



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
WIEN  
Vienna University of Technology

## D I P L O M A R B E I T

# Werbeeffizienzmessungen mit Hilfe der Data Envelopment Analysis

Ausgeführt am Institut für Managementwissenschaften  
der Technischen Universität Wien

unter der Anleitung von

O.Univ.-Prof. DI Dr. Adolf Stepan  
und  
DI Dr. Gerald Brandstetter

durch

Maja Stajic

Pilzgasse 11  
1210 Wien

---

Datum

---

Unterschrift

## **Dank**

Ich möchte mich bei O. Univ.-Prof. DI Dr. Stepan und DI Dr. Brandstetter bedanken, die mir die Möglichkeit geboten haben, diese Diplomarbeit zu verfassen und mich während der Erstellung dieser betreut und unterstützt haben.

Desweiteren gilt mein Dank meiner Familie und meinem Freund, die mich während meiner gesamten Studienzeit begleitet haben.

Diese Arbeit widme ich meinem Bruder Robert, der immer für mich da ist.

## **Kurzfassung**

Die vorliegende Diplomarbeit beschäftigt sich mit der Bewertung der Effizienz von Werbung, bei der multiple Inputs und Outputs simultan betrachtet werden. Die Effizienzmessung soll dabei mit Hilfe der Methode der sogenannten **Data Envelopment Analysis (DEA)** erfolgen. Neben einer theoretischen Vorstellung soll eine praktische Anwendung dieser Methode illustriert werden.

Anhand von Daten aus dem Bereich Haarpflege in Österreich wird eine Fallstudie vorgestellt, die mit Hilfe der DEA die eingesetzten Werbemittel mit dem erreichten ökonomischen Werbeerfolg in Beziehung setzt. Die Untersuchung zeigt, wie man mit monetären Daten die Effizienz verschiedener Marken beziehungsweise Produktkampagnen bewerten kann und inwieweit diese Methode im Marketing anwendbar ist.

## **Abstract**

This diploma thesis discusses the evaluation of advertising efficiency with the method of the so called **Data Envelopment Analysis (DEA)**, where multiple inputs and outputs are considered simultaneously. This work presents a theoretical overview of the method and illustrates a practical use of it.

With the data from Austrian Hair Care Market a case study is presented which brings into correlation the examined advertising media and the economic success by applying DEA. The analysis shows how monetary data can evaluate the efficiency of brands and product campaigns and to what extent this method is adaptive in marketing.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>3</b>
1.1	Marketing messbar machen . . . . .	3
1.2	Gliederung der Arbeit . . . . .	5
<b>2</b>	<b>Die Grundmodelle der DEA</b>	<b>6</b>
2.1	Einordnung der DEA . . . . .	6
2.2	Prinzip der DEA und Annahmen . . . . .	7
2.3	Effizienzmessung anhand eines Beispiels . . . . .	12
2.3.1	Bestimmung der Skaleneffizienzen . . . . .	16
2.4	Grundmodell der DEA mit konstanten Skalenerträgen . . . . .	18
2.4.1	Formale Darstellung der DEA . . . . .	18
2.4.2	Darstellung im inputorientierten Fall . . . . .	19
2.4.3	Darstellung im outputorientierten Fall . . . . .	22
2.4.4	Grafische Darstellung des inputorientierten CCR-Modells im Falle zweier Inputs und eines Outputs . . . . .	23
2.4.5	Das slack-erweiterte CCR Modell . . . . .	29
2.5	Grundmodell der DEA mit variablen Skalenerträgen . . . . .	30
2.6	Vor - und Nachteile der DEA . . . . .	32
<b>3</b>	<b>Messung der Werbeeffizienz - Eine empirische Anwendung der DEA</b>	<b>36</b>
3.1	Werbeeffizienz und DEA in der Literatur . . . . .	36
3.2	Problemstellung . . . . .	38
3.2.1	Ausgangssituation . . . . .	38
3.2.2	Zielsetzung . . . . .	39
3.3	Auswahl der Parameter und Datengrundlage . . . . .	39

3.3.1	Auswahl der Input und Outputvariablen auf Markenebene . . .	40
3.3.2	Auswahl der Input und Outputvariablen auf Kampagnenebene	42
3.4	Orientierung des Modells . . . . .	44
<b>4</b>	<b>Messung der Werbeeffizienz - Ergebnisdarstellung</b>	<b>47</b>
4.1	Ergebnisse auf Markenebene . . . . .	47
4.1.1	Analyse über alle betrachteten Entscheidungseinheiten . . . .	47
4.2	Ergebnisse auf Produktebene . . . . .	51
4.2.1	Analyse über alle betrachteten Entscheidungseinheiten . . . .	51
4.2.2	Ursachen der Ineffizienz . . . . .	54
4.2.3	Medienmix der effizienten Einheiten . . . . .	54
4.2.4	Analyse einzeln ausgewählter Entscheidungseinheiten . . . . .	56
4.3	Supereffizienz . . . . .	58
4.4	Weitere Ergebnisse . . . . .	63
<b>5</b>	<b>Conclusio</b>	<b>65</b>
	<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>69</b>
	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>70</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>71</b>

# Kapitel 1

## Einleitung

### 1.1 Marketing messbar machen

Marketing wird im Lehrbuch von Kotler und Bliemel<sup>1</sup> als jener Bereich beschrieben, der die Aufgabe hat Kundenbedürfnisse auf der einen Seite zu kreieren und auf der anderen Seite auch zu erfüllen, da diese die Position eines Unternehmens am Markt und somit auch das Wachstum einer Firma sichern.

Dem Bereich Werbung im Marketing wurde lange Zeit keine besondere Beachtung geschenkt, da Ergebnisse auf diesem Gebiet kaum quantifizierbar gemacht werden konnten. Doch steigende Bedürfnisse der Kunden und hohe Kosten, welche das Marketing verursacht, führen dazu, dass sich Unternehmen immer mehr gezwungen sehen, Leistungen von Werbemaßnahmen anhand von Fakten erklärbar und quantifizierbar zu machen. Getätigte Budgetausgaben zu rechtfertigen gewinnt an Bedeutung<sup>2</sup>.

Aus diesem Grunde werden immer mehr Methoden zur Quantifizierbarkeit von Marketingaktivitäten gesucht und entwickelt. Durch diese sollen sowohl die Effizienz als auch die Effektivität von Werbeaktionen gemessen werden. Dabei verfolgt die Marketingeffizienz ein operatives, die Marketingeffektivität, auf der anderen Seite, ein strategisches Konzept. In einer simplen Darstellung dieser beiden Begriffe, wird Effektivität als „die richtigen Dinge tun“ und Effizienz als „die Dinge richtig tun“ dargestellt<sup>3</sup>. Um eine genauere Unterscheidung vornehmen zu können, werden Effektivität und Effizienz im Folgenden getrennt von einander betrachtet.

---

<sup>1</sup>vgl. Kotler, P., Bliemel, F. : Marketing Management - Analyse, Planung und Verwirklichung, Stuttgart 1992 in [BStH], S. 17.

<sup>2</sup>vgl. [BStH], S. 17.

<sup>3</sup>vgl.[BStH],S. 22.

- **Effektivität**

Das Maß der Effektivität kann als Quotient aus den tatsächlich erreichten Outputs und den geplanten Outputs angesehen werden<sup>4</sup> und beurteilt somit, ob eine Aktivität in der Lage war, das gewünschte Ziel zu erreichen, also „die richtigen Dinge“ getan hat.

- **Effizienz**

Im Gegensatz zur Effektivität, stellt die Effizienz das Verhältnis von Outputs zu Inputs dar<sup>5</sup>. Eine Aktivität wird als effizient ausgewiesen, wenn das gewünschte Ziel mit möglichst geringem Einsatz von Mitteln erreicht werden kann, es also zu keiner Verschwendung der Ressourcen kommt. Eine Handlung ist somit genau dann effizient, wenn bei konstant gehaltenem Inputniveau ein maximaler Output erbracht werden kann oder ein bestimmtes Outputniveau mit geringstem Inputeinsatz produziert werden kann. Die Berechnung der Effizienz stellt somit ein Optimierungsproblem dar. Legt man diesen Begriff dem Marketing zugrunde, so versucht die Effizienz das Verhältnis von monetären und nicht monetären Marketingoutputs (wie etwa Umsatz und Bekanntheitsgrad) zu Markeninputs (wie etwa Werbeausgaben) zu optimieren<sup>6</sup>.

Auch im Bereich der Werbung wird es immer wichtiger den erreichten Werbeerfolg (Output) mit den Werbeausgaben (Input) in Beziehung zu setzen, also die Effizienz der Werbung zu messen<sup>7</sup>. Ein innovatives Verfahren, welches in jüngster Zeit zur Messung der Effizienz von Marketingaktivitäten entwickelt worden ist, trägt den Namen **Data Envelopment Analysis (DEA)**, die in dieser Arbeit das Hauptaugenmerk darstellt.

Die besondere Eigenschaft der DEA ist, dass sie verschiedene Kennzahlen auf der Input- und Outputseite zur einer einzigen Kennzahlgröße zusammenführt und so eine Aussage über die Gesamtleistung der Aktivität ermöglicht. Durch die DEA können Parameter ausgewiesen werden, die für bestimmte Leistungslücken verantwortlich sind. Weiters kann theoretisch erruiert werden, in welchem Maße diese zu verändern wären, um die Aktivität als effizient einzustufen. Dadurch ist es möglich gewisse Aussagen und Empfehlungen zu tätigen, was zu einer guten Anwendbarkeit der Methode in der Praxis führt<sup>8</sup>. Die DEA wurde zunächst im öffentlichen Sektor

---

<sup>4</sup>Effektivität stellt also das Verhältnis von Ist- und Soll-Wert dar.

<sup>5</sup>Die Effizienz ist der Quotient aus Ist-Output und Ist-Input.

<sup>6</sup>vgl. [BStH], S. 23f.

<sup>7</sup>vgl. [HB], S. 34.

<sup>8</sup>vgl. [BSH]; [BStH], S. 24.

eingesetzt. Erst seit kurzer Zeit findet diese Methode auch im Marketing Anwendung<sup>9</sup>.

Die DEA orientiert sich dabei am Konzept des Benchmarkings. Die Leistungen bestimmter Marketingaktivitäten oder Einheiten werden solchen Aktivitäten beziehungsweise Einheiten gegenübergestellt, die im Vergleich eine bessere Leistung aufweisen<sup>10</sup>. Die DEA folgt also dem Prinzip „[...] Lernen von den Besten statt einer Orientierung am Durchschnitt [...]“<sup>11</sup>.

Die theoretischen Grundlagen und Basismodelle der DEA werden in den folgenden Kapiteln vorgestellt, bevor dann die praktische Anwendung dieser Methode im Bereich der Werbeeffizienzmessung geschildert wird.

## 1.2 Gliederung der Arbeit

In Kapitel 2 sollen die Prinzipien, Annahmen und Grundmodelle der DEA sowohl theoretisch als auch anhand von einfachen Zahlbeispielen illustriert und vorgestellt werden. Nach einem Überblick über die grundsätzliche Funktionsweise der Methode sowie die mathematische Modellbildung sollen neben den großen Vorteilen auch die Nachteile, die sich durch die Methodik ergeben, erläutert werden.

