

Größenvorteile im deutschen ÖSPV – Eine empirische Analyse

Karl-Hans Hartwig / Raimund Scheffler

Abstract

In this paper we present an efficiency analysis of bus transport companies in Germany. It is focused on the calculation of scale efficiencies in order to identify possible economies of scale in the German bus transport market. For this purpose, we apply data envelopment analysis (DEA). As DEA is a deterministic method, bootstrapping procedures are applied to test for global and individual returns to scale. We find that small bus transport companies achieve economies of scale by extending their size.

1. Einleitung	3
2. Data Envelopment Analysis	4
2.1. Analyse von Größenvorteilen	4
2.2. Erweiterung der Data Envelopment Analysis durch Hypothesentests	7
3. Daten	8
4. Modellspezifikation	9
5. Ergebnisse	11
5.1. Ergebnisse der Data Envelopment Analysis	11
5.2. Ergebnisse der Hypothesentests	13
Literaturverzeichnis	17
Anhang	19

Abbildung 1: DEA mit konstanten Skalenerträgen und variablen Skalenerträgen	5
Abbildung 2: Modell 1(a) – Skalenineffizienz	11
Abbildung 3: Modell 2(a) – Skalenineffizienz	12
Abbildung 4: Modell 1(b) – Skalenineffizienz	12
Abbildung 5: Modell 2(b) – Skalenineffizienz	13
Abbildung 6: Modell 1(a) - Individuelle Hypothesentests auf konstante Skalenerträge	14
Abbildung 7: Modell 2(a) - Individuelle Hypothesentests auf konstante Skalenerträge	14
Abbildung 8: Modell 1(b) - Individuelle Hypothesentests auf konstante Skalenerträge	15
Abbildung 9: Modell 2(b) - Individuelle Hypothesentests auf konstante Skalenerträge	15
Tabelle 1: Input- und Output-Variablen	10
Tabelle 2: Modellspezifikationen	10

1. Einleitung

Der öffentliche Straßenpersonenverkehr (ÖSPV)¹ steht gegenwärtig vor erheblichen Herausforderungen. Grund dafür ist zum einen die EU, die schon seit längerem versucht, den von kommunalen Busunternehmen dominierten Markt durch vermehrte Ausschreibungswettbewerbe aufzubrechen. Zum anderen sind es die zunehmenden Mittelengpässe in den öffentlichen Haushalten, aus denen der ÖSPV bislang in erheblichem Umfang aus den verschiedensten Quellen subventioniert wird. Die Konsequenz ist ein verstärkter Druck auf die Leistungsanbieter, ihre Effizienz nachhaltig zu verbessern, müssen sie sich doch künftig einem – wenn auch in Deutschland noch sehr zögerlich anlaufenden – zunehmenden Wettbewerb stellen und den Anforderungen der Aufgabenträger nach kostengünstigeren Angeboten nachkommen.

Eine Möglichkeit der Effizienzverbesserung kann darin bestehen, durch Unternehmenswachstum Größenvorteile zu realisieren. Die Generierung solcher Economies of Scale oder Economies of Density ist dabei für die Betroffenen nicht nur deshalb von Interesse, weil sie damit ihre Durchschnittskosten senken können, sondern weil solche Effizienzgewinne mittlerweile auch für die Beurteilung von zusammenschlussbedingtem Größenwachstum durch die Kartellbehörden eine wichtige Rolle spielen. Das gilt zumindest dann, wenn die Wettbewerbspolitik konzeptionell dem so genannten More Economic Approach folgt, wie er in der Fusionskontrollverordnung (FKVO 139/2004) der EU 2004 seinen Niederschlag gefunden hat. Danach ist im Rahmen der Zusammenschusskontrolle zu prüfen, inwieweit zusammenschlussbedingte Wettbewerbsbeeinträchtigungen durch entsprechende Effizienzgewinne aufgewogen werden, von denen die Konsumenten in Form niedrigerer Preise, größerer Mengen und besserer Qualität profitieren.

Vor diesem Hintergrund wird im vorliegenden Beitrag empirisch analysiert, ob sich Größenvorteile im deutschen ÖSPV realisieren lassen. Die gängigen ökonometrischen Verfahren dazu beruhen auf einem Benchmarking. Hierbei werden aus empirischen Unternehmensdaten einer Branche die Produktions- und Kostengrenzen (Frontiers) bestimmt, auf denen die jeweils effizientesten Unternehmen liegen. Sie bilden dann im Sinne eines „Best Practice“ die Benchmark, an der die anderen Unternehmen der Branche gemessen werden. Stellt sich bei diesem Vergleich heraus, dass größere Unternehmen systematisch effizienter sind als kleinere Unternehmen, so deutet das auf die Existenz von Größenvorteilen hin. Bei der Analyse können nicht parametrische Verfahren und parametrische Verfahren zum Einsatz kommen.

¹ Zum ÖSPV gehört der Verkehr mit Bussen und mit jenen schienenengebundenen Fahrzeugen, die zumindest teilweise in den Straßenverkehr integriert sind, wie U-Bahnen und Straßenbahnen, sowie mit Anrufbussen, Liniertaxen oder Anrufsammeltaxen.

Zu ersteren zählt die Data Envelopment Analysis (DEA), zur letzteren die Stochastic Frontier Analysis (SFA).² Wir beschränken uns hier auf die DEA und Hypothesentests bzgl. der Skalenerträge mit Hilfe des Bootstrap-Algorithmus von Simar und Wilson (2002).³

2. Data Envelopment Analysis

Die nicht parametrischen Methoden zur Schätzung von Effizienzwerten gehen auf die Arbeit von Farrell (1957) zurück, der erstmals die Ermittlung einer Produktionsgrenze mit Methoden der mathematischen Optimierung vorschlug.⁴ Im Gegensatz zu den parametrischen Methoden verlangt dieser Ansatz keine Spezifikation einer funktionalen Form. Die Produktionsgrenze wird durch stückweise lineare Optimierung ermittelt, indem die beobachteten Datenpunkte möglichst dicht umhüllt werden.⁵

2.1. Analyse von Größenvorteilen

Die hier durchgeführte DEA orientiert sich ausschließlich an der Produktionstechnologie. Dabei werden zwei Produktionsgrenzen ermittelt. Die Produktionsgrenzen unterscheiden sich durch die unterstellte Produktionstechnologie (Abbildung 1). Während die CRS (Constant Returns to Scale)-Produktionsgrenze für alle Unternehmen konstante Skalenerträge unterstellt, lässt die VRS (Variable Returns to Scale)-Produktionsgrenze variable Skalenerträge zu.⁶ Alle auf einer Produktionsgrenze liegenden tatsächlichen oder hypothetischen Unternehmen⁷ gelten als vollständig technisch effizient.⁸ Abbildung 1 illustriert unter anderem die CRS-Produktionsgrenze und die Projektion der Einproduktunternehmen (A, B, C, D, E), die nur einen Input einsetzen, auf diese. Hierbei wird die Produktionsgrenze durch das effizienteste Unternehmen (in unserem Beispiel B) aller erfassten Unternehmen bestimmt. Es weist die höchste Produktivität auf. Alle anderen betrachteten Unternehmen, die nicht auf der CRS-Produktionsgrenze liegen, sind daran gemessen technisch ineffizient.

