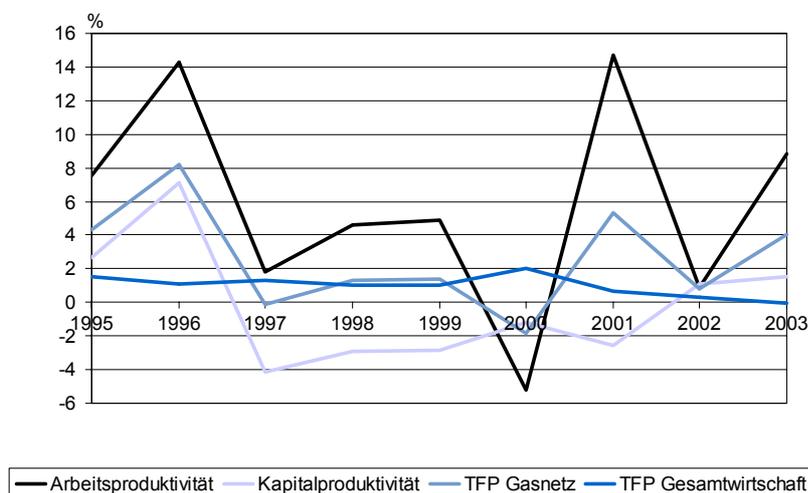
Jahr	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Transportierte Gasmenge [PJ]	2.972	3.152	3.544	3.451	3.451	3.450	3.370	3.415	3.500	3.555
Länge des Gasnetzes [Tsd. km]	310	320	335	340	350	360	356	370	375	375
Anzahl der Beschäftigten [Tsd.]	48,0	47,2	46,0	44,0	42,0	40,0	41,2	36,0	36,6	34,0

Quelle: Eurogas (2005).

Für die zehnjährige Zeitreihe ergibt sich im Durchschnitt ein jährliches TFP-Wachstum in Höhe von 2,59%.<sup>74</sup> Weitaus deutlicher als für den Stromnetzbetrieb unterliegen die jährlichen Wachstumsraten der Gasnetze Schwankungen. Während die Steigerung der TFP im Jahre 1996 mit 8,19% einen Höhepunkt erreichte, fiel sie im darauf folgenden Jahr sogar leicht negativ aus. Mit einem Produktivitätsrückgang in Höhe von 1,85% markiert das Jahr 2000 den negativen Extrempunkt. Abbildung 11 verdeutlicht dabei erkennbar, dass diese Schwankungen der TFP vor allem auf die jährlich sehr unterschiedlichen Entwicklungsraten der Arbeitsproduktivität zurückzuführen sind. Die Amplituden der Arbeitsproduktivitätskurve reichen bei vergleichbarem Richtungsverlauf wie die TFP-Kurve von 14,73% im Jahr 2001 bis zu -5,22% im unmittelbar vorhergehenden Jahr. Aufgrund der starken Schwankungen ist auch die Aussagekraft einer Aufteilung des Betrachtungszeitraums in zwei Zeitspannen eingeschränkt: In den Jahren von 1994 bis 1998 lag die durchschnittliche TFP-Veränderungsrate bei 3,41%, von 1998 bis 2003 lag der jährliche Durchschnitt bei 1,93%.

<sup>74</sup> Im Alternativszenario 1, bei anteilsgleichen Arbeits- und Kapitalkosten (jeweils 40%), beträgt die durchschnittliche Veränderungsrate der TFP 2,48%. Unterstellt man das Alternativszenario 2 mit 40% Kapitalkosten und jeweils 30% Arbeits- und sonstige Kosten liegt die jährliche TFP-Veränderung im Durchschnitt bei 1,99%. Wie Abbildung 17 im Annex 4 verdeutlicht, verlaufen die dargestellten TFP-Kurven unabhängig von der unterstellten Kostenstruktur fast parallel. Abweichungen zeigen sich lediglich im Niveau.

Abbildung 11: Entwicklung der Arbeitsproduktivität, Kapitalproduktivität und TFP der Gasnetzbetreiber in den Jahren 1995 bis 2003 (Veränderungsraten in %)

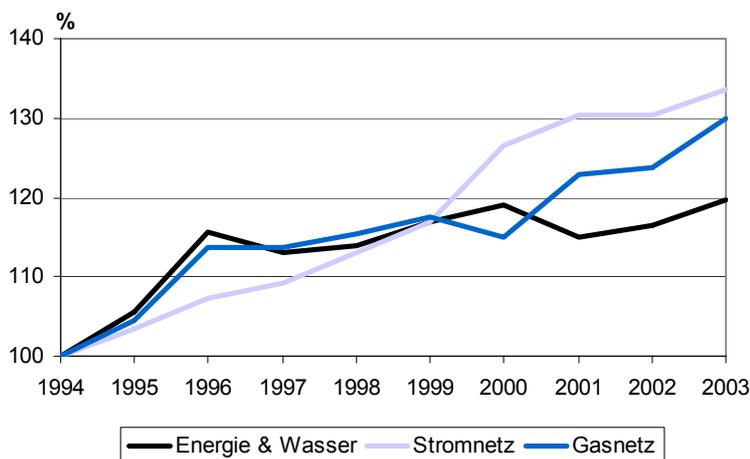


Quelle: Eigene Berechnungen WIK auf Grundlage der Daten von Eurogas (2005).

#### 4.2.4 Vergleich mit den VGR-Ergebnissen

Abbildung 12 stellt die Produktivitätsentwicklungen sowohl des Strom- als auch des Gasnetzbereichs den aus der VGR abgeleiteten Werten für den Gesamtsektor ‚Energie & Wasser‘ auf indexierter Basis gegenüber. Es wird deutlich, dass sich bis zum Jahr 1999 insbesondere die TFP der Gasnetze nahezu identisch entwickelt wie die Produktivität des Gesamtsektors. Die TFP der Stromnetzbetreiber verläuft dagegen bis zu diesem Zeitpunkt unterhalb des Sektoraggregats. Dieses kann als ein Indiz dafür gewertet werden, dass die Stromversorger in den ersten Jahren nach der Wiedervereinigung vor allem Produktivitätssteigerungen in der Stromerzeugung angestrebt haben (z.B. durch einen gezielten Kraftwerksersatz in Ostdeutschland). Nach 1999 trennen sich die TFP-Verläufe der Strom- und Gasnetze deutlich von der Entwicklung des Gesamtsektors. Der Grund hierfür kann in der Ergreifung erster Liberalisierungsschritte mit der vollständigen Marktöffnung im Jahre 1998 gesehen werden. Insbesondere aufgrund eines nachhaltigen Beschäftigungsabbaus liegen die Produktivitätspfade beider Netzindustrien oberhalb des branchenumfassenden Produktivitätsverlaufs. Bei den Gasnetzbetreibern setzte diese Bewegung allerdings erst mit einjähriger Verzögerung ein. Im Jahre 2000 nahm die TFP zunächst kurzfristig ab.

Abbildung 12: Entwicklung der TFP der Strom- und Gasnetze gegenüber der Entwicklung des aggregierten Sektors ‚Energie & Wasser‘ (Basisjahr 1994)



Quelle: Eigene Berechnungen WIK (Datenbasis: VDEW [2005], VDN [2005], Eurogas [2005]).

Während die aggregierten VGR-Daten keinen Liberalisierungseffekt zeigen konnten, sondern eher das Vorliegen einer gesetzgeberischen Unsicherheit vermuten lassen, kommen die Untersuchungen auf Basis der technischen Daten somit zum gegenteiligen Ergebnis. Eine mögliche Erklärung für diesen vordergründigen Zwiespalt könnte im Erzeugungsbereich liegen, der Bestandteil der VGR nicht aber der technischen Daten ist.

