

Determinanten der technischen Effizienz von Unternehmen - eine ökonometrische Analyse

Oleg Badunenko, Michael Fritsch, Andreas Stephan

Unternehmen und Arbeitsmarkt in Bewegung – Was gewinnt die Forschung durch amtliche Mikrodaten?

31.August 2006

- 1 Einführung
- 2 Determinanten der technischen Effizienz von Unternehmen
 - Literatur
 - Hypothesen
- 3 Empirische Analyse
 - Messung von technischer Effizienz
 - Daten
- 4 Resultate
 - Schätzergebnisse
 - Verteilung und Deskription
 - Determinanten der technischen Effizienz
 - Analyse für verschiedene Quantile der Effizienzverteilung
- 5 Diskussion

Einführung I

Fragestellungen

- ▶ Im Gegensatz zum Mikro-Textbuch-Standardmodell sind Unternehmen in der Realität sehr heterogen.
- ▶ Während einige Unternehmen an der technologischen Frontier operieren, liegen andere deutlich dahinter.
- ▶ Ziel der Untersuchung ist, die Verteilung der technischen Effizienz von Unternehmen zu analysieren.
- ▶ Welche Faktoren beeinflussen die beobachtete Heterogenität der technischen Effizienz von Unternehmen?

Einführung II

Definitionen

- ▶ Technische Effizienz (TE) beschreibt die Fähigkeit von Unternehmen, maximalen Output zu produzieren, gegeben die Inputs.
- ▶ Allokative Effizienz (AE) beschreibt die optimale Kombination von Inputs, gegeben einen Output, durch welche die Kosten minimiert werden (Farrell, 1957; Badunenko, Fritsch und Stephan 2006).
- ▶ Determinanten von technischer Effizienz wurden in früheren Studien innerhalb und zwischen Industrien analysiert (Fritsch und Stephan, 2004a, 2004b).

Einführung III

Besonderheiten

- ▶ Im Gegensatz zu den meisten vorangegangenen Studien verwenden wir eine deterministische Frontier-Produktionsfunktion und schätzen TE als unternehmensspezifischen festen Effekt (Schmidt und Sickles, 1984).
- ▶ Es wird ein neues Maß um die Heterogenität zur Beschreibung der technischen Effizienz in Industrien definiert, das robust gegenüber extremen TE von einigen kleinen Unternehmen ist.
- ▶ Verwendete Datenbasis: Kostenstrukturerhebungen der Jahre 1992-2004, 40% aller Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes in Deutschland werden erfasst (insgesamt 256 Wirtschaftszweige).

Literatur

Determinanten von TE

Caves (1988), Caves und Barton (1990):

- 1 Externe Faktoren, z.B. die Wettbewerbsintensität auf den Märkten, auf denen die Unternehmen operieren, Standortbedingungen, etc.
- 2 Unternehmensspezifische Charakteristika wie Größe, Kapitalintensität, Rechtsform, etc.
- 3 Dynamische Einflüsse, welche zu einer Abweichung vom langfristigen Gleichgewicht führen, z.B. Nachfrageentwicklungen, Innovationen, etc.
- 4 Eigentümerstruktur, z.B. private vs. Unternehmen in öffentlicher Hand, etc.

Hypothesen I

Der Einfluss der Industrie

- ▶ Schmalensee (1985), Wernerfelt und Montgomery (1988) finden empirische Evidenz, dass Unterschiede in den Gewinnen von Unternehmen weitgehend durch Industrieeffekte erklärt werden können.

Hypothese

- ▶ Es wird erwartet, dass Unterschiede in der TE von Unternehmen zu einem großen Teil durch die Industrien erklärt werden können, in denen sie operieren.

Hypothesen II

Outsourcing Aktivitäten

- ▶ Frühere Studien finden empirische Evidenz, dass die Outsourcing-Intensität einen positiven Einfluss auf den Unternehmensgewinn hat (z.B. Görzig and Stephan, 2002; Heshmati, 2003);

Hypothese

- ▶ Verstärktes Outsourcing hat einen positiven Einfluss auf die technische Effizienz von Unternehmen.

