

## Die DEA-Effizienz öffentlicher Stromversorger: ein Beitrag zur Deregulierungsdiskussion

Uwe Cantner, Horst Hanusch, Georg Westermann

### Angaben zur Veröffentlichung / Publication details:

Cantner, Uwe, Horst Hanusch, and Georg Westermann. 1994. "Die DEA-Effizienz öffentlicher Stromversorger: ein Beitrag zur Deregulierungsdiskussion." Augsburg: Volkswirtschaftliches Institut, Universität Augsburg.



---

**INSTITUT FÜR VOLKSWIRTSCHAFTSLEHRE**

der

**UNIVERSITÄT AUGSBURG**

---



**Die DEA-Effizienz öffentlicher Stromversorger**

**Ein Beitrag zur Deregulierungsdiskussion**

von

**Uwe Cantner, Horst Hanusch und Georg Westermann**

**Beitrag Nr. 114**

**März 1994**

01

QC  
072  
V922  
-114

---

**Volkswirtschaftliche Diskussionsreihe**

---

**Die DEA-Effizienz öffentlicher Stromversorger  
Ein Beitrag zur Deregulierungsdiskussion**

**von**

**Uwe Cantner, Horst Hanusch und Georg Westermann**

**Beitrag Nr. 114**

**März 1994**

## 1. Einführung

Mutmaßliche Ineffizienzen bei der öffentlichen Produktion von Gütern und Dienstleistungen haben sowohl in der wissenschaftlichen Analyse als auch in der politischen Diskussion eine lange Tradition. Die ökonomische Theorie der Bürokratie sowie die Theorie der öffentlichen Regulierung stellen dabei positive Ansätze dar, die erklären können, aus welchen Gründen und in welcher Form bei der öffentlichen Leistungserstellung Ineffizienzen auftreten können bzw. zu erwarten sind. Vor diesem Hintergrund wird in der Regulierungstheorie auch diskutiert, auf welche Art und Weise derartige Ineffizienzen verhindert oder beseitigt werden können. Hierbei werden regelmäßig unterschiedliche Schemata zur Deregulierung bestimmter öffentlicher Aktivitäten vorgeschlagen.<sup>1</sup> Alle diese Vorschläge zielen letztendlich darauf ab, den öffentlichen Sektor stärker den Marktkräften auszusetzen, was darauf hinausläuft, Regulierungsmaßnahmen entweder gänzlich oder zu einem großen Teil abzuschaffen. Neuen Aufwind haben diese Argumente neuerdings vor dem Hintergrund der als notwendig erachteten europäischen Harmonisierung verschiedener Regulierungsschemata für die Sektoren Strom und Gas in den verschiedenen Ländern der Europäischen Gemeinschaft erhalten. Im Zentrum des Referentenentwurfs zur Energierechtsreform des Bundeswirtschaftsministeriums sowie in der allgemeinen Diskussion stehen dabei der sogenannte "third party access", das "unbundling" sowie die Neuregelung der Vergabe von Gebietsmonopolen. Letztendlich geht es bei all diesen Vorschlägen darum, die Versorgungsleistungen ganz oder teilweise ("unbundling") aus dem Schutzwahl der regulierten Gebietsmonopole herauszunehmen und damit dafür zu sorgen, daß über verstärkten Wettbewerb eine effizientere Leistungserstellung bewerkstelligt wird.

Der vorliegende Beitrag möchte zu diesem Problembereich von empirischer Seite aus Stellung nehmen. Mit Hilfe ausgewählter Unternehmen des öffentlichen Stromversorgungsektors in Deutschland soll untersucht werden, ob und welche Ineffizienzen bei der öffentlichen Stromversorgung auftreten. Um die dabei gefundenen Ergebnisse in die aktuelle Diskussion einbringen zu können, muß man sich allerdings *a priori* darüber im Klaren sein, welche Probleme bei Effizienzanalysen auftreten und wie diese die Ergebnisse beeinflussen.

---

<sup>1</sup> Siehe hierzu z.B. Joskoff/Schmalensee (1985).

Hierbei sehen sich Effizienzanalysen im öffentlichen Sektor in aller Regel zweierlei Hauptproblemen ausgesetzt:

(1) Von methodischer Seite aus basierten Effizienzanalysen im öffentlichen Sektor in der Vergangenheit zumeist auf produktionstheoretischen Vorstellungen, wie man sie in Modellen für privatwirtschaftlich organisierte Produktionstätigkeit wiederfindet. Letztendlich ist es die neoklassische Produktionstheorie, die den Ausgangspunkt und den Kern verschiedener Verfahren darstellt, wie etwa bei der Indexzahlenmethode, bei der ökonometrischen Schätzung oder beim EM-Algorithmus.<sup>2</sup> Sie hilft hierbei ein Grundproblem jeglicher Produktivitätsanalyse zu lösen, die Aggregation der unterschiedlicher Inputfaktoren bzw. Outputs zu jeweils einer einzigen Größe. Aus den Bedingungen des allgemeinen Gleichgewichts können hierfür die notwendigen Aggregationsgewichte in Form von Faktor- bzw. Güterpreisen abgeleitet werden.

Diese Vorgehensweise kann in zweierlei Hinsicht kritisiert werden. Der erste (eher traditionelle) Kritikpunkt zielt auf die Grundannahmen der neoklassischen Produktionstheorie ab und hierbei vor allem auf die Unterstellung eines bestimmten Typus von Produktionsfunktion sowie der Gewinnmaximierung als Verhaltenshypothese. Ein zweiter, uns im Rahmen öffentlicher Betriebe wichtigerer Kritikpunkt ist jedoch, daß gerade diese Wirtschaftszweige bestimmte öffentliche Aufträge erfüllen, für die eine Bewertung auf dem Markt (sprich Preis) nicht existiert. Für den in der folgenden empirischen Analyse untersuchten Sektor "öffentliche Stromversorgung" sind dies vor allem die Bereitstellung einer Vorhaltekapazität sowie der Auftrag einer flächendeckenden Versorgung. Für eine Effizienzanalyse derartiger Sektoren sind daher die herkömmlichen Analyseverfahren nur bedingt geeignet.

(2) Für eine hinreichende Bestimmung von Ineffizienzen in öffentlichen oder regulierten Unternehmen müßten prinzipiell private und nicht regulierte Unternehmen als Referenzgröße fungieren. Erst auf dieser Grundlage ist es möglich, die theoretische Hypothese öffentlich ineffizienter Produktion nachzuweisen bzw. abzulehnen. In der Realität lassen sich solche Referenzunternehmen jedoch in aller Regel nicht finden. In regulierten Wirtschaftsbereichen

---

<sup>2</sup> Einen Überblick geben hierzu z.B. Bös (1988) oder Hanusch/Cantner (1991).

- wie z.B. der öffentlichen Stromversorgung - sind alle Unternehmen, unabhängig von den Eigentumsverhältnissen, der Regulierung unterworfen. Auf dieser Basis können Effizienzanalysen dann keinen Aufschluß mehr darüber geben, welche absoluten Ineffizienzen in diesem Sektor auftreten - die Referenzgröße "reine Marktlösung" fehlt. Empirisch dennoch ermittelbare Ineffizienzen beziehen sich dann aber auf ausschließlich relative Ineffizienzen, die keinerlei Rückschluß über deren absolute Höhe zulassen.<sup>3</sup>

Diesen beiden Problemen wollen wir in der vorliegenden Untersuchung Rechnung tragen. Der Kritik an der üblichen methodischen Vorgehensweise begegnen wir damit, daß wir ein nicht-parametrisches Verfahren anwenden, die sogenannte Data-Envelopment-Analysis. Sie ist so formuliert, daß sie keine spezifische Produktionsfunktion explizit unterstellt. Ein weiterer Vorteil dieser Methode besteht darin, daß das Problem der Nichtbeobachtbarkeit von Marktpreisen hier keine besondere Bedeutung hat, denn die Preise bzw. Aggregationsgewichte der Input- und Outputgrößen ergeben sich aus dem Analyseergebnis selbst. Diese besondere Eigenschaft der DEA-Methode hat den Vorteil, daß sowohl Inputgrößen wie auch Outputs in beliebigen und unterschiedlichen realen Größen gemessen werden können. Das sich hieraus ergebende Produktivitäts- bzw. Effizienzmaß bezieht sich demnach allein auf die technische Produktivität bzw. Effizienz. Da sich öffentlich-wirtschaftliche Unternehmen ohnehin keiner marktmäßigen "Effizienzkontrolle" unterziehen müssen, ist die technische Effizienz eine geeignetes Maß, um intrasektorale Vergleiche zu ziehen.<sup>4</sup>

Das zweite Problem von Effizienzanalysen im öffentlichen Sektor, daß nur relative Ineffizienzen gemessen werden können, läßt sich auch in unserer Studie keiner zufriedenstellenden Lösung zuführen - auch hier fehlen private unregulierte Referenzunternehmen. Wir wollen aber dennoch einen Schritt weiter gehen, als nur relative Ineffizienzen aufzudecken. Die Verwendung der DEA-Methode erlaubt es uns nämlich, die auftretenden Effizienzunterschiede danach zu differenzieren, ob sie durch Unternehmensentscheidungen selbst ver-

---

<sup>3</sup> Vgl. hierzu Färe/Grosskopf/Logan (1985).