### 4.3 Kritische Einordnung in internationale Analyseresultate

Um die in unserer empirischen Untersuchung abgeleiteten Ergebnisse einzuordnen, liefert ein Überblick über die wesentlichen Resultate anderer Produktivitätsschätzungen wertvolle Aufschlüsse. So untersucht Wiegmann die Entwicklung der TFP in Deutschland sowohl für die Gesamtwirtschaft als auch für ausgesuchte Wirtschaftszweige.<sup>75</sup> Auf der Basis einer etwas kürzeren Zeitreihe von 1992 bis 2001 ergibt sich für die Gesamtwirtschaft eine durchschnittliche TFP-Veränderungsrate in Höhe von 0,7% (in unserem Sample 0,92%). Zudem zeigt Wiegmann, dass die Veränderungsrate der TFP beim produzierenden Gewerbe sehr starken Schwankungen unterliegt. Dieses Ergebnis deckt sich mit unseren Resultaten: Für die Energie- und Wasserversorgung, die als Teilbereich zum produzierenden Gewerbe gezählt wird, konnten wir für den Betrachtungszeitraum ebenfalls stark variierende Veränderungsraten der TFP feststellen

<sup>75</sup> Vgl. Wiegmann (2003).

(siehe Kapitel 4.1.3). O'Mahony/van Ark gehen in ihrer sehr umfangreichen Untersuchung ebenfalls auf die Produktivitätsentwicklung des Wirtschaftszweigs Energie- und Wasserversorgung ein.<sup>76</sup> Sie leiten für vier EU-Länder sowie die USA die durchschnittliche Veränderungsrate der TFP in jeweils drei unterschiedlichen Zeiträumen ab. Die Ergebnisse sind in Tabelle 4 aufgelistet.

Tabelle 4: Durchschnittliche Veränderungsraten der TFP des Aggregats Energie- und Wasserversorgung in ausgesuchten Ländern

	1979 - 1990	1990 - 1995	1995 - 2000
Deutschland*	-0,61	1,21	2,76
Frankreich	3,92	2,05	2,62
Großbritannien	3,70	-1,76	4,43
Niederlande	1,11	-0,27	-0,83
USA	-0,36	0,67	0,22

\* Bis 1990 Daten für Gebiet der alten Bundesländer

Quelle: O'Mahony/van Ark (2003), S. 133ff.

Auffallend ist vor allem der starke Produktivitätsanstieg der britischen Energie- und Wasserversorger nach 1995. Diese Steigerung ließe sich durchaus auf den veränderten Rahmen und die verbesserten Anreizmechanismen des britischen Regulierungsregimes Mitte der 90er Jahre zurückführen. Da es aber letztlich die Netze sind, die als monopolistisches Bottleneck einer Regulierung unterworfen werden, dürfte ein Blick allein auf das VGR-Aggregat Energie- und Wasserversorgung zu kurz greifen. Bei entsprechender Datenverfügbarkeit wird eine tiefer gehende Effizienzuntersuchung des Netzbetriebes essentielle, zusätzliche Erkenntnisse liefern.

Tabelle 5 bietet einen Überblick über jüngere Effizienzuntersuchungen der Stromverteilnetzbetreiber in verschiedenen Ländern weltweit. Die Mehrzahl der aufgeführten Untersuchungen basieren dabei auf unternehmensspezifischen Daten, so dass ein Malmquist-Index berechnet werden konnte.<sup>77</sup> Einzelne Studien leiten aber, entsprechend dem Vorgehen in unserer empirischen Studie, die Entwicklung der Produktivität im Zeitablauf auch über den Tornquist-Index ab.<sup>78</sup>

<sup>76</sup> Vgl. O'Mahony/van Ark (2003).

<sup>77</sup> Vgl. u.a. London Economics (1999); Førsund/ Kittelsen (1998).

<sup>78</sup> Vgl. insbesondere Tilley/Weyman-Jones (1999); Arocena et al. (2002).

Tabelle 5: Empirische Untersuchungen zur Produktivität verschiedener nationaler Stromverteilernetze

Land	Studie	Zeitraum	TFP/Jahr
England/Wales	Weyman-Jones/Burns (1994)	1971 - 1993	2,8%
	Tilley/Weyman-Jones (1999)	1990 - 1998	6,3%
	London Economics (1999)	1990 - 1997	3,5%
	Hattori et al. (2003)	1986 - 1997	3,3% - 6,1%
Nordirland	Competition Commission (2002)	1971 - 1994	3,1%
Norwegen	Førsund/Kittelsen (1998)	1983 - 1989	1,9%
	Bowitz et al. (2000)	1994 - 1998	2,8%
	NVE (2001)	1995 - 1998	2,5%
Spanien	Arocena et al. (2002)	1987 - 1997	2,5%
USA	London Economics (1999)	1994 - 1996	0,7%
	Makholm/Quinn (1997)	1972 - 1994	1,86%
	Makholm/Quinn (1997)	1984 - 1994	2,08%
Kanada (Ontario)	OEB (1999)	1993 - 1997	2,1%
Australien (NSW)	London Economics/ESAA (1994)	1981 - 1994	3,6%
Neuseeland	London Economics (1999)	1994 - 1997	1,4%

Quelle: Eigene Darstellung WIK.

Entsprechend den Untersuchungsergebnissen liegt die tatsächlich erreichte TFP bei den europäischen Stromverteilernetzbetreibern zwischen 1,9% und 6,3% p.a. Die TFP amerikanischer Netzbetreiber auf der Verteilerebene ist im Vergleich dazu generell etwas niedriger. Allerdings gibt es in den USA starke regionale Unterschiede: Makholm/Quinn kommen in ihrer Studie für den Zeitraum von 1972 bis 1994 zu dem Ergebnis, dass die TFP für unterschiedliche Regionen zwischen 0,96% und 2,76% variiert. Auch für einen kürzeren Untersuchungszeitraum (von 1984 bis 1994) bleiben die regionalen Produktivitätsunterschiede mit einer Spanne zwischen 1,36% und 3,12% beachtlich.<sup>79</sup> Die Vergleichbarkeit der Ergebnisse amerikanischer und europäischer Stromnetzbetreiber ist jedoch aus zweierlei Gründen eingeschränkt:

- Die europäischen Netzbetreiber waren in der betrachteten Periode der jeweiligen Studie größtenteils im öffentlichen Eigentum. Die amerikanischen Netzbetreiber wiesen dagegen stets private Eigentumsstrukturen auf. Sie müssen bereits seit geraumer Zeit Investorserwartungen mit möglichst hohen Gewinnen als Hauptziel erfüllen.
- Die europäischen Netzbetreiber werden längstens seit Mitte der 1980er Jahre (Großbritannien) von einer branchenspezifischen Institution reguliert, während

<sup>79</sup> Vgl. Makholm/Quinn (1997).

staatliche Behörden in den USA bereits im Jahr 1877 die Berechtigung erhalten haben, die Preise von Dienstleistungen im öffentlichen Interesse festzulegen. Im Jahre 1907 wurde schließlich in New York die erste Regulierungsbehörde eingerichtet. Regulierung hat somit in den USA lange Tradition und ist folglich viel ausgereifter als in Europa. Dieses zeigt auch die Veröffentlichung einer Reihe sehr detaillierter Daten, die zur Ermittlung der langfristigen TFP unabdingbar sind.

Der Blick auf die nicht-amerikanischen Studien zeigt, dass die Produktivität der Netzbetreiber nach der angestoßenen Liberalisierung bzw. der Privatisierung kräftig anstieg. So betrug der Trend der TFP in Großbritannien von 1971 bis 1993 im Durchschnitt 2,5% pro Jahr. Nach der Marktliberalisierung im Jahr 1989 und der Einführung einer Anreizregulierung hat sich die TFP zwischen den Jahren 1990 und 1998 mit jährlich durchschnittlich 6,3% signifikant verbessert. Studien aus Norwegen unterstützen diese Schlussfolgerung. Die Einführung neuer Regulierungsprinzipien hat demnach nicht nur zu einmaligen Produktivitätsverbesserungen beigetragen. Vielmehr weisen die Ergebnisse darauf hin, dass in einem anreizorientierten Regulierungsregime über eine längere Periode eine erhöhte Produktivität gewährleistet wird.