² Zur DEA vgl. Coelli et al. (2005), zur SFA vgl. Kumbhakar/Lovell (2000).

³ Vgl. Simar/Wilson (2002).

⁴ Vgl. Farrell (1957).

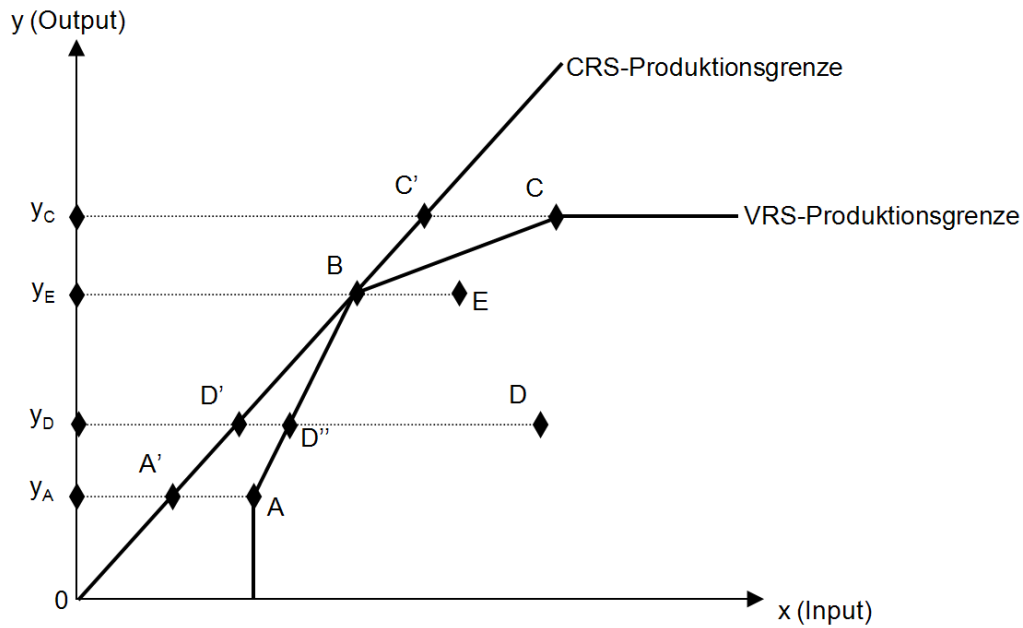
⁵ Vgl. De Borger / Kerstens / Costa (2002), S. 8.

⁶ Vgl. zur DEA unter der Annahme konstanter Skalenerträge (CCR-Modell) Charnes/Cooper/Rhodes (1978) und zur DEA unter der Annahme variabler Skalenerträge (BBC-Modell) Banker/Charnes/Cooper (1984).

⁷ Die hypothetischen Unternehmen ergeben sich als gewichteter Durchschnitt bzw. als Linearkombination von auf der Produktionsgrenze liegenden realen Unternehmen.

⁸ Zur Messung der Effizienz eines Unternehmens können verschiedene Konzepte angewandt werden. Eines der gebräuchlichsten Effizienzmaße ist die auf Farrell (1957) zurückgehende technische Effizienz. Die technische Effizienz eines Unternehmens wird als relativer Abstand des Unternehmens zur Produktionsgrenze definiert, die somit als Benchmark dient. Vgl. Farrell (1957), S. 254.

Abbildung 1: DEA mit konstanten Skalenerträgen und variablen Skalenerträgen



Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Coelli et al. (2005), S. 174.

Im DEA-Modell wird nun zu jeder Beobachtung eine Referenz⁹ auf der Produktionsgrenze identifiziert, die mit geringerem Input denselben Output erzielen kann. Die Inputorientierung wird unter der Annahme gewählt, dass sich der Faktoreinsatz von den Entscheidungsträgern der Busunternehmen besser verändern lässt als der Output, der nachfragedeterminiert ist. Die technische Effizienz im inputorientierten Modell misst sich als relativer horizontaler Abstand zur Produktionsgrenze. Beispielsweise könnte Unternehmen D seine Produktivität auf das Niveau von B erhöhen, wenn es seinen Input auf D' senkt. Das Effizienzmaß für das Unternehmen D entspricht grafisch dem Streckenverhältnis:¹⁰

$$(1) \quad \theta_D = \frac{\overline{y_D D'}}{y_D D}.$$

θ_D kann als Anteil interpretiert werden, auf den das Unternehmen seinen Input senken müsste, um technisch effizient zu sein.¹¹

Nimmt man konstante Skalenerträge für die Produktionstechnologie an, dann wird unterstellt, dass die Größe (hier gemessen als Produktionsvolumen) eines Unternehmens keinen Einfluss auf dessen Produktivität hat. Bei Variation der Einsatzmengen bleibt das Verhältnis von Output zu Input und somit die Produktivität stets konstant.¹²

⁹ Die Referenz für das Unternehmen E ist das reale Unternehmen B, für das Unternehmen D das hypothetische Unternehmen D'.

¹⁰ Vgl. Coelli et al. (2005), S. 52f.

¹¹ Wobei $\theta_D \leq 1$. Unternehmen B erreicht einen Wert von 1 und ist somit zu 100% technisch effizient ($\theta_B = 1$).

¹² Vgl. Cantner/Krüger/Hanusch (2007), S. 147.

Hat die Unternehmensgröße in der Realität einen Einfluss auf dessen Produktivität, dann schlägt sich dies in nicht konstanten Skalenerträgen nieder. Bei steigenden Skalenerträgen nimmt die Produktivität mit zunehmender Unternehmensgröße zu, bei sinkenden nimmt sie ab.

Variable Skalenerträge implizieren, dass auch über- bzw. unterproportionale Veränderungen des Outputs bei Veränderungen des Faktoreinsatzes möglich sind. Die Produktionsgrenze wird bei diesem Ansatz aus linearen Teilstücken zusammengesetzt, die steigende und sinkende (aber auch konstante) Skalenerträge zulassen. Die VRS-Produktionsgrenze (Abbildung 1) weist im Teilbereich AB steigende und im Teilbereich BC sinkende Skalenerträge auf. Bewegt man sich vom Punkt A zum Punkt B (vom Punkt B zum Punkt C) dann nimmt das Verhältnis von Output zu Input zu (ab), die Produktivität steigt (sinkt). Dabei werden die Output/Input-Kombinationen A und B (und deren Konvexkombinationen) beide als effizient behandelt, da sie auf der VRS-Produktionsgrenze operieren. Im Gegensatz zur CRS-Produktionstechnologie werden dabei vorhandene Produktivitätsunterschiede zwischen Unternehmen, die auf der VRS-Produktionsgrenze operieren (z.B. zwischen A und B), aus der Effizienzbewertung ausgeschlossen und der Unternehmensgröße zugeschrieben. Die damit verbleibenden Effizienzunterschiede werden dann auf die sogenannte „reine“ technische Effizienz zurückgeführt. Sie ergibt sich für Unternehmen D als relativer horizontaler Abstand zur VRS-Produktionsgrenze:¹³

$$(2) \quad \delta_D = \frac{\overline{y_D D'}}{y_D D} .^{14}$$

Größenvorteile werden mit Hilfe der DEA über einen Vergleich der Effizienzwerte der Unternehmen unter der Annahme konstanter und variabler Skalenerträge ermittelt. Das Maß der Skaleneffizienz des Unternehmens D ist dann:¹⁵

$$(3) \quad \partial_D = \frac{\theta_D}{\delta_D} = \frac{\overline{y_D D'}}{y_D D''} .^{16}$$

Es gibt den Anteil der Produktivität wieder, welche Unternehmen D“ an der Produktivität des Unternehmens B erreicht, wenn also Unternehmen D „rein“ technisch effizient wäre.¹⁷

¹³ Vgl. Cantner/Krüger/Hanusch (2007), S. 148ff.