<sup>4</sup> Für den privatwirtschaftlichen Sektor hingegen ist technische Effizienz eine Voraussetzung für ökonomische Effizienz wie man sie mit Hilfe der Profitabilität erfassen kann. Dieses Kriterium läßt sich in öffentlich-wirtschaftlichen Sektoren jedoch nicht ohne weiteres anwenden, da dort oftmals die "0-Gewinn"-Bedingung bzw. eine Gewinnregulierung bestehen.

ursacht werden oder ob die Regulierung den Unternehmen bestimmte Ineffizienzen "aufzwingt", die diese nicht oder nur in sehr eingeschränktem Maße beeinflussen können - wie dies bei der Zuteilung von Gebieten mit bestimmten Versorgungsanforderungen der Fall ist.

Unsere empirische Auswertung zeigt, daß allein die feste Zuweisung von Gebietsmonopolen relative Ineffizienzen hervorrufen kann. Diese bestehen einerseits aus einer technisch/technologischen andererseits aus einer Skalenineffizienz. Ein weiteres interessantes Resultat ist die bei zeitlicher Betrachtung sich tendenziell verschlechternde Effizienzentwicklung des gesamten Sektors.

Im einzelnen gehen wir wie folgt vor: Abschnitt 2 beschreibt kurz die Situation im Sektor "Öffentlichen Stromversorgung", wobei ein Schwerpunkt dessen öffentlicher Auftrag ist. Abschnitt 3 beschreibt die Grundlagen des DEA-Verfahrens, das wir dann in Kapitel 4 zur Analyse der Stromversorger einsetzen. Hier unterscheiden wir dann zwischen einer privatwirtschaftlich und einer öffentlich-wirtschaftlichen Analyse. Abschnitt 5 beschließt unseren Beitrag mit einigen Schlußfolgerungen.

## 2. Der öffentliche Stromversorgungssektor

Der Stromversorgungssektor kann prinzipiell in die beiden Bereiche Stromerzeugung und Stromverteilung unterteilt werden. Viele der auf diesem Gebiet tätigen Unternehmen betreiben beide Geschäfte zu unterschiedlichen Anteilen.

Unterscheidet man die Stromversorgungsunternehmen nach den Eigentumsverhältnissen, so kann man zwischen öffentlich-, privat- und gemischtwirtschaftlich organisierten Unternehmen differenzieren<sup>5</sup>. Für das Jahr 1991 findet man in der Bundesrepublik Deutschland 433 Unternehmen in der öffentlichen Hand, 108 private sowie 141 gemischtwirtschaftliche Unternehmen. Die Unternehmen der öffentlichen Hand besitzen einen Anteil von rund 64% an der nutzbaren Stromabgabe.

Der Stromversorgungssektor ist ein öffentlich regulierter Bereich. Aufgrund einiger Besonderheiten, wie der Leitungsgebundenheit und dem Auftreten von Spitzenlasten wird vom Gesetzgeber Marktversagen unterstellt und die Regulierung durch ein "Energiewirtschaftsgesetz" (EnWG) vorgezogen. Obernolte (1992) faßt als Grundziel des Energiewirtschaftsgesetzes das Streben "nach einer möglichst sicheren und preiswürdigen Energieversorgung"<sup>6</sup> zusammen. Dabei wird unter Sicherheit "zunächst eine mengenmäßig ausreichende Versorgung der Energieabnehmer", <sup>7</sup> verstanden. Dies "zwingt die Versorgungsunternehmen, ihre Investitionen so anzulegen, daß auch Spitzenbedarf an Elektrizität [...] gedeckt werden kann"<sup>8</sup>. Zusätzlich wurde in §6 (1) des EnWG eine "allgemeine Anschluß- und Versorgungspflicht" festgesetzt, die ein Stromversorgungsunternehmen im jeweiligen Versorgungsgebiet prinzipiell dazu verpflichtet, zu den allgemeinen Tarifen und Bedingungen "jedermann an sein Versorgungsnetz anzuschließen und zu versorgen"<sup>9</sup>.

---

<sup>5</sup> Eine Zusammenfassung der Struktur der Elektrizitätsversorgung findet sich in Lang (1993).

<sup>6</sup> Obernolte (1990), I 14b.

<sup>7</sup> ebenda.

<sup>8</sup> ebenda.

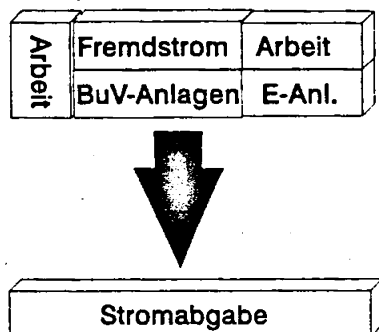
<sup>9</sup> EnWG §6 (1)

Diese gesetzlichen Regelungen wollen wir im folgenden den "öffentlichen Auftrag" der Stromversorger nennen und explizit mit in unsere Analyse aufnehmen.

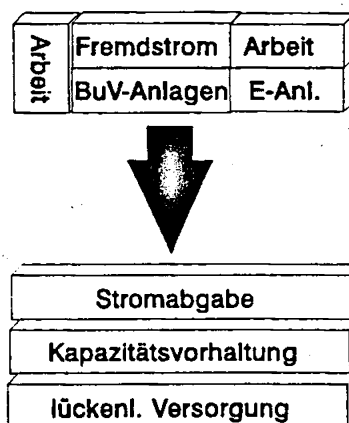
Schaubild 1 gibt obige Beschreibung des "Produktionsprozesses" der Stromversorger wieder. Für die Stromproduktion, für den Stromankauf wie auch für die Stromverteilung werden die Produktionsfaktoren Arbeit und Kapital eingesetzt.

Schaubild 1: Produktionsprozess der Stromversorger

Produktionsprozeß Privat



Produktionsprozeß Öffentlich



Für die öffentlichen Stromversorger wollen wir zwei unterschiedliche Analyserichtungen verfolgen. Zum einen wird für die Effizienzanalyse der Stromversorger allein deren abgegebene Strommenge als Outputgröße herangezogen, d.h. die Stromversorger werden wie ein privatwirtschaftliches Unternehmen behandelt. Zum zweiten wollen wir in der Analyse den öffentlichen Auftrag der Stromversorger berücksichtigen, insbesondere den Auftrag Spitzenkapazitäten vorzuhalten und eine allgemeine breite Versorgung der Abnehmer zu garantieren. Den ersten Fall wollen wir als "privatwirtschaftlich" bezeichnen, den zweiten als "öffentlich wirtschaftlich".

### 3. Das Analyseverfahren

Grundlage unserer Analyse bildet ein nicht-parametrisches Verfahren der linearen Programmierung, das sogenannte DEA-Verfahren (*Data Envelopment Analysis*). Mit dessen Hilfe kann für jede Untersuchungseinheit eines Datensatzes eine Kennzahl für die relative (In-)Effizienz gefunden werden. Im Folgenden wollen wir kurz das Grundmodell der DEA sowie einige Erweiterungen vorstellen.

#### 3.1 Das Grundmodell der DEA

Ausgangspunkt der DEA-Methode sind traditionelle Produktivitätskennzahlen, die sich für eine bestimmte Unternehmung  $j$  ( $j=1, \dots, n$ ) als  $h_j$  allgemein schreibt:

$$h_j = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \quad (1)$$

$y_{rj}$  bezeichnet dabei die  $r$  verschiedenen Outputs,  $r=1, \dots, s$ , und  $x_{ij}$  die  $i$  verschiedenen Inputs,  $i=1, \dots, m$ , der Unternehmung  $j$ . Die Parameter  $u_r$  und  $v_i$  stellen (variable) Aggregationsgewichte dar. In Vektordarstellung ergibt sich aus (1):

$$h_j = \frac{u^T Y_j}{v^T X_j} \quad (2)$$

Hierbei stehen  $Y_j$  für den  $s$ -Vektor der Outputs und  $X_j$  für den  $m$ -Vektor der Inputs von Unternehmen  $j$ . Der  $s$ -Vektor  $u$  und der  $m$ -Vektor  $v$  enthalten die Aggregationsgewichte  $u_r$  bzw.  $v_i$ .