Kapitel 3 beschäftigt sich dann mit der praktischen Anwendung der DEA im Bereich der Werbeeffizienzmessung. Einem kurzen Überblick über Fallstudien zur Werbeeffizienzmessung aus der Literatur folgt eine eigene Untersuchung. Anhand von Daten aus dem Bereich Haarpflege in Österreich wird eine Fallstudie vorgestellt, welche die eingesetzten Werbemittel mit dem erreichten ökonomischen Werbeerfolg in Beziehung setzt. Dabei werden zwei Analysen durchgeführt. Die erste Ebene basiert auf den 15 umsatzstärksten Marken in diesem Bereich, deren Werbeeffizienz untereinander verglichen werden soll. Auf der zweiten Ebene werden dann Kampagnen bestimmter Produktserien verschiedener Marken auf ihre Werbeeffizienz untersucht. In diesem Abschnitt werden die grundlegenden Parameter und Entscheidungseinheiten, die in die Untersuchung mit einfließen sollen, ausgearbeitet.

In Kapitel 4 werden die wichtigsten Ergebnisse der Studie sowohl auf Markenebene als auch auf Produktebene zusammengefasst.

Der letzte Abschnitt, Kapitel 5, stellt eine Zusammenfassung des Praxisbeispiels dar. Schlussfolgerungen zur Anwendung der DEA im Marketing werden gezogen.

---

<sup>9</sup>vgl. [BH], S. 37f.

<sup>10</sup>vgl. [BStH], S. 19.

<sup>11</sup>[BStH], S.19.

# Kapitel 2

## Die Grundmodelle der DEA

Im folgenden Kapitel werden die theoretischen Grundlagen der DEA erarbeitet. Dabei sei auf die Erläuterungen von Hans H. Bauer und Maik Hammerschmidt aus dem Lehrbuch *Marketing-Effizienz: Messung und Steuerung mit der DEA - Konzept und Einsatz in der Praxis*, Kapitel 2, *Grundmodelle der DEA*<sup>1</sup> verwiesen, die zugleich die zentrale Quelle für dieses Kapitel darstellen (falls nicht anders angegeben).

### 2.1 Einordnung der DEA

Bauer und Hammerschmidt führen gemäß Hoitsch<sup>2</sup> eine generelle Differenzierung der quantitativen Verfahren zur Effizienzmessung in parametrische und nicht parametrische Verfahren ein. In beiden Fällen wird dabei ein funktionaler Zusammenhang zwischen den Daten auf der Input- und Outputseite mit Hilfe einer Randproduktionsfunktion hergestellt. In der Gruppe der parametrischen Verfahren muss dabei a priori die Form des Funktionsverlaufs bekannt sein. In der Praxis sind aber die Parameter dieser Funktion selten analytisch herzuleiten und müssen statistisch geschätzt werden<sup>3</sup>. Das heißt aber, dass ein identischer Input- Output- Zusammenhang aller Datenpunkte gesucht und jede Input- und Outputvariable gleich gewichtet wird. Dadurch kann die Produktionsfunktion nicht flexibel an die Datenpunkte angepasst werden.

Im Gegensatz dazu benötigen nicht parametrische Verfahren keine a priori Kenntnisse über die Form der Randfunktion, was in der Praxis sinnvoll erscheint, da hier der wahre Zusammenhang zwischen den Output- und Inputfaktoren oft nicht bekannt

---

<sup>1</sup>vgl. [BH].

<sup>2</sup>vgl. Hoitsch, H.- J: Produktionsfunktionen. In Corsten, H. (Hrsg.): *Lexikon der Betriebswirtschaftslehre*, München 2000, in [BH], S. 33.

<sup>3</sup>vgl. [SF], S. 186.

ist. Es werden lediglich ein paar schwache Annahmen für die Produktionsfunktion unterstellt. Die Optimierung der Parameter wird für jede Einheit getrennt durchgeführt, die Randfunktion bestimmt sich deterministisch aus den Best-Practice-Beobachtungen eines Datensatzes.

Ein weiterer Unterschied dieser beiden Verfahren spiegelt sich in der Tatsache wider, dass parametrische Methoden zwischen Ineffizienz und nicht kontrollierbaren Zufallseinflüssen im Datensatz unterscheiden (sind also stochastisch), während nicht parametrische Verfahren so eine Unterscheidung nicht vornehmen, da sie deterministisch sind und erst in einem nächsten Schritt über Ursachen der Abweichungen zwischen Beobachtungen analysieren (dann auch mit parametrischen Verfahren)<sup>4</sup>.

Bei der DEA handelt es sich um ein nicht parametrisches Modell, speziell um ein lineares Optimierungsproblem, welches den Vorteil aufweist, dass im Vorhinein der Verlauf der Produktionsfunktion unbekannt sein kann. Vor allem im Marketing kann im Allgemeinen nicht von einer bereits bekannten, vordefinierten Beziehung zwischen den Input- und Outputfaktoren ausgegangen werden. Deshalb werden vor allem in diesem Bereich Methoden gesucht, die sich den empirischen Daten anpassen können. Die DEA scheint hierfür ein geeignetes Verfahren der Effizienzanalyse zu sein.

## 2.2 Prinzip der DEA und Annahmen

Die DEA ist eine von Charnes, Cooper und Rhodes<sup>5</sup> entwickelte Methode, deren Ursprung in der Produktionstheorie liegt und eine Weiterentwicklung der Arbeiten von Farrell<sup>6</sup> und Shephard<sup>7</sup> darstellt.

Aufgrund ihres nicht parametrischen Ansatzes kann eine empirische Randfunktion von tatsächlich realisierten Input- Outputkombinationen von beobachteten Entscheidungseinheiten, sogenannten Decision Making Units (DMUs), gebildet werden, ohne vorher über den funktionalen Zusammenhang der Input- und Outputfaktoren Bescheid zu wissen. Dabei bezeichnet man als Decision Making Units all jene vergleichbare Objekte, die durch gewisse Inputs und Outputs charakterisiert werden können und selbstständig entscheiden. Das Verhältnis von Output zu Input bezeichnet man als die Produktivität einer solchen Einheit. Die maximal mögliche

---

<sup>4</sup>vgl. [SF], S. 186 und [SS], S. 3.

<sup>5</sup>vgl. Charnes, A., Cooper, W.W., Rhodes, E. *Measuring efficiency of decision making units*, European Journal of Operational Research, 1978 in [BH], S. 35.

<sup>6</sup>vgl. Farrell, M.J., *The Measurement of Productive Efficiency*, Journal of the Royal Statistical Society, 1957 in [BH], S. 35.

<sup>7</sup>vgl. Shephard, R.W., *Cost and Production Functions*, Princeton 1953 in [BH], S. 35.

Produktivität einer Entscheidungseinheit im Falle eines Inputs und eines Outputs nennt man Effizienz<sup>8</sup>. Um eine effiziente Einheit klassifizieren zu können, wird jede in das Modell einfließende Entscheidungseinheit mit allen anderen verglichen.

Der Vergleich aller in die Analyse eingehenden Entscheidungseinheiten erfolgt bei der DEA über alle erforderlichen Input- und Outputfaktoren, was eine Effizienzmessung, in die multiple Inputs und Outputs mit einbezogen werden, ermöglicht. Dabei ist das Modell der DEA invariant bezüglich Maßeinheiten der Input- und Outputfaktoren, es wird lediglich gefordert, dass diese quantifizierbar sind. Somit stellt das Effizienzmaß ein Skalar dar. Dies ist deshalb so, da die DEA ein äquiproportionales Effizienzmaß verwendet, mit dem für jede Entscheidungseinheit eine relative Effizienz als Prozentanteil der maximal möglichen Leistung angegeben werden kann. Bei äquiproportionalen Modellen werden also nur proportionale Veränderungen betrachtet, also etwa wie viel Prozent von jedem Input zur Erzeugung eines bestimmten Outputniveaus gereicht hätten. Durch diese Tatsache müssen Inputs und Outputs nicht in Geldeinheiten angegeben werden und können auch einen nicht monetären Charakter haben.

Ein Vorteil der DEA Methode ergibt sich also daraus, dass sie verschiedene Einzelkennzahlen auf der Input- und Outputseite zusammenführt und zu einer einzigen gemeinsamen Größe, dem Effizienzwert der jeweiligen DMU, transformiert. Spezielle Gewichte, auch Multiplikatoren genannt, die die einzelnen Inputs und Outputs bewerten und zusammenführen, werden in der DEA für jede DMU individuell berechnet. Durch die Gewichtung der Input- und Outputfaktoren können Leistungsschwächen beziehungsweise -stärken jeder einzelnen Entscheidungseinheit bei der Effizienzbewertung analysiert werden. Im Modell der DEA werden die Gewichte mit dem Ziel berechnet die Effizienz zu maximieren.

Man bezeichnet dann eine Entscheidungseinheit als relativ effizient, wenn ihr maximales Verhältnis von gewichteten Outputs zu gewichteten Inputs von keiner anderen DMU dominiert wird. DMUs, deren relatives Verhältnis zwischen Output und Input von keiner anderen DMU dominiert wird, haben einen Effizienzindex von 1 - sie sind also zu 100% effizient im Vergleich zu allen anderen und bilden so die Produktionsgrenze. Man bezeichnet sie auch als Efficient Peers. Alle anderen Einheiten, also jene, die dominiert worden sind, erhalten einen Referenzpunkt aus den effizienten Einheiten (mit ähnlicher Input-Output Struktur). Der Abstand einer DMU zu ihrem Referenzpunkt gibt dann das Ausmaß der Ineffizienz an.

Die Produktionsfunktion muss a priori nicht bekannt sein. Sie bestimmt sich auf

---

<sup>8</sup>vgl. [SF], S. 187.

