

# Funktionale Form beim Effizienzvergleich für die 3. Regulierungsperiode

## NOTIZ FÜR E-CONTROL

*In dieser Notiz befassen wir uns mit der Durchführung des Effizienzvergleichs der Stromverteilnetzbetreiber für die 3. Regulierungsperiode (1. Januar 2014 bis 31. Dezember 2018) und insbesondere der Spezifikation der funktionalen Form für die Schätzungen der Effizienzwerte durch E-Control.*

## Einleitung

### Hintergrund

Seit dem 01. Januar 2006 unterliegen Stromverteilnetzbetreiber in Österreich der Anreizregulierung. Gegenstand der Anreizregulierung ist unter anderem die Durchführung eines Effizienzvergleichs („Benchmarking“) zur Bestimmung der individuellen Effizienzvorgabe. Derzeit befindet sich E-Control im Konsultationsverfahren, in dem die Stromverteilnetzbetreiber und Branchenverbände Stellungnahmen unter anderem auch zum Effizienzvergleich eingeben können. Eingegangene Stellungnahmen beziehen sich auch auf die Spezifikation der funktionalen Form.<sup>1</sup>

### Zweck der Notiz

In dieser Notiz nehmen wir Stellung zur Spezifikation der funktionalen Form im Effizienzvergleich für die 3. Regulierungsperiode. Grundlage dieser Notiz ist das „Zweite Konsultationspapier“<sup>2</sup>, welches am 8. August 2013 durch E-Control veröffentlicht worden ist. Zusätzlich diskutieren wir den Vorschlag von Consentec für ÖsterreichsEnergie, eine lineare Funktion in Verbindung mit einer Normierung der Variablen zu verwenden und gehen dabei auch auf das Kurzgutachten von Polynomics ein, das als Zweitgutachten von KNG-Kärnten Netz GmbH in Auftrag gegeben wurde.<sup>3</sup>

### Ergebnisübersicht

Wir folgern, dass E-Controls bei der Spezifizierung der funktionalen Form einem transparenten Vorgehen folgt. Das Vorgehen von E-Control erfolgt

---

<sup>1</sup> Vgl. Consentec (26.08.2013); Polynomics (02.09.2013).

<sup>2</sup> Vgl. E-Control (2013).

<sup>3</sup> Vgl. Polynomics (02.09.2013).

- auf Grundlagen und Erkenntnisse des Effizienzvergleichs in der 1. Regulierungsperiode für Stromverteilnetzbetreiber sowie Gasverteilnetzbetreiber;
- auf Grundlage regulatorischer Konsistenz;
- nach dem aktuellen Stand der Wissenschaft;
- unter Anwendung von statistischen Analysen bei der Festlegung der funktionalen Form; sowie
- entsprechend ähnlicher Vorgehensweise von europäischen Regulatoren.

Die von Consentec vorgeschlagene linear-normierte Form weist keine eindeutige Überlegenheit gegenüber dem Ansatz von E-Control auf. Die weiteren Kritikpunkte von Consentec und Polynomics erweisen sich als nicht begründet.

### Struktur der Notiz

Die Notiz gliedert sich wie folgt:

- *Funktionale Form beim Effizienzvergleich für die 1. Regulierungsperiode für Strom- und Gasverteilnetzbetreiber;*
- *Funktionale Form beim Effizienzvergleich für die 3. Regulierungsperiode – dabei diskutieren wir die von E-Control spezifizierte funktionale Form u.a. im Hinblick auf Konsistenz regulatorischer Entscheidungen, wissenschaftlicher Standards und dem Vorgehen in der internationalen Praxis, sowie den Vorschlag von Consentec und von Polynomics.*

## Effizienzvergleich für die 1. Regulierungsperiode der Strom- und Gasverteilnetzbetreiber

In der Folge stellen wir die funktionalen Formen dar, welche E-Control beim Effizienzvergleich für die 1. Regulierungsperiode für Stromverteilnetzbetreiber 2006<sup>4</sup> und für Gasverteilnetzbetreiber 2008<sup>5</sup> verwendet hat.

- **1. Regulierungsperiode Strom** – E-Control hat für den Effizienzvergleich eine Translog Funktion verwendet. Wir verstehen aus den Erläuterungen,

---

<sup>4</sup> E-Control, Erläuterungen zur Systemnutzungstarife-Verordnung 2006, SNT-VO 2006.

<sup>5</sup> E-Control, Erläuterungen zur Verordnung der Energie-Control Kommission, mit der die Tarife für die Systemnutzung in der Gaswirtschaft bestimmt werden (Gas-Systemnutzungstarife-Verordnung 2008, GSNT-VO 2008).

### Funktionale Form beim Effizienzvergleich für die 3. Regulierungsperiode

dass die funktionale Form dabei von den Netzbetreibern und vom Gutachter der Netzbetreiber Plaut Economics (jetzt Polynomics) grundsätzlich als sachgerecht angesehen wurde.<sup>6</sup> Eine weitere Diskussion von E-Control zur Spezifikation der funktionalen Form findet sich in den Erläuterungen nicht. Jedoch hat E-Control im Rahmen des Projektes „Neue Netztarife“ (April 2002 – Oktober 2003) im Teilprojekt „Benchmarking“ mit den Unternehmen auch Aspekte der funktionalen Form diskutiert, wobei die Translog Form als Ausgangspunkt für die Kalkulationen vorgesehen war.