Price/Weyman-Jones vergleichen die Produktivitätsentwicklung der britischen Gasindustrie vor und nach der Privatisierung.<sup>80</sup> Mit Hilfe von Malmquist-Indices und nicht-parametrischen Verfahren zeigen sie für eine Zeitreihe von 1977 bis 1991, dass das Produktivitätswachstum nach der Privatisierung der britischen Gaswirtschaft im Jahr 1986 signifikant von durchschnittlich 3% auf 6% p.a. anstieg. Für den Gassektor nehmen zudem Kim et al. eine länderübergreifende Produktivitätsuntersuchung vor.<sup>81</sup> Sie betrachten die Effizienz von neun Transportnetzbetreibern und 19 integrierten Gasversorgern, die neben Gastransport und -verteilung auch verstärkt im Vertrieb des Gases aktiv sind. Im Beispiel sind Netzbetreiber aus acht Ländern enthalten, u.a. die belgische Distrigaz, der italienische Gasversorger Snam Rete Gas, Gaz de France sowie die deutsche Ruhrgas. Während für viele amerikanische Gasversorger für den Zeitraum 1991 bis 1995 zweistellige durchschnittliche TFP-Wachstumsraten ausgewiesen werden, liegt das Durchschnittswachstum von Ruhrgas nur bei 1%. Für Snam Rete Gas ergibt sich sogar eine negative Rate (-0,8%). Etwas höher sind die TFP-Veränderungen für Gaz de France (4%) und Distrigaz (7,6%).

---

<sup>80</sup> Vgl. Price/Weyman-Jones (1996).

<sup>81</sup> Vgl. Kim et al. (1999).

## 5 Resümee

Der aktuelle Entwurf des Energiewirtschaftsgesetzes (Stand: 15.04.2005) sieht in § 21a ausdrücklich die Einführung einer anreizorientierten Entgeltregulierung vor, die – so die aktuell vorherrschende politische Meinung – nach Möglichkeit bereits ein Jahr nach Inkrafttreten des novellierten EnWG implementiert werden soll. Anreizorientierte Regulierungsansätze sind idealerweise so konstruiert, dass die regulierten Unternehmen von sich aus einen hinreichenden Ansporn besitzen, Kostensenkungen bzw. Produktivitätssteigerungen zu erzielen. Gelingt es dem regulierten Unternehmen, die Kosten über die Vorgaben eines gesetzten X-Faktors hinaus zu senken, kann es die hierdurch entstehenden Gewinne einbehalten. Die angemessene Festsetzung dieses Produktivitätsfaktors ist für die Wirkungen anreizorientierter Regulierungsregime von essentieller Bedeutung. Wird er auf einem zu niedrigen Niveau angesetzt, werden Kosteneinsparungen nicht mittels Preissenkungen an die Kunden weitergereicht und die regulierten Unternehmen erzielen Übergewinne. Auf der anderen Seite müssen die Anreize zu weitergehenden Produktivitätssteigerungen erhalten bleiben, um diese Kosteneinsparungen überhaupt realisierbar zu machen. Ökonomisch betrachtet bildet der PF somit den bedeutsamsten Teil eines anreizorientierten Regulierungsmodells. Im Rahmen der Anreizregulierung beinhaltet der X-Faktor dabei einen Vergleich der Entwicklung der regulierten Industrie mit der Entwicklung der Gesamtwirtschaft. Die zeitliche Veränderung der Produktivität in einem zurückliegenden Zeitraum liefert dabei im Allgemeinen deutliche Indizien für den Umfang möglicher Produktivitätsgewinne, die in Zukunft von der Branche bzw. dem betrachteten Unternehmen zu erwarten sind.

Dabei erweist sich die Bestimmung der Produktivitätsrate in der Realität als recht schwierig. Da aufgrund fehlender unternehmensspezifischer Daten zum jetzigen Zeitpunkt weder Regressionsanalysen noch nicht-parametrische Ansätze (z.B. DEA) zur Produktivitätsbestimmung angewendet werden können, lag der methodische Fokus unserer Untersuchung auf der Ermittlung der TFP. Diese Methode erlaubt auch den Einsatz hoch aggregierter, zumeist sektorbezogener Daten und kann vor diesem Hintergrund erste Hinweise für die Ableitung des möglichen Produktivitätsdifferentials geben.

Unter Verwendung des konsistenten Datensatzes der VGR ergibt sich für die Gesamtwirtschaft für den Zeitraum nach der Wiedervereinigung ein durchschnittlicher Produktivitätsfortschritt von ca. 0,9% p.a. Der Wert für die Energiewirtschaft liegt mit 1,4% leicht darüber. Unter den Annahmen gleicher Inflationsraten und zukünftig weiterhin in dieser Höhe zu erwartender Produktivitätsfortschritte wäre somit ein X-Faktor für die Energiewirtschaft in Höhe von 0,5% zu wählen. Allerdings hat die VGR als kleinste Betrachtungseinheit die Energieversorgung als Ganzes. Es wird weder zwischen Strom und Gas noch nach den Wertschöpfungsstufen Erzeugung/Gewinnung und Transport/Verteilung unterschieden. Darüber hinaus fällt unter die Energieversorgung auch der Bereich der Fernwärme, der nicht Gegenstand der Regulierung ist.

In einem zweiten Schritt haben wir versucht, über eher technisch orientierte Kennzahlen, uns dem Bereich der Strom- und Gasnetze anzunähern, wobei allerdings auf unterschiedliche Quellen zurückgegriffen werden musste und die Konsistenz des Datensatzes somit nicht gewährleistet werden kann. Für die Produktivitätsberechnung des Stromnetzsektors ergibt sich dabei eine durchschnittliche TFP in Höhe von etwa 2,2%. Die TFP für die Gasnetzbetreiber liegt bei 2,6%. Mithin ergeben sich also unter Verwendung der durchschnittlichen Produktivitätsveränderung der Gesamtwirtschaft hier höhere Produktivitätsdifferenziale, und zwar 1,3% für das Stromnetz und 1,7% für das Gasnetz.

Die beiden gewählten empirischen Ansätze verdeutlichen die Wichtigkeit einer adäquaten Datenbasis für die Analyse des X-Faktors. Während die aggregierten VGR-Daten keinen Liberalisierungseffekt offenlegen, sondern u.a. eher auf die Existenz einer gesetzgeberischen Unsicherheit hindeuten, kommen die Analysen mit technischen Daten zum gegenteiligen Ergebnis. Um belastbarere Aussagen für die Netzbereiche treffen zu können, sind jedoch letztlich tiefer gehende Daten auf Unternehmensebene vonnöten, um z.B. mittels DEA oder SFA auch Aussagen über die relative Performance eines einzelnen Netzbetreibers ableiten zu können.

Bei allen Produktivitätsbetrachtungen darf schließlich nicht außer acht gelassen werden, dass die Höhe des X-Faktors nicht einfach mit der historischen Rate des herangezogenen Vergleichszeitraums gleichzusetzen ist. Da in Monopolen gemäß ökonomischer Theorie suboptimale Innovations- und Anpassungsanreize gegeben sind, kann grundsätzlich davon ausgegangen werden, dass als Ausdruck des Nachholbedarfs zumindest in den ersten Jahren der Regulierung in den betroffenen Netzbranchen höhere jährliche Produktivitätsfortschritte zu erzielen sind als in kompetitiven Industrien einer Volkswirtschaft, was durch einen vergleichenden Blick auf Ergebnisse internationaler Studien belegt wird. Wird mithin erwartet, dass die zu erzielenden Produktivitätsfortschritte zukünftig signifikant von den zurückliegenden Raten abweichen, ist eine entsprechende Anpassung vorzunehmen. Das Potenzial zur Kostensenkung gilt im Allgemeinen als erheblich, wenn Monopolisten erstmals dem Wettbewerb oder einer wirkungsvollen, anreizorientierten Regulierung unterworfen werden.

## Annex 1: Äquivalenz verschiedener Ansätze zur TFP-Messung

Es gilt zu zeigen, dass sich die in Abschnitt 4.1.1 aufgeführten drei Ansätze – Törnquist-Index nach Formel (4-2) sowie Solow-Residuum und Ansatz über die Verteilungsrechnung der VGR – formal entsprechen und somit zu identischen Ergebnissen führen.