Der Quotient  $h_j$  in (2) (bzw. (1)) entspricht nun nichts anderem als einem Index für die totale Faktorproduktivität. Die jeweiligen Aggregationsfunktionen (für Input und Output) sind dabei vom linear arithmetischen Typ wie er zum Beispiel auch beim Kendrick-Ott Produktivitätsindex verwendet wird. Die dort benötigten Aggregationsgewichte, gegeben als die Elemente

$u_r$  bzw.  $v_i$  der Vektoren  $u$  bzw.  $v$ , werden dort allerdings aus bestimmten Annahmen über die vermutete zugrundeliegende Produktionsfunktion gewonnen.<sup>10</sup>

Die DEA-Methode bedarf derartiger Annahmen nicht, d.h. es wird keine spezielle Produktionsfunktion von vornherein unterstellt. Vielmehr ergeben sich die jeweiligen Aggregationsgewichte als Lösung einer Optimierungsaufgabe und sind daher von den empirischen Beobachtungen abhängig. Hieraus ergibt sich auch unmittelbar ein entscheidender Vorteil der DEA-Methode im Vergleich zu den traditionellen Verfahren: Sobald man sich im ökonomischen Bereich befindet, sind Marktpreise oftmals nicht mehr ermittelbar, was dazu führt, daß die Aggregationen in den herkömmlichen Verfahren nicht mehr durchgeführt werden können. DEA bedarf dieser exogen vorgegebenen Aggregationsgewichte bzw. Preise nicht, sie finden sich implizit im Ergebnis der Analyse wieder.

Die einzige Annahme, die man immer noch an die Aggregationen bei Inputs bzw. Outputs stellen muß, ist deren linear-arithmetische Form, wie man sie mit Bezug auf die Inputs beispielsweise bei linearen sowie Leontief-Produktionsfunktionen vorfindet.<sup>11</sup>

Ausgangsüberlegung der DEA-Methode ist nun, die Größe  $h$ , so zu bestimmen, daß sie als ein Effizienzparameter interpretiert werden kann. Dabei sollen die effizienten Unternehmen eines Samples einen  $h$ -Wert von 1 erhalten, alle ineffizienten Unternehmen einen entsprechend geringeren Wert. Diese Effizienzbestimmung läßt sich als wie folgt beschränktes Maximierungsproblem für ein bestimmtes Unternehmen  $l$ ,  $l \in \{1, \dots, n\}$ , darstellen:

---

<sup>10</sup> Dieser hat im Fall eines Outputs die folgende Form:

$$TFP = \frac{p Q}{w L + r K}$$

Vgl. hierzu Kendrick (1956) und Ott (1959).

<sup>11</sup> Siehe Green (1964), Leontief (1947) sowie Chang/Guh (1991).

$$\max h_l = \frac{u^T Y_l}{v^T X_l} .$$

$$\text{NB: } \frac{u^T Y_j}{v^T X_j} \leq 1; \quad j=1, \dots, n; \quad (3)$$

$$u, v > 0.$$

Der Ansatz in (3) ermittelt nun nichts anderes als einen Effizienzparameter  $h_l$  für das untersuchte Unternehmen  $l$  unter der Nebenbedingung, daß die Effizienzparameter  $h_j$  aller Unternehmen des Samples kleiner oder gleich 1 sind. Die Nebenbedingungen sorgen hier dafür, daß die Normierung von  $h$  auf  $]0,1]$  durchgeführt wird. Außerdem sollen die Vektoren  $u$  und  $v$  streng positiv sein. Dies ist dahingehend zu interpretieren, daß für alle eingesetzten Inputs bzw. produzierten Outputs "irgendein" (wenn auch noch so geringer) positiver Wert angenommen wird.<sup>12</sup> Wir werden hierauf im Rahmen der expliziten Effizienzbetrachtung mit Hilfe einer Frontierfunktion noch einmal zurückkommen.

Da wir linear arithmetische Aggregationsfunktionen für die Inputs und Outputs angenommen haben, handelt es sich bei (3) um ein Problem der sogenannten linearen Quotientenprogrammierung.<sup>13</sup> Für derartige Optimierungsaufgaben existieren eine Reihe von Lösungsverfahren<sup>14</sup>, von denen das bekannteste von Charnes und Cooper (1962) entwickelt wurde. Dort wird gezeigt, daß sich (3) in ein normales lineares Programm umwandeln läßt, das mit Hilfe des bekannten Simplexalgorithmus gelöst wird.

Diese als Charnes-Cooper-Rhodes bekannte Transformation sorgt dafür, daß der Nenner der Zielfunktion in (3) konstant ist; die Quotientenoptimierung wandelt sich so zu einem einfachen linearen Programm. Die Konstanz des Nenner wird dabei als Nebenbedingung in das entstandene lineare Programm aufgenommen:

---

<sup>12</sup> Die gleiche Vorgehensweise ist auch aus der Aktivitätsanalyse bekannt.

<sup>13</sup> Zur linearen Quotientenprogrammierung vgl. z.B. Böhm (1978).

<sup>14</sup> Einen Überblick hierzu gibt Böhm (1978).

$$\max \mu^T Y_l ,$$

NB:

$$\begin{aligned} \mu^T Y - \omega^T X &\leq 0 \\ \omega^T X_l &= 1 , \end{aligned} \quad (4)$$

$$\mu, \omega > 0, \quad \mu = \frac{1}{v^T X_l} u, \quad \omega = \frac{1}{v^T X_l} v .$$

$Y_l$  steht hier für den  $s$ -Vektor der Outputs von Unternehmen  $l$ ,  $Y$  bzw.  $X$  sind die  $s \times j$ -Matrix der Outputs bzw.  $m \times j$ -Matrix der Inputs aller Unternehmen des Samples.

Das Maximierungsproblem (4) stellt die Formulierung einer Effizienzanalyse dar, die man auch als "Production"- oder "Efficiency Technology"-Form bezeichnet: Hier ist es das Ziel den Output von Unternehmen  $l$  auf der Basis eines normalisierten Inputs zu maximieren, wobei die gesuchten Vektoren streng positiv und die Quotienten eines jeden Unternehmens nicht größer als 1 sein dürfen.

Das zu (4) duale Programm nennt man die "Envelopment"-Form, da mit dessen Hilfe eine (aus linearen Teilstücken bestehende) Randfunktion ermittelt werden kann. Die Verwandtschaft dieses Konzepts mit der Analyse von Farrell (1957) ist offensichtlich, der allerdings den Fall mit einem einzigen Output betrachtete. So gesehen stellt die DEA-Analyse eine erweiterte Form des Farrell-Ansatzes dar. Das duale Programm zu (4) lautet wie folgt:<sup>15</sup>

$$\min \theta_l ,$$

NB:

$$\begin{aligned} Y\lambda &\geq Y_l \\ \theta X_l - X\lambda &\geq 0 , \\ \lambda &\geq 0 . \end{aligned} \quad (5)$$

<sup>15</sup> Vgl. hierzu Charnes/Cooper/Thrall (1986).

Hierbei gibt der zu minimierende Parameter  $\theta_l$  an, auf wieviel Prozent man die Inputs der zu untersuchenden Unternehmung  $l$  proportional reduzieren kann, damit dieses Unternehmen auf der Randfunktion liegt, die aus den effizientesten Unternehmen des Samples gebildet wird. Bei einem Wert für  $\theta_l$  von 1 gehört das betreffende Unternehmen zu den Unternehmen der Randfunktion. Der  $j$ -Vektor  $\lambda$  gibt diejenigen Unternehmen an, die für Unternehmen  $l$  als Referenzunternehmen fungieren. Für diese gilt  $\lambda_j > 0$ . Ist Unternehmen  $l$  effizient ( $\theta_l = 1$ ), dann gilt  $\lambda_l = 1$  und  $\lambda_j = 0, j \neq l$ .

Die Effizienzanalyse in der "Envelopment"-Form, wie sie mit (5) gegeben ist, stellt prinzipiell ein geeignetes Instrumentarium dar, um effiziente Unternehmen von nicht-effizienten zu unterscheiden. Das Effizienzmaß ergibt sich hier direkt als Lösung des Optimierungsproblems. Verwendet man hingegen Problem (4), so muß man mit Hilfe der ermittelten Aggregationsgewichte die Effizienzquotienten errechnen. Erst diese können dann miteinander verglichen werden.