- **1. Regulierungsperiode Gas** – E-Control ist bei der Spezifikation der funktionalen Form entsprechend der Vorgehensweise zum Effizienzvergleich für Stromverteilnetzbetreiber von der funktionalen Form, welche die Kostenzusammenhänge am flexibelsten abbildet, Translog Form, ausgegangen. E-Control hat im Anschluss die Regressionskoeffizienten der Kreuzprodukte und Quadrate auf ihre statistische Signifikanz getestet. Bei den Berechnungen hat sich herausgestellt, dass sowohl die Koeffizienten der Kreuzprodukte als auch Quadrate nicht signifikant waren. E-Control hat deshalb entschieden, die Quadrate und Kreuzprodukte aus der Funktion zu eliminieren, was in der Folge der Spezifikation einer log-linearen Kostenfunktion entspricht.

Zusätzlich hat E-Control einen Kritikpunkt aus der Diskussion des Effizienzvergleichs für Stromnetzbetreiber aufgegriffen. Dabei wurde von einigen Unternehmen die Inkonsistenz hinsichtlich der Behandlung von Skaleneffekten in der DEA und MOLS kritisiert. In der Folge hat deshalb E-Control die Beschränkung „konstante Skalenerträge“ in die funktionale Form der MOLS integriert. Plaut Economics (jetzt Polynomics) als Gutachter für die Netzbetreiber hat die Beschränkung „konstante Skalenerträge“, nicht jedoch die log-lineare funktionale Form kritisiert. Dabei hat Plaut Economics das Vorliegen konstanter Skalenerträge getestet und konnte diese Hypothese nicht verwerfen. Plaut Economics zog jedoch aus diesem Ergebnis nicht den Schluss von E-Control und lehnte die explizite Beschränkung auf „konstante Skalenerträge“ ab.

Aus dem Vorgehen von E-Control in der 1. Regulierungsperiode für Strom- und Gasverteilnetzbetreiber lässt sich festhalten:

- E-Control verwendet als Ausgangspunkt für die Analyse eine funktionale Form, welche einen flexiblen Zusammenhang zwischen den Kosten und den möglichen Outputparametern definiert, d.h. Translog Form;

---

<sup>6</sup> E-Control (2006: 50): „Plaut Economics (2005: 18) untersuchte die funktionale Form und erhob keine Einwendungen“.

- E-Control analysiert anhand von Unternehmensdaten die Eignung einer Translog Form durch Testen der statistischen Signifikanzen der Koeffizienten der Kreuzprodukte und Quadrate. Sind Kreuzprodukte und Quadrate nicht signifikant, verwendet E-Control die log-lineare Form, welche de facto eine Translog Funktion jedoch mit den Koeffizienten für Kreuzprodukten und Quadraten gleich Null darstellt;
- E-Control nimmt bei der Bestimmung der funktionalen Form Anpassungen und Weiterentwicklungen, wie beispielsweise die Beschränkung „konstante Skalenerträge“ im Effizienzvergleich für Gasverteilnetzbetreiber vor.

## Effizienzvergleich für die 3. Regulierungsperiode

### Spezifikation der funktionalen Form – Grundsätzliche Überlegungen und Vorgehen

Bei der Verwendung parametrischer Benchmarkingverfahren, z.B. MOLS muss zu Beginn der Analyse eine funktionale Form für den Zusammenhang zwischen den Kosten und den erklärenden Variablen vorgegeben werden.

Dabei gilt, dass es grundsätzlich keinen expliziten Mechanismus gibt, die „richtige“ funktionale Form zu bestimmen. Die Wahl der funktionalen Form ist somit eine Entscheidung des Modellentwicklers, der durch empirische Analysen prüft, ob die angenommene funktionale Form die Daten gut beschreibt

Bei der Wahl der funktionalen Form sollte sich der Modellentwickler orientieren an:

- **Ökonomischer Theorie** – In der ökonomischen Theorie werden verschiedene Funktionen beschrieben, die einen Zusammenhang zwischen Inputs und Outputs darstellen;
- **Entscheidungen von Regulatoren** – die internationale Regulierungspraxis liefert weitere Erkenntnisse, wie in anderen Ländern die Modellauswahl getroffen wird und wurde (best-practice). Gleichzeitig ist dabei auch auf die nationale regulierungspolitische Konsistenz zu achten; und
- **Akademischer Literatur zu Effizienzvergleichen** – die Sichtung der wissenschaftlichen Literatur deckt den aktuellen Stand der Forschung ab.