Es sei zunächst der Törnquist-Index wiederholt:

$$(A1-1) \quad \Delta TFP = \frac{\ln(Q_O^T)}{\ln(Q_I^T)} = \frac{\ln\left(\frac{y_t}{y_{t-1}}\right)}{\ln\left(\left[\frac{C_t}{C_{t-1}}\right]^{\psi_C} \times \left[\frac{L_t}{L_{t-1}}\right]^{\psi_L}\right)} = \frac{\ln(y_t) - \ln(y_{t-1})}{\psi_C \ln\left(\frac{C_t}{C_{t-1}}\right) + \psi_L \ln\left(\frac{L_t}{L_{t-1}}\right)}$$

mit dem Output  $y$ .

Ausgangspunkt der Residualmethode ist eine neoklassische Produktionsfunktion  $y=f(A,C,L)$  bei einem bestimmten Technologieniveau  $A$ . Um eine Aussage über die Produktivitätsentwicklung treffen zu können, ist eine Wachstumszerlegung erforderlich, bei der die Produktionsfunktion nach der Zeit differenziert und durch  $y$  geteilt wird, wobei zunächst auf Zeitindices verzichtet wird:

$$(A1-2) \quad \frac{\dot{y}}{y} = \left(\frac{f_A A}{y}\right) \times \frac{\dot{A}}{A} + \left(\frac{f_C C}{y}\right) \times \frac{\dot{C}}{C} + \left(\frac{f_L L}{y}\right) \times \frac{\dot{L}}{L}. \quad 82$$

Der erste Term auf der rechten Seite der Gleichung stellt die Wachstumsrate  $a$  des technischen Fortschritts dar und wird gemäß der Residualmethode als Solow-Residuum bzw. TFP interpretiert.<sup>83</sup>  $f_C$  und  $f_L$  sind die Grenzprodukte der Einsatzfaktoren, die unter der Annahme der Grenzentlohnung der Profitrate  $r$  bzw. dem Lohnsatz  $w$  entsprechen.<sup>84</sup> Daraus folgt, dass  $\left(\frac{f_C C}{y}\right) = \left(\frac{rC}{y}\right) = \psi_C$  und  $\left(\frac{f_L L}{y}\right) = \left(\frac{wL}{y}\right) = \psi_L$  gelten muss.

Nach einer Umformung nach der Wachstumsrate des technischen Fortschritts und der Einführung des Zeitindex ergibt sich:

$$(A1-2a) \quad a = \frac{y_t - y_{t-1}}{y_{t-1}} - \psi_C \times \frac{C_t - C_{t-1}}{C_{t-1}} - \psi_L \times \frac{L_t - L_{t-1}}{L_{t-1}}.$$

Da sich die Profit- und Lohnquote definitionsgemäß zu Eins addieren, d.h.  $\psi_C + \psi_L = 1$ , kann (A1-2a) vereinfachend geschrieben werden als:

---

<sup>82</sup>  $\dot{x}$  sind die Ableitungen nach der Zeit  $\frac{\partial x}{\partial t}$ .

<sup>83</sup> Vgl. Barro (1998).

<sup>84</sup> Daraus folgt, dass auf den Faktormärkten vollständiger Wettbewerb unterstellt wird.

$$(A1-2b) \quad a = \frac{y_t}{y_{t-1}} - \psi_C \times \frac{C_t}{C_{t-1}} - \psi_L \times \frac{L_t}{L_{t-1}}.$$

Da exponentielle Wachstumsraten betrachtet werden, sind in einem letzten Schritt die Brüche auf der rechten Seite von Gleichung (A1-4) als Logarithmen darzustellen:

$$(A1-2c) \quad a = \ln \frac{y_t}{y_{t-1}} - \psi_C \times \ln \frac{C_t}{C_{t-1}} - \psi_L \times \ln \frac{L_t}{L_{t-1}}. \text{ 85}$$

Nach einigen Umformungen folgt:

$$(A1-2d) \quad a = \frac{\ln(y_t) - \ln(y_{t-1})}{\psi_C \ln\left(\frac{C_t}{C_{t-1}}\right) + \psi_L \ln\left(\frac{L_t}{L_{t-1}}\right)} = \Delta TFP.$$

Für den Nachweis über die Verteilungsrechnung gehen wir von der Formel aus, die zur Überprüfung der Äquivalenz im empirischen Teil Anwendung fand. Dabei wurde die TFP aus der Summe der mit der Profit- bzw. Lohnquote gewichteten Wachstumsraten der partiellen Faktorproduktivitäten – Kapitalproduktivität und Arbeitsproduktivität - bestimmt, wobei wiederum exponentielle Wachstumsraten unterstellt wurden:

$$(A1-3) \quad \Delta TFP = \psi_C \times \ln\left(\frac{KP_t}{KP_{t-1}}\right) + \psi_L \times \ln\left(\frac{AP_t}{AP_{t-1}}\right) \text{ mit } AP_t = \frac{y_t}{L_t} \text{ und } KP_t = \frac{y_t}{C_t}.$$

Unter Vernachlässigung des exponentiellen Wachstums und Verwendung einfacher Wachstumsraten sowie der Annahme einer Grenzproduktivätsentlohnung folgt:

$$(A1-3a) \quad \Delta TFP = \psi_C \times \frac{\dot{r}}{r} + \psi_L \times \frac{\dot{w}}{w}.$$

In einem zweiten Schritt ist nun zu zeigen, wie sich dieses Ergebnis aus der Verteilungsseite des Bruttoinlandsproduktes  $y=rC+wL$  herleiten lässt. Um aus der Verteilungsrechnung Produktivitäten zu bestimmen, ist wiederum eine Wachstumszerlegung durchzuführen, bei der nach der Zeit differenziert und durch  $y$  dividiert wird:

$$(A1-4) \quad \frac{\dot{y}}{y} = \frac{\dot{r}C + r\dot{C}}{y} + \frac{\dot{w}L + w\dot{L}}{y}.$$

Mit  $\frac{rC}{y} = \psi_C$  und  $\frac{wL}{y} = \psi_L$  sowie einigen Umformungen folgt:

---

**85** Zur Überprüfung der Äquivalenz im empirischen Teil wurde diese Formel zur Bestimmung der TFP nach der Residualmethode herangezogen.

$$(A1-4a) \quad \frac{\dot{y}}{y} = \psi_C \times \left( \frac{\dot{r}}{r} + \frac{\dot{C}}{C} \right) + \psi_L \times \left( \frac{\dot{w}}{w} + \frac{\dot{L}}{L} \right).$$

Es ist nun leicht ersichtlich, dass gelten muss:

$$(A1-4b) \quad \frac{\dot{y}}{y} - \psi_C \times \frac{\dot{C}}{C} - \psi_L \times \frac{\dot{L}}{L} = \psi_C \times \frac{\dot{r}}{r} + \psi_L \times \frac{\dot{w}}{w}.$$

Der linke Term entspricht unter Vernachlässigung der Zeitindices der rechten Seite von Formel (A1-2a), für die gezeigt wurde, dass sie dem Ergebnis nach dem Törnquist-Index entspricht. Die rechte Seite aus Gleichung (A1-4b) wurde aus dem Rechenansatz unter Verwendung der partiellen Faktorproduktivitäten hergeleitet. Somit konnte gezeigt werden, dass sich alle drei Ansätze formal entsprechen und zu den gleichen Ergebnissen führen müssen.