Basis der empirischen Daten und muss lediglich folgende Technologieannahmen befolgen. Eine Technologiemenge beschreibt dabei welche Outputs mit welchen Inputs produziert werden können. Sie wird also durch verschiedene Inputs, die zur Produktion von Outputs zu Verfügung stehen, charakterisiert. Dabei wird der technische Herstellungsprozess an sich ausgeblendet, es wird hier vielmehr der gesamte Produktionsprozess betrachtet<sup>9</sup>. So sei für jede DMU  $j = 1, \dots, J$  eine Input-Output Konfiguration  $(X_j, Y_j)$  definiert, wobei  $X_j = (x_{1j}, \dots, x_{ij}, \dots, x_{Ij}) \in \mathbb{R}_+^I$  den Vektor der beobachteten Inputs und  $Y_j = (y_{1j}, \dots, y_{rj}, \dots, y_{Rj}) \in \mathbb{R}_+^R$  den Vektor der beobachteten Outputs für DMU  $j$  darstellen. Dabei sei angenommen, dass jede DMU  $j$ , die zum Effizienzvergleich herangezogen wird, dieselben Inputs zur Erzeugung derselben Outputs herangezogen hat, jedoch in unterschiedlichen Mengen<sup>10</sup>. Die Technologiemenge  $T$ , die die Gesamtheit aller zulässigen Input-Output-Konfigurationen darstellt (jede einzelne bezeichnet eine Aktivität)<sup>11</sup>, lässt sich durch

$$T = \{(X, Y) \in \mathbb{R}_+^{I+R} \mid Y \geq 0 \text{ kann aus } X \geq 0 \text{ erzeugt werden}\}$$

definieren. Folgende Annahmen werden der Technologiemenge zugrundegelegt<sup>12</sup>:

- (A1)** *Notwendigkeit des Inputeinsatzes*: Will man einen Output erzeugen, so benötigt man einen Input. Weiters muss jede Technologiemenge einen positiven Output erzeugen.
- (A2)** *Nicht-Sättigungsannahme*: Alle Outputs sollen maximiert, alle Inputs minimiert werden.
- (A3)** *Konvexität der Technologie*: Ist  $(X_j, Y_j) \in T$  und  $(X_i, Y_i) \in T$  für  $i, j = 1, \dots, J$  und alle  $0 < \lambda < 1$ , dann ist auch  $\lambda(X_j, Y_j) + (1 - \lambda)(X_i, Y_i) \in T$ . Diese Annahme besagt, dass auch solche Input- und Outputverbindungen, die durch Kombination mehrerer realer DMUs entstehen, genauso als Referenzeinheiten herangezogen werden können.
- (A4)** *Free Disposal - Freie Verschwendbarkeit*:
1. Freie Verschwendbarkeit der Inputs: Ist  $(X, Y) \in T$  und  $\bar{X} \geq X$ , so ist auch  $(\bar{X}, Y) \in T$ .
  2. Freie Verschwendbarkeit der Outputs: Ist  $(X, Y) \in T$  und  $\bar{Y} \leq Y$ , so ist auch  $(X, \bar{Y}) \in T$ .

---

<sup>9</sup>vgl. [Ste], S. 7f.

<sup>10</sup>vgl. [BCC], S. 1081.

<sup>11</sup>vgl. [Ste], S. 8.

<sup>12</sup>zu folgenden Erläuterungen vgl. [BCC], S. 1081f., [Ste], S. 11ff., [Schee] und [BH], S. 36f.

Ineffiziente Einheiten, die einen höheren Input und/oder niedrigeren Output aufweisen, gehören auch zur Technologiemenge. Desweiteren gilt: Erhöht man den Input beziehungsweise verringert man den Output, so darf das Outputniveau nicht fallen bzw. der Produktionseinsatz nicht steigen.

**(A5)** *Art der Skalenerträge:*

- *Konstante Skalenerträge* (Constant Returns to Scale - CRS): Wenn  $(X, Y) \in T$ , dann ist auch  $(\kappa X, \kappa Y) \in T, \forall \kappa > 0$ . Konstante Skalenerträge liegen also vor, wenn bei einer Erhöhung der Inputs auch die Outputs um denselben Faktor erhöht werden können.
- *Nichtzunehmende Skalenerträge* (Non Increasing Returns to Scale - NIRS): Wenn  $(X, Y) \in T$ , dann ist auch  $(\kappa X, \kappa Y) \in T, \forall 0 < \kappa < 1$ . Eine Verkleinerung der Inputs zu einer gleichzeitigen Verkleinerung der Outputs um denselben Faktor ist möglich.
- *Nichtabnehmende Skalenerträge* (Non Decreasing Returns to Scale - NDRS): Wenn  $(X, Y) \in T$ , dann ist auch  $(\kappa X, \kappa Y) \in T, \forall \kappa > 1$ . Eine Vergrößerung der Outputs zu einer gleichzeitigen Vergrößerung der Inputs um denselben Faktor ist möglich.
- *Variable Skalenerträge* (Variable Returns to Scale - VRS): Wenn weder CRS noch NIRS noch NDRS zutreffen, handelt es sich um variable Skalenerträge. Die Technologiemenge ist in diesem Fall die Schnittmenge der NIRS- und NDRS-Technologien:  $T^{VRS} = T^{NIRS} \cap T^{NDRS}$ .

Eine Technologiemenge weist also genau dann konstante Skalenerträge (CRS) auf, wenn sowohl NIRS als auch NDRS vorliegen. Diese Annahme dient dazu, die „wahre“ Technologiemenge so gut wie möglich zu approximieren. Die Annahme der Art der Skalenerträge wird in der Praxis von Fall zu Fall verschieden sein.

**(A6)** *empirische Vollständigkeit:* Die Technologiemenge  $T$  ist empirisch vollständig, wenn sie alle empirisch beobachteten Input-Output Konfigurationen enthält, also  $(X_j, Y_j) \in T, \forall j = 1, \dots, J$ .

**(A7)** *Abgeschlossenheit (Minimale Extrapolation):*  $T'$  ist die kleinste Teilmenge in  $T$ , die die vorherigen Annahmen erfüllt:  $T' \subset T$ . Diese Annahme besagt, dass die durch die Technologiemenge definierte Teilmenge die kleinste Teilmenge der beobachteten Datenpunkte (also im Input-Outputraum) darstellen soll. Die effiziente Grenze soll alle Datenpunkte einhüllen.

Skalenerträge allgemein beschreiben wie der Output bei Veränderung des Inputs variiert. Man sagt eine Technologie hat konstante Skalenerträge oder ist linear-homogen oder größenproportional wenn eine Erhöhung/Reduzierung des Inputs zu einer proportionalen Erhöhung bzw. Reduzierung des Outputs führt. Die Entscheidungseinheiten können also im Falle konstanter Skalenerträge das Vielfache oder auch Bruchteile ihrer beobachteten Produktion verwirklichen. Die dadurch entstehende Randfunktion nimmt die höchst beobachtete Produktivität aus dem Datensatz für die Konstruktion her. Durch Niveaueinstellungen (das Vielfache oder ein Bruchteil) wird diese dann extrapoliert, woraus folgt, dass die Randfunktion linear ist. So eine Randfunktion wird als CRS-Randfunktion bezeichnet (constant returns to scale). Alle Punkte die auf dieser Funktion liegen nennt man skaleneffizient.

In der Praxis wird jedoch selten der Fall eintreten, dass bei Erhöhung des Inputvolumens das Outputvolumen proportional erhöht wird und somit das Verhältnis von Output und Input konstant bleibt. Es wird eher so sein, dass zwischen einer Veränderung des Inputs kein linearer Zusammenhang zur Veränderung des Outputs besteht. Man spricht von variablen Skalenerträgen (variable returns to scale, VRS-Randfunktion).

Auf einer Randfunktion mit variablen Skalenerträgen befinden sich Beobachtungen mit verschiedenen Inputumfängen, die in ihrer Größenklasse das vergleichsweise größte Output/ Input-Verhältnis aufweisen und damit effizient gegenüber den anderen sind. Sie stellen die Referenzpunkte für andere DMUs dar, die auf einem vergleichbaren Niveau produzieren. Aufgrund der Konvexitätsannahme der Technologiemenge werden diese effizienten Punkte durch lineare Extrapolation miteinander verbunden. Die dadurch entstehende Funktion ist nur noch stückweise linear, ihre Steigung (die die Skalenerträge darstellt) ist nicht konstant.

Alle Entscheidungseinheiten, die auf einer Randfunktion mit variablen Skalenerträgen liegen nennt man technisch effizient. Sie setzen die gegebenen Inputs verschwendungsfrei ein und produzieren den maximal möglichen Output. Der Unterschied dieser beiden Modelle liegt darin, dass beim VRS Modell nur noch DMUs mit ähnlichem Einsatz von Ressourcen und Ergebnissen miteinander verglichen werden. Alle Einheiten, die nicht auf der Randfunktion liegen, werden als ineffizient ausgewiesen. Jede ineffiziente Einheit erhält einen Referenzpunkt, ob tatsächlich realisiert oder fiktiv gebildet, auf dieser Produktionsfunktion und wird so bewertet. Der Grad der Ineffizienz wird dabei als die Abweichung zu dieser Randfunktion, also zum Referenzpunkt, interpretiert.

Nicht alle Punkte, die technisch effizient sind, sind auch skaleneffizient, da beim

Modell mit variablen Skalenerträgen von Ineffizienzen, die durch unterschiedliche Input- und Outputfaktorengrößen verursacht werden, abgesehen wird. Jene Punkte, die sowohl auf der CRS- als auch auf der VRS-Randfunktion liegen, sind sowohl technisch- als auch skaleneffizient.

Bevor die Grundmodelle der DEA vorgestellt werden, soll anhand eines einfachen Zahlenbeispiels mit nur einem Input und einem Output die Effizienzwertberechnung veranschaulicht werden, um dann in weiterer Folge den realistischeren Fall multipler Inputs und Outputs darzustellen.

## 2.3 Effizienzmessung anhand eines Beispiels

Um das Konzept der DEA demonstrieren zu können<sup>13</sup>, wird zunächst eine Effizienzanalyse im Falle eines Inputs und eines Outputs realisiert. Dabei betrachtet man 9 Entscheidungseinheiten (DMUs), die durch einen Input jeweils einen einzigen Output erzeugen und ermittelt dann die Produktivität, die das Verhältnis von Output zu Input darstellt.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
x	3	14	10	10	5	9	8	4	12
y	4	14	14	9	10	5	13	7	1
y/x	1.33	1	1.4	0.9	2	0.56	1.625	1.75	0.083
rel. Eff. (in %)	66.67%	50%	70%	45%	100%	28%	81.25%	87.5%	4.167%

Tabelle 2.1: Illustrationsbeispiel der Effizienzmessung im Falle eines Inputs und eines Outputs

Betrachtet man eine Randfunktion mit konstanten Skalenerträgen, welche das maximale Output- Inputverhältnis (höchste Produktivität des Inputfaktors) aus dem Datensatz zur Konstruktion heranzieht, so wird diese im Zahlenbeispiel durch Entscheidungseinheit E aufgebaut (siehe Tabelle (2.1)). DMU E weist einen Produktivitätswert von 2 auf und wird somit als effizient ausgewiesen. Möchte man einen Produktivitätsvergleich starten, so wird dies über ein relatives Effizienzmaß, welches zwischen 0 und 1 liegt, gemacht. Das relative Effizienzmaß ist das Verhältnis aus tatsächlicher Produktivität zur höchst beobachteten Produktivität<sup>14</sup>.

$$\text{relatives Effizienzmaß} = \frac{\text{tatsächliche Produktivität}}{\text{höchste beobachtete Produktivität}} \quad (2.1)$$

<sup>13</sup>zu folgenden Ausführungen vgl.[SS].

<sup>14</sup>vgl. [SS], S. 4. und [SF], S. 189.