### Ökonomische Theorie

Die ökonomische Theorie differenziert zwischen unterschiedlichen Kostenfunktionen:

## Funktionale Form beim Effizienzvergleich für die 3. Regulierungsperiode

- Funktionen, die **nicht-lineare komplexere Zusammenhänge** zwischen Input und Output abbilden, wie sie durch Translog Funktionen spezifiziert werden. Diese Funktion hat bei großen Datensätzen den Vorteil, dass sie eine hohe Flexibilität für die Darstellung der zugrundeliegenden Produktionstechnologien aufweist.
- Funktionen, die einen **nicht-linearen Zusammenhang** zwischen Input und Output abbilden (Cobb-Douglas Funktion. Hierbei handelt es sich um eine logarithmiert-lineare Spezifikation. Durch das Logarithmieren der Daten erfolgt eine Korrektur um Größenunterschiede. Die Cobb-Douglas Funktion ist ein Spezialfall der allgemeinen Translog Funktion.
- Funktionen, die einen **linearen Zusammenhang** zwischen Input und Output abbilden. Hierbei ist eine zusätzliche Normierung durch einen Parameter möglich, wodurch sich eine normiert-lineare Form ergibt. Die Normierung dient dabei dem Zweck, eine Korrektur für Größenunterschiede vorzunehmen und erfolgt dadurch, dass die lineare Kostenfunktion durch einen Output dividiert wird, der vorab festgelegt werden muss.

Zusätzlich sollte auch noch die Auswirkung der funktionalen Form auf andere statistische Eigenschaften untersucht werden. Dazu kommen in Frage:

- Keine Multikollinearität – Multikollinearität bedeutet, dass zwei oder mehrere erklärende Variablen hoch miteinander korreliert sind. Bei Vorliegen von Multikollinearität, ist der Schätzer zwar weiterhin erwartungstreu, jedoch sind die Standardabweichungen verzerrt, was Auswirkung auf die Teststatistik hat. Damit ist die Interpretation von Signifikanztests einzelner Parameter eingeschränkt. Das bedeutet, dass funktionale Formen, die auf Basis der Datenstruktur keine Multikollinearitäten aufweisen, vorzuziehen sind.
- Homoskedastizität – bedeutet, dass die Standardabweichung der Residuen nicht von der Höhe der zu erklärenden Variable, z. B. den Kosten, abhängig ist. Die Verletzung dieser Annahme kann eine Verzerrung der Effizienzwerte hinsichtlich der Größe der Unternehmen bedingen. Dies bedeutet, dass funktionale Formen, die auf Basis der Datenstruktur keine Heteroskedastizität aufweisen, vorzuziehen sind.

### *Entscheidungen von Regulatoren*

Eine Analyse ausgewählter europäischer Länder zeigt unterschiedliche funktionale Formen bei der Durchführung von Effizienzvergleichen.

Eine log-lineare Funktion wird u.a. verwendet:

## Funktionale Form beim Effizienzvergleich für die 3. Regulierungsperiode

- *E3grid2012* – beim europäischen TSO benchmarking, welches Grundlage u.a. der Bestimmung der Effizienzwerte für die TSOs in Deutschland (ab 1.1.2014) und Niederlande (ab 1.1.2014), ist, wird im Rahmen der statistischen Kostentreiberanalyse eine log-lineare Funktion verwendet.<sup>7</sup>
- *Ofgem RIIO-ED1* – Ofgem führt derzeit die Konsultation zur erstmaligen Anwendung des neuen Regulierungsregimes RIIO auf die Stromverteilnetzbetreiber durch. Dabei kommen unterschiedliche Instrumente zur Effizienzmessung zur Anwendung, u.a. auch ein Gesamtkostenbenchmarking. Ofgem sieht dabei als funktionale Form die log-lineare Form vor. „*We propose to use the Cobb-Douglas functional form. It is one of the most common cost functions employed in empirical cost research.*“ (Ofgem, 2013: 1109)<sup>8</sup>
- *Finnland* – beim aktuellen Effizienzvergleich für Stromverteilnetzbetreiber durch den finnischen Regulator, EMV.<sup>9</sup>

Eine normiert-lineare Form wird in Deutschland beim Effizienzvergleich für Strom- und Gasverteilnetzbetreiber verwendet. Ein Grund für die Wahl dieser funktionalen Form stellen auch die Vorgaben in der Anreizregulierungsverordnung für Outputparameter (Anschlusspunkte, Leitungslängen, Netzhöchstlast sowie versorgte Fläche), welche im Effizienzvergleich verwendet werden müssen, dar. Zwischen diesen Parametern besteht teilweise eine hohe Korrelation, weshalb die Freiheitsgrade bei der Auswahl der funktionalen Form eingeschränkt sind.

### Akademische Literatur

In der akademischen Literatur zu Effizienzanalysen wird in der Regel zumindest von einer log-linearen Funktion ausgegangen. Dem liegt grundsätzlich die Annahme einer Cobb-Douglas Funktion zugrunde. In einigen Fällen wird auch noch zusätzlich eine Trans-log Funktion untersucht, wobei die Ergebnisse immer von der zugrundeliegenden Datenstruktur abhängig sind. Bei der Auswahl der „richtigen“ funktionalen Form wird zumeist auch ein Vergleich zwischen log-linearer und Trans-log Form durchgeführt. Ein Vergleich zwischen einer linearen

---

<sup>7</sup> Frontier/Sumicsid/Consentec, *E3GRID2012 – European TSO Benchmarking Study*, Report for European Regulators, 2013.

