

Bei welchen Problemstrukturen sind Data-Envelopment-Analysen sinnvoll? Eine kritische Würdigung

When should (shouldn't) one use Data Envelopment Analyses? A critical appraisal

Oliver Mußhoff

Georg-August-Universität Göttingen

Norbert Hirschauer und Michael Herink

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Zusammenfassung

Die Effizienzanalyse mit Hilfe der Data-Envelopment-Analyse (DEA) stellt ein weit verbreitetes Verfahren zur vergleichenden Einschätzung der empirischen Performanz von Entscheidungseinheiten (z.B. Unternehmen) dar. Angesichts „boomender“ Anwendungen auf eine Vielzahl unterschiedlicher Fragestellungen zeigt dieser Beitrag, bei welchen Daten und Problemstrukturen die DEA eine adäquate Methode der Wissensgewinnung darstellt. Ein sinnvolles Einsatzgebiet ergibt sich dann, wenn in den Datensätzen der betrachteten Entscheidungseinheiten für mehrere Inputs und/oder Outputs keine Preise vorliegen. Gleiches gilt, wenn man den in den Datensätzen ausgewiesenen Preisen nicht „zutraut“, ökonomische Knappheit adäquat widerzuspiegeln. In allen anderen Fällen generiert die DEA für sich genommen weniger Wissen bezüglich der ökonomischen Performanz als Kriterien, die sowohl den Ressourcenverbrauch (Inputs) als auch die Leistungserstellung (Outputs) in einer Dimension, d.h. monetär messen. Im Rahmen einer Verfahrenskombination kann die DEA aber auch bei Vorliegen von Preisen sinnvoll sein. Dies ist dann der Fall, wenn sie zur Dekomposition festgestellter ökonomischer Performanzschwächen genutzt wird, die Rückschlüsse erlaubt, ob die Schwächen eher in einer mangelhaften Beherrschung technologischer Prozesse oder in einer unzulänglichen Anpassung an die Preise auf den Faktor- und Produktmärkten (Fehlallokation) liegen.

Schlüsselwörter

Data-Envelopment-Analyse; unvollständige Preisinformationen; ökonomische Performanzvergleiche

Abstract

Data Envelopment Analysis (DEA) is widely used to compare the empirical performance of decision making units such as firms or public bodies. With a view to the recent boom of applications to a very wide range of different problems, this paper shows for which data and problem structures DEA represents an appropriate analytical tool for generating knowledge. The paper stresses the point that an efficiency analysis such as DEA which does not use prices to weigh different inputs and outputs is, first of all, adequate if several input and/or output prices are unknown or if they cannot be „trusted“ to reveal the relative scarcity of resources and goods. In all other circumstances, stand-alone DEA generates less knowledge than standard approaches which resort to classical economic performance criteria that measure the resources used (inputs) and the goods and services produced (outputs) in monetary units. If prices are known, DEA is only useful if it is used as an additional tool to decompose economic performance weaknesses into a technical component (mismanagement of technological processes) and allocative components (maladjustments to prices on the factor and product markets).

Key words

Data Envelopment Analysis; imperfect price information; economic performance comparisons

1. Problemhintergrund und Zielsetzung

Knappe öffentliche Kassen sowie zunehmender Wettbewerbsdruck führen sektorübergreifend zu gestiegenen Anforderungen an die Managementfähigkeit von Entscheidungsträgern. Dies gilt für Faktoreinsatzentscheidungen und die Beherrschung technologischer Prozesse ebenso wie für die Ausrichtung der Leistungen an den Erfordernissen von Bürgern und Kunden. Damit steigt in öffentlichen Verwaltungen und Unternehmen die Bedeutung von „Lernen“ durch vergleichende Analysen und systematisches Benchmarking.

Bei Unternehmen erfolgt die Beurteilung der Leistungs- und Wettbewerbsfähigkeit traditionell auf der Grundlage von ökonomischen Erfolgskennziffern, wie z.B. der Rentabilität. Ökonomische Effizienz- bzw. Performanzkriterien¹, die sowohl den Ressourcenverbrauch (Inputs) als auch die Leistungserstellung (Outputs) monetär messen, kommen an ihre Grenzen, wenn bei den betrachteten Entscheidungseinheiten mehrere Inputs und/oder Outputs nicht monetär bewertet werden können. Dies ist dann der Fall, wenn Preise in den Datensätzen nicht ausgewiesen sind oder wenn man den ggf. vorhandenen bzw. beschaffbaren Preisdaten nicht „zutraut“, ökonomische Knappheitsverhältnisse adäquat widerzuspiegeln. Um auch bei Vorliegen solcher Bewertungsschwierigkeiten bestmögliche Informationen aus vergleichbaren Datensätzen einer Stichprobe zu extrahieren, die Auskunft zum (physischen) Ressourcenverbrauch und zur (physischen) Leistungserstellung geben, werden vielfach *technische* Effizienzanalysen mit Hilfe der Data-Envelopment-Analyse (DEA) vorgeschlagen und durchgeführt (vgl. z.B. CHARNES et al., 1978; FARRELL, 1957).

¹ Wir nutzen in diesem Beitrag den eingedeutschten Begriff „ökonomische Performanz“ (economic performance) anstelle von „Wettbewerbsfähigkeit“ oder „Leistungsfähigkeit“, um deutlich zu machen, dass es nicht um die grundsätzliche *Leistungsfähigkeit*, sondern um die tatsächliche Leistungserzielung bzw. den ökonomischen Erfolg von Entscheidungseinheiten (Unternehmen) geht.

Das Grundanliegen von Effizienzanalysen besteht in der vergleichenden empirischen Messung der Produktivität von wirtschaftlichen Einheiten (Unternehmen, öffentlichen Verwaltungen, volkswirtschaftlichen Sektoren etc.) einer Stichprobe. Die Effizienzanalyse eines Samples erfolgt in aller Regel mit dem Ziel, Benchmarks und damit Verbesserungspotenziale für die Einheiten zu identifizieren, deren tatsächliche Produktivität geringer ist als die im Sample bestimmte maximal mögliche Produktivität. Man könnte auch sagen: Die in der Stichprobe enthaltenen wirtschaftlichen Einheiten definieren eine empirische Produktionsfunktion im Sinne minimaler Input-Output-Abstände bzw. -verhältnisse (d.h. technisch effizienter Input-Output-Kombinationen). Die technische Effizienzanalyse bestimmt dann die relative Position der Entscheidungseinheiten des Samples zur empirisch über das Sample definierten bestmöglichen Produktionsfunktion.

Ausgehend von dem Anliegen, auch bei Bewertungsschwierigkeiten (fehlenden Preisen) möglichst viel Information aus vorhandenen Datensätzen zu extrahieren, wurden Effizienzanalysen zunächst vor allem für den öffentlichen Dienstleistungsbereich (Polizei, Krankenhäuser, Universitäten etc.) durchgeführt (vgl. z.B. CHARNES et al., 1981; CHARNES et al., 1985; KOCHER et al., 2006; LEWIN und MOREY, 1981; SCHNEIDER, 2004). Einerseits bestehen hier bei den abgegebenen Leistungen offensichtliche Bewertungsprobleme. Andererseits wurden angesichts knapper öffentlicher Kassen in den letzten zwei Jahrzehnten explizite Verwaltungsreformbemühungen zur Effizienzsteigerung bei der Leistungserstellung unternommen. International sind Bemühungen, die darauf abzielen, durch die Übernahme bewährter betriebswirtschaftlicher Instrumente und Managementkonzepte zielorientierte, *leistende* Verwaltungen zu schaffen, unter dem Stichwort New Public Management bekannt geworden (vgl. z.B. BOGUMIL et al., 2007; BUDDÄUS et al., 1998; DAHM, 2004; WEIB, 2002).

In den letzten Jahren wurde die DEA verstärkt auch im Agrarbereich eingesetzt (vgl. z.B. BALMANN und CZASCH, 2001; BOGETOFT et al., 2007; FILLER et al., 2007; FRANCKSEN und LATA CZ-LOHMANN, 2006; KLEINHANß et al., 2007; LISSITSA und ODENING, 2005; OUDE LANSINK und SILVA, 2004; THIELE und BRODERSEN, 1997; ZHENGFEI und OUDE LANSINK, 2003). Dem lag die (in der Regel implizite) Annahme zugrunde, dass es in diesem Sektor häufig zu Problemen bei der ökonomischen Bewertung von Inputs und/oder Outputs kommt. Angeführt werden hierfür verschiedene Gründe, wie (i) mangelhaft funktionierende Faktormärkte für Arbeit und Boden, (ii) staatlich bedingte Preisverzerrungen, (iii) die Bedeutung von Familienarbeitskräften und Eigentumsflächen und die damit verbundenen Schwierigkeiten bei der Bestimmung adäquater Lohn- und Pachtansätze (vgl. z.B. CZASCH, 2000: 67-68), sowie (iv) die besondere Bedeutung der Bereitstellung ökosystemarer Dienstleistungen durch die Landwirtschaft (Landschaft, Artenvielfalt etc.), die zwar nachgefragt werden, aber keine Marktpreise haben (vgl. z.B. KANTELHARDT und ECKSTEIN, 2007).