¹⁴ Wobei $\delta_D \leq 1$. Beispielsweise erreichen Unternehmen B und A jeweils einen Wert von 1 und sind somit zu 100% „rein“ technisch effizient ($\delta_B = 1$ und $\delta_A = 1$).

¹⁵ Vgl. Coelli et al. (2005), S. 172ff.

¹⁶ Wobei $\partial_D \leq 1$. Unternehmen B erreicht einen Wert von 1 und ist somit zu 100% skaleneffizient ($\partial_B = 1$).

¹⁷ Von Hirschhausen und Cullmann (2008) schlagen vor, die Differenz von δ und θ für jedes Unternehmen zu bilden. Je größer diese Differenz ist, desto geringer ist die Skaleneffizienz. Vgl. Hirschhausen, von/Cullmann (2008), S.17.

Weisen nun kleine Unternehmen systematisch geringere Skaleneffizienzen auf, so könnten sie durch Erweiterung der Unternehmensgröße Größenvorteile generieren. Sie arbeiten im Bereich steigender Skalenerträge.

2.2. Erweiterung der Data Envelopment Analysis durch Hypothesentests

Wie oben erläutert, werden gewöhnlich Größenvorteile bzw. Größennachteile im Rahmen einer deskriptiven Analyse durch einen Vergleich der Effizienzwerte der DEA unter der Annahme konstanter Skalenerträgen mit den Effizienzwerten der DEA unter der Annahme variabler Skalenerträgen ermittelt. Allerdings können hiermit nur allgemeine Aussagen bzgl. der geschätzten Produktionstechnologie gemacht werden. Durch das Fehlen formaler statistischer Tests sind keine Rückschlüsse auf die wahre Produktionstechnologie möglich. Wenn beispielsweise für ein Busunternehmen in der Analyse Skalenineffizienz festgestellt wird, kann es sein, dass es nicht die optimale Unternehmensgröße aufweist. Wiederum kann dieses Ergebnis auch aufgrund der Stichprobe zustande kommen, d.h. eine andere Stichprobe könnte ein anderes Ergebnis liefern. Ohne einen statistischen Test kann keine Überprüfung dieser Möglichkeiten stattfinden.¹⁸

Um diesen Mangel zu beheben, wird dem Vorschlag von Simar und Wilson (2002) gefolgt und Hypothesentests zu Skalenerträgen mit der von ihnen entwickelten Bootstrap-Prozedur durchgeführt.¹⁹ Sie schlagen folgendes Vorgehen vor:²⁰

Test 1:

- Nullhypothese: Die Produktionstechnologie weist global konstante Skalenerträge auf.
- Alternativhypothese: Die Produktionstechnologie weist variable Skalenerträge auf.

Wird die Nullhypothese verworfen, hat die Unternehmensgröße einen Einfluss auf die Effizienz und wir testen eine weniger restriktive Nullhypothese.

Test 2:

- Nullhypothese: Die Produktionstechnologie weist global nicht steigende Skalenerträge auf.
- Alternativhypothese: Die Produktionstechnologie weist variable Skalenerträge auf.

Wird die Nullhypothese verworfen, so kann die Alternativhypothese akzeptiert werden, d.h. es liegen steigende, konstante und sinkende Skalenerträge vor.

¹⁸ Vgl. Simar/Wilson (2002), S. 119.

¹⁹ Die Anzahl der Replikationen beträgt hier 2000.

²⁰ Vgl. Simar/Wilson (2002), Simar/Wilson (2007) und Simar/Wilson (2000).

Nachdem die Hypothesentests zu der Produktionstechnologie der Branche durchgeführt wurden, werden sie für jedes einzelne Unternehmen wiederholt. So wird überprüft, ob es im Bereich konstanter oder steigender Skalenerträge operiert. Somit ergeben sich folgende Tests:

Test 1':

- Nullhypothese: Das Unternehmen operiert im Bereich konstanter Skalenerträge.
- Alternativhypothese: Das Unternehmen operiert im Bereich steigender oder sinkender Skalenerträge.

Test 2':

- Nullhypothese: Das Unternehmen operiert im Bereich nicht steigender Skalenerträge.
- Alternativhypothese: Das Unternehmen operiert im Bereich steigender Skalenerträge.

3. Daten

Die physischen Daten für die DEA liefern die offiziellen Statistiken des Verbandes Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV). Berücksichtigt werden ausschließlich reine Busunternehmen. Damit ergibt sich ein unvollständiger Panel-Datensatz von 2.487 Beobachtungen für den Zeitraum 1994 bis 2006 (Anhang 1).

Ein entscheidender Nachteil der DEA als deterministisches Verfahren ist die fehlende Berücksichtigung von Datenfehlern. Somit werden hohe Ansprüche an die Qualität des zugrunde gelegten Datensatzes gestellt. In den VDV-Statistiken ist diese Qualität nicht durchweg gegeben. So werden für identische Regionen und Busunternehmen im Zeitablauf schwankende Linienlängen – etwa zwischen 32,4 km und 43.907 km – angegeben, was auf Datenfehler schließen lässt. Zudem ergibt der Datensatz stark unterschiedliche Arbeitsproduktivitäten. So schwanken beispielsweise die Nutzwagenkilometer pro Beschäftigten (Kopfzahl) zwischen 1.341 bis 835.000 Kilometern. Ein Grund hierfür liegt darin, dass zwar in den VDV-Statistiken die im Rahmen der Beauftragung ausgelagerten Transportleistungen in der Gesamtleistungen der Auftraggeber enthalten sind, nicht aber die dabei eingesetzten Beschäftigten, so dass Busunternehmen mit einem hohen Outsourcinggrad statistisch eine zu hohe Arbeitsproduktivität aufweisen. Eine Verzerrung der Analyseergebnisse ist daher möglich. Diesem Problem wird mit zwei unterschiedlichen Vorgehensweisen begegnet:

(a) Busunternehmen mit einer unterproportionalen Anzahl an Vollzeitbeschäftigten werden aus dem Datensatz gelöscht. Das sind Busunternehmen mit weniger als einem Vollzeitbeschäftigten pro Bus.²¹