Hypothesen III

Forschung und Entwicklung

- ▶ Resultate früherer Studien sind nicht eindeutig (z.B. Bartelsman and Doms, 2000):
 - ▶ on the one hand R&D expenditures may increase innovative activity and lead to development of the new product;
 - ▶ on the other hand, there can be failure of the R&D, strategic interaction between firms, spillovers *etc.*

Hypothese

- ▶ Es wird erwartet, dass die Höhe der FuE-Aufwendungen positiv mit der technischen Effizienz eines Unternehmens korreliert.

Hypothesen IV

Unternehmensgröße

- ▶ Hypothese: aufgrund von Skalenvorteilen haben größere Unternehmen eine höhere TE als kleinere.

Andere Faktoren

- ▶ Rechtsform des Unternehmens
- ▶ Anzahl der tätigen Inhaber
- ▶ regionale Einflüsse (über Dummy-Variablen für den Standort)

Messung von technischer Effizienz I

Schätzstrategie

- ▶ Generell können zur Schätzung von Frontiermodellen DEA, SFA oder deterministische Ansätze verwendet werden.
- ▶ Vorteil von Paneldaten: Schätzung der Unternehmenseffizienz als fester Effekt
- ▶ Keine (restriktive) Verteilungsannahme wie bei SFA ist notwendig
- ▶ Robuster gegenüber Ausreißern als DEA.
- ▶ Nachteil: keine Trennung von unbeobachteter Heterogenität und TE (Greene, 2005).
- ▶ Zweistufiges Vorgehen; erste Stufe: Ermittlung TE; zweite Stufe: Determinanten der TE

Messung von technischer Effizienz II

Methodik

- ▶ Deterministische Translog-Produktionsfunktion

$$\begin{aligned} \ln y_{it} &= \ln \alpha_i + \lambda_t + \sum \beta_k \ln x_{kit} + \sum \beta_{2..k} (\ln x_{kit})^2 \\ &\quad + \sum_{q \neq w} \gamma_{qw} (\ln x_{qit}) (\ln x_{wit}) + \varepsilon_{it} \\ k &= 1, \dots, p; i = 1, \dots, N; t = 1, \dots, T; \\ q &= 1, \dots, p; w = 1, \dots, p; q \neq w. \end{aligned}$$

- ▶ y_{it} Output von Unternehmen i in Periode t ,
- ▶ x_{kit} Produktionsinput k von Unternehmen i in Periode t ,
- ▶ λ_t zeitspezifischer Effekt.

Messung von technischer Effizienz III

Bestimmung der TE

- ▶ Technische Effizienz wird als unternehmensspezifischer fester Effekt α_j ermittelt.
- ▶ Der größte Schätzwert für technische Effizienz α_j dient als Benchmark;
- ▶ TE_i von Unternehmen i wird dann berechnet als:

$$\widehat{TE}_i = \frac{\widehat{\alpha}_i}{\max \widehat{\alpha}_j} \cdot 100$$

- ▶ \Rightarrow mindestens ein Unternehmen wird 100% technische Effizienz aufweisen;
- ▶ die übrigen Unternehmen weisen positive Effizienzen zwischen 0 und 100 Prozent auf.

Datenbeschreibung I

Kostenstrukturerhebung

- ▶ Mikrodaten der Kostenstrukturerhebungen von 1992-2004, pro Jahr etwa 15000 Unternehmen,
- ▶ nahezu Totalerhebung für große Unternehmen mit 500 und mehr Beschäftigte
- ▶ rotierendes Panel für kleinere Unternehmen, alle 4 Jahre neue Ziehung

Datenbeschreibung II

Panelstruktur

Anzahl Jahre	Anzahl Untern.	Anteil [%]	Anzahl Beob.
2	12867	30.6	25734
3	5852	13.9	17556
4	6409	15.2	25636
5	3719	8.8	18595
6	4341	10.3	26046
7	2937	7.0	20559
8	1386	3.3	11088
9	1343	3.2	12087
10	670	1.6	6700
11	900	2.1	9900
12	311	0.7	3732
13	1313	3.1	17069
Summe	42048	100	194702