### 3.2 Die Berücksichtigung von Slacks

Die Formulierung des DEA-Modells wie in (5) birgt jedoch noch ein gewichtiges Problem: Als DEA-effizient werden alle diejenigen Unternehmen ermittelt, deren Inputs nicht proportional reduziert werden müssen, um dann auf dem effizienten Rand zu liegen. Hierzu zählen allerdings auch Unternehmen, die auf zu den Achsen parallelen Teilstücken der Frontier liegen, d.h. die mindestens in einem Input (bzw. Output) von einem anderen Unternehmen der Frontier dominiert werden. Trotzdem weisen diese Unternehmen ein  $\theta$  von 1 auf. Um solche Lösungen zu vermeiden, wird das Optimierungsproblem (5) wie folgt verändert:

$$\min \theta_l - \epsilon e^T s^+ - \epsilon e^T s^- ,$$

NB:

$$Y\lambda - s^- = Y_l$$

(6)

$$\theta X_l - X\lambda - s^+ = 0 ,$$

$$\lambda, s^+, s^- \geq 0 .$$

Durch diese Modifizierung wird dafür gesorgt, daß bei einer Beobachtung, die sich zwar auf der Randfunktion befindet ( $\theta=1$ ), die jedoch von einem anderen Punkt der Randfunktion eindeutig dominiert wird, die Slacks ( $s$  für Überschuß-Inputs,  $s^+$  für Output-Slacks) gegenüber diesem dominierenden Punkt in der Zielfunktion berücksichtigt werden.  $e$  stellt hier einen Vektor dar, der nur 1 enthält und  $\epsilon$  ist die sogenannte "Nicht-Archimedische" Größe, die dafür sorgt, daß mögliche Slacks in die Zielfunktion aufgenommen werden.<sup>16</sup>

Für eine Effizienzanalyse hat dies zur Konsequenz, daß die Interpretation von  $\theta$ -Ineffizienzen immer auch die möglicherweise verbleibenden Slacks gegenüber dominanten Punkten berücksichtigen muß. Für eine rein qualitative Analyse würde diese Vorgehensweise vollkommen ausreichen. Es gibt allerdings auch die Möglichkeit, die proportionale Reduktion gemäß  $\theta$  sowie die verbleibenden Slacks in einem gemeinsamen Maß zu aggregieren, wobei diese Größen allerdings in der gleichen Einheit gemessen werden müssen. Färe/Hunsaker (1986) haben dabei vorgeschlagen, den Anteil des (der) Slacks am Gesamtinput der untersuchten Unternehmung zu ermitteln. Dabei geht man folgendermaßen vor:

Wie aus der Bestimmung von Indizes zur totalen Faktorproduktivität bekannt müssen die Inputs zu einer Gesamtgröße aggregiert werden. Bei der DEA-Methode verwendet man hierbei als Aggregationsgewichte die Grenzproduktivitäten der Inputfaktoren, wie man sie auf der linearen Teilfrontierfunktion der betreffenden Referenzunternehmung vorfindet. Diese Grenzproduktivitäten oder Preise ergeben sich als Lösungen des primalen Programms (4).<sup>17</sup> Mit Hilfe dieser Grenzproduktivitäten läßt sich so für jede Beobachtung ein virtueller Input bzw. Output und ein virtueller Slack berechnen. Der relative Anteil dieser Slacks vermindert den  $\theta$ -Wert der betreffenden Unternehmung. Der entsprechende Wert wird als  $\iota$

---

<sup>16</sup> Die Variable  $\epsilon$  muß dabei kleiner gewählt sein als jede andere mögliche Größe des Optimierungsproblems. Das heißt insbesondere, daß zuerst der effiziente Rand ermittelt werden muß. Dann können die möglichen Slack-Variablen in die Zielfunktion aufgenommen werden. Für das primale Programm bedeutet diese Modifikation, daß die Bedingungen für positive Aggregationsgewichte explizit als Nebenbedingung in das Programm aufgenommen werden.

<sup>17</sup> Das Verhältnis der Grenzproduktivitäten kann hier als die Steigung der linearen Teilstücke der Frontierfunktion interpretiert werden. Die Verwandtschaft zur bekannten Isoquantenanalyse ist hier offensichtlich.

bezeichnet und erfaßt die proportionale Inputreduktion sowie die möglichen Slacks. Sind letztere nicht vorhanden, dann entsprechen sich  $\iota$ - und  $\theta$ -Wert.

Die nachfolgende empirische Analyse der kommunalen Stromversorger basiert auf der Problemformulierung (6), wobei wir  $\iota$  als aggregiertes Ineffizienzmaß ausweisen.

### 3.3 Die Berücksichtigung von Skaleneffekten

Effizienzanalysen sehen sich immer wieder mit dem Problem konfrontiert, daß sich die ermittelten Ineffizienzen aus verschiedenen Teilineffizienzen zusammensetzen. Prinzipiell unterscheidet man hier die technische/technologische, die alloкатive und die Skaleneffizienz. Während die alloкатive Ineffizienz bei der DEA-Analyse keine Rolle spielt - die Preise werden ja durch das Verfahren selbst ermittelt - , erlaubt sie es, zwischen technischer/technologischer und Skaleneffizienz zu unterscheiden.

Um hierzu Aussagen machen zu können, betrachten wir uns noch einmal die Formulierung des DEA-Programms wie sie mit (6) gegeben ist. Bei dieser Formulierung wird unterstellt, daß die Produktion keinerlei Skaleneffekte aufweist. Daher bezeichnet man dieses Modell auch als das CRS-Modell (constant returns to scale). Das Ergebnistableau dieses CRS-Modells läßt schon erste Rückschlüsse zu, ob der untersuchte Produktionsprozeß steigende oder fallende Skalenerträge aufweist. Ein Indikator hierfür ist die Summe der  $\lambda$ -Werte. Für DEA-effiziente Unternehmen ( $\iota=1$ ) nimmt diese Summe stets den Wert 1 an. Alle nicht-effizienten Unternehmen lassen sich prinzipiell in drei Gruppen einteilen. Die erste Gruppe hat eine  $\lambda$ -Summe, die kleiner ist als eins, was darauf hinweist, daß diese Unternehmen im Bereich steigender Skalenerträge produzieren und daher die Unternehmensgröße zu klein ist. Für die zweite Gruppe ermittelt sich eine  $\lambda$ -Summe, die größer ist als eins, so daß wir hier Unternehmen vorfinden, die im Bereich sinkender Skalenerträge produzieren - die Unternehmensgröße liegt über dem optimalen Wert. Eine dritte Gruppe - ein allerdings seltener

Fall - enthält Unternehmen, die zwar skaleneffizient, jedoch technisch ineffizient produzieren ( $\lambda=1, \iota < 1$ ).<sup>18</sup>

Hat man auf diese Art festgestellt, daß in dem untersuchten Produktionsbereich Skaleneffekte vorliegen, dann ist es sicherlich von Interesse, die gesamte Ineffizienz in eine technische und in eine Skalenineffizienz aufzuspalten. Banker/Charnes/Cooper (1984) haben zu diesem Zweck vorgeschlagen, das DEA-Programm (6) dahingehend zu verändern, daß eine zusätzliche Nebenbedingung aufgenommen wird. Diese Nebenbedingung legt fest, daß die Summe der  $\lambda$ -Werte den Wert 1 annehmen muß. Das so modifizierte DEA-Programm weist dann auch solche Unternehmen als DEA-effizient aus, die zwar technisch effizient sind, jedoch in der optimalen Unternehmensgröße produzieren. Alle nicht-effizienten Unternehmen ( $\iota < 1$ ) weisen in diesem Programm nur noch technische Ineffizienz auf. Die Programmformulierung, die zu solchen Ergebnissen führt, nennt man VRS-Modell (variable returns to scale).

Zur Trennung der gesamten Ineffizienz in technische und Skalenineffizienz benötigt man sowohl die  $\iota$ -Werte des CRS- als auch die des VRS-Modells. Der Quotient aus  $\iota$ -CRS und  $\iota$ -VRS ergibt dann eine Größe, die allein die Skalenineffizienz beinhaltet.<sup>19</sup>

Diese Vorgehensweise zur Ermittlung von Skalenineffizienzen ist natürlich nicht ohne Einschränkungen durchführbar. So wird man bei der empirischen Anwendung des CRS-Modells im Regelfall immer auf Unternehmen treffen, deren  $\lambda$ -Summe ungleich eins ist. Dies ist allerdings kein ausreichender Indikator für einen tatsächlich durch Skaleneffekte gekennzeichneten realen Produktionsprozeß. Vielmehr kann man nur feststellen, daß die empirisch beobachteten Daten so verteilt sind, daß, bezogen auf diesen Datensatz, Skaleneffekte vorliegen. Der wirkliche Produktionsprozeß kann trotzdem ein Prozeß mit konstanten Skalenerträgen sein. Um hier Fehlinterpretationen zu vermeiden, ist es daher unumgänglich, a priori plausibel zu machen, daß der untersuchte Sektor Skaleneffekte aufweist (oder nicht).

---

<sup>18</sup> Vgl. hierzu Banker/Thrall (1992). Die Verwendung der  $\lambda$ -Summe als Indikator für Skaleneffekte ist allerdings nur dann uneingeschränkt möglich, wenn sich der Input/Output-Vektor  $V_i$  eines bestimmten Unternehmens  $i$  nicht multiplikativ aus dem Input/Output-Vektor  $V_j$  eines Unternehmens  $j$  ergibt:  $V_i \neq \alpha V_j, \alpha > 0, i \neq j$ .

<sup>19</sup> Vgl. hierzu Forsund/Hjalmarsson (1987), Färe/Grosskopf/Logan (1985).

## **4. Datenbasis und empirische Ergebnisse**

### **4.1 Datenbasis**

Die für die nachfolgenden Berechnungen verwendeten Daten basieren auf einer Erhebung von repräsentativ ausgewählten Stromversorgungsunternehmen. Hierbei wurden vor allem deren Geschäftsberichte ausgewertet; zusätzlich benötigte Daten stellten die Unternehmen zur Verfügung.