(b) Die in den VDV-Statistiken angegebene Anzahl angemieteter Busse je Busunternehmen wird als Indikator für den Outsourcinggrad von Leistungen interpretiert, indem pro angemieteten Bus zwei zusätzliche Vollzeitbeschäftigte kalkuliert werden.²²

Darüber hinaus wird, analog zu von Hirschhausen und Cullmann (2008), der Datensatz mit Hilfe des DEA-Modells von Andersen und Petersen (1993) von Ausreißern bereinigt, da Extremwerte (Ausreißer) zu Verzerrungen der Analyseergebnisse führen.²³

Damit ergeben sich je nach Vorgehensweise zwei neue Datensätze (a und b). Vorgehensweise (a) liefert den Datensatz (a) von 1.912 Beobachtungen (Anhang 2). Das entspricht ca. 46% der zur Verfügung stehenden Beobachtungen und ca. 34% der Nutzwagenkilometer aller Busunternehmen. Im Beobachtungszeitraum variiert die Anzahl der Busunternehmen zwischen 106 und 174. Vorgehensweise (b) liefert den Datensatz (b) von 2.304 Beobachtungen, was ca. 56% der zur Verfügung stehenden Beobachtungen und ca. 45% der Nutzwagenkilometer entspricht (Anhang 3). Die Anzahl der Busunternehmen variiert zwischen 155 und 191 innerhalb des Beobachtungszeitraumes. Im Ergebnis differieren die partiellen Arbeitsproduktivitäten nicht mehr so stark wie im Ausgangsdatsatz. Datensatz (a) weist bei den Nutzwagenkilometern je Vollzeitbeschäftigten eine Bandbreite von 1.350 bis 67.000 auf. Bei Datensatz 3 (b) liegt die Bandbreite zwischen 1.180 und 67.000 Nutzwagenkilometern je geschätzten Vollzeitbeschäftigten.

4. Modellspezifikation

Vor der Anwendung der DEA müssen geeignete Input- und Outputgrößen für das Modell gewählt werden. Die von Busunternehmen hauptsächlich eingesetzten Inputfaktoren sind Arbeit, Kapital (Busse) und Energie.²⁴ Auf Basis der vorliegenden Daten werden die Anzahl der ausgewiesenen und geschätzten Vollzeitbeschäftigten und die Anzahl der Busse berücksichtigt. Bei den Outputvariablen kann eine Unterteilung in zwei Hauptkategorien von Outputmaßen vorgenommen werden.²⁵ Die erste Gruppe umfasst die so genannten angebotsorientierten Maße. Dazu gehören gefahrene Nutzwagenkilometer und Sitzplatzkilometer. Als Vorteile dieser technischen Maße lassen sich die relativ gute Datenverfügbarkeit, eine hohe

²¹ Vgl. Hirschhausen, von/Cullmann (2008), S. 12.

²² Vgl. Hirschhausen, von/Cullmann/Walter (2008), S. 491, Leuthardt (2005) und Leuthardt (1986).

²³ Vgl. Hirschhausen, von/Cullmann (2008), S. 13 und Andersen/Petersen (1993). Gelöscht wurden auch hier Busunternehmen mit einem Supereffizienzwert von größer als 300 %.

²⁴ Vgl. De Borger/Kerstens/Costa (2002), S. 18.

²⁵ Vgl. Berechman/Giuliano (1985), S. 318.

Korrelation mit den Inputfaktoren sowie eine gute Vergleichbarkeit unterschiedlicher Busunternehmen bei Verwendung von Querschnittsdaten nennen. Der größte Nachteil wird darin gesehen, dass technische Maße keine direkte Relation zum ökonomischen Zweck der Bereitstellung von Busleistungen - dem Passagiertransport - besitzen. Nachfrageorientierte Maße bilden daher die zweite Gruppe. Sie beinhalten beispielsweise die beförderten Fahrgäste oder die Personenkilometer. Ein Nachteil der nachfrageorientierten Maße besteht darin, dass sie nicht der direkten Kontrolle der Busunternehmen unterliegen, da die Fahrgäste die Outputgrößen mitbestimmen.²⁶ Zudem besteht der Anreiz, dass Busunternehmen die Personenkilometer übertreiben, um gegenüber den politisch Verantwortlichen die Förderwürdigkeit des ÖPNV zu dokumentieren. Aus diesen Gründen wird im Folgenden der Fokus auf die angebotsorientierten Maße gelegt. Die relevanten Input- und Outputvariablen sind in Tabelle 1 aufgeführt. Tabelle 2 gibt die zwei Modelle wieder, nach denen die DEA im Rahmen dieser Untersuchung durchgeführt wird.²⁷ Dabei unterscheiden sich die beiden Modelle jeweils intern nach den beiden Vorgehensweisen (a) und (b).

Tabelle 1: Input- und Output-Variablen

Input-Variablen	
Vollzeitbeschäftigte	Anzahl
geschätzte Vollzeitbeschäftigte	Anzahl der Vollzeitbeschäftigten zuzüglich zwei Vollbeschäftigte pro angemietetem Bus
Busse	Gesamtzahl (eigene und angemietete Busse)
Output-Variablen	
Sitzplatzkilometer	Anzahl der Busplätze multipliziert mit dem zurückgelegten Weg der Busse
Nutzwagenkilometer	zurückgelegter Weg der Busse

Tabelle 2: Modellspezifikationen

		Modell 1 (a)	Modell 1 (b)	Modell 2 (a)	Modell 2 (b)
Input-Variablen	Vollzeitbeschäftigte [Vorgehensweise (a)]	X		X	
	Vollzeitbeschäftigte (geschätzt) [Vorgehensweise (b)]		X		X
	Busse	X	X	X	X
Output-Variablen	Sitzplatzkilometer	X	X		
	Nutzwagenkilometer			X	X

²⁶ Vgl. De Borger/Kerstens/Costa (2002), S. 19.

²⁷ Vgl. Hirschhausen, von/Cullmann (2008), S. 14f.

