



Doctoral Thesis

## **Essays in Applied Microeconomics on the Measurement and Determinants of Firm Efficiency and Productivity**

**Author(s):**

Geissmann, Thomas

**Publication Date:**

2016

**Permanent Link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-010858018> →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH No. 23976

**Essays in Applied Microeconomics  
on the Measurement and Determinants of  
Firm Efficiency and Productivity**

A thesis submitted to attain the degree of

DOCTOR OF SCIENCES of ETH ZURICH  
(Dr. sc. ETH Zurich)

presented by

THOMAS JÜRIG GEISSMANN  
MSc ETH MTEC  
ETH Zurich  
born October 3<sup>rd</sup> 1986  
citizen of Zurich, Switzerland

accepted on the recommendation of

Prof. Dr. Massimo Filippini  
Prof. Dr. Valerie Karplus

2016

# Abstract

**T**his dissertation measures and analyzes the determinants of firm level efficiency and productivity using empirical parametric methods. It is composed of three essays with different contexts, for example in terms of geography, industry or methodology. Part I is set in Switzerland and estimates the transient and persistent cost efficiency of a representative sample of Swiss hydropower plants. With a share of roughly 60 percent, hydropower is Switzerland's main source of domestic electricity. However, its economic viability has suffered in recent years due to several distortions on a European level, such as an extensive subsidization of new renewables or non-internalized external costs of emissions. The scene of part II and III is set in China, where the government has two important topics on its agenda: to increase productivity and to reduce the environmental impact of its industry. Part II analyzes the effects of the national Top-1000 Energy-Consuming Enterprises Program on the productivity change of iron and steel firms. At that time, this regulation was part of the largest efforts ever made to reduce the energy intensity of the Chinese industry. Part III studies the role of management quality in explaining the productivity of Chinese manufacturing firms and the mediating properties of firm ownership.

**Part I** Electricity prices on the European market have decreased significantly over the past few years, resulting in a deterioration of the competitiveness and profitability of Swiss hydro power. One option to improve the sector's economy is to increase cost efficiency. The goal of this study is to quantify the level of persistent and transient cost inefficiency of individual firms by applying the generalized true random effects (GTRE) model introduced by Colombi, Kumbhakar et al. (2014) and Filippini and Greene (2016). As the first stand-alone empirical application of this newly developed GTRE

model, the level of cost inefficiency of 65 Swiss hydropower firms is analyzed for the period of 2000 to 2013 based on a total cost function. A random effects and true random effects specification is estimated as a benchmark for the persistent and transient level of cost inefficiency, respectively. Results show the presence of both, transient as well as persistent, cost inefficiencies. The GTREM predicts the aggregate level of cost inefficiency to amount to 22.3 percent on average (7.9 percent transient, 14.4 percent persistent). The two components of cost inefficiency differ in their interpretation and implication. From an individual firm's perspective, they might require a firm's management to respond with different improvement strategies. The existing level of persistent inefficiency could prevent hydropower firms from adjusting their production processes to new market environments. From a regulatory point of view, the results of this study could be used in the scope and determination of the amount of financial support given to struggling firms.

**Part II** The economics of environmental regulations and firm productivity have been debated in the literature for decades, however, mainly for western economies and on aggregate level. Literature on firm level is rare, especially for emerging economies like China. The industrial sector has been a major contributor to China's unprecedented economic development, where fast growth rates came hand in hand with a neglect of environmental protection. This study presents the first empirical evaluation of the effects of an environmental regulation on the total factor productivity (TFP) of Chinese industrial firms using parametric methods. Furthermore, this is the first contribution analyzing such effects with respect to TFP change subcomponents of technical change and scale efficiency change, and one of the first empirical applications estimating TFP change via a cost function. The focus is on the iron and steel industry and the national Top-1000 Energy-Consuming Enterprises Program (T1000P), which was introduced within the Eleventh Five Year Plan and spanned 2006 to 2010. The regulation aimed to reduce the energy consumption, and thereby direct and indirect emissions, of the 1000 most energy-consuming industrial firms. The iron and steel industry—still is one of the country's biggest polluters—was targeted the most by the regulation in terms of the

number of treated firms. Using detailed census data on 5,340 firms for the period of 2003 to 2008, TFP is estimated to have grown on average by 6.4 percent. The iron- and steelmaking industry grew fastest, followed by the steel rolling and ferroalloy smelting industry. As one of only a few, this study provides empirical support of a positive effect of an environmental regulation on a firm's productivity: the T1000P is found to have significantly increased yearly TFP change, and thereby competitiveness of treated firms, by 3.1 percent on average. Effects on technical change and scale efficiency change are positive and statistically significant as well. They contribute about equally to the overall treatment effect. Results are robust in several dimensions, even when instrumenting for policy exposure. For China, a boost in productivity coupled with a reduction in environmental degradation are two critical factors to maintain international competitiveness and long-term growth perspectives. Our evidence suggests that environmental regulations could be supportive of both of these factors.