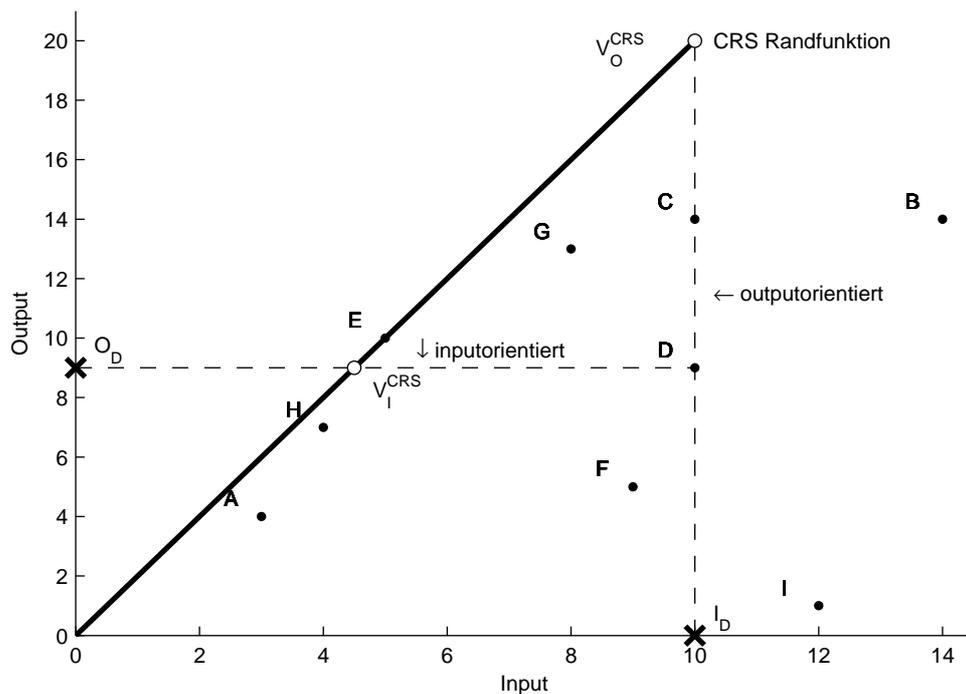


Abbildung 2.1: Illustrationsbeispiel der Effizienzmessung mit konstanten Skalenerträgen im Falle eines Inputs und eines Outputs.<sup>16</sup>

Die relative Effizienz der Einheit E weist einen Wert von 1 oder 100% auf, während die relativen Effizienzwerte der restlichen DMUs über einen Vergleich mit Einheit E ermittelt werden (siehe Tabelle (2.1)). Stellt man alle DMUs der besten Einheit E gegenüber, so werden diese als ineffizient ausgewiesen. Einheit I weist dabei die geringste Effizienz auf - die Produktivität von I beträgt nur 4.167% der Produktivität von E. Graphisch (siehe Abbildung (2.1)) lässt sich das folgendermaßen darstellen: Die Steigung der Geraden aus dem Ursprung durch den Punkt E stellt die Produktivität von DMU E dar und bildet die Randfunktion mit konstanten Skalenerträgen. Keine andere DMU weist eine ebenso hohe Produktivität auf wie E. Würde man die Produktivität aller anderen Einheiten durch eine Gerade aus dem Ursprung darstellen, so hätten diese eine geringere Steigung, würden also unter jener Geraden von E liegen. Doch wie können ineffiziente Einheiten ihre Produktivität, und somit ihre Effizienz steigern <sup>17</sup>?

Grundsätzlich unterscheidet man zwischen einem outputorientierten und einem inductorienten Effizienzmaß zur Bestimmung des Effizienzwertes, der den Abstand

<sup>16</sup>Eigene Darstellung in Anlehnung an [BH], S. 40.

<sup>17</sup>für folgende Ausführungen vgl. wieder [BH], S. 40ff.

zur Randfunktion angibt. Ein outputorientiertes Effizienzmaß beschreibt, um wieviel Prozent alle Outputs einer Entscheidungseinheit gleichzeitig gesteigert werden können, ohne das Inputniveau verändern zu müssen. Ein inputorientiertes Effizienzmaß beschreibt wiederum, um wieviel Prozent alle Inputvolumina gesenkt werden können, ohne das ein Output verringert werden muss.

In Abbildung (2.1) werden diese zwei Perspektiven anhand von DMU D erklärt. Man sucht einen Referenzpunkt auf der Randfunktion, um erklären zu können was DMU D verändern müsste um effizient zu werden, also um die gleiche Produktivität wie E zu erhalten. Im inputorientierten Fall wird die effiziente Einheit E entlang der Randfunktion auf das Outputniveau von D skaliert, also bis auf das Outputniveau 9 projiziert (vgl. Punkt  $V_I^{CRS}$  in Abbildung (2.1)). Durch diese Vorgehensweise der Bildung des Referenzpunktes wird angenommen, "[...] dass alle Einheiten das bei optimaler Größe erzielbare Output-Input-Verhältnis realisieren könnten"<sup>18</sup>.  $V_I^{CRS}$  kann also mit geringerem Mitteleinsatz den gleichen Output erzeugen. Um also den Referenzpunkt auf dem effizienten Rand zu erreichen und somit dieselbe Produktivität wie Einheit E zu erzielen, müsste D ihren Input unter gleichbleibendem Outputniveau von 10 auf 4.5 Einheiten, also um 55% senken. Im outputorientierten Fall ergibt sich als Referenzeinheit  $V_O^{CRS}$ : bei konstant gehaltenem Input müsste der Output von 9 auf 20 Einheiten erhöht werden, also um 122.22%, damit Einheit D als effizient angesehen wird.

In der Praxis wird man aber nicht unendlich konstante Steigung haben. Betrachtet man also einen Produktionsmöglichkeitenbereich unter der Annahme variabler Skalenerträge, so können für verschiedene Inputumfänge Best- Practice- Beobachtungen gefunden werden, die hier, wie in Abbildung (2.2) zu sehen ist, durch die Punkte A, H, E, G, C, B gegeben sind und den effizienten Rand bilden. Diese Einheiten weisen in ihrer Größenklasse, welche sich durch den Inputumfang charakterisieren lässt, im Vergleich zu den restlichen DMUs, das größte Output/Input-Verhältnis auf und sind somit effizient gegenüber den anderen. Sie sind also Referenzpunkte für jene Einheiten, die eine ähnliche Output-Input-Struktur aufweisen. Die Randfunktion ist stückweise linear, ihre Steigung ist nicht konstant.

Auch im Falle einer Randfunktion mit variablen Skalenerträgen lässt sich illustrieren, wie Input- beziehungsweise Outputniveaus zu verändern wären, damit eine ineffiziente Einheit effizient produzieren kann. Auch diesmal soll dies anhand von Einheit D gezeigt werden. Betrachtet man das inputorientierte Effizienzmaß, so wird die Ineffizienz durch den horizontalen Abstand zur Randproduktionsfunktion

---

<sup>18</sup>[BH], S. 41.

ausgedrückt.

Wie man aber in Abbildung (2.2) erkennen kann, befindet sich für Einheit D keine tatsächlich realisierte Vergleichseinheit auf dem effizienten Rand. Aufgrund der Konvexitätsannahme (A3) der Randfunktion (Technologie), wird eine virtuelle Vergleichseinheit  $V_I^{VRS}$ , die aus den beiden angrenzenden Beobachtungen H und E linear kombiniert wird, gebildet. Die Anteile der Einheiten, die in die Vergleichseinheit eingehen, werden mit dem Buchstaben  $\lambda_{DMU}$  bezeichnet. Die Anteile ergeben sich durch die Abstände der Einheiten E und H zum virtuellen Referenzpunkt, also aus den Streckenverhältnissen  $\overline{HV_I^{VRS}}/\overline{HE}$  und  $\overline{EV_I^{VRS}}/\overline{HE}$ . Bei variablen Skalenerträgen müssen sich diese Verhältnisse zu eins addieren. Durch diese Vorgehensweise wird sichergestellt, dass nur noch ein Vergleich mit Objekten ähnlicher Output-Input-Kombination erfolgt<sup>19</sup>. Damit ist der Benchmark vergleichbar, obwohl er virtuell konstruiert worden ist. Im Beispiel betragen die  $\lambda$ -Gewichte  $\lambda_E = 0.67$  und  $\lambda_H = 0.33$ . Als Benchmark ergibt sich  $V_I^{VRS}$  mit  $(4.67/9)$ , der sich aus Kombination der Input- und Outputmengen der Einheiten H und E folgendermaßen zusammensetzt:

$$H = \begin{pmatrix} 4 \\ 7 \end{pmatrix}, E = \begin{pmatrix} 5 \\ 10 \end{pmatrix}, V_I^{VRS} = \lambda_H \begin{pmatrix} 4 \\ 7 \end{pmatrix} + \lambda_E \begin{pmatrix} 5 \\ 10 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 4.67 \\ 9 \end{pmatrix} \quad (2.2)$$

Einheit D müsste ihren Input bei konstantgehaltenem Output um 53.3% senken, also von 10 auf 4.67 Einheiten, um effizient zu werden.

Betrachtet man ein outputorientiertes Effizienzmaß, so ergibt sich als Referenzeinheit für DMU D genau die Beobachtung C auf der Randfunktion<sup>20</sup>. Die Outputmenge der Einheit C (14) bei gleichbleibendem Input ist derjenige Wert, den Einheit D anstreben müsste, um effizient zu werden. Die Outputmenge von D müsste von 9 auf 14 Einheiten, also um 55.56% erhöht werden.

Das Augenmerk sei nun im Folgenden auf DMU B gerichtet. Einheit B liegt auf der Randfunktion, und sollte daher im input- als auch im outputorientierten Fall als effizient ausgewiesen werden. Betrachtet man den outputorientierten Fall, so ist dies der Fall, da keine Outputsteigerung möglich ist. Dennoch kann DMU B mit einer anderen DMU verglichen werden. Im inputorientierten Fall ist DMU C ein Benchmark für B, da diese dasselbe Outputniveau mit 4 Einheiten weniger Input erreicht. Man nennt so etwas einen Inputslack. Einheit B wird in dem Fall als

<sup>19</sup>Es wird nicht mehr das k-fache einer kleineren Referenzeinheit vorgegeben.

<sup>20</sup>D und C haben dasselbe Inputniveau.



technisch- als auch skaleneffizient sind, nennt man gesamteffizient. Im Zahlenbeispiel wird nur Einheit E als gesamteffizient ausgewiesen. Gesamteffizienz impliziert also technische Effizienz, deshalb sind alle Einheiten, die im CRS-Modell effizient sind, auch im VRS-Modell effizient. Der große Nachteil des CRS-Modells liegt darin, dass neben einer Gesamteffizienz folglich auch nur eine Gesamteffizienz ausgewiesen werden kann. Man kann also nicht sagen, ob Einheiten skalen- oder technisch ineffizient sind. Im VRS-Modell werden nur technisch-effiziente Einheiten ausgewiesen. Ein Vergleich der Effizienzwerte in beiden Modellen ermöglicht zusätzliche Folgerungen über eventuell weitere Skaleneffizienzen.

Betrachtet man wieder DMU D, dann wird der Grad der Skaleneffizienz anhand des Abstands zwischen den beiden Randfunktionen gemessen, also die Strecke  $\overline{V_I^{CRS}V_I^{VRS}}$ , welche das Ausmaß in absoluten Inputeinheiten misst. Im inputorientierten Fall lässt sich der Grad der Skaleneffizienz als Verhältnis des CRS-Effizienzwertes (55%) zu dem VRS-Effizienzwert (53.3%) ausdrücken, welches in diesem Fall 1.0319 ergibt und somit das Ausmaß der Skaleneffizienz 3.19% beträgt. Die technische Ineffizienz ist genau die Strecke  $\overline{V_I^{VRS}D}$ . Auf der anderen Seite ist bei den Einheiten G und C, die auf dem VRS-Rand liegen, der Abstand zur CRS-Technologie nur auf die suboptimale Größe der Einheiten zurückzuführen.