5. Ergebnisse

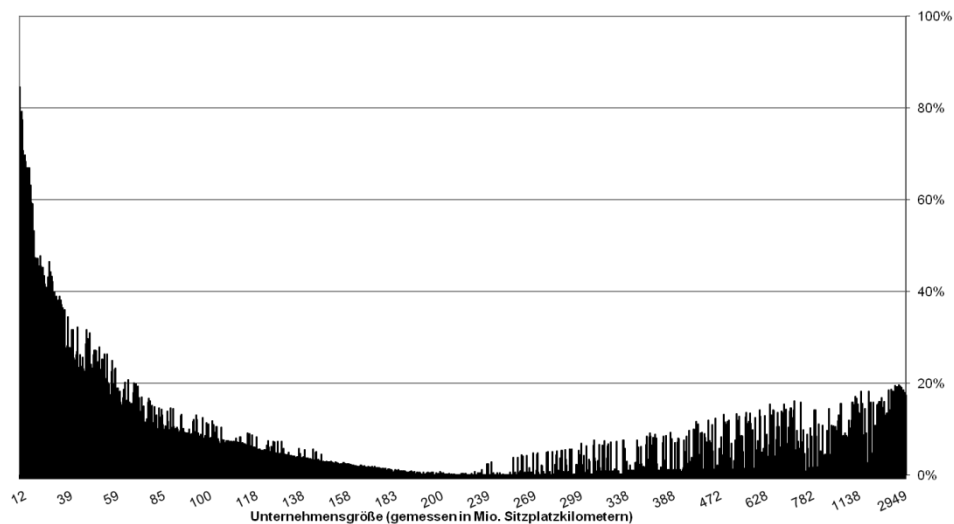
5.1. Ergebnisse der Data Envelopment Analysis

Ein erstes Ergebnis der empirischen Untersuchung besteht darin, dass in allen Modellspezifikationen eine geringe technische Effizienz ermittelt wird. Unter der Annahme konstanter Skalenerträge ergibt sich eine durchschnittliche technische Effizienz zwischen 42% und 47%. Die durchschnittliche „reine“ technische Effizienz liegt um 3 bis 5 Prozentpunkte höher.

Zur besseren graphischen Verdeutlichung werden anstelle der Skaleneffizienzen in Abbildung 2 bis 5 die Skalenineffizienzen ($1 - \theta$) der einzelnen Unternehmen aufsteigend nach der Unternehmensgröße, gemessen in Sitzplatzkilometern bzw. Nutzwagenkilometern, dargestellt. Vergleichbare Ergebnisse kommen zustande, wenn man die Unternehmensgröße durch andere Variablen (beispielsweise den Fuhrpark) definiert.

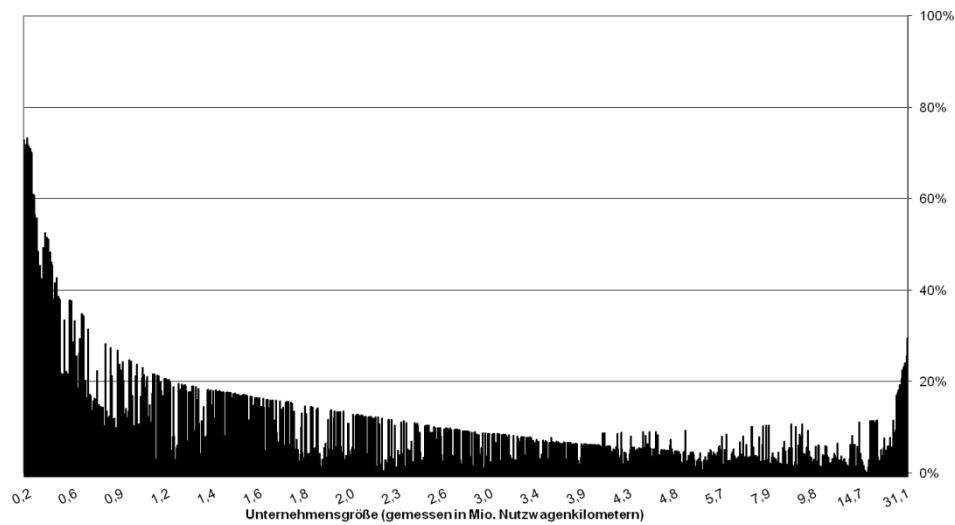
Wie Abbildung 2 zeigt, sinkt (steigt) mit der Unternehmensgröße die Skalenineffizienz (Skaleneffizienz). Die Größenvorteile scheinen im Modell 1(a) bei einer Unternehmensgröße von ca. 200 Mio. Sitzplatzkilometern – das entspricht einem durchschnittlichen Fuhrpark von 60 Bussen – erschöpft zu sein. Ab ca. 250 Mio. Sitzplatzkilometern steigt die Skalenineffizienz wieder an.

Abbildung 2: Modell 1(a) – Skalenineffizienz



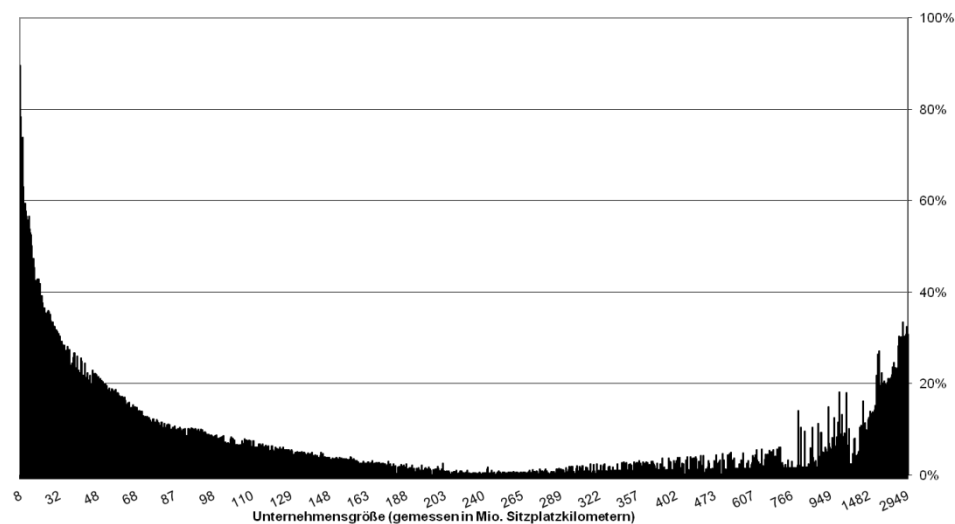
Auch im Modell 2(a) nehmen die Skalenineffizienzen mit zunehmender Unternehmensgröße zunächst ab. Ab einer Unternehmensgröße von ca. 5 Mio. Nutzwagenkilometer - dies entspricht einem durchschnittlichen Fuhrpark von ca. 125 Bussen - lassen sich keine nennenswerten Skalenineffizienzen durch Erweiterung der Unternehmensgröße abbauen, bzw. Größenvorteile generieren. Die größten Unternehmen weisen Skalenineffizienzen auf, die sie durch eine Verringerung der Unternehmensgröße reduzieren könnten.

Abbildung 3: Modell 2(a) – Skalenineffizienz



Im Modell 1(b), in dem das Outsourcing explizit berücksichtigt wird, sinkt die Skalenineffizienz bis zu einer Unternehmensgröße von ca. 200 Mio. Sitzplatzkilometern. Dies entspricht einem durchschnittlichen Fuhrpark von 60 Bussen. Ab ca. 350 Mio. Sitzplatzkilometern nimmt die Skalenineffizienz wieder zu.