RAY (2004: 5-6) konstatiert: „At present, an overwhelming majority of practitioners remain content with merely feeding the data into the specialized DEA packages without much thought about whether the LP model solved is really appropriate for the problem under investigation.“ Eine

Ursache hierfür mag unter anderem in der Terminologie der Effizienzanalysen liegen (technische Effizienz, allokativen Effizienz, Gesamteffizienz), die für Ökonomen mit positiven Assoziationen belegt ist, aber unzulässige Interpretationen bei all denjenigen begünstigt, die nicht vollständig mit dem Verfahren vertraut sind.

Vor diesem Hintergrund sollen in diesem Beitrag zwei offene Problembereiche bzw. Forschungsfragen geklärt werden, die unseres Wissens nach bislang in der Literatur nicht systematisch beleuchtet wurden: Erstens, unter welchen Voraussetzungen ist die Anwendung einer DEA überhaupt ein adäquates Instrument, um möglichst viel Wissen hinsichtlich der (relativen) Performanz von Entscheidungseinheiten aus Stichprobendaten zu extrahieren? Zweitens, wie sind die Ergebnisse einer DEA in Situationen, in denen die Anwendung des Verfahrens als adäquat angesehen werden kann, zu interpretieren? Verschiedene Spezifikationen von DEA-Modellen, ihre jeweilige Eignung in verschiedenen Anwendungssituationen sowie Interpretationsprobleme, die sich aus spezifischen Modellformulierungen innerhalb dieser Modellklassen ergeben, werden in diesem Beitrag aufgrund der grundsätzlicheren Fragestellungen nicht diskutiert (vgl. hierzu z.B. DYSON et al., 2001).

Um die beiden genannten Forschungsfragen zu beantworten, ist der Beitrag wie folgt gegliedert: In Abschnitt 2 wird die grundsätzliche Funktionsweise der DEA kurz dargestellt. Um die Informationskapazität der DEA hinsichtlich der Performanz von Unternehmen einer Stichprobe zu evaluieren, vergleichen wir in Abschnitt 3.1 die Ergebnisse einer DEA gezielt mit klassischen ökonomischen Erfolgskennziffern. Dazu unterstellen wir zunächst für eine exemplarische Unternehmensstichprobe, dass alle Preise bekannt sind und bewerten die ökonomische Performanz der einzelnen Unternehmen. Anschließend nehmen wir im Rahmen eines Gedankenexperimentes an, dass Input- und/oder Outputpreise unbekannt sind und evaluieren die Aussagefähigkeit verschiedener DEA-Effizienzmaße durch den Vergleich mit dem ökonomischen Performanzmaß. Darauf aufbauend erarbeiten wir in Abschnitt 3.2 eine Systematik, die aufzeigt, bei welchen Daten- und Problemstrukturen die DEA von ihrer *grundsätzlichen* Vorgehensweise her eine adäquate Methode der Wissensgewinnung darstellt. In Abschnitt 3.3 bestimmen wir unter Rückgriff auf die Messtheorie das Skalenniveau der Variable „technische Effizienz“ sowie die dementsprechend zulässigen mathematischen Operationen und Interpretationen. Der Beitrag endet mit Schlussfolgerungen und einem Ausblick (Abschnitt 4).

2. DEA Revisited

2.1 Grundsätzliche Einordnung der DEA

Gegenstand der Effizienzmessung sind produktive Entscheidungseinheiten im weitesten Sinne wie z.B. Unternehmen, Krankenhäuser, öffentliche Verwaltungen oder gesamte Sektoren bzw. Volkswirtschaften. Sie werden durch empirisch beobachtete Input- und Outputmengen beschrieben und miteinander verglichen. Dabei müssen alle in die Analyse einbezogenen Entscheidungseinheiten vergleichbare Inputs und Outputs haben. Oder technisch gesprochen: Die Datensätze der untersuchten Entscheidungseinheiten müssen dieselben Variablen aufweisen.

Innerhalb der Effizienzanalysen kann zwischen parametrischen und nicht-parametrischen und zwischen deterministischen und stochastischen Verfahren unterschieden werden. Bei parametrischen Verfahren wird a priori eine bestimmte Form der Produktionsfunktion unterstellt und die Frontier ökonometrisch geschätzt. Bei nicht-parametrischen Frontier-Verfahren werden die Beobachtungen möglichst eng „umhüllt“. Bei deterministischen Ansätzen wird die Frontier durch die maximalen Input-Output-Abstände definiert, die bei verschiedenen Inputniveaus im Sample beobachtet werden. Somit werden auch alle zufälligen Abweichungen von der Frontier als Ineffizienz interpretiert. Stochastische Ansätze berücksichtigen dagegen zusätzlich eine Störvariable. Dies erlaubt die Differenzierung zwischen einer zufälligen Komponente, die Messfehlern und stochastischen Schwankungen (z.B. durch Wettereinflüsse) Rechnung trägt, und einer systematischen Komponente, die die Ineffizienz repräsentiert.

Ein verbreitetes stochastisches Verfahren zur parametrischen Schätzung einer Frontier stellt die Stochastic-Frontier-Analyse (SFA) dar (vgl. z.B. AIGNER et al., 1977; MEEUSEN und VAN DEN BROEK, 1977). Um ein verbreitetes deterministisches Verfahren zur nicht-parametrischen Schätzung von Frontiers handelt es sich bei der DEA (vgl. BANKER et al., 1984; CHARNES et al., 1978), auf die wir im Folgenden fokussieren.²

2.2 Zur Grundidee der DEA

Bei der DEA wird für ein Sample von Entscheidungseinheiten eine Frontier nicht-parametrisch als „Umhüllende“ (oder: „effizienter Rand“) der empirisch beobachteten Input-Output-Kombinationen bestimmt. Gleichzeitig wird für jede Entscheidungseinheit ein Effizienzmaß berechnet, das auf dem Abstand der Input- und Outputkombination der jeweiligen Einheit zum effizienten Rand beruht (vgl. FARRELL, 1957). Dieser Abstand kann als Verbesserungspotenzial interpretiert werden. Methodisch kann zwischen input- und outputorientierten Analysen unterschieden werden. Bei der inputorientierten Analyse werden Inputs auf Outputs bezogen. Damit ist eine Vergleichseinheit technisch effizient, wenn - entsprechend dem ökonomischen Minimalprinzip - eine gegebene Outputmenge mit einer minimalen Inputmenge hergestellt wird. Umgekehrt werden bei der outputorientierten Betrachtungsweise Outputs auf Inputs bezogen. Damit ist eine Vergleichseinheit technisch effizient, wenn - entsprechend dem ökonomischen Maximalprinzip - mit einer gegebenen Inputmenge die maximal mögliche Outputmenge produziert wird. Mathematisch werden bei der DEA (implizit) die Frontier und (explizit) die Effizienzwerte bestimmt, indem für jede der betrachteten Entscheidungseinheiten die partiellen Produktivitäten (einzelnen Output-Input-Verhältnisse) in *einen* globalen Effizienzwert überführt werden. Dazu wird für jede der

Entscheidungseinheiten ein lineares Programm gelöst. Eine formale Darstellung des Optimierungsproblems findet sich z.B. in COELLI et al. (1998: 133ff.).

Neben den Einschränkungen, die sich durch die Nicht-Berücksichtigung von Preisen ergeben (vgl. Abschnitt 3), ist bei der Interpretation von Effizienzmaßen, die mit Hilfe einer DEA ermittelt wurden, Folgendes zu berücksichtigen: Effizienzmaße stellen einen normativen Bezug zu den Referenzunternehmen der Frontier her und gelten nur für das jeweils betrachtete Sample. Die Aufnahme (Entfernung) von Unternehmen in das (aus dem) Sample kann zu einer Verschiebung der Frontier führen. Das bedeutet - auch wenn dies zunächst kontraintuitiv erscheinen mag - dass durch die Aufnahme effizienter Unternehmen in ein Sample (z.B. eines Landes) die Effizienzwerte der Unternehmen dieses Samples fallen können, weil die neuen Unternehmen eine neue Frontier bilden (und vice versa). Es bedeutet auch, dass man Effizienzmaße zwischen verschiedenen Stichproben von vornherein nicht vergleichen kann. Zudem können Effizienzmaße in Abhängigkeit von den Modellspezifikationen (z.B. input- vs. outputorientierte Modellstrukturen, Aggregationsgrad der definierten Input- und Outputvariablen, Maßeinheiten der Inputs und Outputs) differieren, auch wenn die gleichen Datensätze zugrunde gelegt werden.