<sup>8</sup> Ofgem, RIIO-ED1, Strategy consultation for the RIIO-ED1 electricity distribution price control: Tools for cost assessment, 2013.

<sup>9</sup> vgl. Timo Kuosmanen, *Stochastic semi-nonparametric efficiency analysis of electricity distribution network: Application of the StoNED method in the Finnish regulatory model*, 2011.

## Funktionale Form beim Effizienzvergleich für die 3. Regulierungsperiode

Funktion und einer log-linearen Funktion findet sich nach unserer Erkenntnis nicht.<sup>10</sup>

## Spezifikation der funktionalen Form durch E-Control

E-Control baut bei der Spezifikation der funktionalen Form auf den Grundlagen und Erkenntnissen des im Jahr 2005 (2007) durchgeführten Effizienzvergleichs für Strom-(Gas-)verteilnetzbetreiber auf, unter Berücksichtigung des aktuellen Standes der Wissenschaft sowie internationaler Praxis.

Die Vorgehensweise von E-Control zur Bestimmung der funktionalen Form folgt mehreren nachvollziehbaren Schritten:

### ● Ökonomischer Theorie

- *Flexible Translog Funktion als Ausgangspunkt* – Aufgrund der größeren Flexibilität im Vergleich zu einer normiert-linearen Form und um ein konsistentes Vorgehen zum Effizienzvergleich der 1. Regulierungsperiode für Strom- und Gasverteilnetzbetreiber zu wahren, ist E-Control von der in der einschlägigen Literatur empfohlenen Translog-Funktion ausgegangen.<sup>11</sup> Statistische Tests haben dann ergeben, dass bei der vorliegenden Datenbasis diese Flexibilität nicht erforderlich ist und somit ein Spezialfall der Translog-Funktion, nämlich die Cobb-Douglas Funktion, zur Anwendung kommen kann. Die gewählte funktionale Form hat eine hinreichend große Flexibilität in Bezug auf das Abbilden verschiedener Klassen von Technologien, was eine sachgerechte Approximation der „wahren“ Kostenfunktion bedingt;
- *Normierungsparameter nicht notwendig, da Größenunterschiede in Daten durch Logarithmierung berücksichtigt* – E-Control sieht es als einen Vorteil der Cobb-Douglas sowie der Translog Kostenfunktionen an, dass aufgrund der bei diesen Ansätzen vorgenommenen Logarithmierung der Variablen keine zusätzlichen Datentransformationen<sup>12</sup> nötig sind, um heteroskedastischen Störtermen entgegenzuwirken. Die Wahl eines

---

<sup>10</sup> Vgl. Christian Growitsch, Tooraj Jamasb, Michael Pollitt, *Quality of Service, Efficiency, and Scale in Network Industries: An Analysis of European Electricity Distribution*, Applied Economics 41, 20 (2009) 2555-2570; Tim Coelli, Axel Gautier, Sergio Perelman, Roxana Saplacan-Pop, *Estimating the cost of improving quality in electricity distribution: a parametric distance function approach*, CREPP Working paper No 2, 2012.

<sup>11</sup> Vgl. Coelli et al (2003).

<sup>12</sup> Das Logarithmieren kann als eine Form der Normierung interpretiert werden. Durch Logarithmieren werden alle Daten in eine vergleichbare Größenordnung transformiert.

Normierungsfaktors, um Größenunterschiede zwischen Unternehmen auszugleichen, wie es bei der normiert-linearen Funktion geboten ist, ist somit auf Basis der vorliegenden Daten nicht notwendig;

- *Konstante Skalenerträge werden statistisch getestet und bestätigt* – E-Control führt eine explizite Beschränkung „konstante Skalenerträge“ in der log-linearen Form ein, was eine Weiterentwicklung zum Effizienzvergleich für die 1. Regulierungsperiode Strom darstellt. E-Control folgt jedoch dem Vorgehen des Effizienzvergleichs für Gasverteilnetzbetreiber, der 2 Jahre nach dem für Stromverteilnetzbetreiber stattfand.

Konsistent zu dem Vorgehen in der 1. Regulierungsperiode hat E-Control die regulierungspolitische Entscheidung beibehalten, konstante Skalenerträge in der DEA anzunehmen und diese Annahme konsequent auf die MOLS ausgeweitet. In der MOLS wurde deshalb die Restriktion konstanter Skalenerträge eingeführt. Die Annahme konstanter Skalenerträge impliziert, dass die Unternehmensgröße keinen Einfluss auf die Effizienzvorgaben der Unternehmen haben soll. Um eine größtmögliche Vergleichbarkeit der in der DEA und in der MOLS ermittelten Effizienzwerte zu gewährleisten, wurde auch in der MOLS die Restriktion konstanter Skalenerträge eingeführt. Die Zulässigkeit dieser Restriktion wurde zusätzlich anhand statistischer Analysen getestet. Dabei hat sich im konkreten Fall gezeigt, dass die Hypothese der konstanten Skalenerträge nicht abgelehnt werden konnte.