Abbildung 4: Modell 1(b) – Skalenineffizienz

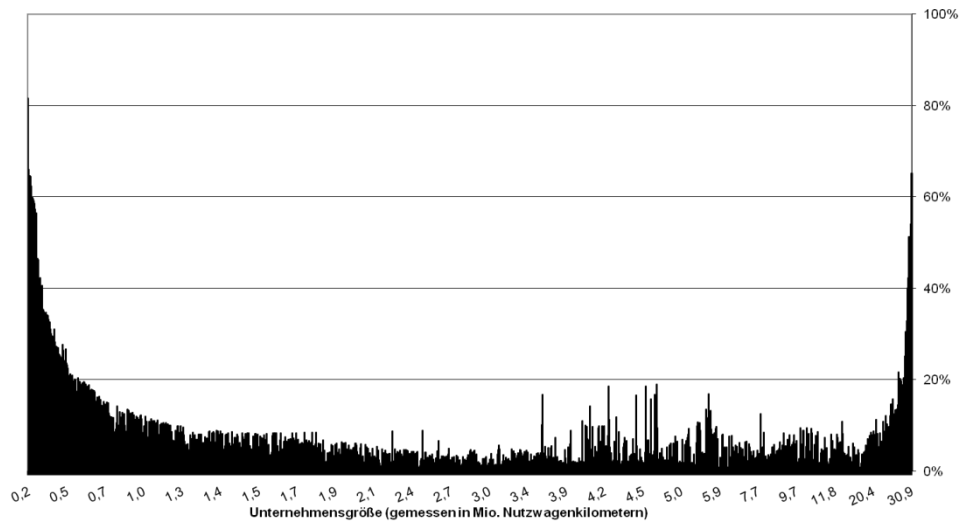


Im Modell 2(b) sind die Größenvorteile bei ca. 3 Mio. Nutzwagenkilometer – das entspricht einem durchschnittlichen Fuhrpark von ca. 75 Bussen – erschöpft. Vereinzelt weisen mittlere und große Busunternehmen hohe Skalenineffizienzen auf. Die größten Busunternehmen müssten auch hier ihre Größe verringern.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse der empirischen Analyse, dass kleine Busunternehmen, die je nach Modellspezifikation 60 bis 125 Bussen einsetzen, überwiegend Skalenineffizienzen aufweisen. Sie könnten durch eine Erweiterung der Unternehmensgröße Größenvorteile

realisieren. Ab einer bestimmten Unternehmensgröße kommt es allerdings zu Größennachteilen. So sind sehr große Busunternehmen ebenfalls überwiegend skalenineffizient und müssten somit ihre Unternehmensgröße nach unten korrigieren, um die Größennachteile abzubauen.

Abbildung 5: Modell 2(b) – Skalenineffizienz



5.2. Ergebnisse der Hypothesentests

Die statistischen Hypothesentests sollen klären, ob die Ergebnisse der DEA-Analyse valide sind und nicht durch die Stichprobe verzerrt werden. Dabei wird die Nullhypothese für kleine p-Werte verworfen.

Test 1 und Test 2 zeigen, dass beide Nullhypothesen – d.h. global konstante bzw. global nicht steigende Skalenerträge – für alle Modellvarianten zu verwerfen sind, der p-Wert liegt in allen Fällen approximativ bei Null. Folglich kann die Alternativhypothese, wonach die Produktionstechnologie variable Skalenerträge aufweist, akzeptiert werden.

Wird Test 1' durchgeführt, lassen sich die Ergebnisse durch die Abbildungen 6 bis 9 darstellen. Für die Modellspezifikation 1(a) können danach konstante Skalenerträge für kleine Unternehmen nicht nachgewiesen werden, die p-Werte sind sehr gering (Abbildung 6). Kleine Unternehmen arbeiten also mit suboptimalen Betriebsgrößen. Für die mittelgroßen und großen Betriebe gilt das nicht. Für sie lässt sich die Nullhypothese nicht zurückweisen. Für das Modell 2(a) trifft Suboptimalität allerdings nur für die kleinsten Busunternehmen zu (Abbildung 7). Allerdings scheint das auch für einige mittlere Unternehmen zu gelten. Für die Großen kann demgegenüber die Nullhypothese konstanter Skalenerträge nicht verworfen werden.

Abbildung 6: Modell 1(a) - Individuelle Hypothesentests auf konstante Skalenerträge

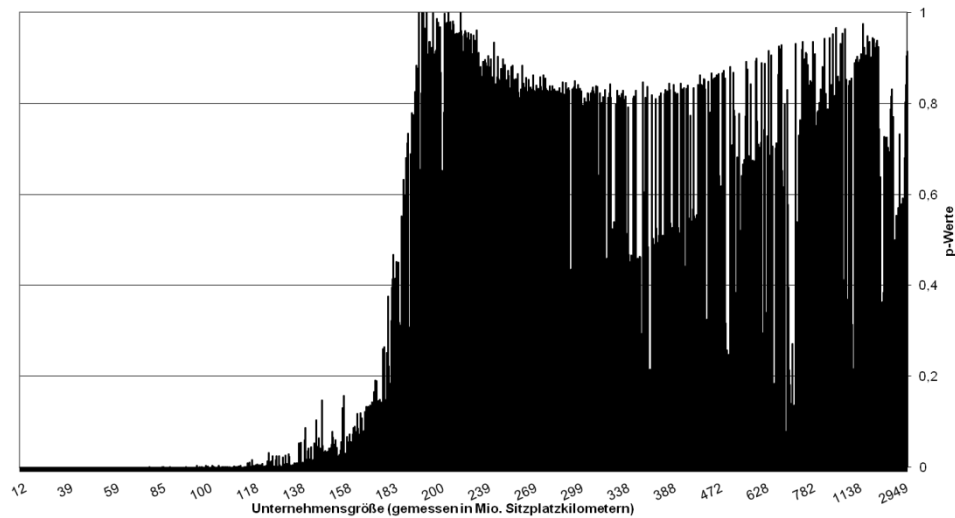
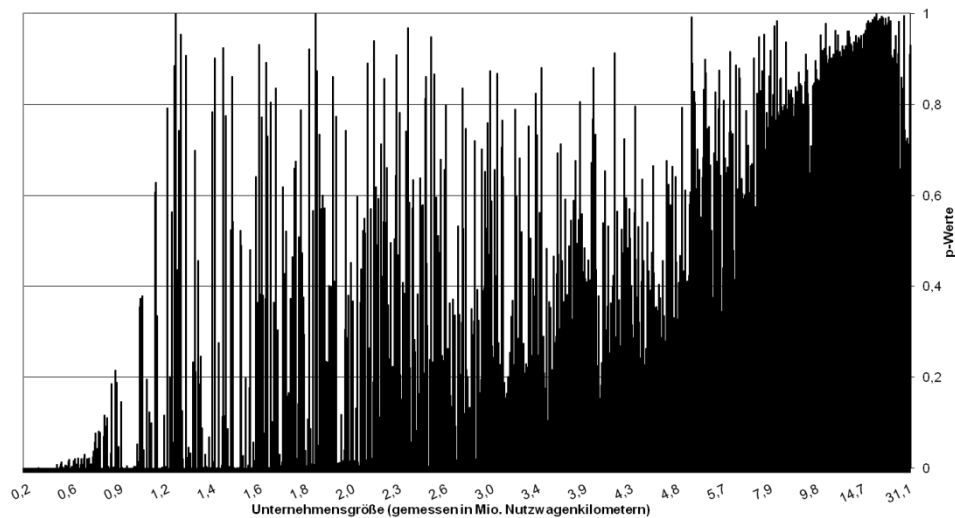


Abbildung 7: Modell 2(a) - Individuelle Hypothesentests auf konstante Skalenerträge



Werden die Modelle 1(b) und 2(b) gewählt, wird also ein Teil der Vollzeitbeschäftigten geschätzt, dann verändern sich die Ergebnisse. Für Modell 1(b) ist die Nullhypothese konstanter Skalenerträge sowohl für kleine Busunternehmen als auch für die größten Busunternehmen abzulehnen. Beide Unternehmenstypen arbeiten offensichtlich mit suboptimalen Betriebsgrößen (Abbildung 8). Demgegenüber arbeitet der Großteil der mittleren und größeren Unternehmen skaleneffizient. Im Modell 2(b) gilt das – mit Ausnahme des größten Unternehmens - nur für die Großen sowie vereinzelt für kleine und mittlere Unternehmen (Abbildung 9).