**Part III** This part probes the extent, to which management quality matters in explaining the performance of 386 industrial firms operating in the unique institutional setting of China. This is the first empirical analysis on the role of observed management quality in determining the productivity of Chinese firms. Furthermore, this is the first contribution in general that links this role to firm ownership. In China, firm ownership represents sharp distinctions among operating conditions. In contrast to the main body of literature, we apply production functions of flexible functional forms and panel model specifications. Data stems from the annual Chinese Industrial Census for the period of 2003 to 2008. Observations on managerial quality are taken from the World Management Survey. Two findings are in sharp contrast to the modern literature. First, we find the role of management practice as productive input parameter by itself to be uncorrelated with variation in output. Second, state-owned enterprises (SOEs) on average are better managed than non-SOEs. We provide first empirical evidence that the role of management could be mediated by the institutional element of firm ownership with its associated role of the government. There is indication that the adoption of modern west-

ern management practices is mostly correlated with higher output of SOEs. We explain and discuss potential factors underlying our findings.

# Zusammenfassung

**D**iese Dissertation misst und analysiert die Einflussfaktoren auf die Effizienz und Produktivität von Firmen basierend auf empirischen parametrischen Methoden. Sie besteht aus drei Aufsätzen mit unterschiedlichem Kontext, beispielsweise bezüglich der Geographie, Industrie oder Methodik. Teil I fokussiert auf die Schweiz und schätzt die transiente sowie persistente Kosteneffizienz einer repräsentativen Stichprobe von Schweizer Wasserkraftwerken. Die Schweizer Wasserkraft ist, mit einem Anteil von rund 60 Prozent, die Hauptquelle der heimischen Stromerzeugung. Allerdings hat deren Wirtschaftlichkeit aufgrund von Marktverzerrungen auf europäischer Ebene in den letzten Jahren gelitten. Teil II und III spielen in China, wo die Regierung mit der Steigerung der Umweltfreundlichkeit und Produktivität der Industrie zwei wichtige Themen weit oben auf ihrer Agenda stehen hat. Teil II analysiert die Wirkung des nationalen „Top-1000 Energy-Consuming Enterprises Program“ auf die Produktivitätsänderung von Firmen der chinesischen Eisen- und Stahlindustrie. Diese Regulierung war Bestandteil einer bis dahin unübertroffenen Anstrengung seitens der chinesischen Regierung zur Reduzierung der Energieintensität der Industrie. Teil III studiert den Einfluss von Managementqualität auf die Produktivität von chinesischen Industrieunternehmen. Ein besonderer Fokus liegt dabei auf den Effekten der Besitzstruktur der Unternehmen.

**Teil I** Der Strompreis auf dem europäischen Markt ist in den letzten Jahren erheblich zurückgegangen, was zu einer Verschlechterung der Wettbewerbsfähigkeit und Rentabilität der Schweizer Wasserkraftunternehmen geführt hat. Eine Möglichkeit, die Wirtschaftlichkeit des Wasserkraftsektors zu steigern, besteht in der Erhöhung der Kosteneffizienz. Das Ziel dieser Studie ist es, das Niveau der persistenten und transien-

ten Kosteneffizienz von Wasserkraftunternehmen mit Hilfe des Generalized True Random Effects (GTRE) Modells zu bestimmen. Dieses Modell wurde von Colombi, Kumbhakar et al. (2014) und Filippini and Greene (2016) eingeführt. In Form einer ersten eigenständigen empirischen Anwendung dieses erst kürzlich entwickelten GTRE Modells analysieren wir das Niveau der Kosteneffizienz von 65 Schweizer Wasserkraftunternehmen zwischen 2000 und 2013 basierend auf einer Gesamtkostenfunktion. Zusätzlich schätzen wir ein Random Effects und True Random Effects Modell. Die Schätzwerte dieser beiden Modelle dienen als Vergleichsgrösse für die persistente und transiente Kosteneffizienz. Die Ergebnisse zeigen, dass die Schweizer Wasserkraft sowohl von einem persistenten als auch transienten Kosteneffizienzbestandteil gekennzeichnet ist. Das GTRE Modell schätzt das durchschnittliche aggregierte Kosteneffizienzniveau auf 22.3 Prozent (7.9 Prozent transient, 14.4 Prozent persistent). Die beiden Ineffizienzbestandteile unterscheiden sich sowohl in ihrer Interpretation als auch Implikation. Aus der Sicht der Unternehmen könnten die beiden Bestandteile unterschiedliche Verbesserungsstrategien nach sich ziehen. Das beobachtete Niveau an persistenter Kosteneffizienz könnte die Wasserkraftunternehmen daran hindern, ihre Produktionsprozesse neuen Marktgegebenheiten flexibel anzupassen. Aus regulatorischer Sicht könnten die Ergebnisse dieser Studie dazu genutzt werden, um den Umfang und die Höhe der finanziellen Unterstützung für die sich in Schwierigkeiten befindenden Unternehmen zu bestimmen.