Neben der Höhe, lässt sich auch die Art der Skaleneffizienz feststellen. Einheit D ist im Bereich zunehmender Skalenerträge zu finden, ist also zu „klein“. Das erkennt man daran, dass der Referenzpunkt  $V_I^{CRS}$  von D auf der Randfunktion unter der skaleneffizienten Einheit E liegt und nur einen Bruchteil des Volumens von E aufweist. Im inputorientierten Fall hat Benchmark  $V_I^{CRS}$  die 0.9-fache Größe von E. Diesen Anteil, den man im CRS-Modell bestimmt, nennt man  $\lambda$ -Gewicht. Je nachdem wie groß dieses Gewicht ist, lässt sich erkennen, ob eine Einheit im Bereich zunehmender Skalenerträge ( $<1$ ) oder abnehmender Skalenerträge ( $>1$ ) liegt. Technisch effiziente Einheiten wie G und C liegen oberhalb von E, ihr Skalenniveau ist im Vergleich zu E zu hoch. Größenbedingte Ineffizienzen werden ausgewiesen. Durch Verringerung der Inputniveaus könnten diese Beobachtungen ihre Skaleneffizienz und sogleich auch ihre Gesamteffizienz verbessern.

## 2.4 Grundmodell der DEA mit konstanten Skalenerträgen

### 2.4.1 Formale Darstellung der DEA

In diesem Abschnitt soll das Basismodell der DEA in seiner formalen Darstellung vorgestellt werden. Dabei wird zuerst eine Randproduktionsfunktion mit konstanten Skalenerträgen betrachtet, und erst im nächsten Abschnitt eine Randfunktion mit variablen Skalenerträgen unterstellt. Möchte man den Effizienzwert einer Entscheidungseinheit  $j$  berechnen, so erfolgt dies durch die Maximierung des Quotienten aus der Summe der mit  $u_{rj}$  gewichteten Outputs und der Summe der mit  $v_{ij}$  gewichteten Inputs unter gewissen Nebenbedingungen. Formal lässt sich das Problem folgendermaßen darstellen<sup>23</sup>:

$$\begin{aligned} \max_{u_{r0}, v_{i0}} h_0 &= \frac{\sum_{r=1}^R u_{r0} y_{r0}}{\sum_{i=1}^I v_{i0} x_{i0}} \\ \text{u.d.B.} \quad h_j &= \frac{\sum_{r=1}^R u_{r0} y_{rj}}{\sum_{i=1}^I v_{i0} x_{ij}} \leq 1 \quad \forall j = 1, \dots, J \end{aligned} \quad (2.3)$$

$$u_{r0} \geq 0; v_{i0} \geq 0; r = 1, \dots, R; i = 1, \dots, I.$$

Wie man aus Gleichung (2.3) erkennt, gehen  $R$  mit  $u_r$  gewichtete Outputs  $y_r$  und  $I$  mit  $v_i$  gewichtete Inputs  $x_i$  in die Berechnung des Effizienzwertes ein. Dabei stellt  $y_{r0}$  den  $r$ -ten Output und  $x_{i0}$  den  $i$ -ten Input der zu bewertenden DMU<sub>0</sub> dar, welche mit dem Index 0 gekennzeichnet wird. Mit einer Darstellung dieser Art wird eine Vielzahl von nicht zwingend homogenen Input- und Outputfaktoren zusammengeführt um so einen einzigen Effizienzwert  $h_0$  zu bestimmen.

Die Gewichte, die man auch Aggregationsgewichte nennt, dienen dazu, dass die einzelnen Inputs und Outputs miteinander addierbar gemacht werden<sup>24</sup>. Dabei werden die Gewichte im vorhinein nicht festgelegt, sondern werden im Zuge der Berechnung bestimmt. DMU<sub>0</sub> wählt die Gewichte  $u_r$  und  $v_i$  so aus, dass ihre Produktivität, also das Verhältnis von Output zu Input, maximiert wird, unter der Nebenbedingung (siehe zweiten Quotienten in (2.3)), dass keines der anderen DMUs mit den

<sup>23</sup>vgl. Charnes, A., Cooper, W.W., Rhodes, E. *Measuring efficiency of decision making units*, European Journal of Operational Research, 1978 in [BH], S. 46.

<sup>24</sup>vgl. [SS], S. 12.

für  $DMU_0$  optimalen Gewichten einen höheren Effizienzwert als 1 erreicht - damit wird der Effizienzwert auf 1 normiert. Alle Einheiten, die einen Effizienzwert von 1 aufweisen, also ihr maximales Verhältnis von gewichteten Outputs zu gewichteten Inputs von keiner anderen DMU dominiert wird (höchste Produktivität), nennt man relativ effizient. Grafisch bedeuten die flexiblen Gewichtungen, die erst als Lösung des Optimierungsproblems (2.3) bestimmt werden, eine Minimierung des Abstandes zum Rand hin, welcher das Ausmaß der Ineffizienz ausdrückt.

Das in (2.3) angegebene Optimierungsproblem wird für alle DMUs durchlaufen. Die Zahl der Maximierungsprobleme entspricht also der Anzahl der Entscheidungseinheiten, die in die Analyse einfließen.

Ein Optimierungsproblem, wie in (2.3), ist ein Problem der linearen Quotientenprogrammierung, da sowohl die Zielfunktion als auch die Nebenbedingungen einen Quotient zweier linearer Funktionen bilden. Durch Zuhilfenahme der sogenannten "Charnes - Cooper Transformation" kann das Optimierungsproblem in ein lineares Programmierungsproblem transformiert werden, welches dann mit Methoden linearer Optimierungsprobleme berechenbar ist<sup>25</sup>. Das im nächsten Unterabschnitt vorgestellte Modell zählt zu den sogenannten radialen Modellen. Ineffizienzen werden bei solchen Modellen über den radialen Abstand der entsprechenden Entscheidungseinheit von der Randfunktion ermittelt<sup>26</sup>.

## 2.4.2 Darstellung im inputorientierten Fall

Das linearisierte Optimierungsproblem nennt man primales CCR-Modell für den inputorientierten Fall, welches von Charnes, Cooper und Rhodes im Jahre 1978<sup>27</sup> formuliert worden ist. Es schreibt sich folgendermaßen:

---

<sup>25</sup>vgl. Charnes, A., Cooper W.W. *Programming with Linear Fractional Functionals*. In Naval Research Logistics Quarterly, 1962 in [BH], S. 47.

<sup>26</sup>vgl. [SS], S. 11.

<sup>27</sup>vgl. Charnes,A., Cooper, W.W., Rhodes, E. *Measuring efficiency of descision making units*, European Journal of Operational Research, 1978 in [BH], S. 47.

$$\begin{aligned}
\max_{\mu_{r0}, \nu_{i0}} h_0 &= \sum_{r=1}^R \mu_{r0} y_{r0} \\
u.d.B. \quad \sum_{r=1}^R \mu_{r0} y_{rj} - \sum_{i=1}^I \nu_{i0} x_{ij} &\leq 0 \quad \forall j = 1, \dots, J \\
\sum_{i=1}^I \nu_{i0} x_{i0} &= 1
\end{aligned} \tag{2.4}$$

$$\mu_{r0} \geq 0; \nu_{i0} \geq 0; r = 1, \dots, R; i = 1, \dots, I.$$

Um von (2.3) auf (2.4) zu gelangen sind folgende Schritte notwendig: Unter der Annahme nichtnegativer Inputs  $x_i$  und Gewichte  $v_i$ , können beide Seiten der Nebenbedingung in (2.3) mit  $\sum_{i=1}^I v_{i0} x_{ij}$  multipliziert werden, ohne dabei die Aussage der Bedingung zu verändern. In diesem Schritt entsteht eine neue, lineare Nebenbedingung, die in (2.4) zu sehen ist. Weiters wird der gewichtete Input der Zielfunktion in (2.3) auf eins normiert. Diese Umformung wird in Form einer zweiten Nebenbedingung in (2.4) dargestellt. Da der Input auf 1 normiert wird, ergibt sich eine neue, lineare Zielfunktion, die nun eine Maximierung der gewichteten Outputs darstellt. Die Gewichte  $u$  und  $v$  aus (2.3) werden jetzt mit  $\mu$  und  $\nu$  bezeichnet. Diese Transformation ist reversibel. Das bedeutet, dass die optimale Lösung der Zielfunktion und die Gewichtungsfaktoren in beiden Programmen identisch sind.

Als Ergebnis erhält man bei diesem Optimierungsproblem den relativen Effizienzwert sowie die optimalen Gewichte der entsprechenden Entscheidungseinheit. Die berechneten Gewichte, oder auch Multiplikatoren genannt, kann man als Schattenpreise interpretieren. Ein Optimierungsproblem, wie das in (2.4) dargestellte, wird im Englischen als multiplier form bezeichnet. Die Bestimmung des Effizienzwertes erfolgt hier, wie zuvor, durch einen Vergleich von  $DMU_0$  mit allen anderen Entscheidungseinheiten. Daher entspricht die Anzahl der Nebenbedingungen im primalen CCR-Modell genau der Anzahl der zu analysierenden DMUs (Anzahl  $J$ ).

Nach dem Dualitätssatz der linearen Programmierung, kann ein Maximierungsproblem in ein Minimierungsproblem umformuliert werden<sup>28</sup>. Das Minimierungsproblem nennt man duales CCR-Modell. Es entspricht folgender Darstellung<sup>29</sup>:

<sup>28</sup>vgl. [DFHPT], S. 24ff.