Beschreibung der Variablen I

Output und Inputs

- ▶ Output wird als Bruttoproduktionswert definiert
- ▶ Input Variablen sind:
 - ① Material (Roh, Hilfs- und Betriebsstoffe sowie Zwischenprodukte);
 - ② Arbeit (Löhne und Gehälter einschließlich Sozialabgaben vom AG);
 - ③ Energie Verbrauch;
 - ④ Kapital (approximiert über die Summe der steuerlichen Abschreibungen plus Mieten und Pachten);
 - ⑤ Externe Dienstleistungen (z.B. Instandhaltung und Reparatur sowie externe Lohnarbeiten)
 - ⑥ Sonstige Inputs die im Zusammenhang mit der Produktion stehen (z.B. Transportdienstleistungen, Beratung oder Marketing)
- ▶ Output und Inputs werden mit dem Erzeugerpreisindex der jeweiligen Industrie deflationiert.

Beschreibung der Variablen II

Zusätzliche Variablen in der Kostenstrukturerhebung

- ▶ Unternehmensgröße (Größenklasse der Beschäftigtenzahl);
- ▶ Marktanteil (Unternehmensumsatz / Industrieumsatz);
- ▶ Forschungs- und Entwicklungsaufwendungen (FuE)*;
- ▶ Subventionen;
- ▶ Outsourcing Aktivitäten:
 - ▶ Operating Leasing*;
 - ▶ Leiharbeit*;
- ▶ Rechtsform (Personen- oder Kapitalgesellschaft);
- ▶ Wirtschaftszweig (4-Steller-Ebene);
- ▶ Standort des Unternehmenssitzes

* seit 1999

Resultate Translog-Produktionsfunktion I

Schätzergebnisse für logarithmische TL-Produktionsfunktion

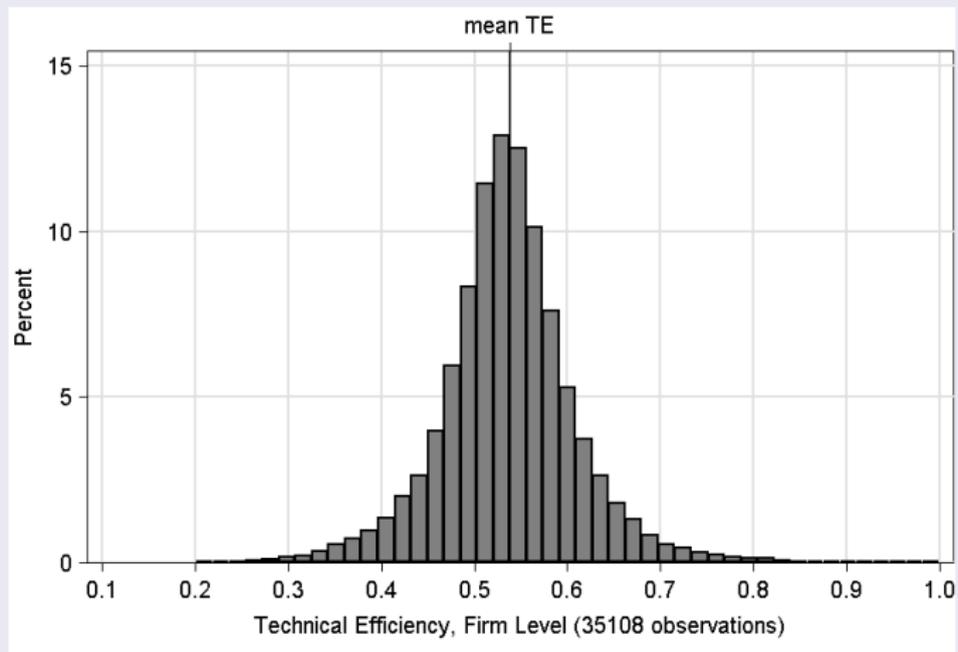
$\beta_{material}$	0.217 (24.11)	$\gamma_{material-other}$	-0.017 (-28.88)
β_{labour}	0.270 (12.82)	$\gamma_{material-external}$	-0.017 (-45.30)
β_{energy}	0.021 (2.36)	$\gamma_{labour-energy}$	-0.004 (-3.75)
$\beta_{capital}$	0.206 (13.17)	$\gamma_{labour-capital}$	-0.025 (-13.05)
β_{other}	0.161 (19.01)	$\gamma_{labour-other}$	-0.029 (-24.59)
$\beta_{external}$	0.126 (23.66)	$\gamma_{labour-external}$	-0.014 (-18.87)
$\beta_{2material}$	0.083 (248.34)	$\gamma_{energy-capital}$	0.0001 (0.13)
$\beta_{2labour}$	0.087 (54.51)	$\gamma_{energy-other}$	-0.003 (-4.50)
$\beta_{2energy}$	0.008 (20.25)	$\gamma_{energy-external}$	-0.002 (-4.81)
$\beta_{2capital}$	0.025 (28.15)	$\gamma_{capital-other}$	-0.01 (-10.69)
β_{2other}	0.029 (60.26)	$\gamma_{capital-other}$	-0.003 (-6.12)
$\beta_{2external}$	0.018 (91.7)	$\gamma_{other-external}$	-0.001 (-2.48)
$\gamma_{material-labour}$	-0.103 (-88.56)		
$\gamma_{material-energy}$	-0.004 (-7.90)	Anz. Beob.	194702
$\gamma_{material-capital}$	-0.018 (-19.78)	R^2	0.9964