### ● Entscheidungen von Regulatoren

- *Regulierungspolitische Konsistenz* – E-Control hat für die Systematik der Spezifikation der funktionalen Form, d.h. Translog Funktion als Ausgangspunkt und Heruntertesten auf finale funktionale Form, eine konsistente Vorgehensweise zum Effizienzvergleich für die 1. Regulierungsperiode der Strom- sowie Gasverteilnetzbetreiber gewählt.
- *Fundierung im internationalen Vergleich* – auch im internationalen Vergleich kommt die von E-Control gewählte log-lineare funktionale Form zur Anwendung, jedoch auch in der Spezifikation „variable Skalenerträge“, d.h. ohne Restriktion „konstante Skalenerträge“.

- **Fundierung in der ökonomischen akademischen Literatur** – E-Controls Vorgehen bei der Wahl der funktionalen Form entspricht dem Stand der Wissenschaft. Die vorherrschende Produktions- bzw. Kostenfunktion in der ökonomischen Literatur ist die log-lineare Cobb-Douglas-Funktion bzw. die allgemeinere Form der Translog-Funktion.<sup>13</sup>

---

<sup>13</sup> Vgl. Coelli et al (2003).



## Kritik an der Spezifikation der funktionalen Form durch Consentec und Polynomics

Consentec (im Auftrag von ÖsterreichsEnergie) und Polynomics (im Auftrag von KNG-Kärnten Netz GmbH) haben u.a. Kritik an der von E-Control gewählten funktionalen Form geübt. In der Folge diskutieren wir die Kritikpunkte von Consentec und Polynomics.

### Consentec – Diskussion der Kritikpunkte

Consentec im Auftrag von ÖsterreichsEnergie übt Kritik an der Spezifikation der funktionalen Form. Der Hauptkritikpunkt von Consentec bezieht sich dabei auf die Frage, ob eine normiert-lineare Funktion geeigneter sei als eine logarithmierte Funktion.

Consentec führt bei einem Vergleich der Cobb-Douglas-Funktion gegenüber einer normiert-linearen Spezifizierung folgende Punkte an, die wir entsprechend kommentieren:

- **Identische Flexibilität nicht gegeben** – Consentec interpretiert Flexibilität als Anzahl der Freiheitsgrade und somit die Anzahl der zu schätzenden Koeffizienten. Auf Basis dieser Annahme weist Consentec darauf hin, dass bei einer Cobb-Douglas Funktion und einer linearen Funktion die Anzahl der zu schätzenden Koeffizienten identisch sind und sich somit keine Unterschiede hinsichtlich der Flexibilität ergeben. Die hinreichend große Flexibilität, die E-Control in dem Konsultationspapier erwähnt, bezieht sich allerdings vielmehr auf die Tatsache, dass eine Translog-Funktion als Ausgangspunkt weiterer Analysen eine größere Flexibilität als eine lineare Funktion in dem Zusammenhang aufweist, da sie eine umfangreichere Klasse von Technologien repräsentiert.<sup>14</sup> In diesem Sinne bietet eine Translog-Funktion eine größere Flexibilität als eine lineare Funktion und ist daher aus ökonometrischer Sicht zu bevorzugen. E-Control hat in einem nächsten Schritt getestet, ob diese Flexibilität auf Basis der vorliegenden Datengrundlage erforderlich ist und hierzu einen Joint-Wald Test durchgeführt. Da die Summe der Quadrate und Kreuzprodukte als nicht signifikant angesehen werden kann, ist die Behörde zur einfacheren Spezifizierung einer Cobb-Douglas Funktion übergegangen.
- **„Normierung“ bei log-linearer Funktion nur mathematische Umformung zur Beschränkung auf „konstante Skalenerträge“** – Consentec trifft die Aussage, dass die Notwendigkeit, einen Outputparameter als Normierungsgröße festzulegen, sowohl für den Fall der

---

<sup>14</sup> Eine Analyse wird als flexibel definiert, wenn die funktionale Form keine *a priori* Restriktionen an die Substitutionselastizitäten stellt.

linearen Spezifikation als auch der Cobb-Douglas-Funktion mit Beschränkung „konstante Skalenerträge“, wie sie von E-Control verwendet wird, besteht. Dies ist sachlich nicht korrekt, da die „Normierungsgrößen“ bei

- der normiert-linearen Form und der
  - Beschränkung auf „konstante Skalenerträge“ der log-linearen Form
- eine unterschiedliche Funktion zukommt.

Bei der normiert-linearen Form dient die Normierungsgröße dazu, Größenunterschiede zwischen den Unternehmen zu vergleichmäßigen. Dabei ist nicht jeder Parameter gleich geeignet, wie die Analysen von Consentec auch ergeben haben. Die Auswahl des „richtigen“ Normierungsparameter ist somit nicht trivial und hat entsprechend eine Auswirkung auf die Effizienzwerte der Unternehmen.