**Teil II** Die ökonomischen Aspekte von Umweltregulierungen sind in der Literatur seit Jahrzehnten diskutiert worden, jedoch vor allem für westliche Volkswirtschaften und auf aggregierter Ebene. Literatur auf Firmenebene ist rar, vor allem für Schwellenländer wie China. Der Industriesektor ist massgeblich an der beispiellosen wirtschaftlichen Entwicklung Chinas beteiligt gewesen, wo hohe Wachstumsraten Hand in Hand mit einer Vernachlässigung des Umweltschutzes einhergingen. Diese Studie präsentiert die erste empirische Evaluation der Effekte einer Umweltregulierung auf die totale Faktorproduktivität (TFP) von chinesischen Industriefirmen anhand parametrischer Methoden. Des Weiteren stellt dies den ersten Beitrag dar, welcher solche Effekte zusätzlich



bezüglich den beiden TFP Änderungskomponenten der technischen Effizienz und Skaleneffizienz abschätzt. Als eine der ersten berechnet diese Studie TFP Änderungen mit Hilfe einer Kostenfunktion. Der Fokus der Analyse liegt auf der Eisen- und Stahlindustrie und dem nationalen „Top-1000 Energy-Consuming Enterprises Program“ (T1000P), welches im Rahmen des Elften Fünf-Jahres-Planes ins Leben gerufen wurde und sich über den Zeitraum von 2006 bis 2010 erstreckte. Es war eine von Chinas ersten gross angelegten Umweltregulierungen. Das Programm zielte darauf ab, den Energieverbrauch und damit die direkten und indirekten Emissionen der 1000 grössten industriellen Energieverbraucher zu reduzieren. Die meisten Unternehmen, welche Bestandteil des T1000P waren, gehörten der Eisen- und Stahlindustrie an. Diese Industrie ist noch immer eine der grössten Umweltverschmutzer des Landes. Anhand detaillierter Daten zu 5,340 Unternehmen für den Zeitraum zwischen 2003 und 2008 wird das durchschnittliche jährliche TFP Wachstum auf 6.4 Prozent geschätzt. Bei Firmen der Eisen- und Stahlherstellung wuchs TFP am stärksten, gefolgt von den Stahlwalzfirmen und Firmen in der Eisenlegierungshüttenindustrie. Als eine von nur wenigen empirische Studien finden wir empirische Belege für einen positiven Effekt einer Umweltregulierung auf die Produktivität von Firmen: Es wird geschätzt, dass das T1000P die jährliche TFP Änderung im Schnitt um 3.1 Prozent erhöhte. Änderungen in der technischen Effizienz und der Skaleneffizienz trugen zu etwa gleich grossen Teilen zu dieser Erhöhung bei. Die Ergebnisse sind robust bezüglich mehrerer Dimensionen, unter anderem auch wenn für Teilnahme am Regulierungsprogramm instrumentiert wird. Für China stellen die Steigerung der Produktivität bei einer gleichzeitigen Minimierung der Beeinträchtigung der Umwelt zwei kritische Faktoren dar, um internationale Wettbewerbsfähigkeit und langfristige Wachstumsperspektiven zu erhalten. Unsere Resultate indizieren, dass Umweltregulierungen zur Erreichung beider Ziele dienlich sein könnten.

**Teil III** Dieser Teil untersucht, inwieweit die Managementqualität die Produktivität von 386 Industrieunternehmen innerhalb Chinas einzigartigem institutionellen Umfelds erklärt. Dies ist die erste empirische Analyse zur Rolle von beobachteter Managementqualität auf die Produktivität von chinesischen Unternehmen und der erste

Beitrag, welcher diese Rolle mit der Eigentümerstruktur eines Unternehmens verknüpft. In China repräsentiert die Eigentümerstruktur grosse Unterschiede in den Betriebsbedingungen. Im Gegensatz zum Grossteil der Literatur verwenden wir Produktionsfunktionen von flexibler funktionaler Form sowie Paneldatenmodelle. Die Daten stammen vom chinesischen Industriezensus und decken den Zeitraum 2003 bis 2008; Beobachtungen zur Managementqualität sind dem World Management Survey entnommen. Zwei Ergebnisse stehen im scharfen Kontrast zur modernen Literatur. Erstens finden wir keine Korrelation zwischen der Managementpraxis und der Veränderung der Produktion. Zweitens weisen staatliche Unternehmen im Durchschnitt eine höhere Managementqualität auf als nicht-staatliche Unternehmen. Wir bieten erste empirische Belege dafür, dass die Rolle der Qualität des Managements vom institutionellen Element der Eigentümerstruktur und der damit verbundenen Rolle der Regierung abhängig sein könnte. Wir finden erste Hinweise, dass staatlich kontrollierte Unternehmen am meisten von der Einführung moderner westlicher Managementpraktiken profitieren. Wir erklären und diskutieren mögliche Faktoren, die unseren Ergebnissen zugrunde liegen könnten.