Der Untersuchungszeitraum beträgt 10 Jahre (1983 bis 1992). Dabei werden 15 Stromversorgungsbetriebe aus dem ganzen Bundesgebiet (alte Bundesländer) analysiert. Diese Stromversorger decken ländliche Gebiete mit ca. 35.000 Einwohnern bis hin zu Ballungsräumen mit ca. 1,7 Mio. Einwohnern ab.

Die Daten, die direkt in die Analyse eingehen, wurden aus den originären Angaben der Unternehmen abgeleitet. Dabei haben wir Aggregationen und Aufteilungen vorgenommen, um zu griffigen In- und Outputkomponenten zu gelangen. An dieser Stelle wollen wir noch einmal den großen Vorteil der DEA-Methode betonen: Jeder In- oder Output kann in beliebiger Weise gemessen und skaliert werden. Die sonst sehr problematische Umrechnung der verschiedensten, zum Teil physikalischen Größen kann entfallen.

#### **Inputkomponenten**

Wie für Produktivitätsuntersuchungen üblich, teilen wir die Inputfaktoren auf die drei Bereiche Kapital-, Material- und Arbeitseinsatz auf.

Für den Kapitaleinsatz verwenden wir die Sammelgröße "KAPITAL", bestehend aus der Summe von Erzeugungsanlagen, Beschaffungsanlagen und Verteilungsanlagen in DM Beträgen. Da die untersuchten Stromversorger zu einem gewissen Prozentsatz Strom einkaufen und dann weiterverteilen, verwenden wir hierfür eine Materialeinsatzgröße "FREMDSTROM", die die Menge des zugekauften Stroms in KWH erfaßt. Für den Arbeitseinsatz "ARBEIT" haben wir aus Gründen der Datenkonsistenz bei Zeitreihen- und Querschnittsbetrachtung nur die Summe der Vollzeitmitarbeiter in die Analyse einbezogen.

### Outputkomponenten

Als Output steht im Bereich Stromversorger grundsätzlich die "STROMABGABE", gemessen in KWH zur Verfügung. Verfolgten die untersuchten Betriebe rein privatwirtschaftliche Ziele, könnten wir uns auf diesen einzigen Output konzentrieren.

Da, wie bereits erwähnt, von den öffentlichen Stromversorgungsbetrieben aber eine flächen-deckende Versorgung der Bevölkerung mit Strom sowie die Vorhaltung von Spitzenkapazitäten verlangt wird, muß neben der abgegebenen Strommenge auch die angebotene Leistung als Output betrachtet werden.

Eine einseitige Betrachtung der abgegebenen Strommenge würde die Leistung der Versorger für Wohnbevölkerung (weite Wege, geringe Strommenge/Kopf) im Vergleich zu Industrierversorgern benachteiligen. So bewegt sich in unserem Sample die Kabelnetzlänge zwischen 6 und 18 Meter pro versorgtem Einwohner und die abgegebene Strommenge zwischen 0,0026 und 0,009 Mio.KWH pro versorgtem Einwohner. Als Approximation für die Größe der versorgten Region sollen daher das bediente "KABELNETZ" und die "ANZAHL VERSORGTER EINWOHNER" dienen. In diesem Outputbestandteil spiegelt sich sowohl die Anzahl der Abnehmer als auch deren geographische Verteilung über die betrachtete Region wider.

Andererseits muß ebenso berücksichtigt werden, daß Stromversorger in eher industriell geprägten Gebieten hohe Transformatorenkapazitäten für Spitzenlastzeiten vorhalten müssen. Hier können wir Werte von 0,0009 bis 0,01 KVA pro versorgtem Einwohner feststellen. Die Vorhaltekapazität für Spitzenlastzeiten können wir über die Outputkomponente "TRAFOLEISTUNG" des betrachteten Stromnetzes abgreifen.

Für die Durchführung unserer Analysen arbeiten wir nun mit zwei unterschiedlichen Outputdefinitionen. Im ersten Fall werden die Stromversorger wie Unternehmen auf einem rein privatwirtschaftlich organisierten Markt betrachtet. Da nicht abgegebener Strom nicht auf Lager gehalten werden kann und so als "Produktionsabfall" ineffizienzerhöhend wirkt, wurde die vorgehaltene Transformatorenkapazität nicht als Output berücksichtigt. Ebenso durfte

auch die Ausdehnung des versorgten Gebietes nicht in den Output aufgenommen werden. Für eine reine "Privatwirtschaftliche Betrachtung" wird der Output also nur mittels der "STROMABGABE" in KWH erfaßt.

Die explizite Einbeziehung der beiden öffentlichen Aufträge, Kapazitätsvorhaltung und lückenlose Versorgung der Bevölkerung erweitert das Spektrum des Leistungsangebots. In unsere Berechnungen fließen also unter Berücksichtigung des öffentlichen Auftrages die Outputbestandteile "STROMABGABE" in KWH, "TRAFOLEISTUNG" in KVA und "KABELNETZ" in km und "VERSORGTE EINWOHNER" in Köpfen ein.

## 4.2 Ergebnisse und Interpretation

Die Auswertung der Unternehmensdaten nehmen wir in dieser Untersuchung über den Vergleich von  $\iota$ -Werten vor, die auf unterschiedlicher Basis ermittelt werden. Um die verschiedenen Größen unterscheiden zu können, erhalten diese einen vierstelligen Code. Dieser zeigt an der ersten Stelle, ob es sich um den reinen  $\iota$ -Wert (I) oder um Skalenineffizienz (S) handelt. Die zweite Stelle gibt Aufschluß, ob es sich um eine Querschnitts- (Q) oder Panelbetrachtung (P) handelt. An der dritten Stelle ist die private (P) beziehungsweise öffentliche (Ö) Outputdefinition abzulesen. Die Annahme konstanter (C) oder variabler (V) Skalenerträge wird durch die vierte Stelle ausgewiesen.

### 4.2.1 Die verschiedenen $\iota$ -Werte

Für unsere Analyse berechnen wir eine erste Gruppe von  $\iota$ -Werten auf Basis einer Querschnittsbetrachtung Jahr für Jahr (\*Q\*\*). Dieses Vorgehen liefert uns für jedes Jahr von 1983 bis 1992 eine technologische Frontier. So erhalten wir die Effizienzunterschiede und damit im Endeffekt ein Ranking der Unternehmen innerhalb des jeweils betrachteten Jahres.

Eine zweite Gruppe (\*P\*\*) von  $\iota$ -Werten basiert auf einer Panel-Analyse für alle Stromversorger des Samples und alle Jahre. Hier erzeugen wir eine einzige "all-time-best-practice-

frontier", an der alle Unternehmen aller Jahre gemessen werden. Dieses Vorgehen soll Aussagen über den technischen/technologischen Fortschritt des Samples während des Betrachtungszeitraumes liefern.

Für jede der beiden Gruppen berechnen wir dann  $t$ -Werte mit öffentlich-rechtlichem (\*\*Ö\*) und privatem (\*\*P\*) Output um festzustellen, ob sich die Effizienz der Unternehmen bei unterschiedlicher Sichtweise ändert.

Zu einer weiteren Unterteilung der  $t$ -Werte führt die Berücksichtigung von Skalenerträgen. Hier verwenden wir einmal ein Modell (CRS), welches Skaleneffizienz und technische Ineffizienz in einer Summe ausweist (\*\*C). Zum anderen berechnen wir die "reine" technische Ineffizienz in einem VRS Modell (\*\*V). Wie in Abschnitt 3. beschrieben, sind wir dann auch in der Lage, die "reine" Skaleneffizienz (S\*\*) zu separieren. Dieses Vorgehen macht aber nur für die Querschnittsbetrachtung Sinn, da sich bei einer Panel Analyse im CRS Modell die Auswirkungen von technologischem Fortschritt, technischer Ineffizienz und Skaleneffekten überlagern.

Tabelle 1: Durchschnittliche  $t$ -Werte pro Jahr

	IQPC	IQÖC	IQÖV	SQÖ	IPÖV
1983	.77752	.96211	.98812	.97379	.95367
1984	.73864	.93009	.97526	.95555	.93849
1985	.77137	.94064	.97680	.96331	.93496
1986	.76693	.94445	.97986	.96447	.92439
1987	.77610	.93446	.97515	.95925	.92061
1988	.78693	.94755	.97460	.97228	.91606
1989	.79531	.96174	.97898	.98273	.91705
1990	.80099	.94541	.97123	.97306	.93383
1991	.80208	.95371	.96610	.98765	.90304
1992	.83184	.97846	.98169	.99761	.91351

Aus den oben beschriebenen Varianten haben wir die für unsere Fragestellungen relevanten Ineffizienzwerte SQÖ, IPÖV, IQÖC, IQPC und IQÖV ausgewählt. Tabelle 1 zeigt diese Größen als ungewichtete Durchschnittswerte für jedes Jahr.

#### 4.2.2 Interpretation der Ergebnisse

Zur Interpretation der Analyseergebnisse wollen wir uns einigen in diesem Wirtschaftsbereich interessanten Fragestellungen zuwenden.