Bei der log-linearen Form erfolgt jedoch die Vergleichmäßigung der Größenunterschiede durch die Logarithmierung der Parameter. Die „Normierungsgröße“ ist nur für die Implementierung der Beschränkung auf „konstante Skalenerträge“ relevant. Dabei handelt es sich aber nur um eine mathematischen Umformung.<sup>15</sup>

- **„Normierungsgröße“ bei log-linearer Funktion hat keinen Einfluss auf Effizienzwerte im Unterschied zur normiert-linearen Funktion** – Da die Anwendung einer „Normierungsgröße“ bei der log-linearen Funktion nur für die mathematische Umformung zur Beschränkung auf „konstante Skaleneffekte“ dient, hat die Wahl der „Normierungsgröße“ keine Auswirkungen auf die Koeffizientenschätzwerte in der Regression oder die Effizienzwerte der Netzbetreiber. Dies ist bei der normiert-linearen Form nicht der Fall. Der Parameter, der zur Größenkorrektur verwendet wird, hat dort eine Auswirkung auf die resultierenden Effizienzwerte. Vor diesem Hintergrund erscheint die log-lineare Form von E-Control mit der Beschränkung auf konstante Skalenerträge der normiert-linearen Form mit der Beschränkung auf konstante Skalenerträge überlegen zu sein.
- **Kontinuität in Vorgehensweise von E-Control gegeben** – Consentec stellt in Frage, inwieweit die Behörde Kontinuität in der Vorgehensweise wahrt, da in der 1. Regulierungsperiode eine Translog-Spezifikation (quadrierte Outputgrößen) verwendet wurde und keine log-lineare Funktion. Wie auch im 2. Konsultationspapier dargestellt, handelt es sich bei der Cobb-Douglas Funktion um einen Spezialfall der Translog Spezifizierung. Wie oben bereits dargestellt, hat die Behörde die Translog-Funktion gegen

---

<sup>15</sup> Vgl. formale Darstellung am Ende der Notiz

die Cobb-Douglas-Funktion statistisch getestet und festgestellt, dass die einfachere Spezifizierung in Form der Cobb-Douglas Funktion (als Spezialfall der Translog-Funktion) die Daten hinreichend beschreibt. Daher bleibt die Kontinuität zu der 1. Regulierungsperiode weiterhin gewährleistet. Zusätzlich wird Konsistenz zum Benchmarking der Gasverteilnetzbetreiber gewahrt, bei der auch eine Trans-log Funktion als Ausgangspunkt verwendet wurde und dann auf die Spezialform einer log-lineare Kostenfunktion unter konstanten Skalenerträgen aufgrund von statistischen Analysen reduziert wurde.

- **Behauptung, dass log-lineare Funktion nicht für Netzbetreiber geeignet ist, im Widerspruch zu europäischer Praxis und akademischer Literatur** – Consentec führt weiterhin aus, dass die Cobb-Douglas Funktion zwar für viele Branchen gut geeignet sei, dass sich daraus aber nicht die Eignung für Netzbetreiber ableiten lässt. Als Begründung wird hier auf den Effizienzvergleich in Deutschland verwiesen, bei dem eine lineare normierte Funktion verwendet wird. Dem muss jedoch entgegen gehalten werden:
  - *Akademische Studien* zur Effizienz von Stromverteilnetzbetreiber basieren ihre empirischen Analysen in der Regel auf einer Translog-Funktion oder log-linearen Form.<sup>16</sup>, die als funktionale Form für die Stochastic Frontier Analysis (SFA) gewählt wurde.
  - *Internationale Beispiele* zeigen, dass eine log-lineare Funktion in der regulatorischen Praxis sehr häufig zur Anwendung kommt.
  - Bei dem *Effizienzvergleich in Deutschland* wurde die normiert-lineare Funktion nicht generell favorisiert, sondern es gab Einschränkungen aufgrund rechtlicher Vorgaben, die zur Wahl dieser funktionalen Form führten.<sup>17</sup> Die rechtlichen Vorgaben schrieben dabei vor, dass stark korrelierte Parameter, z.B. Leitungslänge sowie versorgte Fläche und Anzahl der Anschlusspunkte, jedenfalls im Effizienzvergleich verwendet werden müssen. Gegeben diese Beschränkung und auf Basis empirischer Analysen hat sich gezeigt, dass die normiert-lineare Funktion dabei Vorteile gegenüber anderen funktionalen Formen aufwies. Die rechtlichen Vorgaben in Österreich enthalten vergleichbare

---

<sup>16</sup> Vgl. hierzu die formale Darstellung in «Log-lineare Funktion - Beschränkung auf konstante Skalenerträge» (S. 14)

<sup>17</sup> Bei der Festlegung der Effizienzwerte in Deutschland wurde festgehalten, dass es keine „richtige“ funktionale Form *per se* gibt, sondern dass auf Grundlage der Datenbasis und statistischer Tests entschieden werden muss. In dem vorliegenden Fall konvergierte die von E-Control nicht angewendete parametrische Benchmarkingmethode Stochastic Frontier Analysis (SFA) nicht bei einer log-linearen Funktion, weshalb zur normiert-linearen Funktion übergegangen wurde.