In Abbildung 1 ist für den 2-Input- und 1-Output-Fall eine normalisierte Isoquante dargestellt. Die Abbildung bezieht sich auf ein inputorientiertes DEA-Modell, bei dem x_1 und x_2 die Inputs und y den Output kennzeichnen. Die Isoquante wird durch Segmente gebildet, die sich durch Linearkombinationen der (empirisch beobachteten) minimal möglichen Input-Output-Verhältnisse (d.h. der technisch effizienten Unternehmen A bis F) ergeben. Zudem werden die (ineffizienten) Unternehmen G bis J betrachtet, die oberhalb der Isoquante wirtschaften. Die in Abbildung 1 dargestellten Unternehmen bilden auch die Grundlage für den in Abschnitt 3.1 durchgeführten Vergleich von DEA-Ergebnissen mit klassischen Erfolgskennzahlen.

Die mittels DEA für das Unternehmen H berechnete „technische Effizienz“ TE^H entspricht grafisch dem Verhältnis zwischen der Strecke $\overline{OH'}$ und der Strecke \overline{OH} (vgl. z.B. COELLI et al., 1998: 52):

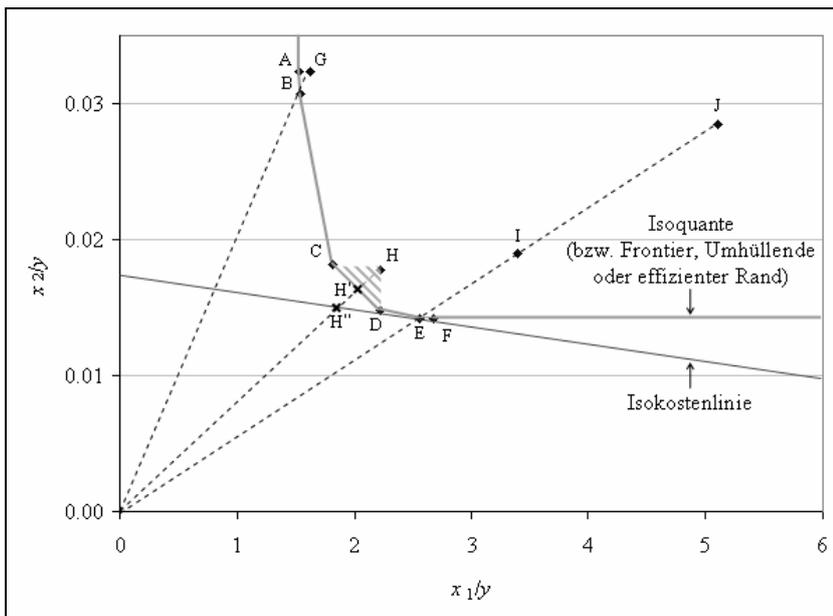
$$(1) \quad TE^H = \frac{\overline{OH'}}{\overline{OH}}$$

Der Punkt H' kennzeichnet ein virtuelles Unternehmen, das H ähnlich ist und auf der Isoquante liegt. Mit der Zugrundelegung virtueller Benchmarks („Peers“), wie z.B. H', wird bei der technischen Effizienzanalyse implizit unterstellt, dass Linearkombinationen von realen Einheiten (hier: C und D) möglich sind. Der Wert für die technische Effizienz liegt zwischen null und eins. Einheiten auf der Frontier haben einen Effizienzwert von eins, ineffiziente Einheiten einen Wert kleiner eins. Für Unternehmen H kann also die Strecke $\overline{HH'}$ als absolute Maßgröße der Ressourcenverschwendung interpretiert werden, das sich aus der unzureichenden technologischen Beherrschung der Produktionsprozesse ergibt.

Die Messung der technischen Effizienz kommt ohne Berücksichtigung von Input- und Outputpreisen aus. Deshalb

² Eine Diskussion der Unterschiede zwischen DEA und SFA findet sich z.B. in COELLI et al. (1998) oder SHARMA et al. (1997). Zu den deterministisch-parametrischen Verfahren der Effizienzmessung gehören die Ordinary-Least-Square- (OLS) und Corrected-Ordinary-Least-Square- (COLS) Schätzverfahren. Ein weiteres deterministisch-nicht-parametrisches Verfahren stellt der Free-Disposal-Hull- (FDH) Ansatz dar. Für eine Übersicht vgl. z.B. COELLI et al. (1998) oder BERGER und HUMPHREY (1997).

Abbildung 1. Effizienzmessung mit Hilfe der DEA im 2-Input- und 1-Output-Fall



Quelle: eigene Darstellung

kann z.B. über die ökonomische Performanz der als technisch effizient ausgewiesenen Unternehmen auf der Umhüllenden nichts gesagt werden. Umgekehrt kann allerdings c.p. gefolgert werden, dass technisch ineffiziente Unternehmen von ihrem Peer auch ökonomisch dominiert werden und damit nicht die maximale ökonomische Performanz aufweisen. Mit Blick auf das in Abbildung 1 dargestellte (technisch ineffiziente) Unternehmen H dominieren alle denkbaren Unternehmen in der grau schraffierten Fläche das Unternehmen H also nicht nur technisch, sondern auch ökonomisch. Es ist allerdings zu betonen, dass dies nur gilt, solange man annimmt, dass für alle Unternehmen identische Faktor- und Produktpreise gelten.³

Im Rahmen inputorientierter Analysen kann mehr Information bezüglich der Performanz der betrachteten Entscheidungseinheiten generiert werden, wenn die Inputpreise vorliegen. In diesem Fall kann die „allokative (Input-)Effizienz“ berechnet werden, die Auskunft darüber gibt, wie gut die (realen oder virtuellen) Entscheidungseinheiten das Minimalkostenproblem gelöst haben. Abbildung 1 verdeutlicht wiederum den Sachverhalt für den einfachen 2-Input- und 1-Output-Fall. Zur Identifikation allokativ effizienter Unternehmen wird auf der Basis der bekannten Inputpreise die Isokostenlinie bestimmt, die die Isoquante tangiert. Im Beispiel hat nur Unternehmen E die Minimalkostenkombination gefunden. Der Wert für die allokative Effizienz des Unternehmens H entspricht dem Verhältnis zwischen den

Strecken $\overline{OH''}$ und \overline{OH} (vgl. z.B. COELLI et al., 1998: 53):

$$(2) \quad AE^H = \frac{\overline{OH''}}{\overline{OH}}$$

Der Wert für die allokative Effizienz liegt ebenfalls zwischen null und eins. Die Strecke $\overline{H'H'}$ kann als absolute Maßgröße der allokativen (Input-)Ineffizienz des Unternehmens H interpretiert werden, die durch eine unzureichende Anpassung des Unternehmens bei der Faktoreinsatzentscheidung an die Preise auf den Faktormärkten bedingt ist. Für den hier betrachteten 1-Output-Fall entspricht die allokative Effizienz des Unternehmens H dem Verhältnis zwischen den Stückkosten des virtuellen Unternehmens H'' (Kostenminimum) und denen des virtuellen (technisch effizienten) Unternehmens H'.

Die Gesamteffizienz - bei der hier vorgenommenen inputorientierten Betrachtung zu verstehen als „Kosteneffizienz“

(overall cost efficiency) - ist das Produkt aus technischer und allokativer Effizienz. Grafisch entspricht die Kosteneffizienz für das Unternehmen H dem Verhältnis zwischen den Strecken $\overline{OH''}$ und \overline{OH} :

$$(3) \quad GE^H = TE^H \cdot AE^H = \frac{\overline{OH''}}{\overline{OH}}$$

Bei der Gesamteffizienz sind scheinbar (terminologisch) nahe liegende Fehlinterpretationen zu vermeiden: Zwar können technisch oder allokativ ineffiziente Entscheidungseinheiten nicht gesamteffizient sein. Gleichzeitig kann aber auch bei Vorliegen einer Gesamteffizienz (hier als Kosteneffizienz) von eins im Allgemeinen noch nichts über die ökonomische Gesamtleistung gesagt werden. Man weiß ja noch nicht, wie erfolgreich die Einheiten, die als kosteneffizient ausgewiesen werden, sich an den Knappheitssignalen der Produktmärkte ausrichten und das Problem der Bestimmung der optimalen Produktionsrichtung gelöst haben. In dem hier zwecks Anschaulichkeit betrachteten 1-Output-Fall, in dem gar keine produktseitigen Anpassungsmöglichkeiten bestehen, fällt allerdings die relative Positionierung der Unternehmen nach dem Maß „Kosteneffizienz“ mit der Positionierung nach einem ökonomischen Gesamtleistungskriterium, wie z.B. dem Leistungs-Kosten-Verhältnis, zusammen.⁴

³ Diese präzisierende Einschränkung ist notwendig. So sind bspw. Situationen vorstellbar, in denen Unternehmen durch einen höheren Verbrauch an Inputs (z.B. für Marketingmaßnahmen) höhere Absatzpreise oder geringere Beschaffungspreise realisieren. Unternehmen mit einer solchen Differenzierungsstrategie würden im Rahmen einer technischen Effizienzanalyse als ineffizient eingestuft werden, auch wenn sie ökonomisch effizienter sind als Unternehmen auf der Frontier, die auf die Strategie der Kostenführerschaft gesetzt und Input-Output-Verhältnisse minimiert haben.