##### **Regulierung und Effizienz**

Beginnen wir mit der Frage, wie hoch die Ineffizienz des Sektors ausfällt, wieviele Stromversorger in den einzelnen Jahren DEA-effizient arbeiten und wie dieses Ergebnis vor dem Hintergrund der Regulierung des Stromsektors zu interpretieren ist.

Dabei verwenden wir zuerst die  $t$ -Werte IQPC ("privater Output") aus Tabelle 1. Die durchschnittliche Ineffizienz des Sektors liegt demnach zwischen 17 und 26 Prozent. Aus Tabelle 2 ist zu entnehmen, daß jedes Jahr jeweils nur drei Unternehmen die "technology frontier" bilden, also DEA-effizient sind. Wichtig ist auch, daß jedes Jahr dieselben Unternehmen diese Spitzengruppe bilden, also ihren Effizienzvorsprung Jahr für Jahr behalten.

Die Feststellung so großer Effizienzunterschiede und deren Persistenz im Zeitablauf ist erstaunlich. Da man bei der Verteilung von Strom von einem standardisierten Verfahren ausgehen sollte und es sich bei Strom um ein zweifelsohne homogenes Gut handelt wären eigentlich nur geringe, zeitlich wechselnde Effizienzunterschiede zu erwarten. Zur Erklärung unseres Ergebnisses könnte man sich darauf beschränken, den Managern der einzelnen Unternehmen unterschiedlich bürokratisches Verhalten zu unterstellen, womit die relativen Ineffizienzen letztendlich "hausgemacht" wären.

Nun haben wir jedoch oben schon mehrfach darauf hingewiesen, daß wir mit den Stromversorgern einen staatlich regulierten Bereich untersuchen. Hier werden die Unternehmen gezwungen, für gesamtgesellschaftlich erwünschte Outputs zusätzliche Ressourcen ein-

zusetzen. Je nach der Struktur des Versorgungsgebietes werden aber unterschiedliche Inputmengen benötigt, die die jeweils betroffenen Stromversorger zum größten Teil nicht selbst beeinflussen können. Dieser öffentlich generierte, regional spezifische Input darf jedoch nicht als Verschwendung interpretiert werden.

Um diesem Umstand Rechnung zu tragen, muß jedem Stromversorger ein entsprechender, regional spezifischer, öffentlich vorgeschriebener Output zugeordnet werden, der quasi "neutralisierend" wirkt. Wir konstruieren aus diesem Grund für unsere Analyse den weiter oben beschriebenen öffentlichen Output, um nur die tatsächlich vom Unternehmen selbst verursachte Ineffizienz zu messen. Tabelle 1 und Tabelle 2 zeigen eindeutig, daß mit Einbeziehung "öffentlicher Outputkomponenten" (IQÖC) die Ineffizienz geringer wird und die Zahl der effizienten Unternehmen steigt.<sup>20</sup> Dies bestätigt unsere Vermutung, daß ein Großteil der Ineffizienz bei IQPC auf regionale Unterschiede zurückzuführen ist, und die staatliche Regulierung die Anpassungsmöglichkeiten der Unternehmen diesbezüglich stark einschränkt. Ein Abbau dieser Ineffizienz kann dann nur über eine Modifikation der Regulierung - hier im Sinne einer Veränderung der Größe und/oder der Struktur des Versorgungsgebietes - erfolgen.

Um diejenigen Ineffizienzen aufzudecken, die tatsächlich auf Entscheidungen der Unternehmen selbst zurückzuführen sind, müssen diejenigen Ineffizienzmaße betrachtet, die die öffentlichen (Inputs und) Outputs miteinbeziehen.

Tabelle 2: Anzahl DEA-effizienter Firmen und %-Anteil des effizient produzierten Output

	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
<b>IQPC</b>	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
%-Anteil des effizient produzierten Output	56%	57%	54%	51%	50%	49%	48%	48%	48%	49%
<b>IQÖC</b>	11	9	9	8	9	9	11	10	11	12
%-Anteil des effizient produzierten Output	85%	68%	65%	62%	62%	60%	70%	68%	60%	92%

<sup>20</sup> Dies muß nicht in jedem Fall so erfolgen. Da wir mit der DEA eine relative Effizienzkennzahl ermitteln, führt die Einbeziehung zusätzlicher Outputs nicht zwangsläufig zu alle Unternehmen betreffenden Effizienzerhöhungen.

Die Anzahl effizient arbeitender Unternehmen soll in einem weiteren Schritt noch um ihre Bedeutung im Sample ergänzt werden. Wir verwenden als Gewicht sowohl für den öffentlichen als auch für den privaten Output die Größe STROMABGABE und können auf diese Weise feststellen, wieviele KWH Strom effizient verteilt werden. Diese Analyse kann uns erste Hinweise darauf geben, ob die von uns gemessene Ineffizienz vor allem auf die Unternehmensgröße zurückgeführt werden kann.

Im öffentlichen Fall können wir ab dem Jahr 1984 eine sinkende durchschnittliche Effizienz feststellen, die aber mit einer Verringerung der Anzahl der effizienten Stromversorger einhergeht. Der Einbruch im Jahr 1984 sowie der Anstieg auf 92% im Jahr 1992 ist auf den Sprung eines einzigen großen Unternehmens weg von beziehungsweise auf die "Frontier" zurückzuführen. Prinzipiell läßt sich sagen, daß zwischen 18% und 40% der abgegebenen Strommenge öffentlich wirtschaftlich ineffizient verteilt werden. Eine klare Aussage zu Größeneffekten läßt sich aufgrund dieses Ergebnisses noch nicht ableiten. Dazu ist es notwendig, in einem nächsten Schritt Skaleneffekte und damit die optimale Unternehmensgröße (most productive scale size) für unser Sample explizit zu ermitteln.

### Skaleneffekte

Für diesen Analyseschritt bestimmen wir analog der Beschreibung in Abschnitt 3.3 die Höhe der durchschnittlichen "reinen" Skalenineffizienz (SQÖ). Tabelle 1 oben zeigt deutlich, daß hier Größeneffekte durchschlagen (SQÖ ist durchgehend kleiner als 1). Geht man auf die Unternehmensebene zurück, lassen sich die betrachteten Stromversorger in Klassen mit steigenden, konstanten oder sinkenden Skalenerträgen einordnen. Tabelle 3, Reihe "ÖFFENTL." zeigt diese Ergebnisse summarisch für den gesamten Untersuchungszeitraum.

Tabelle 3: Stromversorger in den einzelnen Skalenregionen (1983-1992)

	konstante SE	sinkende SE	steigende SE
ÖFFENTL.	66%	21%	13%
PRIVAT	20%	47%	33%

Diese Auswertung zeigt, daß die Unternehmensgrößen für den vom Gesetzgeber gewünschten Output in einem Drittel der Fälle nicht als optimal bezeichnet werden können. Die

Gruppe mit "richtig" gewählter Unternehmensgröße umfaßt hier sowohl die DEA-effizienten Stromversorger aus dem CRS-Modell als auch die technisch ineffizienten, jedoch "richtig" dimensionierten Unternehmen aus dem VRS-Modell. Interessant ist auch die Tatsache, daß die Stromversorger nicht ausschließlich "zu klein", sondern in der Mehrzahl der suboptimalen Fälle eher "zu groß" dimensioniert erscheinen. Die von den Unternehmen selbst verursachte Ineffizienz ist also sowohl auf einen "falsch" dimensionierten als auch technisch nicht optimal betriebenen Produktionsprozeß zurückzuführen.

In Tabelle 3 haben wir in der Reihe "PRIVAT" zusätzlich den Anteil der skalenineffizienten Stromversorger ausgewiesen, der sich ergibt, wenn wir nicht um den regional spezifischen, öffentlich geforderten Output korrigieren. Dies erlaubt Aussagen darüber, ob durch die Regulierung "falsche" Unternehmensgrößen erzwungen werden, über die die Unternehmen nicht disponieren können. Wie man sieht, werden sowohl zu kleine als auch zu große Versorgungseinheiten eingerichtet, wobei letztere überwiegen. Auch hier stellt sich wieder die Frage, ob durch eine Veränderung der Regulierung derartige Skalenineffizienzen abgebaut werden können.

### **Effizienzbeeinflussende Einzelgrößen**

Im Zusammenhang mit den festgestellten Skaleneffekten stellen wir uns nun ganz allgemein die Frage, ob die DEA-Effizienz der Stromversorgungsunternehmen von einzelnen, absoluten Faktoren wie Menge der Stromabgabe oder der Anzahl der versorgten Einwohner direkt beeinflußt wird. Zusätzlich untersuchen wir auch noch den Einfluß relativer Größen, wie Stromabgabe pro Einwohner, Kabelnetzlänge pro Einwohner und Trafoleistung pro Einwohner und Anteil Fremdstrom an der Stromabgabe. Dazu führen wir für alle Gruppen von  $t$ -Werten Regressionen mit den oben genannten erklärenden Variablen durch. Die  $R^2$  Werte, die wir bei diesen Berechnungen erhalten liegen durchweg in Größenordnungen, die einen statistisch nachweisbaren Zusammenhang zwischen einzelnen absoluten oder relativen Größen und den verschiedenen  $t$ -Werten nicht erkennen lassen. Dies weist deutlich darauf hin, daß mit der DEA-Effizienz die optimale Kombinationen der In- und Outputs und damit die Optimierung des kompletten Produktionsprozesses gemessen wird.