Beschränkungen wie in Deutschland jedoch nicht. Daher kann sich die Spezifikation stärker als in Deutschland an methodischen (statistischen) Überlegungen orientieren.

### *Polynomics – Diskussion der Kritikpunkte*

Polynomics im Auftrag von KNG-Kärnten Netz GmbH übt zusätzliche Kritik zu den oben bereits diskutierten Punkten:

- **E-Control hat sich ausführlich mit Nullwerten beschäftigt** – Polynomics sieht den Vorteil einer normiert-linearen Form darin, dass auch Nullwerte in die Analysen einfließen können und somit die MOLS mit nach Netzebenen differenzierten transformierten Netzanschlussdichten berechnet werden könnte. Dagegen ist jedoch einzuwenden, dass E-Control sich im 1. Konsultationspapier ausführlich mit dem Problem der Nullwerte auseinandergesetzt und verschiedene Vorgehensweisen diskutiert hat. E-Control hat sich unter den verschiedenen Optionen – wie in der 1. Regulierungsperiode und auch von den Unternehmen grundsätzlich vorgeschlagen – entschieden, mit Nullwerten bei Modellnetzlängen auf einzelnen Spannungsebenen durch eine gewichtete Modellnetzlänge für HSP, MSP und NSP umzugehen.
- **Restriktion konstanter Skalenerträge erfolgt auf Basis von statistischer Analyse** – Polynomics argumentiert, dass die Annahme konstanter Skalenerträge zu zusätzlichen Restriktionen im Modell führt und unter diesem Aspekt eine Prüfung der normiert-linearen Funktion wünschenswert wäre. Insbesondere wird kritisiert, dass die Annahme konstanter Skalenerträge konsistent in der DEA und in der MOLS zum Tragen kommt. Bei der Annahme konstanter Skalenerträge handelt es sich allerdings nicht einfach um eine zusätzliche Restriktion, sondern die Behörde ist aus regulatorischen Gründen an Konsistenz zwischen DEA und MOLS interessiert. Die Behörde hat zudem statistische Tests durchgeführt, um zu prüfen, ob die vorliegende Datenbasis diese Annahme rechtfertigt. Die Tests haben gezeigt, dass die Annahme konstanter Skalenerträge (CRS) nicht verworfen werden kann, d.h. die Summe der Koeffizienten ist nicht signifikant unterschiedlich von 1.<sup>18</sup>

---

<sup>18</sup> Die Behörde hat mithilfe eines Wald-Tests überprüft, ob die Restriktion der konstanten Skalenerträge gegeben ist und hat auf einem 95% Signifikanzniveau gezeigt, dass die Restriktion für das betrachtete Unternehmenssample erfüllt ist. Dies gilt sowohl für den Fall nicht-standardisierter als auch standardisierter TOTEX (vgl. 2. Konsultationspapier, S. 44).

## Zusammenfassung

In dieser Notiz haben wir gezeigt, dass das Vorgehen von E-Control bei der Spezifikation der funktionalen Form dem aktuellen Stand der Wissenschaft entspricht und konform mit best-practice internationaler Regulierungsbehörden ist.

Die Konsistenz zwischen den Benchmarkingmethoden DEA und MOLS wurde im Vergleich zum Effizienzvergleich der 1. Regulierungsperiode noch erhöht, indem auch in der MOLS die Annahme konstanter Skalenerträge eingeführt wurde. Die Zulässigkeit der Restriktion „konstante Skalenerträge“ in der MOLS wurde statistisch überprüft und bestätigt. Ebenfalls zu begrüßen ist das Vorgehen, die Modellfindung auf einem Modell mit größtmöglicher Flexibilität, im Sinne von Skalenertrageinstellungen und funktionaler Form, zu basieren und schrittweise nach Durchführung statistischer Tests das finale Modell und die funktionale Form herunterzutesten.

Die von Consentec und Polynomics angebrachten Kritikpunkte, z.B. Problematik der Normierungsvariablen auch in einer log-linearen Funktion, mangelnde Kontinuität und Nichteignung einer Cobb-Douglas Funktion für Stromverteilnetzbetreibern, konnten entkräftet werden.

## Log-lineare Funktion - Beschränkung auf konstante Skalenerträge

Ausgangspunkt beider Analysen kann eine Kostenfunktion der folgenden Form sein:

$$K = f(MNL, HM, HN) = aMNL^\alpha HM^\beta HN^\gamma e^u \quad (1)$$

wobei:

$K$ ... die Kosten (in €),

$MNL$ ... gewichtete Modellnetzlängen HSP, MSP und NSP (in km<sup>2</sup>)

$HM$ ... die Jahreshöchstlast MSP-NSP (in MW), sowie

$HN$ ... die Jahreshöchstlast NSP (in MW)

bezeichnen;

$a, \alpha, \beta, \gamma$  ... die Regressionsparameter und

$u$  ... die Störvariable

beschreiben.