⁴ Genauer gesagt liegt dies daran, dass nur ein Output vorliegt und dass das Verhältnis von Input zu Output über eine normalisierte Isoquante abgebildet wird und damit Unternehmen als beliebig teilbar bzw. vervielfachbar angesehen werden. Wenn man nun die Inputseite durch die Monetarisierung in eine Dimension (€) überführt und dann durch die Normalisierung ins Verhältnis zu dem einen Output setzt, dann ist das Unternehmen kosteneffizient, das das beste Euro-pro-Output-Verhältnis (d.h. die geringsten Stückkosten) hat.

Grundsätzlich lassen sich die hier dargestellten Effizienzmaße (TE, AE, GE) analog bei einer outputorientierten Analyse berechnen, bei der der effiziente Rand durch den maximal möglichen Output bei gegebenem Input definiert wird (vgl. z.B. COELLI et al., 1998: 54ff.). In diesem Fall kann, wenn die Outputpreise bekannt sind, die allokativen (Output-)Effizienz bestimmt werden. Bei einer outputorientierten Betrachtung gibt die allokativen Effizienz also nicht Auskunft darüber, wie gut das Allokationsproblem „Minimalkosten“ gelöst wurde. Eine allokativen (Output-) Ineffizienz zeigt vielmehr an, dass sich Unternehmen bei der Gestaltung des Produktionsprogramms unzureichend an die Preise auf den Produktmärkten angepasst haben (Allokationsproblem „optimale Produktionsrichtung“). Mit anderen Worten: Die Gesamteffizienz - bei der outputorientierten Betrachtung als „Erlöseffizienz“ (overall revenue efficiency) bezeichnet - lässt die Frage nach der ökonomischen Gesamtleistung deshalb offen, weil nicht bekannt ist, wie erfolgreich sich die Unternehmen an den Preisen der Faktormärkte ausgerichtet haben.⁵

3. Identifikation von Anwendungsvoraussetzungen der DEA und Bestimmung des Aussagegehalts unterschiedlicher Effizienzmaße

3.1 Das Beispiel: Vergleich von ökonomischer Performanz und DEA-Effizienzmaßen

Im Folgenden wird ein inputorientiertes DEA-Modell auf eine exemplarische Stichprobe von zehn Unternehmen mit einer 2-Input- und 1-Output-Organisation angewendet. Wir unterstellen, dass alle Unternehmen gleiche Faktor- und Produktpreise sowie eine identische Größe aufweisen, die durch das Einsatzniveau des Faktors $x_2 = 1$ zum Ausdruck kommt. Das Einsatzniveau des Faktors x_1 sei bei den Unternehmen unterschiedlich und bei sechs der zehn Unternehmen sei die erzielte Outputmenge durch die folgende Produktionsfunktion bestimmt:

$$(4) \quad y(x_1 | x_2 = 1) = 0.75 \cdot x_1 - 0.002 \cdot x_1^2$$

Bei vier Unternehmen ist die von x_1 abhängige Outputmenge y geringer als die durch (1) definierte Menge. Der Datensatz ist also so konstruiert, dass sechs Unternehmen auf dem effizienten Rand liegen und vier nicht. Zwecks Anschauung ließe sich y als Weizenenertrag in dt, x_1 als Saatguteinsatz in kg und x_2 als „Platzhalter“ für ein Bündel sonstiger Produktionsfaktoren verstehen, das für alle

Stichprobenunternehmen gleich groß ist und einen Hektar landwirtschaftlicher Fläche sowie den darauf bezogenen sonstigen Ressourcenverbrauch umfasst.

Die Gewinnfunktion der Unternehmen ist als Leistungs-Kosten-Differenz wie folgt definiert:

$$(5) \quad G = p \cdot y(x_1) - q_1 \cdot x_1 - q_2$$

Dabei kennzeichnet p den Produktpreis, q_1 den Preis für x_1 und q_2 die Kosten für das Bündel sonstiger Produktionsfaktoren. Folgende Werte seien in den Datensätzen aller Unternehmen ausgewiesen: $p = 15$ €/dt, $q_1 = 0.50$ €/kg und $q_2 = 400$ €. Aus Gleichung (5) lässt sich das Gewinnmaximum direkt ableiten. Es liegt bei 563 € und wird bei einem Einsatzniveau von $x_1 = 179.2$ kg erzielt. Damit ist eine Referenz identifiziert, die es erlaubt den ökonomischen Informationsgehalt der mit der DEA berechneten Effizienzmaße einzuschätzen.

In Tabelle 1 sind in den Spalten 1 bis 6 neben dem gewinnmaximalen Unternehmen E und dem ertragsmaximalen Unternehmen F die vier weiteren Unternehmen dargestellt, die auf dem effizienten Rand liegen (Unternehmen A bis D). Die vier Unternehmen, die nicht auf dem effizienten Rand liegen, finden sich in den Spalten 7 bis 10 (Unternehmen G bis J). Die in Tabelle 1 betrachteten Unternehmen entsprechen den grafisch in Abbildung 1 dargestellten Entscheidungseinheiten. In den Zeilen 1 bis 7 sind die physischen und monetären Input- und Outputniveaus der Unternehmen angezeigt. Daraus lassen sich ökonomische Performanzkriterien, wie z.B. der Gewinn (Zeile 8) oder das Leistungs-Kosten-Verhältnis (Zeile 9), berechnen. Von letzterem ausgehend wird in Zeile 10 die „relative ökonomische Performanz“ bestimmt, die die Position jedes einzelnen Unternehmens relativ zum „Stichprobenbesten“ (Unternehmen E) angibt. In den Zeilen 11 bis 15 sind die verschiedenen Effizienzwerte sowie die Benchmarks der einzelnen Unternehmen gemäß Effizienzanalyse ausgewiesen.

Die Ergebnisse einer DEA, bei der Input- und Outputpreise nicht berücksichtigt werden, sind in den Zeilen 11 und 12 der Tabelle 1 dargestellt. Es wird deutlich, dass jedes Unternehmen auf dem effizienten Rand für sich selber die Benchmark bildet (Unternehmen A bis F). Für drei der vier ineffizienten Unternehmen werden reale Einheiten als Benchmarks ausgewiesen: Unternehmen G müsste unter Verweis auf Unternehmen B mit 95%, Unternehmen I unter Verweis auf Unternehmen E mit 75%, und Unternehmen J ebenfalls unter Verweis auf Unternehmen E mit 50% der tatsächlichen Inputmengen den bisherigen Output erzielen, um technisch effizient zu wirtschaften. Unternehmen H dagegen dürfte mit Verweis auf einen virtuellen Peer H', der sich als Linearkombination von Unternehmen C und D ergibt, zur Erzeugung einer Outputeinheit nur 91.8% der bisherigen Inputmenge benötigen. Da technisch ineffiziente Unternehmen auch ökonomisch suboptimal sind, wenn für alle Unternehmen identische Preise gelten (vgl. Fußnote 3), und da technische Effizienzwerte als Relativwerte ausgewiesen werden, scheint es vordergründig nahe zu liegen, Schlussfolgerungen bezüglich der Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen im Sinne von Aussagen wie „technisch ineffizientere Unternehmen sind auch ökonomisch ineffizienter“ zu ziehen. Derartige Schlussfolgerungen sind nicht zulässig!

⁵ Im Rahmen der DEA wird der Begriff „Gesamteffizienz“ einerseits für Analysen verwendet, in denen die (i) Inputpreise (nicht jedoch die Outputpreise) bekannt sind, andererseits kommt er bei Analysen zum Einsatz, in denen die (ii) Outputpreise (nicht jedoch die Inputpreise) bekannt sind. Zur Abgrenzung greifen wir auf die trennscharfen Begriffe (i) *Kosteneffizienz* und (ii) *Erlöseffizienz* zurück. Ähnliches gilt für die allokativen Effizienz, bei der wir die (i) *allokativen Input-Effizienz* von der (ii) *allokativen Output-Effizienz* unterscheiden.

Tabelle 1. Aussagegehalt von Effizienzmaßen dargestellt für einen 2-Input- und 1-Output-Fall

	Unternehmensbezeichnung	Unternehmen auf dem effizienten Rand						Unternehmen außerhalb des effizienten Rands			
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Output (Weizenertag in dt): y	30.9	32.5	55.0	67.5	70.2	70.3	30.9	56.3	52.6	35.1
2	Input 1 (Saatgut in kg): x_1	47.1	50.0	100.0	150.0	179.2	187.5	50.0	125.0	179.2	179.2
3	Input 2 (Sonstiges): x_2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
4	normierter Input 1: x_1/y	1.525	1.538	1.818	2.222	2.553	2.667	1.619	2.222	3.404	5.106
5	normierter Input 2: x_2/y	0.032	0.031	0.018	0.015	0.014	0.014	0.032	0.018	0.019	0.029
6	Leistung: $y \cdot p$ *	463	488	825	1013	1053	1055	463	844	789	526
7	Kosten: $x_1 \cdot q_1 + q_2$ *	424	425	450	475	490	494	425	463	490	490
8	Gewinn	40	63	375	538	563	561	38	381	300	37
9	Leistungs-Kosten-Verhältnis	1.093	1.147	1.833	2.132	2.150	2.136	1.090	1.824	1.613	1.075
10	Relative ökonomische Performanz** (Gewineffizienz)	0.509	0.534	0.853	0.991	1.000	0.994	0.507	0.849	0.750	0.500
11	TE (technische Effizienz)	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.950	0.918	0.750	0.500
12	Benchmark (Peer)	A	B	C	D	E	F	B	H' ***	E	E
13	AE (allokative Input-Effizienz)	0.509	0.534	0.853	0.991	1.000	0.994	0.534	0.924	1.000	1.000
14	GE (Gesamteffizienz, Kosteneffizienz)	0.509	0.534	0.853	0.991	1.000	0.994	0.507	0.849	0.750	0.500
15	Benchmark (Peer)	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E

* $q_1 = 0.50$ €/kg, $q_2 = 400$ €, $p = 15$ €/dt.

