

Diss. ETH No. 16117

Cost Efficiency in Network Industries: Application of Stochastic Frontier Analysis

A dissertation submitted to the
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY
ZURICH

for the degree of
Doctor of Sciences

presented by
MICHAEL KUENZLE
lic. oec. publ., Universität Zürich
born 12 September 1968
citizen of Ebnat-Kappel SG

accepted on the recommendation of
Prof. Dr. M. Filippini, examiner
Prof. Dr. A. Abdulai, co-examiner

2005

Abstract

Since the past decade, the regulation of several network industries is under revision in many western countries. The aim is to increase the efficiency of the provision of services by introducing new regulation instruments based on incentive mechanisms. Most of these regulation schemes used in practice are based on benchmarking, that is, measuring a company's productive efficiency against a reference performance. In benchmarking applications the regulator is generally interested in obtaining a measure of firms' efficiency in order to reward (or punish) companies accordingly. The reliability of efficiency scores is therefore crucial for an effective implementation of the incentive mechanism. One way to estimate this cost inefficiency of companies is by the application of Stochastic Frontier models. The results of the estimated inefficiency scores or the predicted cost from such a model can be used to set the standard against which the actual costs are compared with. As it is crucial to set the correct incentives, it would be desirable to have insights into the stability of the results obtained by different Stochastic Frontier models.

The main objective of this thesis is therefore to study the sensitivity of different econometric methods in determining such benchmarks. This is accomplished by the use of traditional as well as recently developed approaches. Moreover, a new panel model based on Mundlak's formulation will be discussed and applied. The main advantage of such parametric methods to non-parametric ones is that they allow to model explicitly cost differences due to heterogeneous production environments. As regulated companies operate in different regions and run different networks, they might incur different production costs due to firm-specific production environments. The resulting cost differences incurred by a more or less favorable production environment should not be confounded with inefficiency, since typically, the production environment is not under the control of the company. Hence, such cost differences should also be taken into account when elaborating an appropriate benchmark. Consequently, this thesis also considers the modeling of observable heterogeneity in production. Furthermore, since not all influences might be observed in practice, the ability of the models with regard to the inclusion of unobserved heterogeneity and the influence to estimated inefficiency is studied by the application of traditional as well as recently developed panel data models like the "true" random-effects model proposed by Greene (2002a, 2005).

After defining different measures of inefficiency and reviewing the relevant literature, several such parametric methods are applied to two data sets to study the impact of different assumptions regarding the distribution of inefficiency and heterogeneity in a comparative analysis.

The first data set consists of a sample of Swiss rural bus companies. Results suggest

that estimated inefficiencies and the ranking of companies are strongly influenced by the different methods used. With regard to unobserved heterogeneity, the “true” random-effects model proposed by Greene (2002a,2005) in combination with Mundlak’s formulation seems to be able to reduce different bias problems of other models and to give reasonable estimates. Estimation also suggests that in the sample, considerable economies of scale are present. Potential regulators should therefore support mergers among adjacent bus operators.

The second application to a sample of Swiss gas distribution companies reveals that in contrast to the finding of the previous application, estimated inefficiencies are rather stable across estimated model. However, efficiency rankings of the companies vary. In contrast to the sample of bus companies, the latter is rather small, containing only 129 observations. Hence, richer econometric models could not be applied as the variation in the sample did not allow to separate unobserved, with regressors uncorrelated heterogeneity from inefficiency. As this separation was not possible, estimated inefficiency scores might be confounded with heterogeneity. A potential regulator should therefore not directly use these scores in an incentive-based regulation scheme. However, the predicted costs could be used in a yardstick competition.

With regard to economies of scale, results suggest that expanding the existing networks does not help to lower average production costs, because the main cost driving factors are the network investment costs. Conversely, there exist economies of density, suggesting to intensify the use of existing networks.

Overall, this thesis shows that estimated inefficiencies and their ranking are sensitive to the adopted method and that a single model which is able to overcome all practical and theoretical problems does not exist. Therefore, it is concluded that a potential regulator should use these models with caution.

Zusammenfassung

Seit den achziger Jahren des letzten Jahrhunderts ist die Regulierung verschiedener netzwerkgebundener Industrien in den meisten westlichen Ländern in Überarbeitung. Das Ziel dieser Revisionen ist eine Effizienzsteigerung in der Leistungserbringung der regulierten Industrien. Dies wird mit der Einführung neuer Regulierungsinstrumente erreicht, welche auf Anreizmechanismen beruhen. Die meisten in der Praxis angewendeten Instrumente beruhen auf einem Benchmarking, was bedeutet, dass das Betriebsergebnis der zu regulierenden Firmen mit einem Referenzergebnis verglichen wird. Ein Regulator erhofft sich durch die Anwendung solcher Benchmarking-Untersuchungen, Informationen über die Effizienz von Firmen zu erhalten, um diese entsprechend zu belohnen (oder zu bestrafen). Eine Möglichkeit, um solche Effizienzkennzahlen zu schätzen, bieten die "Stochastic Frontier" Modelle. Sie erlauben, die geschätzten Kennziffern oder die vom Modell vorhergesagten Kosten mit den aktuellen Werten zu vergleichen. Um jedoch die korrekten Anreize zu geben, ist es entscheidend, die Verlässlichkeit der verschiedenen "Stochastic Frontier" Modelle zu kennen.