Resultate Translog-Produktionsfunktion II

Interpretation

- ▶ Outputelastizitäten der Inputs: Material (0.43), Arbeit (0.36), Energie (0.03), Kapital (0.06), Sonst (0.08), und Extern (0.06)
- ▶ $\Rightarrow H_0$: konstante Skalenerträge wird nicht abgelehnt \Rightarrow im Einklang mit der neoklassischen Produktionstheorie
- ▶ \Rightarrow die Schätzwerte für technische Effizienzen der Unternehmen erscheinen plausibel

Die Verteilung der technischen Effizienz



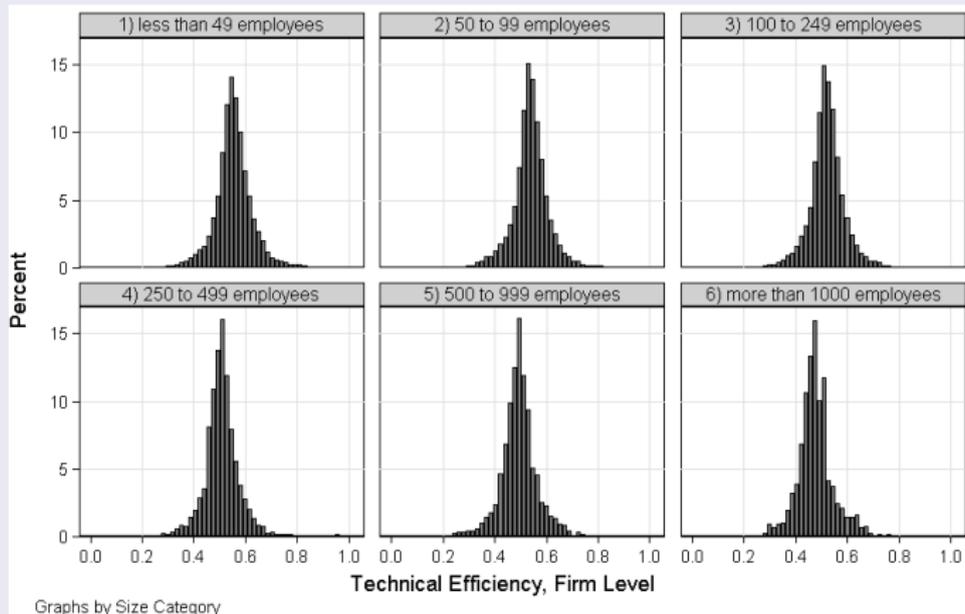
Verteilung der technischen Effizienz

Technische Effizienz und Unternehmensgröße

Deskriptive Statistiken für TE (Lage und Streuung)