## Annex 2: Basisdaten

Tabelle 6: VGR-Basisdaten

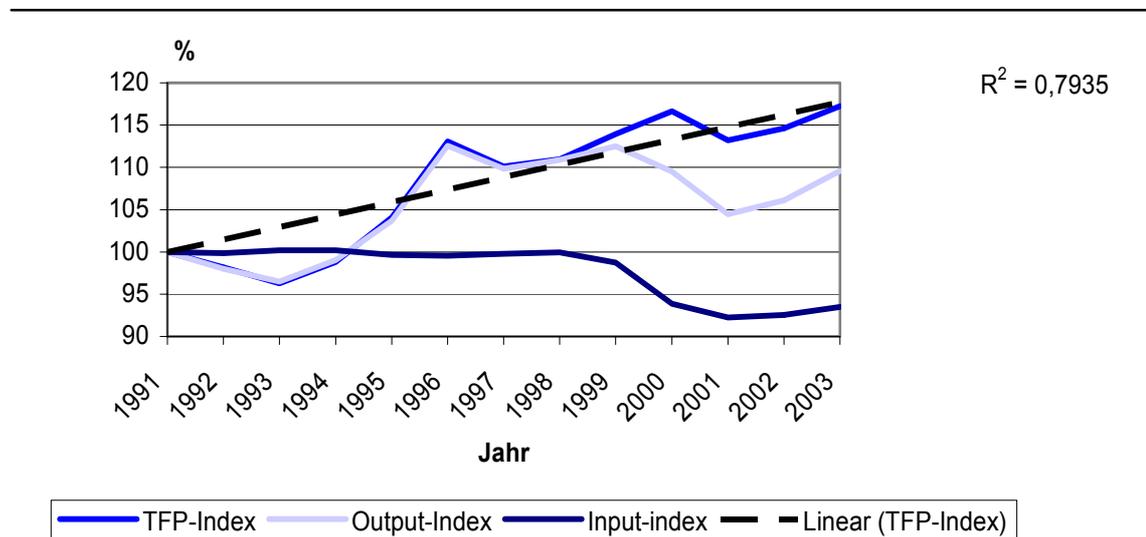
Energieversorgung				Energie- und Wasserversorgung				Gesamtwirtschaft				Jahr		
Profit quote	Lohn quote	Bruttoanlagevermögen (Basis 1995)	Arbeitsstunden der Erwerbstätigen	Bruttowert schöpfung (Basis 1995)	Profit quote	Lohn quote	Bruttoanlagevermögen (Basis 1995)	Arbeitsstunden der Erwerbstätigen	Bruttowert schöpfung (Basis 1995)	Profit quote	Lohn quote	Bruttoanlagevermögen (Basis 1995)	Arbeitsstunden der Erwerbstätigen	Bruttowert schöpfung (Basis 1995)
		Mrd. EUR	Mill. Std.	Mrd. EUR			Mrd. EUR	Mill. Std.	Mrd. EUR			Mrd. EUR	Mill. Std.	Mrd. EUR
0,55	0,45	501,24	577,95	30,20	0,55	0,45	610,34	666,00	34,88	0,38	0,62	15.759,26	59.255,00	1.598,27
0,52	0,48	512,26	559,44	29,98	0,51	0,49	624,60	647,00	34,19	0,37	0,63	16.272,94	58.975,00	1.635,01
0,51	0,49	527,80	550,77	29,89	0,51	0,49	644,44	632,00	33,66	0,37	0,63	16.808,86	57.425,00	1.619,22
0,52	0,48	541,48	529,45	30,28	0,52	0,48	660,00	615,00	34,54	0,38	0,62	17.275,62	57.286,00	1.654,97
0,55	0,45	550,84	512,70	32,22	0,55	0,45	674,42	588,00	36,16	0,38	0,62	17.755,94	56.837,00	1.690,40
0,61	0,39	555,52	492,31	35,32	0,61	0,39	682,88	564,00	39,26	0,39	0,61	18.207,28	55.993,00	1.709,57
0,60	0,40	562,30	473,34	33,85	0,61	0,39	693,66	543,00	38,31	0,40	0,60	18.645,32	55.656,00	1.742,09
0,60	0,40	568,82	462,64	33,83	0,62	0,38	704,36	531,00	38,68	0,40	0,60	19.080,84	56.011,00	1.783,00
0,59	0,41	573,15	433,54	34,36	0,60	0,40	713,88	505,00	39,24	0,40	0,60	19.514,90	56.313,00	1.823,52
0,51	0,49	575,78	390,77	33,28	0,54	0,46	721,66	459,00	38,20	0,40	0,60	19.985,90	56.701,00	1.886,49
0,49	0,51	576,62	387,54	31,47	0,53	0,47	727,28	458,00	36,43	0,40	0,60	20.460,62	56.433,00	1.910,85
NA	NA	587,54	381,18	NA	0,55	0,45	742,38	448,00	37,00	0,40	0,60	20.883,52	55.666,00	1.916,21
NA	NA	584,18	NA	NA	0,59	0,41	742,74	438,00	38,22	0,40	0,60	21.214,12	55.225,00	1.918,87
NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,41	0,59	NA	55.455,00	1.954,42

Anmerkung: NA: nicht verfügbar

Quelle: GENESIS, zum Teil eigene Berechnungen

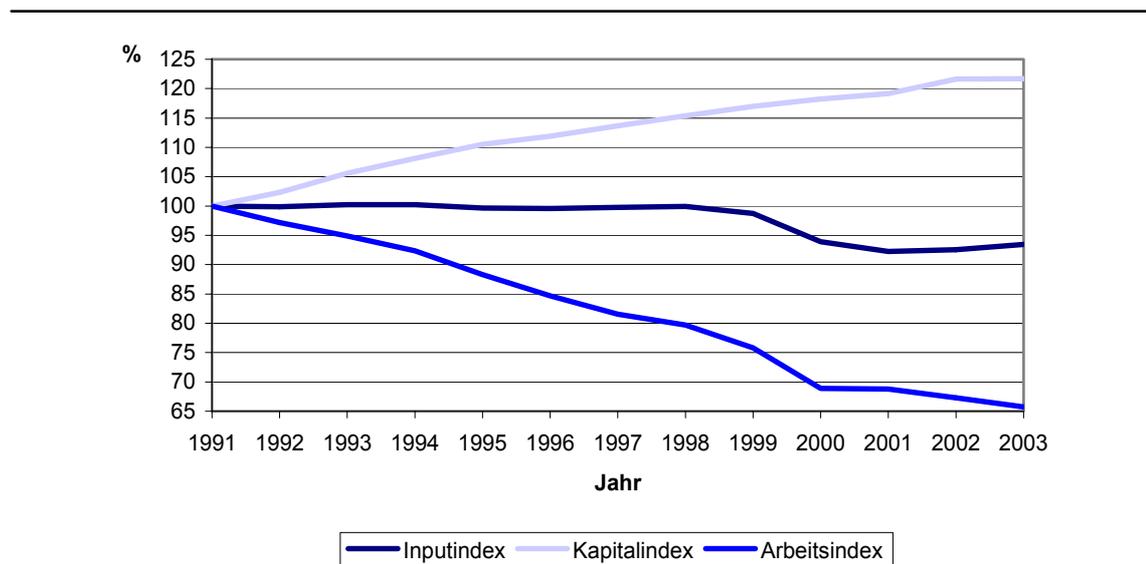
### Annex 3: Ergebnisse für Energie- und Wasserversorgung

Abbildung 13: Energie- und Wasserversorgung - Komponenten des TFP-Indexes



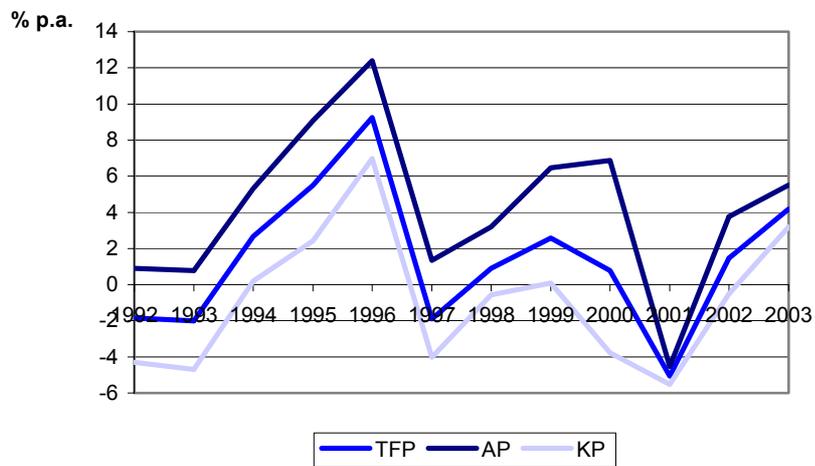
Quelle: Eigene Berechnungen WIK auf Basis von Genesis.