Zur Schätzung der Koeffizienten wird diese Kostenfunktion in eine log-lineare Form gebracht:

$$\ln K = \ln a + \alpha \ln MNL + \beta \ln HM + \gamma \ln HN + u \quad (2)$$

Durch Umstellung der in Gleichung (2) dargestellten Funktion erhält man ein logarithmisches Modell in Relativgrößen:

$$\ln K - \ln HM = \ln a + \alpha (\ln MNL - \ln HM) + (\alpha + \beta + \gamma - 1) \ln HM + \gamma (\ln HN - \ln HM) + u \quad (3)$$

In der hier dargestellten Form wurde die Variable „Jahreshöchstlast MSP-NSP“ ( $HM$ ) als Bezugsvariable gewählt. Es ist dabei irrelevant, welche Variable als Bezugsvariable gewählt wird – die Koeffizienten und ihre Schätzwerte bleiben identisch. Dies ist der Fall, da durch die Umstellung der Gleichung nur eine Reparametrisierung (also eine Umstellung) stattfindet, die die Gleichung an sich nicht verändert und daher die geschätzten Koeffizienten ebenfalls identisch bleiben.

Um ein Benchmarkingmodell mit konstanten Skalenerträgen zu schätzen, muss dem Regressionsmodell – das letztlich die Basis des Benchmarkingvorgangs darstellt – implizit die Annahme konstanter Skalenerträge auferlegt werden. Dies geschieht, indem a priori davon ausgegangen wird, dass der Ausdruck  $(\alpha + \beta + \gamma - 1) = 0$  ist, d.h. das Modell wird ohne die Bezugsvariable (hier die Jahreshöchstlast MSP-NSP -  $HM$ ) geschätzt.

## Funktionale Form beim Effizienzvergleich für die 3. Regulierungsperiode

Das CRS-Benchmarkingmodell reduziert sich damit zu:

$$\ln K - \ln HM = \ln a^* + a^*(\ln MNL - \ln HM) + \gamma^*(\ln HN - \ln HM) + u^* \quad (4)$$

Dies ist ein einfaches Regressionsmodell in Relativgrößen (log-lineare Form mit Beschränkung auf „konstante Skalenerträge“), das sich als MOLS schätzen lässt.

## Quellenverzeichnis

- Coelli, T.J., Estache, A., Perelman, S. and Trujillo, L. (2003), A Primer on Efficiency Measurement for Utilities and Transport Regulators, World Bank Publications.
- Coelli, T., Crespo, H., Paszukiewicz, A., Perelman, S., Plagnet, M.A. and Romano, E. (2008), Incorporating Quality of Service in a Benchmarking Model: An Application to French Electricity Distribution Operators, Draft.
- Tim Coelli, Axel Gautier, Sergio Perelman, Roxana Saplacan-Pop, Estimating the cost of improving quality in electricity distribution: a parametric distance function approach, CREPP Working paper No 2, 2012.
- Consentec (26.08.2013), Stellungnahme zum Zweiten Konsultationspapier – Consentec, Benchmarking in der 3. Regulierungsperiode, Präsentation von Dr. Zimmer bei der Fachtagung von ÖsterreichsEnergie „Regulierung ab 2014“, 17.09.2013.
- E-Control, Erläuterungen zur Systemnutzungstarife-Verordnung 2006, SNT-VO 2006.
- E-Control, Erläuterungen zur Verordnung der Energie-Control Kommission, mit der die Tarife für die Systemnutzung in der Gaswirtschaft bestimmt werden (Gas-Systemnutzungstarife-Verordnung 2008, GSNT-VO 2008).
- E-Control (2013), Zweites Konsultationspapier zur Regulierungssystematik für die dritte Regulierungsperiode der Stromverteilnetzbetreiber 01. Jänner 2014 – 31. Dezember 2018.
- Frontier/Sumicsid/Consentec, *E3GRID2012 – European TSO Benchmarking Study*, Report for European Regulators, 2013.
- Christian Growitsch, Tooraj Jamasb, Michael Pollitt, Quality of Service, Efficiency, and Scale in Network Industries: An Analysis of European Electricity Distribution, *Applied Economics* 41, 20 (2009) 2555-2570
- Timo Kuosmanen, Stochastic semi-nonparametric efficiency analysis of electricity distribution network: Application of the StoNED method in the Finnish regulatory model, 2011.
- Ofgem, RIIO-ED1, Strategy consultation for the RIIO-ED1 electricity distribution price control: Tools for cost assessment, 2013.

## Funktionale Form beim Effizienzvergleich für die 3. Regulierungsperiode



- Polynomics (02.09.2013), Beurteilung des Effizienzvergleichs Strom für die 3. Regulierungsperiode – Kurzgutachten im Auftrag von KNG-Kärnten GmbH.



Frontier Economics Limited in Europe is a member of the Frontier Economics network, which consists of separate companies based in Europe (Brussels, Cologne, London & Madrid) and Australia (Melbourne & Sydney). The companies are independently owned, and legal commitments entered into by any one company do not impose any obligations on other companies in the network. All views expressed in this document are the views of Frontier Economics Limited.