<sup>29</sup>vgl. Charnes, A., Cooper, W.W., Rhodes, E. *Measuring efficiency of decision making units*, European Journal of Operational Research, 1978 in [BH], S. 48.

$$\begin{aligned}
& \min_{\lambda_j} \theta_0 \\
& \text{u.d.B.} \quad \sum_{j=1}^J \lambda_j y_{rj} \geq y_{r0} \quad \forall r = 1, \dots, R, \\
& \quad \quad \quad -\theta_0 x_{i0} + \sum_{j=1}^J \lambda_j x_{ij} \leq 0 \quad \forall i = 1, \dots, I, \\
& \quad \quad \quad \lambda_j \geq 0; \quad j = 1, \dots, J.
\end{aligned} \tag{2.5}$$

$\theta_0$  aus Modell (2.5) ist der Input-Effizienzwert, der besagt, dass eine Kombination aus  $\lambda_j$  gewichteten effizienten Einheiten (eine fiktive Einheit) existiert, die zumindest den gleichen Output wie  $DMU_0$  erzeugt (siehe erste Nebenbedingung in (2.5)) aber dafür nur den  $\theta$ -fachen Input von  $DMU_0$  braucht (siehe zweite Nebenbedingung in (2.5)).  $\theta$  liegt dabei zwischen  $0 < \theta \leq 1$  und gibt an um wie viel Prozent das Inputniveau einer Entscheidungseinheit bei konstantgehaltenem Outputniveau proportional reduziert werden muss, damit sie auf der Produktionsfunktion liegt.  $h_0$  aus dem multiplier Modell und  $\theta_0$  liefern dieselben Werte, geben also Hinweise über den radialen Abstand der jeweiligen Einheit zur Randfunktion. Hat  $\theta$  etwa einen Wert von 70%, so ist das Ausmaß der Ineffizienz (der Abstand zur Randfunktion)  $(1 - \theta) = 30\%$ <sup>30</sup>. Für eine effiziente Vergleichseinheit nimmt die Zielfunktion den Wert 1 an, für ineffiziente Vergleichseinheiten nimmt sie einen Wert kleiner als 1 an. Die Gewichte  $\lambda_j$  werden als Dualgewichte bezeichnet, die angeben, welche nächstgelegenen effizienten Einheiten mit welchen Anteilen in die fiktive Referenzeinheit eingehen, mit der dann  $DMU_0$  verglichen wird. Hieraus lässt sich erkennen, dass die Variablen  $\mu_r$  und  $\nu_i$  aus dem primalen Modell die Gewichte der Parameter darstellen, hingegen  $\lambda_j$  die Gewichte der DMUs repräsentieren. Die Referenzmenge wird jeweils aus den effizienten Einheiten mit  $\lambda > 0$  gebildet. Je näher eine effiziente Einheit  $j$  am Referenzpunkt liegt, desto größer ist  $\lambda_j$ , desto größer ist also der Anteil mit dem  $j$  in die virtuelle Referenzeinheit einght. Das duale CCR-Modell bezeichnet man im Englischen auch als envelopment form.

Im dualen Programmierungsproblem entspricht die Anzahl der Nebenbedingungen der Anzahl der Inputs und Outputs, die in die Analyse eingehen ( $R + I$ ).

Wie man erkennen kann, lassen sich die Effizienzwerte in beiden inputorientier-

---

<sup>30</sup>Dies entspricht genau dem inputorientierten Effizienzmaß.

ten CCR Modellen auf unterschiedliche Art und Weise bestimmen. Die berechneten Variablen lassen sich jeweils eigenständig interpretieren, da sich die Gewichte je nach Programm entweder auf die Entscheidungseinheiten selbst oder eben auf die Parameter beziehen.

### 2.4.3 Darstellung im outputorientierten Fall

Das primale und duale outputorientierte CCR-Modell kann aus dem entsprechenden inputorientierten Modell abgeleitet werden. Bei der Herleitung der CCR-Modelle aus dem Optimierungsproblem (2.3) ist nun nicht mehr der gewichtete Input der Zielfunktion auf 1 zu normieren, sondern der gewichtete Output, das Minimierungsproblem wird im dualen zum Maximierungsproblem. Das primale CCR-Modell im outputorientierten Fall kann folgendermaßen dargestellt werden:

$$\begin{aligned} \min_{\mu_{r0}, \nu_{i0}} g_0 &= \sum_{i=1}^I \nu_{i0} x_{i0} \\ u.d.B. \quad \sum_{r=1}^R \mu_{r0} y_{rj} - \sum_{i=1}^I \nu_{i0} x_{ij} &\leq 0 \quad \forall j = 1, \dots, J \\ \sum_{r=1}^R \mu_{r0} y_{r0} &= 1 \end{aligned} \tag{2.6}$$

$$\mu_{r0} \geq 0; \nu_{i0} \geq 0; r = 1, \dots, R; i = 1, \dots, I.$$

Das entsprechende duale CCR-Modell bei Outputorientierung hat folgende Form:

$$\begin{aligned}
 & \max_{\lambda_j} \phi_0 \\
 \text{u.d.B.} \quad & \sum_{j=1}^J \lambda_j y_{rj} \geq \phi_0 y_{r0} \quad \forall r = 1, \dots, R, \\
 & -x_{i0} + \sum_{j=1}^J \lambda_j x_{ij} \leq 0 \quad \forall i = 1, \dots, I, \\
 & \lambda_j \geq 0; \quad j = 1, \dots, J.
 \end{aligned} \tag{2.7}$$

Die Zielfunktion im outputorientierten dualen CCR Modell gibt den Output-Effizienzwert von  $DMU_0$  an, welchen diese bei konstantgehaltenem Inputniveau erzielen kann. Ist die Entscheidungseinheit effizient, so nimmt die Zielfunktion auch hier den Wert 1 an. Bei ineffizienten Einheiten hingegen ist der Wert größer als 1, also  $1 \leq \phi < \infty$ . Während im inputorientierten Fall  $(1 - \theta)$  das inputorientierte Effizienzmaß war, ist im outputorientierten Fall  $(\phi - 1)$  das entsprechende outputorientierte Effizienzmaß, welches die proportionale Erhöhung aller Outputs bei konstantgehaltenem Input angibt.

#### 2.4.4 Grafische Darstellung des inputorientierten CCR-Modells im Falle zweier Inputs und eines Outputs

Im folgenden Abschnitt soll die Methode der DEA für multiple Inputs und Outputs anhand eines Zahlenbeispiels illustriert werden. Dabei wird sowohl das primale als auch das duale inputorientierte CCR Modell für zwei Inputs und einen Output grafisch sowie rechnerisch dargestellt<sup>31</sup>. Es sei dabei angenommen, dass die Entscheidungseinheiten A bis I für die Produktion einer Einheit an Output die in nachstehender Tabelle angegebenen Inputs 1 und 2 benötigen (siehe Tabelle (2.2)):

---

<sup>31</sup>Folgende Erläuterungen in Anlehnung an [SS] und weiterhin [BH].

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Input 1	20	15	17	25	10	11	22	25	19
Input 2	3	9	8	10	10	14	9	3	17
Output	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabelle 2.2: Illustrationsbeispiel der Effizienzmessung im Falle zweier Inputs und eines Output

Durch die Normierung des Outputs auf 1, wird also hier der inputorientierte Fall behandelt und konstante Skalenerträge unterstellt.

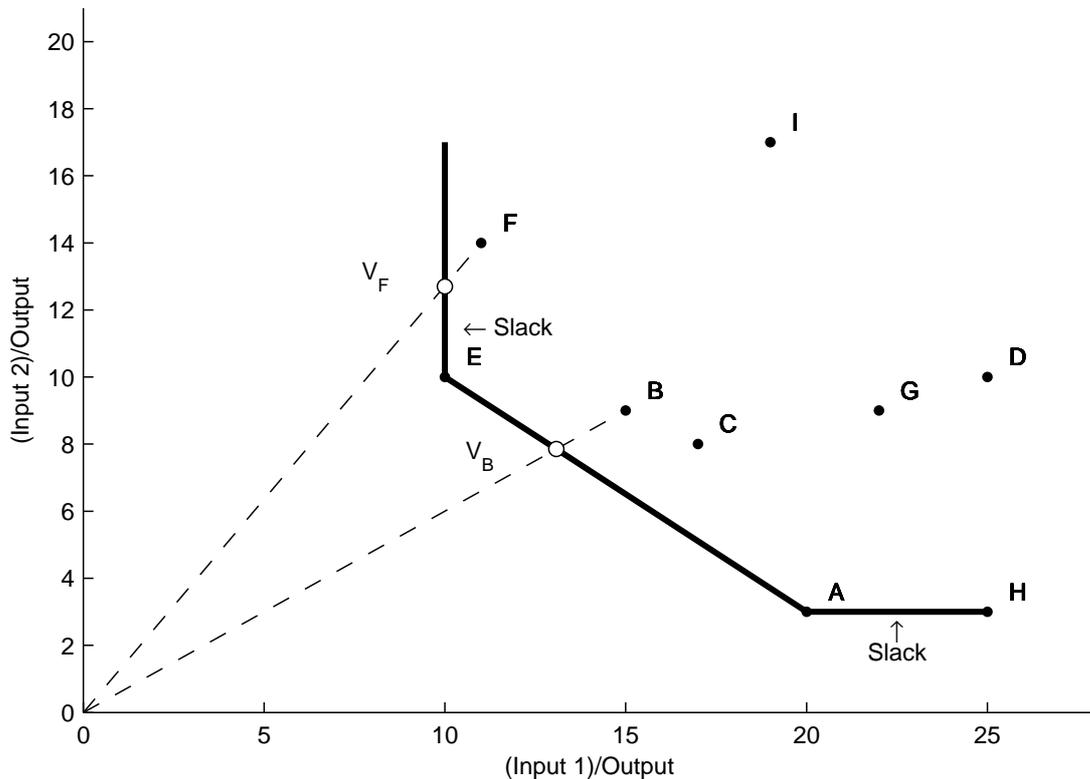


Abbildung 2.3: Illustrationsbeispiel der Effizienzmessung bei konstanten Skalenerträgen im Falle zweier Inputs und eines Outputs.<sup>33</sup>

Durch die DEA können für jeden Parameter Gewichte ermittelt werden, die die Effizienz einer Entscheidungseinheit maximieren. Im Falle eines Inputs und eines Outputs treten keine Gewichtungsprobleme auf. Schon bei Einbeziehung eines weiteren Inputparameters, werden solche Gewichtungen benötigt. Durch die DEA werden alle möglichen Kombinationen von Gewichtungen zugelassen, die beim Aufbau der

<sup>33</sup>Eigene Darstellung in Anlehnung an [BH], S. 51.

Produktionsfunktion einbezogen werden. Dadurch ist es möglich, dass Einheiten mit verschiedenen Inputkombinationen (Input-Mixes) als effizient ausgewiesen werden. Diese Tatsache garantiert also, was vor allem im Marketing wichtig ist, dass viele verschiedene Wege zum Erfolg führen können. Dabei wählt die DEA die Gewichte einer DMU  $j$  so aus, dass die Produktivität dieser maximiert wird. Desweiteren werden alle anderen Entscheidungseinheiten mit denen für  $j$  optimalen Gewichten bewertet. Der relative Effizienzwert für Einheit  $j$  ergibt sich dann aus dem Verhältnis der Produktivität von Entscheidungseinheit  $j$  zur höchst beobachteten Produktivität (beruhend auf denen für  $j$  optimalen Gewichten). Weist die Entscheidungseinheit  $j$  die größte Produktivität auf, so wird sie als effizient ausgewiesen (Effizienzindex 1). Existiert eine andere Einheit, die mit den für  $j$  optimalen Gewichten eine höhere Produktivität aufweist, so ist die betrachtete Entscheidungseinheit ineffizient<sup>34</sup>

Wie man aus Abbildung (2.3) erkennen kann, benötigen die Entscheidungseinheiten A und E den geringsten Inputeinsatz zur Erzeugung einer Einheit an Output (es befindet sich keine Einheit weiter links oder weiter unten von den beiden). Die Produktionsfunktion wird also durch eine lineare Verbindung dieser beiden Einheiten und der vertikalen Verlängerung durch die Einheit E und die horizontale Verlängerung durch die Einheiten A und H gebildet. Diese Verlängerung kann als Approximation des weiteren Verlaufs der Funktion angesehen werden (Technologieannahme (A4)). Ob eine Entscheidungseinheit als effizient oder ineffizient ausgewiesen wird, ermittelt man über den Abstand zur Randfunktion. Da A, E und H die Randfunktion bilden, werden also B, C, D, F, G und I als ineffizient eingestuft, da sie innerhalb des Produktionsmöglichkeitsbereichs, der durch die Randfunktion begrenzt wird, liegen.