Größenklassen:	< 49	50-99	100-249	250-499	500-999	> 1000	Gesamt
Mittelwert	0.557	0.540	0.524	0.511	0.496	0.479	0.538
Variationskoeff.	0.133	0.131	0.131	0.137	0.145	0.140	0.138
Maximum	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.757	1.000
95th percentile	0.677	0.653	0.633	0.623	0.621	0.604	0.658
Median	0.677	0.653	0.633	0.623	0.621	0.604	0.658
5th percentile	0.439	0.421	0.413	0.405	0.384	0.372	0.419
Minimum	0.258	0.202	0.237	0.232	0.240	0.277	0.202
Anzahl Beob.	13965	8913	7385	2696	1372	777	35108

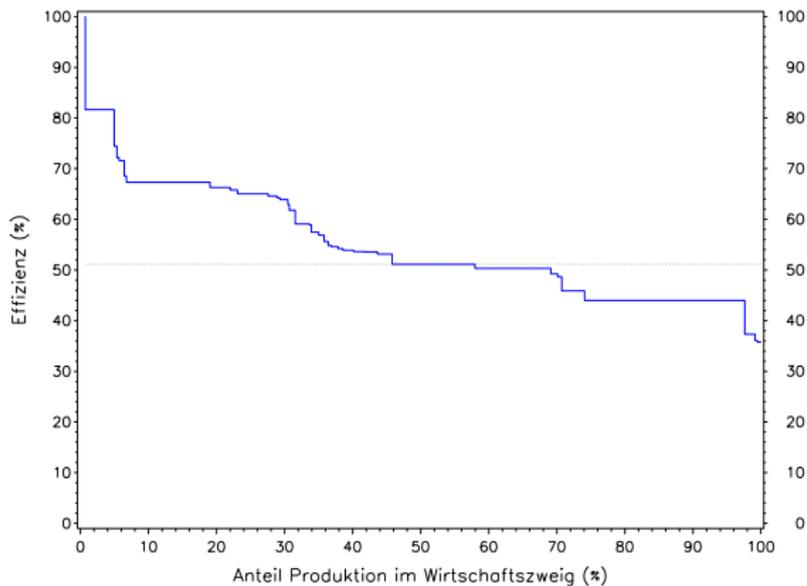
Die Verteilung der technischen Effizienz für verschiedene Größenklassen



Verteilung der technischen Effizienz für verschiedene Größenklassen

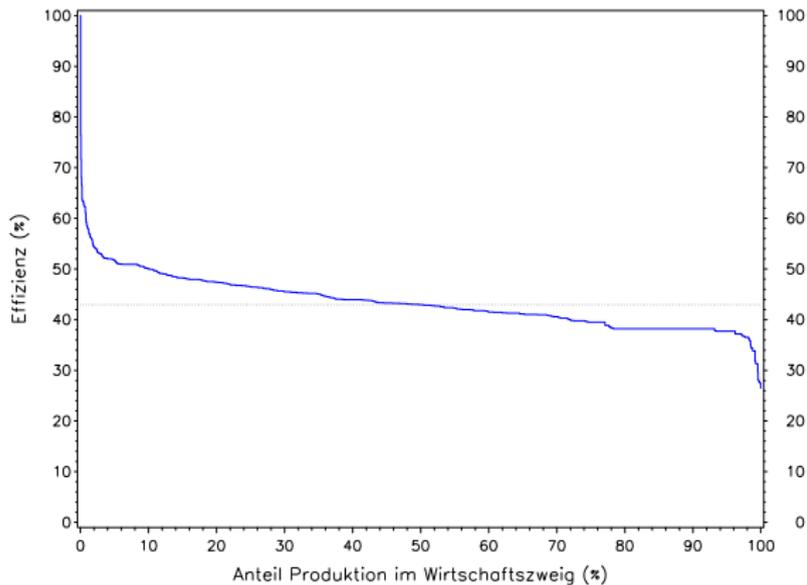
Verteilung der Effizienz im Wirtschaftszweig 2441 (N=36)