### **Zeitliche Entwicklung der technischen/technologischen Ineffizienz**

In einer abschließenden Analyse wollen wir nun untersuchen, wie sich die Effizienz der Stromversorger unseres Samples über den Zeitablauf verändert. Dabei interessiert uns vor allem, ob es möglich ist, technischen Fortschritt im Sinne einer Effizienzverbesserung über die Zeit festzustellen. Um die  $t$ -Werte über mehrere Betrachtungsperioden hinweg miteinander vergleichen zu können, führen wir eine DEA Berechnung durch, die alle Unternehmen über alle Jahre miteinbezieht (Panel). Um Skaleneffekte zu eliminieren verwenden wir dabei das VRS Modell.

Die Entwicklung der Zeitreihe IÖPV in Tabelle 1 weist auf eine tendenziell sinkende durchschnittliche technische/technologische Effizienz hin. Diese Entwicklung kann prinzipiell auf zwei Ursachen zurückzuführen sein, wobei wir die Möglichkeit des "Vergessens" technologischen Know-Hows (also ein Absinken der technologischen Effizienz) ausschließen:

- (1) Die technische Ineffizienz (Verschwendung, Managementfehler etc.) hat zugenommen und dabei einen eventuell stattfindenden technologischen Fortschritt überkompensiert.
- (2) Technologischer Fortschritt hat stattgefunden, sich jedoch nicht gleichmäßig über alle Unternehmen verteilt.

Ohne detailliertere Daten zur technologischen Entwicklung (z.B. F&E Ausgaben, Modernisierungs- und Rationalisierungsinvestitionen) lassen sich hierzu jedoch keine exakteren Aussagen machen.

## **5. Zusammenfassung**

Die vorgestellte Analyse beschäftigt sich mit der Effizienzmessung für einen speziell ausgewählten öffentlichen Sektor, die öffentliche Stromversorgung. Als Methode wird ein nicht-parametrisches Verfahren der linearen Programmierung eingesetzt, die DEA. Mit ihr ist es möglich sowohl technische/technologische als auch Skalenineffizienz zu identifizieren. Ein weiterer Vorteil dieser Methode ist die Möglichkeit, auch Inputs und Outputs zu verwenden, die keiner marktmäßigen Bewertung unterliegen.

Unsere empirische Auswertung zeigt als wichtigstes Ergebnis auf, daß die Effizienzunterschiede im Stromversorgungssektor sowohl durch staatliche Regulierung direkt und von den Unternehmen unbeeinflussbar hervorgerufen als auch von den Unternehmen selbst verursacht werden. Um diese Ineffizienzen zu verringern oder gar zu beseitigen, müßten jeweils andere Maßnahmen - von staatlicher Seite einerseits, auf der Unternehmensebene andererseits - ergriffen werden.

Vor diesem Hintergrund können unsere Ergebnisse auch zur aktuellen Diskussion der Deregulierung des Stromversorgungssektors beitragen. Die Feststellung zu großer bzw. zu kleiner Stromversorgungsunternehmen zeigt deutlich, daß zum Abbau relativer Ineffizienzen zwischen den Stromversorgungsunternehmen eine Veränderung der Demarkationsregelungen beitragen kann. Inwieweit ein Stromversorgungsunternehmen die wohl hauptsächlich technologisch determinierte optimale Betriebsgröße erreichen kann oder nicht, hängt unter anderem auch damit zusammen, welches Versorgungsgebiet ihm zugeteilt ist. Werden diese Gebiete zu groß oder zu klein gewählt, dann ergeben sich notwendigerweise Ineffizienzen, die allerdings vom Unternehmen selbst nicht beeinflußt werden können. Vor diesem Hintergrund sind Vorschläge, die zu einer "Aufweichung" der Demarkationsregelung führen, grundsätzlich positiv zu bewerten. Sowohl der "third party access" wie auch Neuregelungen bei der Vergabe von Gebietsmonopolen scheinen in dieser Hinsicht geeignete Deregulierungsmaßnahmen zu sein - sie können helfen, relative Ineffizienzen abzubauen. Inwieweit hierdurch allerdings auch absolute Ineffizienzen abgebaut werden, darüber kann unsere empirische Analyse keinen Aufschluß geben. Last not least kann man auch erwarten, daß durch die Deregulierungsmaßnahmen technologische Verbesserungen im Stromversorgungssektor hervorgerufen werden, wie wir sie in unserer Analyse für einen Zeitraum von 10 Jahren nicht feststellen konnten.

## Literatur

- Banker R.D., A. Charnes and W.W. Cooper (1984), Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis, *Management Science*, vol.30(9), 1984, pp.1078-92.
- Banker R.D. and R.M. Thrall (1992), Estimation of Returns to Scale Using Data Envelopment Analysis, *European Journal of Operational Research*, vol.62, 1992, pp.74-84.
- Böhm K.(1978), *Lineare Quotientenprogrammierung - Rentabilitätsoptimierung*, Frankfurt a.M.: Haag+Herchen Verlag, 1978.
- Bös D. (1988), Introduction: Recent Theories on Public Enterprise Economics, *European Economic Review*, vol.32, 1988, S.409-14.
- Chang K.-P. and Y.-Y. Guh (1991), Linear Production Functions and the Data Envelopment Analysis, *European Journal of Operations Research*, vol.52, 1991, pp.215-23.
- Charnes A. and W.W. Cooper (1962), Programming with Linear Fractional Functionals, *Naval Research Logistics Quarterly*, vol.9, 1962, pp.181-86.
- Charnes A., W.W. Cooper and R.M. Thrall (1986), Classifying and Characterizing Efficiencies and Inefficiencies in Data Envelopment Analysis, *Operations Research Letters*, vol.5(3), 1986, pp.105-10.
- Farrell M.J. (1957), The Measurement of Productive Efficiency, *Journal of the Royal Statistical Society, Series A*, vol. 120, 1957, pp.253-81.
- Färe R., S. Grosskopf and J. Logan (1985), The Relative Performance of Publicly Owned and Privately Owned Electric Utilities, *Journal of Public Economics*, vol. 26, 1985, pp. 89-106.
- Forsund F. and L. Hjalmarsson (1987), *Analyses of Industrial Structure: An Putty-Clay Approach*, Stockholm: Almqvist&Wiksell International, 1987
- Green H.A.J. (1964), *Aggregation in Economic Analysis*, Princeton: Princeton University Press, 1964
- Hanusch H. und U. Cantner (1991), Produktion öffentlicher Leistungen: Effizienz und technischer Fortschritt, *Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik*, Vol. 208(4), 1991, S. 369-84.
- Joskoff P.L. and R. Schmalensee (1985), *Markets for Power*, 2nd Edition, Cambridge, 1985.
- Kendrick J.W. (1956), Productivity Trends: Capital and Labor, *Review of Economics and Statistics*, vol.38, 1956, pp.248-57.
- Leontief W.W. (1947), Introduction to a Theory of the Internal Structure of Functional Relationships, *Econometrica*, vol.15, 1947, pp.361-73.
- Obernolte W. (1990), *Energiewirtschaftsrecht - Energiewirtschaftsgesetz mit den Durchführungsbestimmungen, Nebengesetzen, Verordnungen und Erlassen; Kommentar*, (Loseblattsammlung), München: Beck, 1988.
- Ott A.E. (1959), Technischer Fortschritt, in: *Handwörterbuch der Sozialwissenschaften*, Bd. 10, Stuttgart, 1959, S. 302-16.