** Die relative ökonomische Performanz wird im Vergleich zum Leistungs-Kosten-Verhältnis des besten Stichprobenunternehmens E berechnet.

*** Der virtuelle Peer H' ist eine Linearkombination von Unternehmen C und D, der zur Erzeugung einer Outputeinheit nur 91.8% der von Unternehmen H eingesetzten Inputs benötigt.

Da die Preise für Inputs und Outputs im vorliegenden Beispiel als bekannt vorausgesetzt wurden, kann direkt die relative ökonomische Performanz der einzelnen Unternehmen berechnet werden (Zeile 10). Der Vergleich dieser ökonomischen Effizienz mit der technischen Effizienz macht deutlich, dass niedrigere technische Effizienzwerte nur dann aussagekräftig sind im Sinne einer geringeren ökonomischen Effizienz (vgl. hierzu die einschränkende Anmerkung in Fußnote 3), wenn die verglichenen Unternehmen denselben Peer haben und damit grafisch gesprochen auf einem Fahrstrahl liegen (also beispielsweise Unternehmen E, I und J in Abbildung 1). Ein Vergleich der Höhe der technischen Effizienzwerte der anderen Stichprobenunternehmen untereinander erlaubt dagegen keine Schlussfolgerungen bezüglich ihrer ökonomischen Effizienz. Dies liegt daran, dass technisch effiziente(re) Unternehmen möglicherweise Fehler bei Allokationsentscheidungen gemacht haben, die ökonomisch schwerwiegender sind als kleine technische Ineffizienzen.⁶ Der vergleichende Blick auf die ökonomische Performanz (Zeile 10) von Unternehmen I ($TE^I = 0.750$) und Unternehmen B ($TE^B = 1.000$) bzw. von Unternehmen H ($TE^H = 0.918$) und Unternehmen G ($TE^G = 0.950$) zeigt anschaulich, dass Unternehmen mit geringeren technischen Effizienzwerten ohne weiteres

eine bessere ökonomische Performanz aufweisen können als solche mit höheren technischen Effizienzwerten.

Die Güte der Allokationsentscheidung wird durch die allokativen Input-Effizienz (Zeile 13) und den damit ermöglichten Übergang zur Gesamteffizienz (Kosteneffizienz) (Zeile 14) berücksichtigt. Im Ergebnis der Analyse der Kosteneffizienz stellt ausschließlich Unternehmen E die Benchmark dar (vgl. Zeile 15). Im hier betrachteten Sonderfall einer 1-Output-Situation ergibt sich nach dem Maß der Kosteneffizienz dieselbe relative Positionierung der Unternehmen zueinander wie nach einem ökonomischen Performanzkriterium, wie z.B. dem Leistungs-Kosten-Verhältnis (vgl. Fußnote 4). Würde zusätzlich eine Wahlmöglichkeit bezüglich der Outputs vorliegen, so ließe sich aus der Höhe der Kosteneffizienz noch nichts über die ökonomische Performanz der Unternehmen sagen.

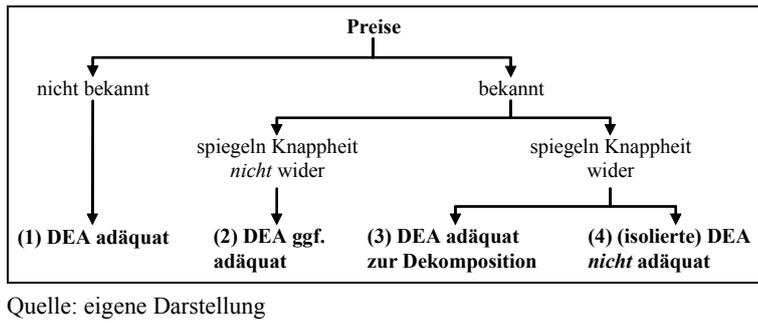
3.2 Systematisierung adäquater Anwendungssituationen

Angesichts der geringen Datenerfordernisse der DEA bzgl. der Preise und der offensichtlichen Nachteile bei der Abbildung der Qualität unternehmerischer Entscheidungen (Preise und damit die Güte der Allokationsentscheidungen werden nicht berücksichtigt) gibt Abbildung 2 einen Überblick, in welchen Situationen bzw. bei welchen Datenproblemen die DEA eine adäquate Analysemethode ist.

Sinnvolle Einsatzmöglichkeiten für die DEA können sich in drei der vier Fälle ergeben: (1) Wenn eine ökonomische Bewertung mehrerer Input- und/oder Outputgrößen nicht möglich ist, kann es sinnvoll sein, Effizienzanalysen, wie z.B. DEA, einzusetzen, die ohne Preise auskommen, aber „so viel wie möglich“ an Wissen aus den verfügbaren Daten extrahieren. Dies ist ja - wie bereits angesprochen - der

⁶ Dies gilt ganz unabhängig von der konkreten Spezifikation des DEA-Modells. Im betrachteten Beispiel wird - wie in vielen Anwendungen - eine DEA mit konstanten Skalenerträgen gerechnet. Ohne auf die Unterschiede von Modellen mit konstanten und variablen Skalenerträgen näher einzugehen (vgl. hierzu z.B. FRANCKSEN und LATA CZ-LOHMANN, 2006), ist anzumerken, dass bspw. auch die Verwendung eines Modells mit variablen Skalenerträgen die fehlende Aussagekraft technischer Effizienzwerte bezüglich der ökonomischen Performanz von Entscheidungseinheiten nicht beheben würde.

Abbildung 2. Adäquate Anwendungssituationen für die DEA



klassische Einsatzbereich für die DEA. (2) Gleiches gilt, wenn die nominalen Preise nicht vertrauenswürdig sind und man keine eigene Bewertung der ökonomischen Knappheitsverhältnisse vornehmen will.⁷ Zwar kann die Güte der unternehmerischen Allokationsentscheidung und damit die ökonomische Effizienz durch eine DEA, die ja Preise nicht berücksichtigt, nicht beurteilt werden, aber man kann auf dieser niedrigeren Ebene der unternehmerischen Entscheidung (vgl. RAY, 2004) zumindest diejenigen Unternehmen identifizieren, die bei einem gegebenen Output „zuviel“ Input verwenden (avoidable input waste) oder die bei einem gegebenen Input „zuwenig“ Output produzieren (unrealized output potential). (3) Auch wenn Preise vorliegen und ökonomische Performanzkriterien berechnet werden können, ergibt sich eine Einsatzmöglichkeit für die DEA, wenn sie als *ergänzende* Methode dazu eingesetzt werden, um durch Dekomposition die Ursachen für ökonomische Performanzschwächen zu identifizieren, d.h. zwischen technischen und allokativen Fehlentscheidungen zu differenzieren. (4) Nicht sinnvoll ist es allerdings, eine isolierte DEA durchzuführen, wenn aussagekräftige Marktpreise vorliegen.

Abbildung 3 greift die in Abbildung 2 vorgenommene Systematisierung auf, beschreibt aber detailliert, bei welcher

⁷ Wenn man mit Verweis auf unvollständige Märkte und eine „mangelnde Aussagefähigkeit vorhandener Preise“ zu Effizienzanalysen übergeht, so nutzt man implizit ein Referenzsystem, in dem es *unternehmensspezifische* Unterschiede bei den Faktor- und/oder Produktpreisen *nicht* gibt. Mit Blick auf die Einschätzung der Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen ist dies nur dann eine sinnvolle Perspektive, wenn man davon ausgeht, dass Preisunterschiede (z.B. für Boden oder Arbeit) mittel- bis langfristig entfallen. Dies gilt auch, wenn man z.B. im Rahmen einer normativen Betrachtung auf die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen nach der Aufhebung staatlich bedingter Preisverzerrungen oder anderweitiger Marktungleichgewichte abzielt, auch wenn dies in naher Zukunft nicht zu erwarten ist. In beiden Fällen nimmt man damit aber eine komparativ statische Sicht ein und abstrahiert von unternehmerischen Anpassungsprozessen. Unvollkommene Märkte stellen für sich genommen allerdings keine Begründung für die Abstraktion von vorhandenen Preisinformationen dar. Ganz im Gegenteil. Im Gegensatz zum neoklassischen Gleichgewichtsmodell, nach dem es weder Existenzmöglichkeiten für „unterdurchschnittliche“ Unternehmen noch Spielräume zur Schaffung von Wettbewerbsvorteilen gibt, nimmt man mit der Suche nach unterschiedlich wettbewerbsfähigen Unternehmen ja gerade den Blickwinkel der Industrieökonomik ein, die die unterschiedliche Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen als Ergebnis der (zeitlich begrenzten) Nutzung monopolistischer Preissetzungsspielräume bzw. der Schaffung von Marktungleichgewichten versteht (vgl. z.B. PORTER, 1992).