Herstellung von pharmazeutischen Grundstoffen



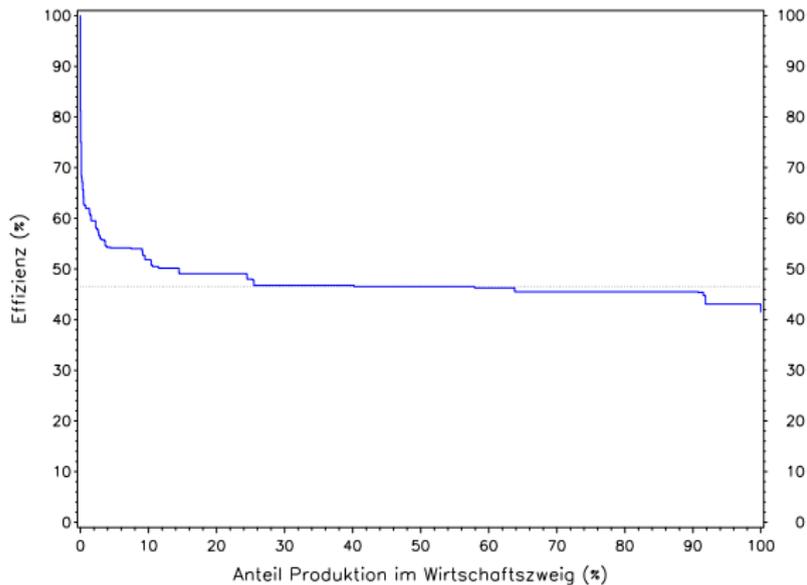
Verteilung der Effizienz im WZ 3430 (N=802)

Herst. v. Teilen und Zubehör für Kraftwagen/Kraftwagenmotoren



Verteilung der Effizienz im WZ 3410 (N=105)

Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenmotoren



Determinanten der technischen Effizienz

Modellspezifikationen

- 1 Gesamtzeitraum 1992-2004 (35108 Unternehmen), Größe wird durch sechs Kategorien definiert: (i) 20- 49 Besch, (ii) 50-99 Besch, (iii) 100-249 Besch, (iv) 250-499 Besch, (v) 500-999 Besch, (vi) mehr als 1000 Besch;
- 2 Zweite Periode 1999-2004 (21499 Unternehmen), zusätzliche Merkmale: FuE, Operating Leasing, Leiharbeit

Exkurs: Partielles R^2

- ▶ Die Anzahl der Beobachtungen ist sehr groß und die Signifikanz der t -Test ist nicht sehr hilfreich, um den Beitrag einer unabhängigen Variablen zur Erklärung von technischer Effizienz abzuschätzen.
- ▶ Das partielle R^2 gibt an, wieviel von der Variation in der abhängigen Variablen von einer bestimmten unabhängigen Variablen erklärt wird, gegeben die übrigen Variablen. Das partielle R^2 ergibt sich aus Differenz im R^2 des Modells mit und ohne die betreffende Variable.

Determinanten der technischen Effizienz I

Resultate für Unternehmenscharakteristika

Partielles R^2 in %, (geschätzter Parameter in Klammern)	1992-2004		1999-2004	
Size category	6.12*		5.07*	
less than 49 employees		(0.169*)		(0.149*)
50-99 employees		(0.130*)		(0.119*)
100-249 employees		(0.096*)		(0.090*)
250-499 employees		(0.067*)		(0.063*)
500-999 employees		(0.034*)		(0.037*)
more than 1000 employees		–		–
Relative production share	0.0005	(-0.015)	0.0007	(-0.015)
Legal form	0.11*	–	0.11*	–
Number of owners working in the firm	0.13*	(0.010*)	0.14*	(0.009*)
R&D expenditures	–		0.21*	-0.145*
Overall R-square		24.40		23.50
Number of observations		35108		21499

Determinanten der technischen Effizienz II

Resultate für Outsourcing Aktivitäten

Partielles R^2 in %, (geschätzter Parameter in Klammern)				
	1992-2004		1999-2004	
External material inputs	0.04*	(-0.002*)	0.24*	(-0.005*)
Farming-out of production	0.38*	(0.039*)	0.45*	(0.037*)
External services (maintenance and repair)	0.08*	(0.053*)	0.03*	(0.030*)
Temporarily employed labour	–		0.002	(-0.014)
Operating Leasing	–		0.001	(7.06E-06)
Overall R-square	24.40		23.50	
Number of observations	35108		21499	