Im Rahmen der DEA werden ineffiziente Einheiten nur mit effizienten Einheiten, die ihre Inputs im selben Verhältnis (selbe Gewichtungen, ähnlicher Inputmix) einsetzen, verglichen und zur Effizienzbewertung herangezogen, wodurch Einheiten, deren Vergleichbarkeit vorausgesetzt wird, die aber unterschiedliche Arbeitsweisen aufzeigen, miteinander bewertet werden können.

Grafisch ist die Darstellung einer Randfunktion nur für Fälle mit maximal zwei Inputs oder zwei Outputs möglich. Im mehrdimensionalen Fall stellt die Randfunktion eine Hyperebene dar. DMUs die auf der Randfunktion beziehungsweise Hyperebene liegen, weisen einen Effizienzwert von 1 auf, da keine andere Einheit eine bessere Input-Output-Kombination aufweist. Einheiten, deren Zielfunktionswert 1 ist und deren Gewichte größer 0 sind nennt man pareto optimal<sup>35</sup>.

---

<sup>34</sup>vgl. [SS], S. 11.

<sup>35</sup>[SS],S.14.

Der Referenzpunkt einer ineffizienten Einheit am effizienten Rand mit konstanten Skalenerträgen ergibt sich durch den Schnittpunkt eines durch die ineffiziente Einheit führenden Fahrstrahls aus dem Ursprung und der Randfunktion, da die DEA radiale Effizienzmaße verwendet<sup>36</sup>.

Betrachtet man etwa Entscheidungseinheit B, so schneidet der Fahrstrahl die Randfunktion im Punkt  $V_B$  mit den Koordinaten (13.08/7.85) (siehe Abbildung (2.3)), der zwischen den Entscheidungseinheiten A und E liegt. Der Grad der Ineffizienz lässt sich aus dem Streckenverhältnis  $\overline{OV_B}/\overline{OB}$  ermitteln. Der Quotient ergibt einen Wert von 0.87179, was bedeutet, dass Entscheidungseinheit B nur zu 87.179% effizient ist. Dieser Effizienzwert bedeutet, dass, wenn Entscheidungseinheit B zur Produktion einer Einheit an Output den Inputfaktor 1 von 15 auf 13.08 und Inputfaktor 2 von 9 auf 7.85 Einheiten reduziert, als effizient ausgewiesen wird und mit der Referenzeinheit  $V_B$  zusammenfällt. Berechnet man den Quotienten aus Soll und Ist für beide Inputfaktoren so sieht man, dass der Wert genau dem Effizienzwert entspricht:

$$\frac{13.08}{15} = 0.872 = \frac{7.85}{9} \quad (2.8)$$

Aus dieser Tatsache ist also ersichtlich, dass die Projektion einer ineffizienten Einheit auf die Randfunktion über eine proportionale Reduzierung der Inputfaktoren entlang des Fahrstrahls aus dem Ursprung geschieht. Der Effizienzwert besagt also, dass Einheit B nur 87.2% seiner Inputs verwenden darf, oder seine Inputs um 12.8% senken müsste, um am effizienten Rand zu liegen.

Im Folgenden sollen die beiden CCR Modelle, also das primale und duale CCR Modell für dieses Beispiel ausgeführt werden. Berechnet man das primale Modell für die 9 Entscheidungseinheiten so kommt man zu den Ergebnissen, die in Tabelle (2.3) aufgelistet sind.

Wie schon vorher grafisch illustriert, zeigen die Ergebnisse der Multiplier Form, dass A, E und H als effizient ausgewiesen werden. Entscheidungseinheit H unterscheidet sich aber von A und E dadurch, dass der erste Inputfaktor ein Gewicht mit einem Wert von 0 erhält. Wie bereits erwähnt, nennt man eine effiziente Einheit pareto optimal, wenn deren Effizienzwert 1 und alle Gewichte größer 0 sind<sup>37</sup>. DMU H ist also nicht pareto optimal und nur schwach effizient. DMUs B,C,D,F,G, und I werden als ineffizient ausgewiesen. Betrachtet man etwa Einheit B, so besagt der ausgewiesene relative Effizienzwert etwa, dass es eine andere Einheit gibt, die mit

---

<sup>36</sup>vgl. [SS], S. 11.

<sup>37</sup>vgl. [SS], S.14.

DMU	Zielwert	$\nu_1$	$\nu_2$	$\mu$
A	1	0.041	0.059	1
B	0.872	0.036	0.051	0.872
C	0.854	0.035	0.050	0.854
D	0.618	0.025	0.036	0.618
E	1	0,041	0.059	1
F	0.909	0.091	0	0.909
G	0.697	0.029	0.041	0.697
H	1	0	0.333	1
I	0.561	0.023	0.033	0.561

Tabelle 2.3: Zwei Inputs, Ein Output - Multiplier Modell Ergebnisse

den für B optimalen Gewichten eine höhere Produktivität erreicht als B selbst.

Da im Multiplier Modell eine optimale Lösung existiert, existiert auch eine, laut dem Dualitätssatz der linearen Programmierung, im Envelopment Modell. Das Envelopment Modell führt in diesem Zahlenbeispiel zu folgenden Ergebnissen:

DMU	Zielwert	Benchmark	$\lambda_A$	$\lambda_E$
A	1	A	1	0
B	0.872	A,E	0.308	0.692
C	0.854	A,E	0.452	0.548
D	0.618	A,E	0.545	0.455
E	1	E	0	1
F	0.909	E	0	1
G	0.697	A,E	0.533	0.467
H	1	A	1	0
I	0.561	A,E	0.066	0.934

Tabelle 2.4: Zwei Inputs, Ein Output - Envelopment Modell Ergebnisse

Die Zielfunktionswerte sind in beiden Modellen gleich. Desweiteren kann man aus Tabelle (2.4) herauslesen, mit welchen Einheiten die ineffizienten Einheiten verglichen werden, und mit welchen Anteilen die effizienten Einheiten in die Referenzeinheit einbezogen werden. Als Benchmarks dienen in diesem Beispiel die Einheiten A und E.

Für Entscheidungseinheit B etwa, geht DMU E mit einem höheren Anteil als DMU A in die Referenzeinheit ein ( $\lambda_E$  ist größer als  $\lambda_A$ ), da der Fahrstrahl von DMU B näher bei DMU E als DMU A liegt (siehe Abbildung (2.3)).

Entscheidungseinheit B hat einen Effizienzwert von 87.2%. DMU B darf theoretisch nur 87.2% seines Inputeinsatzes verwenden, um effizient zu werden, dies bedeutet also nur 87.2% des Inputs 1:

$$0.872 \times \text{Input 1} = 0.872 \times 15 = \mathbf{13.08}$$

und nur 87.2% des Inputs 2:

$$0.872 \times \text{Input 2} = 0.872 \times 9 = \mathbf{7.85}.$$

Zu den selben Ergebnissen gelangt man auch, wenn man die Dualgewichte zur Berechnung heranzieht. Als Benchmark ergibt sich, wie in Abbildung (2.3) zu sehen ist, der Punkt  $V_B$ , der sich aus Kombination der Input- und Outputmengen der Einheiten A und E folgendermaßen zusammensetzt:

$$\lambda_A \times (\text{Input 1})_A + \lambda_E \times (\text{Input 1})_E = 0.308 \times 20 + 0.692 \times 10 = \mathbf{13.08}$$

und

$$\lambda_A \times (\text{Input 2})_A + \lambda_E \times (\text{Input 2})_E = 0.308 \times 3 + 0.692 \times 10 = \mathbf{7.85}.$$

Betrachtet man wieder Entscheidungseinheit H, so wird diese als effizient ausgewiesen, bekommt aber eine Referenzeinheit zugeteilt. DMU A kann denselben Output mit 5 Einheiten weniger von Input 1 und gleichem Inputniveau 2 produzieren. DMU H ist also schwach effizient. Betrachtet man Entscheidungseinheit F, so kann man auch hier erkennen, wie in Abbildung (2.3) verdeutlicht, dass DMU E denselben Output wie die virtuelle Referenzeinheit  $V_F$  mit geringerem Einsatz von Input 2 und gleichem Input 1 erzeugt. Man nennt dies in beiden Fällen einen Inputslack.

Wie bereits vorher erwähnt, zählt das CCR Modell zu den sogenannten radialen Modellen, bei dem Ineffizienzen über den radialen Abstand der entsprechenden Einheit zum effizienten Rand ermittelt werden<sup>38</sup>. Ein Nachteil radialer Effizienzmaße ist, dass sie nur Ineffizienzen, die für alle Inputs und Outputs gleichzeitig auftreten, anzeigen. Verbesserungsmöglichkeiten einzelner Parameter können in diesen Modellen nicht berücksichtigt werden. Dies hat zur Folge, dass eine ausgewiesene effiziente Einheit nicht effizient im Sinne von Pareto sein muss. Solche Einheiten sind dann schwach effizient (etwa  $V_F$ ), da Vergleichseinheiten existieren, die mit geringerem Inputeinsatz den selben Output erzeugen. Um also alle Ineffizienzen ausweisen zu können muss über das proportionale, radiale Effizienzmaß hinaus eine nicht radiale Komponente (der Slack) dazuaddiert werden. Ein Slack-erweitertes Modell weist immer Pareto-Effizienz aus. Bei Pareto-effizienten Einheiten ist keine Verbesserung möglich. Deren Effizienzwerte sind stets 1 und deren Slacks 0.

---

<sup>38</sup>vgl. [SS], S.11

## 2.4.5 Das slack-erweiterte CCR Modell

Selbst wenn Einheiten den effizienten Rand erreicht haben, besteht die Möglichkeit von zusätzlichen Verbesserungen. Dieser Umstand lässt sich durch das Nichterfüllen von Gleichheit in den Ungleichungsnebenbedingungen der bisherigen Modelle erklären. Ist eine optimale Lösung ausgewiesen, welche die Nebenbedingungen aber nicht alle mit Gleichheit erfüllt, so besteht bei den Input- und/oder Outputvariablen selbst nach Erreichen der Randfunktion eine Möglichkeit zusätzliche Verbesserungen zu erzielen, um eine (fiktive) Referenzeinheit zu erreichen. Solche effizienten Einheiten nennt man schwach effizient. Wird das Optimierungsproblem aus (2.5) um Schlupfvariablen erweitert ( $s^-$  für den Inputslack und  $s^+$  für den Outputslack), so lässt sich ein Slack-erweiterter Effizienzwert berechnen.