Datenverfügbarkeit (d.h. Art und Anzahl unbekannter Preise) welche konkreten Beurteilungskriterien bzw. Verfahren der Performanz- und Effizienzanalyse adäquat sind. Adäquat bedeutet, dass sie weder unnötig aufwändig sind, noch hinter das Wissen zurückfallen, das sich generieren lässt, wenn man alle verfügbaren Daten auswertet.

Wenn weder auf der Input- noch auf der Outputseite Bewertungsprobleme vorliegen, lässt sich die relative ökonomische Performanz der Unternehmen - unabhängig von der Zahl der Inputs M und der Zahl der Outputs N - problemlos über

ein klassisches ökonomisches Performanzmaß wie z.B. das Leistungs-Kosten-Verhältnis messen (**Situation 1**). Im Rahmen von Effizienzbetrachtungen wird hierfür gelegentlich auch der Begriff „Gewineffizienz“ (overall profit efficiency) gebraucht.⁸ Wenn auf der Inputseite kein Bewertungsproblem vorliegt, so kann man bei einem outputseitigen Bewertungsproblem im 1-Output-Fall einfach auf die Stückkosten zurückgreifen (**Situation 2**). Wenn auf der Outputseite keine Bewertungsprobleme vorliegen, steht im 1-Input-Fall die monetäre Produktivität als Performanzkriterium zur Verfügung (**Situation 3**). Im Sonderfall des 1-Input- und 1-Output-Falls, lässt sich bei beidseitigen Bewertungsproblemen die physische Produktivität als Performanzmaß verwenden (**Situation 4**). In den Situationen 1 bis 4 lässt sich ein ökonomisch superiores Benchmarkunternehmen identifizieren, das für alle Stichprobenunternehmen als Referenz dient und zu dessen Identifikation man keine DEA braucht.

Der inhaltliche Rückgriff auf Effizienzmaße und der methodische Rückgriff auf die DEA sind erst notwendig, wenn bei mehr als einem Output oder Input Bewertungsprobleme vorliegen:

- Können die Inputs in *eine* monetäre Größe „übersetzt“ und als Kosten gemessen werden, so lässt sich im Rahmen einer inputorientierten DEA neben der technischen Effizienz die *Kosteneffizienz* berechnen. Aus der Kenntnis der technischen Effizienz und der Kosteneffizienz kann dann unter Nutzung von Gleichung (3) die allokativen Input-Effizienz bestimmt werden (**Situation 5**).
 - Können umgekehrt die Outputs in *eine* monetäre Größe „übersetzt“ und als Erlöse gemessen werden, so lässt sich im Rahmen einer outputorientierten DEA die *Erlöseffizienz* berechnen. Aus der Kenntnis der technischen Effizienz und der Erlöseffizienz kann in diesem Fall unter Nutzung von Gleichung (3) die allokativen Output-Effizienz bestimmt werden (**Situation 6**).
 - Nur in Multiinput- und Multioutputsituationen, in denen sowohl input- als auch outputseitig Bewertungsprobleme vorliegen, ist man gezwungen, sich bei der Extraktion von Informationen aus Unternehmensdatensätzen auf die technische Effizienzanalyse zu begrenzen (**Situation 7**).
- In den Situationen 5 bis 7 ist auch nach Berechnung der verschiedenen Effizienzmaße (technische Effizienz, alloka-

⁸ Auf mögliche Schwierigkeiten bei der Bestimmung der Gewineffizienz im Sinne von FARRELL (1957) bei negativen Gewinnen und entsprechende Lösungsansätze wird an dieser Stelle nicht weiter eingegangen (vgl. dazu FÄRE et al., 2004, und die dort angegebene Literatur).

Abbildung 3. Klassifizierung von Problemlagen und adäquate Performanzkriterien

		O u t p u t s					
		Bewertungsprobleme: nein		Bewertungsprobleme: ja			
		N = 1	N > 1	N = 1	N > 1		
I n p u t s	Bewertungsprobleme: nein	Situation 1: Leistungs-Kosten-Verhältnis		Situation 2: Stückkosten		Situation 5: Allokative Input-Effizienz → Kosteneffizienz (Gesamteffizienz)	
	M = 1						
Bewertungsprobleme: ja	M > 1	Situation 3: Monetäre Produktivität		Situation 4: Physische Produktivität			Situation 7: Technische Effizienz
	M = 1						
		Situation 6: Allokative Output-Effizienz → Erlöseffizienz (Gesamteffizienz)					

Quelle: eigene Darstellung

dungen durch Dekomposition identifizieren. Hierfür werden Preise bzw. ein Teil der Preise gezielt „vernachlässigt“ und dann sukzessive die technische Effizienz, die allokativen Input-Effizienz (im Rahmen einer inputorientierten Betrachtung) sowie die allokativen Output-Effizienz (im Rahmen einer outputorientierten Betrachtung) berechnet. Die gezielte „Vernachlässigung“ von Preisen erlaubt erste Rückschlüsse darüber, ob die Probleme eher in einer mangelhaften Beherrschung der technologischen Prozesse, im Bereich der Faktorkombination oder der Gestaltung des Produktionsprogramms liegen.

Allerdings ist zu beachten, dass eine solche Separation fehlerbehafteter Managementbereiche keine direkten Handlungsempfehlungen erlaubt. Dies gilt schon allein deshalb,

tive Effizienz, Gesamteffizienz) keine Beurteilung der relativen ökonomischen Performanz von Unternehmen möglich, weil unklar bleibt, wie gut die Input- und/oder Outputallokation erfolgt.

Der ökonomische Aussagegehalt der einzelnen Beurteilungskriterien in Abbildung 3 sinkt stufenweise ab: Auf der Stufe 1 lassen sich die Kriterien der Situationen 1 bis 4 zusammenfassen, die vollständige Auskunft über die ökonomische Performanz geben. Auf Stufe 2 folgen dann die Situationen 5 und 6, in denen neben der technischen immerhin eine der beiden allokativen Effizienzen (die allokativen Input-Effizienz *oder* die allokativen Output-Effizienz) berechnet werden können. Auf Stufe 3 folgt dann Situation 7, in der man sich mit der technischen Effizienz begnügen muss. Mit anderen Worten: Wenn man alle physischen Inputs und Outputs eindeutig in monetäre Größen „übersetzen“ kann, dann lässt sich das (beste) Stichprobenunternehmen eindeutig identifizieren. Jedes andere Unternehmen lässt sich relativ zu diesem Benchmarkunternehmen positionieren. Bei Vorliegen von Preisen gibt es also keinen Grund, die unternehmerische Allokationsentscheidung zu vernachlässigen und bei der Analyse der technischen Effizienz stehen zu bleiben und damit weniger Wissen bezüglich der ökonomischen Performanz zu generieren als eigentlich möglich wäre.

Wie bereits im Zusammenhang mit Abbildung 2 erwähnt, kann die DEA auch bei Vorliegen von Preisen eine wichtige Rolle spielen, wenn sie neben einem ökonomischen Performanzmaß als *zusätzliches* Analyseinstrument eingesetzt wird. Der entsprechende methodische Ablauf lässt sich direkt aus Abbildung 3 ablesen: Wird unter Berücksichtigung der Preise und damit der Allokationsentscheidung eine suboptimale ökonomische Performanz eines Unternehmens diagnostiziert, so lassen sich mittels DEA die hauptsächlich Bereiche unternehmerischer Fehlentscheidungen

weil Preise und Mengen voneinander abhängig sein können und im Unternehmen möglicherweise eine Erhöhung der technischen Effizienz nur bei gleichzeitiger Verringerung der allokativen Effizienz erzielt werden kann (vgl. Fußnote 3). Mit anderen Worten: Für die Ableitung von Handlungsempfehlungen wird wegen der Komplexität der Zusammenhänge und des Fehlens eines umfassenden Gesamtmodells des Unternehmens und der Unternehmensumwelt immer ein situatives Expertenurteil erforderlich sein (vgl. HIRSCHAUER, 2001).⁹ Zur Unterstützung einer Fehler-suche durch Experten könnte man zusätzlich nach statistischen Zusammenhängen zwischen den Ineffizienzwerten der Stichprobenunternehmen und ausgewählten Variablen,