Abbildung 14: Energie- und Wasserversorgung – Bestandteile des Inputindexes



Quelle: Eigene Berechnungen WIK auf Basis von Genesis.

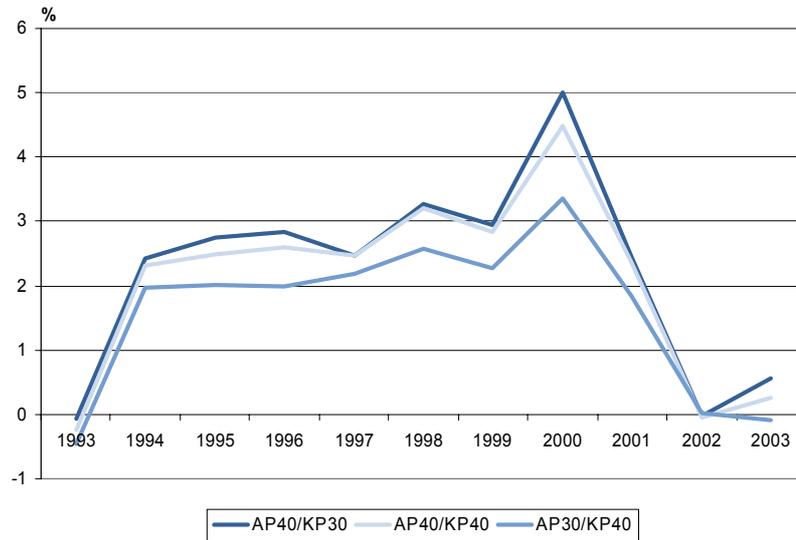
Abbildung 15: Energie- und Wasserversorgung – Beiträge der Teilproduktivitäten



Quelle: Eigene Berechnungen WIK auf Basis von Genesis.

### Annex 4: TFP-Veränderungsraten bei alternativen Kostenstrukturen

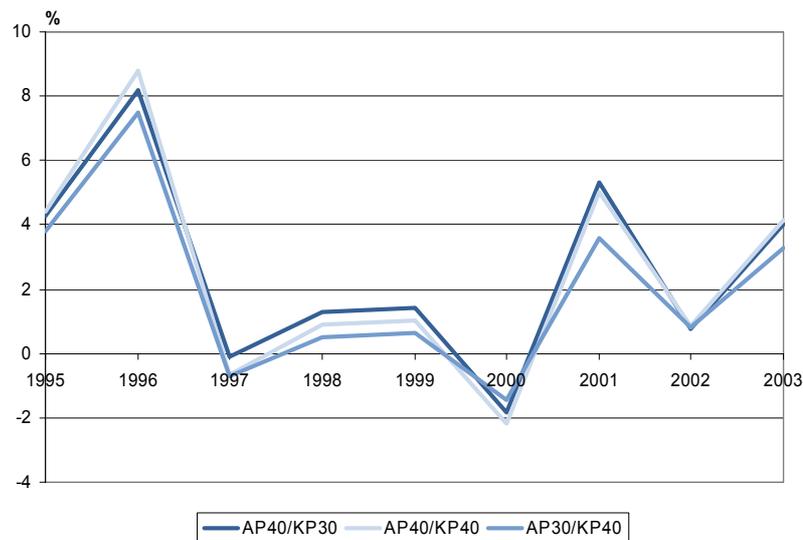
Abbildung 16: TFP-Entwicklung der Stromnetzbetreiber bei unterschiedlichen Kostenaufteilungsannahmen (Veränderungsraten in %)



Quelle: Eigene Berechnungen WIK auf Grundlage der Daten von VDEW (2005) und VDN (2005).



Abbildung 17: TFP-Entwicklung der Gasnetzbetreiber bei unterschiedlichen Kostenaufteilungsannahmen (Veränderungsraten in %)



Quelle: Eigene Berechnungen WIK auf Grundlage der Daten von Eurogas (2005).



## Literatur

- Arocena, P., I. Contin und E. Huerta (2002), Price Regulation in the Spanish Energy Sector: Who Benefits?, *Energy Policy* **30**, S. 885-895.
- Averch, H. und L.L. Johnson (1962), Behavior of the Firm Under Regulatory Constraint, *American Economic Review* **52**, S. 1052-1069.
- Balk, B. (1997), *Industrial Price, Quantity, and Productivity Indices: Microeconomic Theory*, Mimeo, Statistics Netherlands, Voorburg/Heerlen.
- Barro, R.J. (1998), Notes on Growth Accounting, NBER Working Paper Series, Nr. 6654, Cambridge/Massachusetts.
- Bernstein, J.I. (2000), Price Cap Regulation and Productivity Growth, *International Productivity Monitor* **1**, S. 23-28.
- BMWA [Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit] (2005), Energiedaten: Nationale und internationale Entwicklung, Berlin. <http://www.bmwa.bund.de/Navigation/Technologie-und-Energie/Energiepolitik/energiedaten.html>.
- Bowitz, E., T. Bye, O. Rosnes und H. Vennemo (2000), The Nordic Electricity Reform: Economic and Environmental Consequences, Econ Working Paper, Nr. 3/00, Oslo.
- Brunekreeft, G. (2000), Kosten, Körbe, Konkurrenz: Price Caps in der Theorie, Diskussionsbeiträge des Instituts für Verkehrswissenschaft und Regionalpolitik der Universität Freiburg, Nr. 67, Freiburg.
- Brunekreeft, G. und T. McDaniel (2005), Policy Uncertainty and Supply Adequacy in Electric Power Markets, TILEC Discussion Paper No. 2005-006, University of Tilburg.
- Brunekreeft, G. und S. Tweleemann (2004), Regulation, Competition and Investment in the German Electricity Market: RegTP or REGTP, CMI Working Paper, University of Cambridge.
- Caves, D.W., L.R. Christensen und W.E. Diewert (1982), The Economic Theory of Index Numbers and the Measurement of Input, Output and Productivity, *Econometrica* **50**, S. 1393-1414.
- Coelli, T. J., D.S.P. Rao und G.E. Battese (1998), *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*, Boston (Kluwer Academic Publishers).
- Competition Commission (2002), Northern Ireland Electricity Plc.: A Report on a Reference under Article 15 of the Electricity (Northern Ireland) Order 1992, London.
- Dalton, K.V., J.S. Greenlees und K.J. Stewart (1998), Incorporating a geometric mean formula into the CPI, *Monthly Labor Review*, Heft Oktober, S. 3-7.
- Demsetz, H. (1968), Why Regulate Utilities, *Journal of Law and Economics* **11**, S. 55-65.
- DESTATIS (2005), Online-Datenbank GENESIS des Statistischen Bundesamtes, <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online/logon>.
- Diewert, W.E. (1976), Exact and Superlative Index Numbers, *Journal of Econometrics* **4**, S. 115-145.