Abbildung 8: Modell 1(b) - Individuelle Hypothesentests auf konstante Skalenerträge

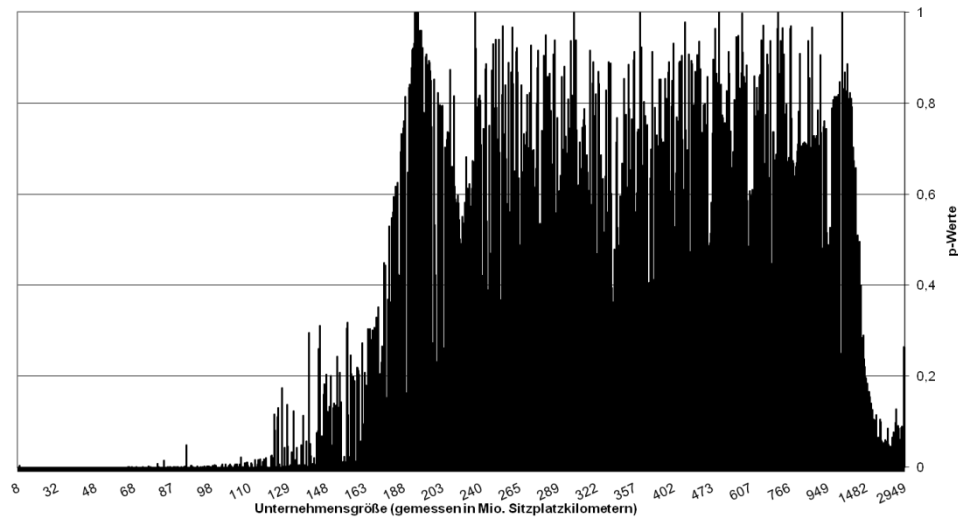
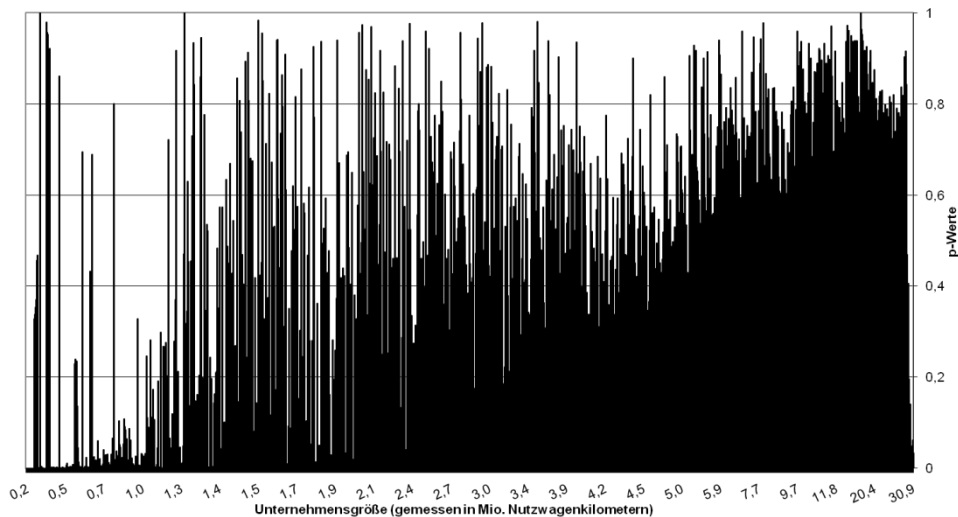


Abbildung 9: Modell 2(b) - Individuelle Hypothesentests auf konstante Skalenerträge



Betrachtet man im Test 2' jene Unternehmen, bei denen auch in Test 1' die Nullhypothese verworfen wurde, zeigen die p-Werte von Test 2' in beiden Modellen für fast alle kleinen Unternehmen und im Modell 2 auch für mittelgroße Unternehmen vergleichbare Ergebnisse. Die Nullhypothese für die großen Unternehmen konnte in Test 2' in allen Modellen nicht abgelehnt werden. Daraus ist zu schließen, dass im Modell 1(a) kleine Busunternehmen mit einem Fuhrpark bis ca. 60 Bussen und im Modell 2(a) mit einem Fuhrpark bis ca. 25 Bussen im Bereich steigender Skalenerträge arbeiten. Im Modell 1(b) gilt das für einen Fuhrpark bis 45 Bussen. Für Modell 2(b) ist zu vermuten, dass die größten Busunternehmen im Bereich sinkender Skalenerträge operieren.

Als Ergebnis der Hypothesentests ist festzuhalten, dass die Ergebnisse der deskriptiven Analyse in Abschnitt 5.1

- für Modell 1(a) insofern bestätigt werden, als kleine Busunternehmen (Fuhrpark bis ca. 60 Busse) Größenvorteile durch Unternehmenswachstum realisieren können. Größere Busunternehmen scheinen allerdings im Bereich konstanter Skalenerträge zu operieren.
- für Modell 2(a) nur eingeschränkt bestätigt werden. Nur sehr kleine Busunternehmen (Fuhrpark bis ca. 25 Busse) können Größenvorteile realisieren. Zudem kann nicht allgemein behauptet werden, dass kleine und mittlere Busunternehmen keine optimale Unternehmensgröße aufweisen können.
- für Modell 1(b) nur eingeschränkt bestätigt werden. Kleine Busunternehmen (Fuhrpark bis ca. 45 Busse) können Größenvorteile realisieren. Es ist zu vermuten, dass die größten Busunternehmen im Bereich sinkender Skalenerträge operieren.
- für Modell 2(b) insofern bestätigt werden, als große Busunternehmen wahrscheinlich im Bereich konstanter Skalenerträge arbeiten. Jedoch kann nicht generell behauptet werden, dass sich die kleinen und mittleren Busunternehmen im Bereich steigender Skalenerträge befinden und ihre Unternehmensgröße nach oben anpassen müssten, um Größenvorteile zu realisieren.