Determinanten der technischen Effizienz III

Resultate für Industrie, Standort und andere Effekte

	Partielles R^2 in %, (geschätzter Parameter in Klammern)			
	1992-2004		1999-2004	
Location	2.30*	(-)	2.32*	(-)
Industry	7.80*	(-)	8.02*	(-)
Sample selection (# years observed)	0.19	(0.010*)	0.02	(-0.001*)
Year-effects	0.33	(-)	0.36	(-)
Overall R-square	24.40		23.50	
Number of observations	35108		21499	

Analyse für Quantile der Effizienzverteilung I

Auszug aus den Resultaten zur relativen Wichtigkeit der Faktoren

Partielles R^2 in %, (geschätzter Parameter in Klammern), 1992-2004

	<10% effizient	10%–90% effizient	>90% effizient
Size category	0.63*	6.69*	0.50*
< 50 employees	(0.035*)	(0.089*)	(0.074*)
50-99 employees	(0.021**)	(0.071*)	(0.069*)
100-249 employees	(0.017**)	(0.049*)	(0.064*)
250-499 employees	(0.001)	(0.028*)	(0.064*)
500-999 employees	(0.002)	(0.012*)	(0.047*)
> 1000 employees	(-)	(-)	(-)
Location	12.63* (-)	2.11* (-)	10.63 (-)
Industry	8.44* (-)	5.05* (-)	10.35* (-)
Overall R-square	31.73	19.79	27.71
No. obs.	3432	28041	3635

Analyse für Quantile der Effizienzverteilung II

Auszug aus den Resultaten zur relativen Wichtigkeit der Faktoren

Partielles R^2 in %, (geschätzter Parameter in Klammern), 1999-2004

	<10% effizient		10%–90% effizient		>90% effizient	
Size category	0.20		6.13*		0.73*	
<50 employees		(0.009)		(0.087*)		(0.087*)
50-99 employees		(0.012)		(0.072*)		(0.083*)
100-249 employees		(0.017)		(0.050*)		(0.075*)
250-499 employees		(0.012)		(0.029*)		(0.067*)
500-999 employees		(-0.001)		(0.015*)		(0.057*)
> 1000 employees		(-)		(-)		(-)
R&D expenditures	0.12	(-0.069)	0.13*	(-0.067*)	0.004	(0.019)
Location	23.51*	(-)	2.56*	(-)	16.18*	(-)
Industry	16.63*	(-)	5.62*	(-)	11.27*	(-)
Overall R-square	47.67		21.90		36.39	
No. obs.	1476		17753		2270	

Diskussion

- ▶ Die Determinanten und die Verteilung der technischen Effizienz wurde basierend auf einem repräsentativen Paneldatensatz deutscher Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes analysiert.
- ▶ Wichtigste Ergebnisse:
 - ▶ Der Industriezweig, die Unternehmensgröße und der Standort sind wichtige Faktoren zur Erklärung der Heterogenität von Unternehmenseffizienzen.
 - ▶ Outsourcing-Aktivitäten haben einen positiven Effekt auf die technische Effizienz, der Erklärungsbeitrag ist jedoch sehr gering.
 - ▶ andere Faktoren wie Rechtsform, Anzahl der Inhaber usw. haben nur einen vernachlässigbar kleinen Effekt.
- ▶ Überraschende Resultate:
 - ▶ Kleinere Unternehmen sind im Durchschnitt effizienter als größere
 - ▶ FuE hat keinen positiven Effekt auf die technische Effizienz von Unternehmen

Ausblick

- ▶ Zeitinvariante Technische Effizienz ist eine sehr restriktive Annahme
⇒ Schätzung zeitvarianter Effizienzen
- ▶ Schätzung der Produktionsfunktion: Berücksichtigung von möglicher Simultanität sowie von exogenen Produktivitätsschocks (Olley und Pakes, 1996; Levinsohn und Petrin, 2003)
- ▶ Analyse der Determinanten von allokativer Effizienz