- Diewert, W.E. (1983), The Theory of Index Numbers: A Survey, In: Deaton, A. (Ed.), *Essays in the Theory and Measurement of Consumer Behaviour*, New York (Cambridge University Press), S. 163-208.
- E-Control (2003), Erläuterungen zur Systemnutzungstarife-Verordnung 2003, Wien.
- Eurogas (2005), Annual Reports 1995 – 2004, <http://www.eurogas.org>.
- Färe, R., S. Grosskopf, M. Norris und Z. Zhang (1994), Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Changes in Industrialised Countries, *American Economic Review* **84**, S. 66-83.
- Førsund, F.R. und S.A.C. Kittelsen (1998), Productivity Development of Norwegian Electricity Distribution Utilities, *Resource and Energy Economics* **20**, S. 207-224.
- Franz, O. (2003), Regulierung, Liberalisierung und Unabhängigkeit des Regulierers, Aachen (Shaker).
- Franz, O. und M. Stronzik (2005), Benchmarking-Ansätze zum Vergleich der Effizienz von Energieunternehmen, Diskussionsbeiträge des Wissenschaftlichen Instituts für Kommunikationsdienste, Nr. 262, Bad Honnef.
- Fritsch, M., T. Wein und H.-J. Ewers (2005), Marktversagen und Wirtschaftspolitik, 6. Aufl., München (Vahlen).
- Hattori, T., T. Jamasb und M.G. Pollit (2003), A Comparison of UK and Japanese Electricity Distribution Performance 1985 - 1998: Lessons for Incentive Regulation, Working Paper WP 0212 of the Department of Applied Economics, Cambridge.
- Hauf, S. (1997), Volkswirtschaftliche Lohnstückkosten und ihre Komponenten, *Wirtschaft und Statistik*, Heft 8/97, S. 523-535.
- Hense, A. (2005), Gasmarktregulierung in Europa: Ansätze, Erfahrungen und mögliche Implikationen für das deutsche Regulierungsmodell, Diskussionsbeiträge des Wissenschaftlichen Instituts für Kommunikationsdienste, Nr. 263, Bad Honnef.
- Hense, A. und D. Schäffner (2004), Regulatorische Aufgaben im Energiebereich, Diskussionsbeiträge des Wissenschaftlichen Instituts für Kommunikationsdienste, Nr. 254, Bad Honnef.
- Jäger, G. (2005), Stromerzeugungsoptionen 2020, *Energiewirtschaftliche Tagesfragen* **55**, S. 49-52.
- Jopp, K. und S. von Borstel (2005), Der Strom wird knapp, Die Welt, 05.03.05.
- Kim, T.-Y., J.-D. Lee, Y.H. Park und B. Kim (1999), International Comparisons of Productivity and Its Determinants in the Natural Gas Industry, *Energy Economics* **21**, S. 273-293.
- Knieps, G. (2003), Der Wettbewerb und seine Grenzen: Netzgebundene Leistungen aus ökonomischer Sicht, Diskussionsbeiträge des Instituts für Verkehrswissenschaft und Regionalpolitik der Universität Freiburg, Nr. 93, Freiburg.
- Kruse, J. (1985), Ökonomie der Monopolregulierung, Göttingen (Vandenhoeck & Ruprecht).

- Lawrence, D. und E. Diewert (2004), Productivity and Regulation in a Hard-to-Measure Sector – the Case of New Zealand’s Electricity Networks, Paper presented at the Treasury’s Productivity Workshop, Wellington.
- London Economics (1999), Efficiency and Benchmarking Study of the NSW Distribution Businesses, Study for the Independent Pricing and Regulatory Tribunal of New South Wales, Sydney.
- London Economics und ESAA (1994), Comparative Efficiency of NSW Metropolitan Electricity Distributors, Report for the NSW Treasury, Sydney.
- Makholm, J.D. und M.J. Quinn (1997), Price Cap Plans for Electricity Distribution Companies Using TFP Analysis, NERA Working Paper, Cambridge/ Massachusetts.
- Mayer, H. (2001), Preis- und Volumenmessung in den Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen – Anforderungen und Perspektiven, *Wirtschaft und Statistik*, Heft 12/01, S. 1032-1043.
- Nett, L. (1998), Price-Cap-Regulierung im Markt für Telekommunikation in Deutschland, *Zeitschrift für öffentliche und gemeinwirtschaftliche Unternehmen* **21**, S. 350-359.
- Nierhaus, W. (2001), Wirtschaftswachstum in den Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen: Ein Vergleich Deutschland – USA, *ifo Schnelldienst* **54**, Heft 3, S. 41-51.
- NVE (2001), Den økonomiske reguleringen av nettvirksomheten, Oslo.
- O’Mahony, M. und B. van Ark (2003), EU productivity and competitiveness: An industry perspective, Europäische Kommission, Brüssel.
- OEB (1999), Productivity and Price Performance for Electric Distributors in Ontario, Toronto.
- OECD (2001), Measuring Productivity: Measurement of Aggregate and Industry-level Productivity Growth, OECD Manual, Paris.
- OECD (2005), STAN database,  
[http://www.oecd.org/document/15/0,2340,en\\_2649\\_201185\\_1895503\\_1\\_1\\_1\\_1,00.html](http://www.oecd.org/document/15/0,2340,en_2649_201185_1895503_1_1_1_1,00.html)
- Price, C.W. und T. Weyman-Jones (1996), Malmquist Indices of Productivity Change in the UK Gas Industry before and after Privatization, *Applied Economics* **28**, S. 29-39.
- Ristau, O. und B. Sandmann (2005), Energieexperten warnen vor Stromausfällen, Frankfurter Rundschau, 07.03.05.
- Schmalwasser, O. (2001), Revision des Anlagevermögens 1991 bis 2001, *Wirtschaft und Statistik*, Heft 5/01, S. 342-356.
- Statistisches Bundesamt (2005a), Produzierendes Gewerbe: Beschäftigung, Umsatz, Investitionen und Kostenstruktur der Unternehmen in der Energie- und Wasserversorgung, Fachserie 4 / Reihe 6.1, Wiesbaden.
- Statistisches Bundesamt (2005b), Kapitalproduktivität Deutschlands im Jahr 2004, Pressemitteilung vom 8. Februar 2005, Wiesbaden.
- Tilley, B. und T. Weyman-Jones (1999), Productivity Growth and Efficiency Change in Electricity Distribution, Conference Paper of the British Institute of Energy Economics, Oxford.
- VDEW (2005), Zahlen und Fakten aus den Leistungsbilanzen 1997 - 2004, <http://www.vdew.de>.

VDN (2005), Daten und Fakten – Stromnetze in Deutschland, <http://www.vdn-berlin.de>.

Weyman-Jones, T. und P. Burns (1994), Regulatory Incentives, Privatisation, and Productivity Growth in UK Electricity Distribution, Technical Paper 1 of the Centre for the Study of Regulated Industries, London.

Wiegmann, J. (2003), Entwicklung der totalen Faktorproduktivität nach Wirtschaftszweigen in der Bundesrepublik Deutschland 1992-2000, DIW Working Paper, Nr. 33, Berlin.