## Beiträge in der Volkswirtschaftlichen Diskussionsreihe seit 1991

### Im Jahr 1991 erschienen:

- |                 |                               |  |
|-----------------|-------------------------------|--|
| Beitrag Nr. 50: | Manfred Stadler               | Determinanten der Innovationsaktivitäten in oligopolistischen Märkten  |
| Beitrag Nr. 51: | Uwe Cantner<br>Horst Hanusch  | On the Renaissance of Schumpeterian Economics  |
| Beitrag Nr. 52: | Fritz Rahmeyer                | Evolutorische Ökonomik, technischer Wandel und sektorales Produktivitätswachstum   |
| Beitrag Nr. 53: | Uwe Cantner<br>Horst Hanusch  | The Transition of Planning Economies to Market Economies: Some Schumpeterian Ideas to Unveil a Great Puzzle                          |
| Beitrag Nr. 54: | Reinhard Blum                 | Theorie und Praxis des Übergangs zur marktwirtschaftlichen Ordnung in den ehemals sozialistischen Ländern                            |
| Beitrag Nr. 55: | Georg Licht                   | Individuelle Einkommensdynamik und Humankapitaleffekte nach Erwerbsunterbrechungen   |
| Beitrag Nr. 56: | Thomas Kuhn                   | Zur theoretischen Fundierung des kommunalen Finanzbedarfs in Zuweisungssystemen  |
| Beitrag Nr. 57: | Thomas Kuhn                   | Der kommunale Finanzausgleich - Vorbild für die neuen Bundesländer?  |
| Beitrag Nr. 58: | Günter Lang                   | Faktorsubstitution in der Papierindustrie bei Einführung von Maschinen- und Energiesteuern   |
| Beitrag Nr. 59: | Peter Welzel                  | Strategische Interaktion nationaler Handelspolitiken. Freies Spiel der Kräfte oder internationale Organisation?                      |
| Beitrag Nr. 60: | Alfred Greiner                | A Dynamic Model of the Firm with Cyclical Innovations and Production: Towards a Schumpeterian Theory of the Firm                     |
| Beitrag Nr. 61: | Uwe Cantner<br>Thomas Kuhn    | Technischer Fortschritt in Bürokratien   |
| Beitrag Nr. 62: | Klaus Deimer                  | Wohlfahrtsverbände und Selbsthilfe - Plädoyer für eine Kooperation bei der Leistungserstellung                                       |
| Beitrag Nr. 63: | Günter Lang<br>Peter Welzel   | Budgetdefizite, Wahlzyklen und Geldpolitik: Empirische Ergebnisse für die Bundesrepublik Deutschland, 1962-1989                      |
| Beitrag Nr. 64: | Uwe Cantner<br>Horst Hanusch  | New Developments in the Economics of Technology and Innovation   |
| Beitrag Nr. 65: | Georg Licht<br>Viktor Steiner | Male-Female Wage Differentials, Labor Force Attachment, and Human-Capital Accumulation in Germany                                    |
| Beitrag Nr. 66: | Heinz Lampert                 | The Development and the Present Situation of Social Policy in the Federal Republic of Germany (FRG) within the Social-Market-Economy |
| Beitrag Nr. 67: | Manfred Stadler               | Marktkonzentration, Unsicherheit und Kapitalakkumulation   |

- Beitrag Nr. 68: Andrew J. Buck  
Manfred Stadler R&D Activity in a Dynamic Factor Demand Model: A Panel Data Analysis of Small and Medium Size German Firms
- Beitrag Nr. 69: Karl Morasch Wahl von Kooperationsformen bei Moral Hazard

**Im Jahr 1992 erschienen:**

- Beitrag Nr. 70: Horst Hanusch  
Uwe Cantner Thesen zur Systemtransformation als Schumpeterianischem Prozeß
- Beitrag Nr. 71: Peter Welzel Commitment by Delegation. Or: What's "Strategic" about Strategic Alliances?
- Beitrag Nr. 72: Friedrich Kugler  
Horst Hanusch Theorie spekulativer Blasen: Rationaler Erwartungswertansatz versus Ansatz der Quartischen-Modalwert-Erwartungen
- Beitrag Nr. 73: Uwe Cantner Product and Process Innovations in a Three-Country-Model of International Trade Theory - A Ricardian Analysis
- Beitrag Nr. 74: Alfred Greiner  
Horst Hanusch A Dynamic Model of the Firm Including Keynesian and Schumpeterian Elements
- Beitrag Nr. 75: Manfred Stadler Unvollkommener Wettbewerb, Innovationen und endogenes Wachstum
- Beitrag Nr. 76: Günter Lang Faktorproduktivität in der Landwirtschaft und EG-Agrarreform
- Beitrag Nr. 77: Friedrich Kugler  
Horst Hanusch Psychologie des Aktienmarktes in dynamischer Betrachtung: Entstehung und Zusammenbruch spekulativer Blasen
- Beitrag Nr. 78: Manfred Stadler The Role of Information Structure in Dynamic Games of Knowledge Accumulation
- Beitrag Nr. 79: Gebhard Flaig  
Manfred Stadler Success Breeds Success. The Dynamics of the Innovation Process
- Beitrag Nr. 80: Horst Hanusch  
Uwe Cantner New Developments in the Theory of Innovation and Technological Change - Consequences for Technology Policies
- Beitrag Nr. 81: Thomas Kuhn Regressive Effekte im Finanzausgleich
- Beitrag Nr. 82: Peter Welzel Oligopolistic Tragedies. National Governments and the Exploitation of International Common Property

**Bisher im Jahr 1993 erschienen:**

- Beitrag Nr. 83: Manfred Stadler Innovation, Growth, and Unemployment. A Dynamic Model of Creative Destruction
- Beitrag Nr. 84: Alfred Greiner  
Horst Hanusch Cyclic Product Innovation or: A Simple Model of the Product Life Cycle
- Beitrag Nr. 85: Peter Welzel Zur zeitlichen Kausalität von öffentlichen Einnahmen und Ausgaben. Empirische Ergebnisse für Bund, Länder und Gemeinden in der Bundesrepublik Deutschland
- Beitrag Nr. 86: Gebhard Flaig  
Manfred Stadler Dynamische Spillovers und Heterogenität im Innovationsprozeß. Eine mikroökonomische Analyse

Beitrag Nr. 87:	Manfred Stadler	Die Modellierung des Innovationsprozesses. Ein integrativer Mikro-Makro-Ansatz
Beitrag Nr. 88:	Christian Boucke Uwe Cantner Horst Hanusch	Networks as a Technology Policy Device - The Case of the "Wissenschaftsstadt Ulm"
Beitrag Nr. 89:	Alfred Greiner Friedrich Kugler	A Note on Competition Among Techniques in the Presence of Increasing Returns to Scale
Beitrag Nr. 90:	Fritz Rahmeyer	Konzepte privater und staatlicher Innovationsförderung
Beitrag Nr. 91:	Peter Welzel	Causality and Sustainability of Federal Fiscal Policy in the United States
Beitrag Nr. 92:	Friedrich Kugler Horst Hanusch	Stock Market Dynamics: A Psycho-Economic Approach to Speculative Bubbles
Beitrag Nr. 93:	Günter Lang	Neuordnung der energierechtlichen Rahmenbedingungen und Kommunalisierung der Elektrizitätsversorgung
Beitrag Nr. 94:	Alfred Greiner	A Note on the Boundedness of the Variables in Two Sector Models of Optimal Economic Growth with Learning by Doing
Beitrag Nr. 95:	Karl Morasch	Mehr Wettbewerb durch strategische Allianzen?
Beitrag Nr. 96:	Thomas Kuhn	Finanzausgleich im vereinten Deutschland: Desintegration durch regressive Effekte
Beitrag Nr. 97:	Thomas Kuhn	Zentralität und Effizienz der regionalen Güterallokation
Beitrag Nr. 98:	Wolfgang Becker	Universitärer Wissenstransfer und seine Bedeutung als regionaler Wirtschafts- bzw. Standortfaktor am Beispiel der Universität Augsburg
Beitrag Nr. 99:	Ekkehard von Knorring	Das Umweltproblem als externer Effekt? Kritische Fragen zu einem Paradigma -
Beitrag Nr. 100:	Ekkehard von Knorring	Systemanalytischer Traktat zur Umweltproblematik
Beitrag Nr. 101:	Gebhard Flaig Manfred Stadler	On the Dynamics of Product and Process Innovations A Bivariate Random Effects Probit Model
Beitrag Nr. 102:	Gebhard Flaig Horst Rottmann	Dynamische Interaktionen zwischen Innovationsplanung und -realisation
Beitrag Nr. 103:	Thomas Kuhn Andrea Maurer	Ökonomische Theorie der Zeit
Beitrag Nr. 104:	Alfred Greiner Horst Hanusch	Schumpeter's Circular Flow, Learning by Doing and Cyclical Growth
Beitrag Nr. 105:	Uwe Cantner Thomas Kuhn	A Note on Technical Progress in Regulated Firms
Beitrag Nr. 106:	Jean Bernard Uwe Cantner Georg Westermann	Technological Leadership and Variety A Data Envelopment Analysis for the French Machinery Industry
Beitrag Nr. 107:	Horst Hanusch Marcus Ruf	Technologische Förderung durch Staatsaufträge Das Beispiel Informationstechnik

**Im Jahr 1994 erschienen:**

Beitrag Nr. 108	Manfred Stadler	Geographical Spillovers and Regional Quality Ladders
Beitrag Nr. 109	Günter Lang Peter Welzel	Skalenerträge und Verbundvorteile im Bankensektor. Empirische Bestimmung für die bayerischen Genossenschaftsbanken
Beitrag Nr. 110	Peter Welzel	Strategic Trade Policy with Internationally Owned Firms
Beitrag Nr. 111	Wolfgang Becker	Lebensstilbezogene Wohnungspolitik - Milieuschutz- satzungen zur Sicherung preiswerten Wohnraumes
Beitrag Nr. 112	Alfred Greiner Horst Hanusch	Endogenous Growth Cycles - Arrow's Learning by Doing
Beitrag Nr. 113	Hans Jürgen Ramser Manfred Stadler	Kreditmärkte und Innovationsaktivität