Literaturverzeichnis

- Andersen, P., Petersen, N. (1993): A Procedure for Ranking Efficient Units in Data Envelopment Analysis, *Management Science*, 39, 1261-1264.
- Banker, R.D., A. Charnes, W.W. Cooper (1984): Some models for estimating technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis, *Management Science*, 30 (9), 1078-1092.
- Berechman, J., G. Giuliano (1985): Economies of scale in bus transit: A review of concepts and evidence, *Transportation*, 12 (4), 313-332.
- Cantner, U., J. Krüger, H. Hanusch (2007): Produktivitäts- und Effizienzanalyse - Der nicht-parametrische Ansatz, Berlin u.a.O.
- Charnes, A., W.W. Cooper, E. Rhodes (1978): Measuring the efficiency of decision making units, *European Journal of Operational Research*, 2 (6), 429-444.
- Coelli, T. J., Rao, D. S. P., O'Donnell, C.J., Battese, G.E. (2005): An introduction to efficiency and productivity analysis, 2nd Edition, New York.
- De Borger, B., K. Kerstens, Á. Costa (2002): Public transit performance: what does one learn from frontier studies?, *Transport Reviews*, 22 (1), 1-38.
- Farrell, M. J. (1957): The measurement of productive efficiency, *Journal of the Royal Statistical Society, Series A (General)*, 120 (3), 253-290.
- Hirschhausen, C. von, A. Cullmann (2006): Efficiency analysis of German public transit - Is big beautiful?, Vortrag auf der 5. INFRADAY-Konferenz 2006, Chair of Energy Economics and Public Sector Management, Technische Universität Dresden.
- Hirschhausen, C. von et al. (2008): Größenvorteile bei Busunternehmen des ÖPNV in Deutschland - Eine vergleichende Effizienzanalyse, *Internationales Verkehrswesen* 60 (6), 223-227.
- Hirschhausen, C. von, A. Cullmann (2008): Next stop: Restructuring and increased efficiency? - A non-parametric efficiency analysis of German public transport companies, working paper WP-EA-08, Chair of Energy Economics and Public Sector Management, Technische Universität Dresden.
- Hirschhausen, C. von, A. Cullmann, M. Walter (2008): Ermittlung möglicher Fusionseffekte im ÖPNV – Eine Effizienzanalyse für Nordrhein-Westfalen, *Internationales Verkehrswesen*, 60 (12), 490-494.
- Kumbhakar, S., K. Lovell (2000): *Stochastic Frontier Analysis*, Cambridge University Press.

- Leuthardt, H. (1986): Die Wirtschaftlichkeit von Kraftomnibussen im Stadtverkehr. Der Nahverkehr, 4 (3), 44-54.
- Leuthardt, H. (2005): Betriebskosten von Linienbussen im systematischen Vergleich, Der Nahverkehr, 23 (11), 20-25.
- Simar, L., P. Wilson (2000): A General Methodology for Bootstrapping in Non-parametric Frontier Models, Journal of Applied Statistics, 27, 779-802.
- Simar, L., P. Wilson (2002): Nonparametric tests of return to scale, European Journal of Operational Research, 139 (1), 115-132.
- Simar, L., P. Wilson (2007): Statistical inference in nonparametric frontier models: Recent Developments and Perspectives. In: Fried, H., Lovell, K., Schmidt, S. (Hrsg.), The Measurement of Productive Efficiency, 2nd Edition, Oxford University Press.
- Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (verschiedene Jahrgänge), VDV Statistik, Köln.

Anhang

Anhang 1: Ausgangsdatensatz

	Minimum	Mittelwert	Maximum	1.Quartil	Median	3.Quartil	Standard- abweichung
Einwohner (im Einflussgebiet)	6.000	389.351	9.878.000	74.835	121.000	255.370	877.534
Beschäftigte (Kopfzahl)	1	183	1.236	53	108	245	195
Vollzeitbeschäftigte	1	174	1.220	49	104	232	186
Netzlänge (in km)	13	1.349	43.907	179	527	1.366	2.500
Fuhrpark gesamt	2	126	1.369	34	66	126	176
Busse angemietet	0	52	1.099	0	8	32	129
Sitzplatzkilometer (in Mio. km)	3	431	8.383	106	232	452	586
Nutzwagenkilometer (in Mio. km)	0,08	5,6	45,1	1,5	3	5,6	7,2
Einwohner pro km Netzlänge	1	576	123.077	132	304	629	3.523
Mio. Sitzplatzkilometer pro Beschäftigten (Kopfzahl)	0,07	3,45	70,2	1,48	1,94	2,86	6,49
Mio. Sitzplatzkilometer pro Vollzeitbeschäftigten	0,07	4,09	115	1,54	2,07	3,09	8,6
Tsd. Nutzwagenkilometer pro Beschäftigten (Kopfzahl)	1,34	45,23	834,5	19,03	25,89	37,22	82,37
Tsd. Nutzwagenkilometer pro Vollzeitbeschäftigten	1,35	54,5	1.649	19,91	27,74	40,17	116,02

Anhang 2: Datensatz a

	Minimum	Mittelwert	Maximum	1.Quartil	Median	3.Quartil	Standard- abweichung
Einwohner (im Einflussgebiet)	6.000	260.389	4.862.000	74.000	119.650	214.639	517.795
Vollzeitbeschäftigte	6	181	1.220	62	122	224	184
Netzlänge (in km)	13	903	14.806	162	459	1.139	1.332
Fuhrpark gesamt	5	95	751	34	62	110	105
Busse angemietet	0	24	388	1	7	21	49
Sitzplatzkilometer (in Mio. km)	6	343	2.949	108	217	402	383
Nutzwagenkilometer (in Mio. km)	0,15	4,42	31,13	1,51	2,82	4,94	4,95
Einwohner pro km Netzlänge	10	547	123.077	132	322	656	2.856
Mio. Sitzplatzkilometer pro Vollzeitbeschäftigten	0,07	1,95	6,09	1,42	1,81	2,37	0,76
Tsd. Nutzwagenkilometer pro Vollzeitbeschäftigten	1,35	25,50	67	18,45	23,94	31,31	9,1

Anhang 3: Datensatz b

	Minimum	Mittelwert	Maximum	1.Quartil	Median	3.Quartil	Standard- abweichung
Einwohner (im Einflussgebiet)	6.000	329.030	9.878.000	74.000	119.347	225.487	785.605
geschätzte Beschäftigte	6	244	1.707	70	141	271	299
Netzlänge (in km)	13	1.084	18.504	180	524	1.280	1.649
Fuhrpark gesamt	2	109	814	34	64	117	131
Busse angemietet	0	38	675	0	7	29	88
Sitzplatzkilometer (in Mio. km)	3	372	2.949	107	226	415	440
Nutzwagenkilometer (in Mio. km)	0,08	4,8	30,9	1,5	2,9	5,2	5,7
Einwohner pro km Netzlänge	6	527	123.077	128	308	630	2.618
Mio. Sitzplatzkilometer pro geschätzten Beschäftigten	0,07	1,67	4,86	1,27	1,55	1,97	0,62
Tsd. Nutzwagenkilometer pro geschätzten Beschäftigten	1,18	22,03	67	16,79	20,51	25,82	7,66