⁹ Mit Blick auf die Informationsfunktion des Controlling (Bereitstellung bestmöglicher Informationen) ließe sich der Nutzen vergleichender Performanzmessungen bzw. Effizienzanalysen damit wie folgt einordnen: (i) Analysen der technischen Effizienz - ergänzt durch Analysen der allokativen Input-Effizienz - geben Informationen bezüglich der Güte der unternehmerischen Faktorbeschaffungs- und Faktoreinsatzentscheidungen. Dies lässt sich unter der Leitfrage „Werden die Dinge richtig getan?“ oder auch unter der Frage, ob es sich um *gutes* oder *schlechtes* Management handelt, subsumieren. (ii) Analysen der allokativen Output-Effizienz liefern dagegen Informationen bezüglich der Güte der Produktionsentscheidungen im Lichte der Produktpreise. Dies lässt sich unter der Leitfrage „Werden die richtigen Dinge getan?“ bzw. unter der Frage, ob es sich um *richtiges* oder *falsches* Management handelt, subsumieren. (iii) Letztlich können aber nur ökonomische Performanzkriterien, die Ressourcenverbrauch und Leistungserstellung in eine Dimension überführen und vergleichbar machen, Auskunft darüber geben, ob man „die richtigen Dinge richtig macht“ bzw. ob „richtiges Management gut betrieben wird“ (zur pointierten Unterscheidung von richtigem und falschem bzw. gutem und schlechtem Management vgl. MALIK, 2006).

wie z.B. technologischen Prozessführungsparametern, suchen. Bei der Auswahl der statistischen Verfahren ist allerdings das im Folgenden diskutierte Skalenniveau von technischen Effizienzmaßen zu berücksichtigen.

3.3 Skalenniveau und Interpretation von technischen Effizienzwerten

Die Messtheorie (Theory of Scales of Measurement; vgl. STEVENS, 1946) beschäftigt sich mit der Frage, welche mathematischen Operationen und statistischen Verfahren in Abhängigkeit vom Messniveau der betrachteten Variablen (d.h. ihrem inhärenten Informationsgehalt) möglich und zulässig sind. So erfordert beispielsweise die Regressionsanalyse ebenso wie die arithmetischen Operationen Addition/Subtraktion und die Durchschnittsbildung (arithmetisches Mittel), dass die betrachteten Variablen ein metrisches Skalenniveau (d.h. zumindest eine Intervallskala) aufweisen, bei dem der Abstand zwischen zwei Messwerten aussagekräftig ist. Bei einer Ordinalskala (Rangordnungsskala) oder einer durch Zahlen kodierten Nominalskala (z.B. 0/1 für männlich/weiblich) sind diese Operationen nicht möglich. Darüber hinaus sind die Bildung von Verhältnissen (Quotienten) und damit beispielsweise die Aussage „ein Messwert ist halb so hoch wie ein anderer“ nur bei einer Ratioskala möglich, bei der ein absoluter Nullpunkt vorliegt.

Im Interesse einer korrekten Interpretation bei der vergleichenden Gegenüberstellung von technischen Effizienzwerten und zur Vermeidung unzulässiger mathematischer Operationen muss das Skalenniveau der Variable „technische Effizienz“ berücksichtigt werden. Wir greifen hierfür auf Abbildung 1 zurück. Die gedankliche Positionierung von Unternehmen jenseits von J auf der durch den Ursprung und den Punkt E gekennzeichneten Geraden verdeutlicht zunächst, dass mit zunehmendem Abstand vom Ursprung die technische Effizienz gegen Null geht, ein absoluter Nullpunkt aber nicht existiert. Damit ist eine Ratioskala und die Bildung von Verhältnissen im Sinne von Aussagen wie „Unternehmen X ist doppelt so effizient wie Unternehmen Y“ ausgeschlossen.

Die fehlende Ratioskala folgt schon direkt aus der fehlenden Intervallskalierung. Ein Blick auf die technischen Effizienzwerte der Unternehmen I und J (vgl. Tabelle 1) zeigt zudem, dass die technische Effizienz hinsichtlich der Höhe der Ressourcenverschwendung nicht intervallskaliert ist und damit kein metrisches Skalenniveau aufweist: Eine für die Ressourcenverschwendung aussagekräftige Differenzbildung zwischen zwei Messwerten ist nicht möglich, da mit abnehmendem Niveau der technischen Effizienzwerte ein gleich großer Abstand zwischen zwei Effizienzwerten eine zunehmend höhere zusätzliche Ressourcenverschwendung impliziert. Der paarweise Vergleich der Unternehmen E ($TE^E = 1.000$), I ($TE^I = 0.750$) und J ($TE^J = 0.500$) in Tabelle 1 verdeutlicht dies anschaulich: Bei gleichem Abstand der Effizienzwerte ist die Ressourcenverschwendung von Unternehmen I im Vergleich zu Unternehmen E sowohl bei Input x_1 als auch bei Input x_2 (vgl. Zeile 4 und 5) geringer als die Ressourcenverschwendung von Unternehmen J im Vergleich zu Unternehmen I. Das heißt, ein gleicher Abstand zwischen technischen Effizienzwerten darf nicht als äquivalenter Abstand bezüglich des „avoidable

input waste“ interpretiert werden. Eine Durchschnittsbildung, die ja ein metrisches Skalenniveau und eine aussagekräftige Interpretation von Differenzen erfordern würde, ist deshalb nicht zulässig. Mit Blick auf den „avoidable input waste“ bleiben beim Vergleich von Unternehmen auf einem Fahrstrahl nur die im Rahmen ordinalskaliert Variablen möglichen Operationen und Aussagen „effizienter“ ($>$), „weniger effizient“ ($<$) oder „gleich effizient“ ($=$) übrig. Da die technischen Effizienzwerte von Unternehmen auf dem gleichen Fahrstrahl jeweils untereinander ordinalskaliert sind, ist mit Blick auf die Ressourcenverschwendung der Vergleich von Unternehmen auf unterschiedlichen Fahrstrahlen ohnehin nicht möglich.

4. Schlussfolgerungen und Ausblick

In diesem Beitrag wurde zum einen der Fragestellung nachgegangen, unter welchen Voraussetzungen die Anwendung einer DEA adäquat erscheint. Zum anderen wurde auf Probleme hingewiesen, die bei der Interpretation von technischen Effizienzwerten, die mit Hilfe einer DEA ermittelt wurden, zu beachten sind.

Es wurde deutlich, dass weder die Höhe der technischen Effizienzwerte noch die Höhe der Gesamteffizienzwerte - obwohl sie beide als Relativgrößen ausgewiesen werden - Schlussfolgerungen bezüglich der relativen ökonomischen Performanz von Stichprobenunternehmen zulassen. Während wir im Interesse der Nachvollziehbarkeit hier auf ein Standardmodell der DEA fokussieren, sind die gemachten Aussagen bzgl. der ökonomischen Interpretationsfähigkeit der Ergebnisse sowie der dementsprechend als adäquat identifizierten Anwendungssituationen generalisierbar in dem Sinne, dass sie für alle Frontieranalysen gelten, die ohne die Berücksichtigung von Preisen auskommen. Dies schließt komplexe DEA-Formulierungen (z.B. Malmquist-Index, Super-Effizienz) ebenso ein wie andere Formen von Frontier-Analysen (z.B. SFA).

Neben der grundsätzlich fehlenden Aussagekraft technischer Effizienzwerte bezüglich der ökonomischen Performanz von Entscheidungseinheiten ist zu beachten, dass die mit Hilfe einer DEA bestimmten technischen Effizienzwerte auch keine direkten Schlussfolgerungen bezüglich des Ausmaßes der physischen Ressourcenverschwendung erlauben. Sie weisen kein metrisches Skalenniveau auf. Dies bedeutet, dass sich ein gleicher Abstand zwischen technischen Effizienzwerten nicht als äquivalenter Abstand bezüglich der Ressourcenverschwendung interpretieren lässt. Deshalb ist beispielsweise auch die Durchschnittsbildung technischer Effizienzwerte nicht zulässig.

Die im vorliegenden Beitrag vorgenommene Analyse der grundsätzlichen Aussagefähigkeit der DEA sowie die systematische Methodeneinordnung liefern eine Hilfestellung für eine schnelle und zutreffende Einschätzung, wann eine DEA angebracht ist und was man durch sie (nicht) lernen kann. Der Beitrag hat verdeutlicht, dass man bei Performanzanalysen - wenn immer möglich - auf Kriterien abstellen sollte, die den Ressourcenverbrauch und die Leistungen monetär messen. Die ausschließliche Anwendung einer DEA ist nur sinnvoll, wenn eine ökonomische Bewertung mehrerer Input- und/oder Outputgrößen nicht möglich bzw. nicht vertrauenswürdig ist. Allerdings kann die DEA auch bei Vorliegen von Preisen sinnvoll sein, wenn sie als zu-

sätzliches Instrument zur Dekomposition einer ökonomischen Performanzschwäche in ihre technischen und allokativen Komponenten genutzt wird.