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

- Nr. 187: Lorenz Nett, Werner Neu:  
Bestimmung der Kosten des Universaldienstes, August 1998
- Nr. 188: Annette Hillebrand, Franz Büllingen:  
Durch Sicherungsinfrastruktur zur Vertrauenskultur: Kritische Erfolgsfaktoren und regulatorische Aspekte der digitalen Signatur, Oktober 1998
- Nr. 189: Cornelia Fries, Franz Büllingen:  
Offener Zugang privater Nutzer zum Internet - Konzepte und regulatorische Implikationen unter Berücksichtigung ausländischer Erfahrungen, November 1998
- Nr. 190: Rudolf Pospischil:  
Repositionierung von AT&T - Eine Analyse zur Entwicklung von 1983 bis 1998, Dezember 1998
- Nr. 191: Alfons Keuter:  
Beschäftigungseffekte neuer TK-Infrastrukturen und -Dienste, Januar 1999
- Nr. 192: Wolfgang Elsenbast:  
Produktivitätserfassung in der Price-Cap-Regulierung – Perspektiven für die Preisregulierung der Deutschen Post AG, März 1999
- Nr. 193: Werner Neu, Ulrich Stumpf, Alfons Keuter, Lorenz Nett, Cara Schwarz-Schilling:  
Ergebnisse und Perspektiven der Telekommunikationsliberalisierung in ausgewählten Ländern, April 1999
- Nr. 194: Ludwig Gramlich:  
Gesetzliche Exklusivlizenz, Universaldienstpflichten und "höherwertige" Dienstleistungen im PostG 1997, September 1999
- Nr. 195: Hasan Alkas:  
Rabattstrategien marktbeherrschender Unternehmen im Telekommunikationsbereich, Oktober 1999
- Nr. 196: Martin Distelkamp:  
Möglichkeiten des Wettbewerbs im Orts- und Anschlußbereich des Telekommunikationsnetzes, Oktober 1999
- Nr. 197: Ulrich Stumpf, Cara Schwarz-Schilling unter Mitarbeit von Wolfgang Kiesewetter:  
Wettbewerb auf Telekommunikationsmärkten, November 1999
- Nr. 198: Peter Stamm, Franz Büllingen:  
Das Internet als Treiber konvergenter Entwicklungen – Relevanz und Perspektiven für die strategische Positionierung der TIME-Player, Dezember 1999
- Nr. 199: Cara Schwarz-Schilling, Ulrich Stumpf:  
Netzbetreiberportabilität im Mobilfunkmarkt – Auswirkungen auf Wettbewerb und Verbraucherinteressen, Dezember 1999
- Nr. 200: Monika Plum, Cara Schwarz-Schilling:  
Marktabgrenzung im Telekommunikations- und Postsektor, Februar 2000
- Nr. 201: Peter Stamm:  
Entwicklungsstand und Perspektiven von Powerline Communication, Februar 2000
- Nr. 202: Martin Distelkamp, Dieter Elixmann, Christian Lutz, Bernd Meyer, Ulrike Schimmel:  
Beschäftigungswirkungen der Liberalisierung im Telekommunikationssektor in der Bundesrepublik Deutschland, März 2000
- Nr. 203: Martin Distelkamp:  
Wettbewerbspotenziale der deutschen Kabel-TV-Infrastruktur, Mai 2000
- Nr. 204: Wolfgang Elsenbast, Hilke Smit:  
Gesamtwirtschaftliche Auswirkungen der Marktöffnung auf dem deutschen Postmarkt, Mai 2000
- Nr. 205: Hilke Smit:  
Die Anwendung der GATS-Prinzipien auf dem Postsektor und Auswirkungen auf die nationale Regulierung, Juni 2000
- Nr. 206: Gabriele Kulenkampff:  
Der Markt für Internet Telefonie - Rahmenbedingungen, Unternehmensstrategien und Marktentwicklung, Juni 2000

- Nr. 207: Ulrike Schimmel:  
Ergebnisse und Perspektiven der Telekommunikationsliberalisierung in Australien, August 2000
- Nr. 208: Franz Büllingen, Martin Wörter:  
Entwicklungsperspektiven, Unternehmensstrategien und Anwendungsfelder im Mobile Commerce, November 2000
- Nr. 209: Wolfgang Kiesewetter:  
Wettbewerb auf dem britischen Mobilfunkmarkt, November 2000
- Nr. 210: Hasan Alkas:  
Entwicklungen und regulierungspolitische Auswirkungen der Fix-Mobil Integration, Dezember 2000
- Nr. 211: Annette Hillebrand:  
Zwischen Rundfunk und Telekommunikation: Entwicklungsperspektiven und regulatorische Implikationen von Webcasting, Dezember 2000
- Nr. 212: Hilke Smit:  
Regulierung und Wettbewerbsentwicklung auf dem neuseeländischen Postmarkt, Dezember 2000
- Nr. 213: Lorenz Nett:  
Das Problem unvollständiger Information für eine effiziente Regulierung, Januar 2001
- Nr. 214: Sonia Strube:  
Der digitale Rundfunk - Stand der Einführung und regulatorische Problemfelder bei der Rundfunkübertragung, Januar 2001
- Nr. 215: Astrid Höckels:  
Alternative Formen des entbündelten Zugangs zur Teilnehmeranschlussleitung, Januar 2001
- Nr. 216: Dieter Elixmann, Gabriele Kulenkampff, Ulrike Schimmel, Rolf Schwab:  
Internationaler Vergleich der TK-Märkte in ausgewählten Ländern - ein Liberalisierungs-, Wettbewerbs- und Wachstumsindex, Februar 2001
- Nr. 217: Ingo Vogelsang:  
Die räumliche Preisdifferenzierung im Sprachtelefondienst - wettbewerbs- und regulierungspolitische Implikationen, Februar 2001
- Nr. 218: Annette Hillebrand, Franz Büllingen:  
Internet-Governance - Politiken und Folgen der institutionellen Neuordnung der Domainverwaltung durch ICANN, April 2001
- Nr. 219: Hasan Alkas:  
Preisbündelung auf Telekommunikationsmärkten aus regulierungsökonomischer Sicht, April 2001
- Nr. 220: Dieter Elixmann, Martin Wörter:  
Strategien der Internationalisierung im Telekommunikationsmarkt, Mai 2001
- Nr. 221: Dieter Elixmann, Anette Metzler:  
Marktstruktur und Wettbewerb auf dem Markt für Internet-Zugangsdienste, Juni 2001
- Nr. 222: Franz Büllingen, Peter Stamm:  
Mobiles Internet - Konvergenz von Mobilfunk und Multimedia, Juni 2001
- Nr. 223: Lorenz Nett:  
Marktorientierte Allokationsverfahren bei Nummern, Juli 2001
- Nr. 224: Dieter Elixmann:  
Der Markt für Übertragungskapazität in Nordamerika und Europa, Juli 2001
- Nr. 225: Antonia Niederprüm:  
Quersubventionierung und Wettbewerb im Postmarkt, Juli 2001
- Nr. 226: Ingo Vogelsang  
unter Mitarbeit von Ralph-Georg Wöhrl  
Ermittlung der Zusammenschaltungsentgelte auf Basis der in Anspruch genommenen Netzkapazität, August 2001
- Nr. 227: Dieter Elixmann, Ulrike Schimmel, Rolf Schwab:  
Liberalisierung, Wettbewerb und Wachstum auf europäischen TK-Märkten, Oktober 2001
- Nr. 228: Astrid Höckels:  
Internationaler Vergleich der Wettbewerbsentwicklung im Local Loop, Dezember 2001

- Nr. 229: Anette Metzler:  
Preispolitik und Möglichkeiten der Umsatzgenerierung von Internet Service Providern, Dezember 2001
- Nr. 230: Karl-Heinz Neumann:  
Volkswirtschaftliche Bedeutung von Resale, Januar 2002
- Nr. 231: Ingo Vogelsang:  
Theorie und Praxis des Resale-Prinzips in der amerikanischen Telekommunikationsregulierung, Januar 2002
- Nr. 232: Ulrich Stumpf:  
Prospects for Improving Competition in Mobile Roaming, März 2002
- Nr. 233: Wolfgang Kiesewetter:  
Mobile Virtual Network Operators – Ökonomische Perspektiven und regulatorische Probleme, März 2002
- Nr. 234: Hasan Alkas:  
Die Neue Investitionstheorie der Realoptionen und ihre Auswirkungen auf die Regulierung im Telekommunikationssektor, März 2002
- Nr. 235: Karl-Heinz Neumann:  
Resale im deutschen Festnetz, Mai 2002
- Nr. 236: Wolfgang Kiesewetter, Lorenz Nett und Ulrich Stumpf:  
Regulierung und Wettbewerb auf europäischen Mobilfunkmärkten, Juni 2002
- Nr. 237: Hilke Smit:  
Auswirkungen des e-Commerce auf den Postmarkt, Juni 2002
- Nr. 238: Hilke Smit:  
Reform des UPU-Endvergütungssystems in sich wandelnden Postmärkten, Juni 2002
- Nr. 239: Peter Stamm, Franz Büllingen:  
Kabelfernsehen im Wettbewerb der Plattformen für Rundfunkübertragung - Eine Abschätzung der Substitutionspotenziale, November 2002
- Nr. 240: Dieter Elixmann, Cornelia Stappen unter Mitarbeit von Anette Metzler:  
Regulierungs- und wettbewerbspolitische Aspekte von Billing- und Abrechnungsprozessen im Festnetz, Januar 2003
- Nr. 241: Lorenz Nett, Ulrich Stumpf unter Mitarbeit von Ulrich Ellinghaus, Joachim Scherer, Sonia Strube Martins, Ingo Vogelsang:  
Eckpunkte zur Ausgestaltung eines möglichen Handels mit Frequenzen, Februar 2003
- 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 Schöffner:  
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 Schöffner:  
Regulierungsökonomische Aspekte des informatischen 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