Das Ziel dieser Arbeit ist deshalb, die Sensitivität der Resultate von verschiedenen ökonomischen Methoden zu analysieren. Dieses wird mit der Anwendung sowohl traditioneller als auch kürzlich entwickelter Modelle erreicht. Des weiteren wird ein neues Paneldatenmodell, basierend auf der Idee von Mundlak, diskutiert und angewendet. Parametrische Modelle haben gegenüber nicht-parametrischen den Vorteil, unterschiedliche Produktionskosten aufgrund unterschiedlicher Produktionsumgebungen berücksichtigen zu können. Diese Unterschiede in den Produktionskosten entstehen, weil regulierte Firmen typischerweise in verschiedenen Gebieten mit unterschiedlichen Produktionsbedingungen operieren. Da eine Firma diese Produktionsbedingungen nicht selber beeinflussen kann, sollten diese Unterschiede nicht mit der Kosteneffizienz verwechselt werden und müssen berücksichtigt werden, wenn ein angemessener Leistungsvergleich durchgeführt wird. Aus diesem Grund untersucht diese Arbeit, wie sich beobachtbare Unterschiede modellieren lassen. Des weiteren wird analysiert, in wieweit diese Modelle fähig sind, nicht-beobachtbare Kostenunterschiede zu berücksichtigen. Dies ist nötig, da nicht alle Einflüsse auf die Produktion in der Praxis beobachtbar sind. Deshalb werden die traditionellen wie auch die kürzlich entwickelten Modelle (wie zum Beispiel das "true random-effects" Modell von Greene (2002a, 2005)) auf ihre Fähigkeit, diese Unterschiede zu modellieren, untersucht.

Nachdem zuerst verschiedene Masse für die Ineffizienz unter der Berücksichtigung der einschlägigen Literatur definiert werden, werden verschiedene parametrische Methoden auf zwei Datensätze angewendet, um den Einfluss verschiedener Annahmen bezüglich der

Verteilung der Ineffizienz und der unterschiedlichen Produktionsbedingungen zu studieren.

Der erste Datensatz besteht aus regionalen Busbetrieben der Schweiz. Die Resultate belegen, dass die geschätzten Ineffizienzen der Firmen und deren Reihenfolge stark von den verwendeten Modellen abhängig sind. Das "true random-effects" Modell von Greene (2002a, 2005) in Verbindung mit der Mundlak Anpassung scheint verschiedene Verzerrungsprobleme anderer Modelle zu reduzieren. Die Schätzungen belegen, dass in dieser Industrie so genannte Grössenvorteile bestehen. Ein Regulator sollte deshalb dafür sorgen, dass benachbarte Busbetriebe zusammengeschlossen werden.

Die Anwendung auf eine Auswahl von schweizerischen Gasversorgungsunternehmen zeigt im Gegensatz zur ersten Anwendung relativ stabile Ineffizienzwerte. Andererseits muss erwähnt werden, dass die Reihenfolge der geschätzten Firmeneffizienzen von Modell zu Modell variiert. Da der Datensatz jedoch nur aus 129 Beobachtungen besteht, war es nicht möglich, komplexere Modelle anzuwenden. Vor allem war es aufgrund geringer Variation in den Daten nicht möglich, unbeobachtbare und mit den Regressoren korrelierte Produktionsunterschiede von den Ineffizienzen zu trennen. Demzufolge könnten die geschätzten Ineffizienzen verzerrt sein. Ein Regulator sollte deshalb die Werte nicht direkt in einer anreizorientierten Regulierungsmethode verwenden. Die von diesen Modellen vorhergesagten Kosten könnten jedoch für einen "Yardstick" Wettbewerb verwendet werden. Grössenvorteile scheinen in dieser Branche nicht zu bestehen, da der wichtigste Kostenfaktor die Leitungsinvestitionskosten sind. Jedoch scheinen Dichtevorteile zu existieren, was nahelegt, dass die bestehenden Netze intensiver genutzt werden sollten.

Zusammengefasst kann gefolgert werden, dass die geschätzten Produktionsineffizienzen und ihre Rangfolge empfindlich vom gewählten Modell abhängen. Es scheint bislang kein Modell zu existieren, welches sämtliche theoretischen und praktischen Probleme löst. Aus diesem Grund sollte ein Regulator diese Modelle mit Vorsicht verwenden.