Mit Blick auf den begrenzten Aussagegehalt von technischen Effizienzmaßen bezüglich der ökonomischen Performanz von wirtschaftlichen Einheiten erscheint es interessant zu prüfen, ob bei fehlenden Preisen Konzepte zum Einsatz gebracht werden sollen, wie sie beispielsweise in der Umweltökonomik zur Bewertung nicht marktgängiger Güter (Travel Cost Method, Contingent Valuation etc.) oder bei der Bewertung eigener Faktoren über den Opportunitätskostenansatz (Lohn-, Zins- und Pachtansätze) bekannt sind. Dies würde dann die Nutzung eines klassischen Kriteriums zur Beurteilung der ökonomischen Performanz von Wirtschaftseinheiten ermöglichen. Verbleibende Bewertungsunsicherheiten ließen sich im Rahmen einer solchen Vorgehensweise z.B. durch Variantenrechnungen einfangen. Dabei wäre kritisch zu prüfen, inwieweit die Bewertungsunsicherheiten die Vorteile des an sich aussagekräftigeren ökonomischen Performanzkriteriums erodieren.

Literatur

- AIGNER, D.J., C.A.K. LOVELL and P. SCHMIDT (1977): Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Function Models. In: *Journal of Econometrics* 6 (1): 21-37.
- BALMANN, A. und B. CZASCH (2001): Zur Effizienz landwirtschaftlicher Unternehmen in Brandenburg - Eine Data Envelopment Analysis. In: *Agrarwirtschaft - German Journal of Agricultural Economics* 50 (3): 198-203.
- BANKER, R.D., A. CHARNES and W. COOPER (1984): Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. In: *Management Science* 30 (9): 1078-1092.
- BERGER, A.N. and D.B. HUMPHREY (1997): Efficiency of Financial Institutions: International Survey and Directions for Future Research. In: *European Journal of Operational Research* 98 (2): 175-212.
- BOGETOFT, P., K. BOYE, H. NEERGAARD-PETERSEN and K. NIELSEN (2007): Reallocating Sugar Beet Contracts. Can Sugar Production Survive in Denmark? In: *European Review of Agricultural Economics* 34 (1): 1-20.
- BOGUMIL, J., S. GROHS, S. KUHLMANN und A.K. OHM (2007): Zehn Jahre Neues Steuerungsmodell. Modernisierung des öffentlichen Sektors: Sonderband 29. Hans-Böckler-Stiftung, Berlin.
- BUDDÄUS, D., P. CONRAD and G. SCHREYÖGG (1998): *New Public Management*. de Gruyter, Berlin/New York.
- CHARNES, A., C.T. CLARK, W.W. COOPER and B. GOLANY (1985): A Developmental Study of Data Envelopment Analysis in Measuring the Efficiency of Maintenance Units in the US Air Forces. In: *Annals of Operations Research* 2 (1): 95-112.
- CHARNES, A., W. COOPER and E. RHODES (1978): Measuring the Efficiency of Decision Making Units. In: *European Journal of Operational Research* 2 (6): 429-444.
- (1981): Evaluating Program and Managerial Efficiency: An Application of Data Envelopment Analysis to Program Follow Through. In: *Management Science* 27 (6): 668-697.
- COELLI, T., D.S.P. RAO and G.E. BATTESE (1998): *An Introduction to the Efficiency and Productivity Analysis*. Kluwer Academic Publishers, Norwell.
- CZASCH, B. (2000): Organisation und Effizienz landwirtschaftlicher Unternehmen während der Umstrukturierung des Agrarsektors unter besonderer Berücksichtigung des Faktors Arbeit. Tectum Verlag, Marburg.
- DAHM, S. (2004): *Das Neue Steuerungsmodell auf Bundes- und Länderebene sowie die Neuordnung der öffentlichen Finanzkontrolle in der Bundesrepublik Deutschland*. Duncker & Humblot, Berlin.
- DYSON, R.G., R. ALLEN, A.S. CAMANHO, V.V. PODINOVSKI, C.S. SARRICO and E.A. SHALE (2001): Pitfalls and Protocols in DEA. In: *European Journal of Operational Research* 132 (2): 245-259.
- FÄRE, R., S. GROSSKOPF and W.L. WEBER (2004): The Effect of Risk-based Capital Requirements on Profit Efficiency in Banking. In: *Applied Economics* 36 (15): 1731-1743.
- FARRELL, M.J. (1957): The Measurement of Productive Efficiency. In: *Journal of the Royal Statistical Society, Series A (General)* 120 (3): 253-290.
- FILLER, G., M. ODENING, S. SEEGER and J. HAHN (2007): Zur Effizienz von Biogasanlagen. In: *Berichte über Landwirtschaft* 85 (2): 178-194.
- FRANCKSEN, T. und U. LATA CZ-LOHMANN (2006): Beurteilung der technischen Effizienz der Agrarsektoren der EU-Beitrittsländer anhand parametrischer und nicht-parametrischer Analyseverfahren. In: *Agrarwirtschaft* 55 (7): 323-333.
- HIRSCHAUER, N. (2001): Controlling. In: Odening, M. und W. Bokelmann (Hrsg.): *Agrarmanagement*. Ulmer, Stuttgart: 276-339.
- KANTELHARDT, J. and K. ECKSTEIN (2007): Do Farmers Provide Agri-environmental Services Efficiently? – An Economic Analysis. Paper presented at the 81st Annual Conference of the Agricultural Economics Society (AES), 2.-4. April 2007 in Reading.
- KLEINHANB, W., C. MURILLO, C. SAN JUAN and S. SPERLICH (2007): Efficiency, Subsidies, and Environmental Adaptation of Animal Farming under CAP. In: *Agricultural Economics* 36 (1): 49-65.
- KOCHER, M.G., M. LUPTACIK and M. SUTTER (2006): Measuring Productivity of Research in Economics: A Cross-country Study using DEA. In: *Socio-Economic Planning Sciences* 40 (4): 314-332.
- LEWIN, A.Y. and R.C. MOREY (1981): Measuring the Relative Efficiency and Output Potential of Public Sector Organizations: An Application of Data Envelopment Analysis. In: *International Journal of Policy Analysis and Information Systems* 5 (2): 267-285.
- LISSITSA, A. and M. ODENING (2005): Efficiency and Total Factor Productivity in the Ukrainian Agriculture in Transition. In: *Agricultural Economics* 32 (3): 311-325.
- MALIK, F. (2006): *Management: Das A und O des Handwerks*. FAZ-Institut, Frankfurt am Main.
- MEEUSEN, W. and J. VAN DEN BROEK (1977): Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Functions with Composite Errors. In: *International Economic Review* 18 (2): 435-444.
- OUDE LANSINK, A. and E. SILVA (2004): Non-Parametric Production Analysis of Pesticides Use in the Netherlands. In: *Journal of Productivity Analysis* 21 (1): 49-65.
- PORTER, M.E. (1992): *Wettbewerbsvorteile (Competitive Advantage). Spitzenleistungen erreichen und behaupten*. Campus, Frankfurt am Main/New York.
- RAY, S.C. (2004): *Data Envelopment Analysis: Theory and Techniques for Economics and Operations Research*. Cambridge University Press, New York.
- SCHNEIDER, M. (2004): Data-Envelopment-Analyse von Landesarbeitsgerichten. Betriebswirtschaftlicher Leistungsvergleich im kennzahlenfreien Raum. In: *Die Betriebswirtschaft* 64 (1): 28-38.

- SHARMA, K.R., P. LEUNG and H.M. ZALESKI (1997): Productive Efficiency of the Swine Industry in Hawaii: Stochastic Frontier vs. Data Envelopment Analysis. In: Journal of Productivity Analysis 8 (4): 447-459.
- STEVENS, S.S. (1946): On the Theory of Scales of Measurement. In: Science 103 (2684): 677-680.
- THIELE, H. und C.M. BRODERSEN (1997): Anwendung der nicht-parametrischen Data Envelopment Analysis auf die Effizienz landwirtschaftlicher Unternehmen in der Transformation Ostdeutschlands. In: Agrarwirtschaft 46 (12): 407-416.
- WEIB, K. (2002): Das neue Steuerungsmodell - Chancen für die Kommunalpolitik? In: Friedrichs, J., O.W. Gabriel, H. Schneider und R. Voigt (Hrsg.): Städte und Regionen in Europa. Band 9. Leske & Budrich, Opladen.
- ZHENGFEI, G. and A. OUDE LANSINK (2003): Input Disposability and Efficiency in Dutch Arable Farming. In: Journal of Agricultural Economics 54 (3): 467-478.

Danksagung

Für hilfreiche Kommentare, Anregungen und Kritik danken wir Prof. Dr. Alfons Balmann, Dr. Gunnar Breustedt, Prof. Dr. Ludwig Theuvsen, zwei anonymen Gutachtern und den Herausgebern der „Agrarwirtschaft“.

Kontaktautor:

PROF. DR. OLIVER MUBHOFF

Georg-August-Universität Göttingen

Fakultät für Agrarwissenschaften, Department für Agrarökonomie und

Rurale Entwicklung, Arbeitsbereich Landwirtschaftliche Betriebslehre

Platz der Göttinger Sieben 5, 37073 Göttingen

Tel.: 05 51-39 48 42, Fax: 05 51-39 22 030

E-Mail: oliver.musshoff@agr.uni-goettingen.de