Das Slack-erweiterte duale inputorientierte CCR-Modell kann folgendermaßen formuliert werden<sup>39</sup>:

$$\begin{aligned} \min_{\lambda_j, s_r^+, s_i^-} \quad & \theta_0 - \epsilon \left( \sum_{r=1}^R s_r^+ + \sum_{i=1}^I s_i^- \right) \\ \text{u.d.B.} \quad & \sum_{j=1}^J \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = y_{r0} \quad \forall r = 1, \dots, R, \\ & -\theta_0 x_{i0} + \sum_{j=1}^J \lambda_j x_{ij} + s_i^- = 0 \quad \forall i = 1, \dots, I, \end{aligned} \tag{2.9}$$

$$\lambda_j \geq 0; \quad s_r^+ \geq 0; \quad s_i^- \geq 0; \quad j = 1, \dots, J.$$

$\epsilon > 0$  ist eine sehr kleine Zahl die verhindert, dass Teile des effizienten Randes eine Steigung von 0 oder gar Unendlich haben. Eine Einheit ist nun durch die Notation des Optimierungsproblems in (2.9) genau dann effizient, wenn folgendes erfüllt ist:  $\theta = 1 \wedge s^+ = 0 \wedge s^- = 0$ . Einheiten, deren Effizienzwert  $\theta = 1$  ist, aber zumindest eine der Schlupfvariablen größer Null, sind schwach effizient.

---

<sup>39</sup>vgl. Charnes, A., Cooper, W.W., Rhodes, E. *Measuring efficiency of decision making units*, European Journal of Operational Research, 1978 in [BH], S. 54.

## 2.5 Grundmodell der DEA mit variablen Skalenerträgen

Bisher wurde die Randfunktion unter der Annahme konstanter Skalenerträge gebildet. Konstante Skalenerträge besagen, dass, wenn es ein mögliches Input-Output-Bündel  $(X, Y)$  gibt, für jeden positiven Skalar  $\kappa$  auch  $(\kappa X, \kappa Y)$  möglich ist. Im einfachen Fall eines Inputs und eines Outputs wird die Produktionsfunktion durch einen Fahrstrahl aus dem Ursprung durch jene Beobachtungen gelegt, die die höchste Produktivität, also das größte Verhältnis von Output zu Input, aufweisen. Skalensowie technische Effizienz werden dabei zur selben Zeit bewertet, durch einen gemeinsamen Effizienzwert formuliert und nicht unterschieden. In der Praxis und vor allem im Marketing wird aber der Fall von proportionalen Veränderungen der Input- und Outputvolumina nicht häufig auftreten. Hier muss man von abnehmenden und zunehmenden Skalenerträgen ausgehen. Für verschiedene Skalenniveaus (Inputniveaus) lassen sich Best-Practice-Beobachtungen finden, die vergleichsweise zu anderen Einheiten in ihrer Größenklasse das größte Output-Input-Verhältnis aufweisen und damit effizient sind. Die Art der Skalenerträge der untersuchten Technologie wird durch die Summe der aus dem dualen CCR Programm berechneten  $\lambda_j$ - Gewichte ermittelt. Die Produktionseinheiten weisen die optimale Größe auf, wenn die Summe der  $\lambda_j$  gleich eins ist. Ist dies nicht der Fall sind sie entweder zu groß ( $\sum_{j=1}^J \lambda_j > 1$ ) oder zu klein ( $\sum_{j=1}^J \lambda_j < 1$ ), weisen also die  $(\sum_{j=1}^J \lambda_j)$ -fache Größe ihres optimalen Benchmarks auf. Die Gewichte geben also an, inwieweit eine Einheit von der optimalen Größe abweicht.

Um auch den Fall variabler Skalenerträge analysieren zu können, wurde im Jahre 1984 das CCR Modell durch Banker, Charnes und Cooper auf das nach ihnen benannte BCC-Modell erweitert. Neben der Nichtnegativitätsbedingung der  $\lambda_j$ -Gewichte, wird das Optimierungsproblem aus (2.9) um eine zusätzliche Nebenbedingung ( $\sum_{j=1}^J \lambda_j = 1$ ) erweitert<sup>40</sup>. Durch diese Bedingung wird gewährleistet, dass nur noch DMUs mit vergleichbarem Skalenniveau miteinander verglichen werden. Das duale Slack-erweiterte inputorientierte BCC-Modell lässt sich wie folgt darstellen<sup>41</sup>:

---

<sup>40</sup>vgl. [BCC], S. 1083ff.

<sup>41</sup>vgl. [BCC], S. 1083ff.

$$\begin{aligned}
& \min_{\lambda_j, s_r^+, s_i^-} \theta_0 - \epsilon \left( \sum_{r=1}^R s_r^+ + \sum_{i=1}^I s_i^- \right) \\
u.d.B. \quad & \sum_{j=1}^J \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = y_{r0} \quad \forall r = 1, \dots, R, \\
& -\theta_0 x_{i0} + \sum_{j=1}^J \lambda_j x_{ij} + s_i^- = 0 \quad \forall i = 1, \dots, I, \\
& \sum_{j=1}^J \lambda_j = 1 \\
& \lambda_j \geq 0; s_r^+ \geq 0; s_i^- \geq 0; j = 1, \dots, J.
\end{aligned} \tag{2.10}$$

Das duale Slack-erweiterte outputorientierte BCC-Modell sieht folgendermaßen aus<sup>42</sup>:

$$\begin{aligned}
& \max_{\lambda_j, s_r^+, s_i^-} \phi_0 - \epsilon \left( \sum_{r=1}^R s_r^+ + \sum_{i=1}^I s_i^- \right) \\
u.d.B. \quad & \sum_{j=1}^J \lambda_j y_{rj} - \phi_0 y_{r0} - s_r^+ = 0 \quad \forall r = 1, \dots, R, \\
& \sum_{i=1}^I \lambda_j x_{ij} + s_i^- = x_{i0} \quad \forall i = 1, \dots, I, \\
& \sum_{j=1}^J \lambda_j = 1 \\
& \lambda_j \geq 0; s_r^+ \geq 0; s_i^- \geq 0; j = 1, \dots, J.
\end{aligned} \tag{2.11}$$

---

<sup>42</sup>vgl. [Zhu], S. 13.

Im BCC Modell können einer Einheit aufgrund der dritten Nebenbedingung nur noch gewichtete Summen von effizienten Einheiten gegenübergestellt werden. Der Fall, dass ein Bruchteil beziehungsweise ein Vielfaches einer effizienten Einheit zum Vergleich herangezogen wird, ist ausgeschlossen.

## 2.6 Vor - und Nachteile der DEA

Wie schon in den vorigen Sektionen beschrieben, besitzt die DEA viele Vorteile gegenüber anderen Methoden der Effizienzmessung. Ein großer Vorteil der DEA ist, dass sie verschiedene Einzelkennzahlen auf der Input- und Outputseite zu einer einzigen Kennzahl in Form eines Effizienzwertes für jede DMU zusammenfasst. Durch die flexible Gewichtung der in die Analyse einfließenden Faktoren, die aus dem Optimierungsproblem für jede Entscheidungseinheit separat berechnet werden, können Stärken und Schwächen jeder einzelnen Einheit analysiert und aufgedeckt werden. Ein weiterer Vorteil der DEA liegt in der Tatsache, dass für ineffiziente Einheiten nur Referenzeinheiten mit ähnlichem Output-Input-Verhältnis zum Vergleich herangezogen werden.

Eine Alternative zur DEA stellt die sogenannte Stochastic Frontier Analysis (SFA) dar. Diese Methode unterscheidet dabei zwischen Ineffizienzen, die durch den Entscheidungsträger direkt beeinflussbar sind, und jenen, die durch diskretionäre, also externe Einflüsse entstehen und somit nicht kontrollierbar sind<sup>43</sup>. Da aber diese Methode zu den parametrischen Modellen zählt, muss hier a priori die Form der Randfunktion bekannt sein und die in die Analyse einfließenden Funktionsparameter geschätzt werden. Doch gerade im Bereich der Werbung kann a priori nicht angegeben werden, wie der Verlauf der Randfunktion sein wird, da der Zusammenhang der Input- und Outputfaktoren im Vorhinein kaum bekannt ist<sup>44</sup>. Da die DEA zu den nicht parametrischen Methoden gehört, sind a-priori keine Annahmen über den Verlauf der Randproduktionsfunktion zu machen. Diese wird im Zuge der DEA auf Basis der empirischen Daten bestimmt.

Neben zahlreichen Vorteilen, gibt es natürlich auch einige Nachteile der Grundmodelle der DEA, die man versucht durch Weiterentwicklungen und Erweiterungen abzubauen. Einige dieser Nachteile sollen im Folgenden erläutert werden.

---

<sup>43</sup>vgl. [LD1], S. 30.

<sup>44</sup>vgl. Büschken, J., *Determinants of Brand Advertising Efficiency-Evidence from the German Car Market*, Journal of Advertising, 2007. in [HB], S. 36.

- **Problem nicht kontrollierbarer Größen**

Größen, wie etwa die Wettbewerbsintensität oder die Einwohnerzahl in einem Gebiet, sind durch das Management eines Unternehmens nicht direkt beeinflussbar, spielen aber eine große Rolle in der Bewertung der Effizienz. Deshalb versucht man solche Variablen in die Analyse mit einzubeziehen was sich oft als schwierig erweist. Nicht beeinflussbare Größen können oft mit den Grundmodellen der DEA nicht dargestellt werden. Dadurch können dann Einheiten als ineffizient ausgewiesen werden, die möglicherweise nur deshalb als solche gelten, da nicht beeinflussbare Größen nicht betrachtet wurden. Bevor man also mit der Analyse der Daten mit Hilfe der DEA beginnt, sind alle Einflussfaktoren zu identifizieren und aufzuweisen, damit eine realistische Darstellung der Leistung jeder DMU gewährleistet ist.

- **Problem zu vieler effizienter Einheiten bei kleinen Stichproben**

Um zu einem aussagekräftigen Ergebnis mittels der DEA zu gelangen, wird eine große Anzahl an Einheiten benötigt, die in die Analyse mit einbezogen werden. Sind zu wenige Einheiten vorhanden, so fehlen vergleichbare DMUs und zu viele Einheiten werden als effizient ausgewiesen<sup>45</sup>. Im Gegensatz dazu soll die Anzahl der Input- und Outputparameter aber nicht zu hoch sein. Nimmt die Anzahl der Parameter zu, so kann es sein, dass eine Einheit ein Output - Input - Verhältnis aufweist, etwa durch eine starke Ausprägung nur eines Parameters, welches von keiner anderen Einheit bestimmt wird und sich demzufolge als effizient erweist. Daher bedarf es einer Faustregel der Summe der Parameter im Verhältnis zur Anzahl der Entscheidungseinheiten, um zu zufrieden stellenden Ergebnissen mit der DEA zu gelangen. Dyson et al. schlagen vor:

$$2 \times (\text{Anzahl der Inputs} \times \text{Anzahl der Outputs}) \leq \text{Anzahl der in die Analyse eingehenden Einheiten}^{46}.$$

Ist so eine Datenanzahl nicht verfügbar, so schlagen Vassiloglou und Giokas eine Abschwächung der Regel vor:

$$2 \times \text{Größe der Stichprobe} \geq \text{Inputs} + \text{Outputs}^{47}.$$

---

<sup>45</sup>vgl. [AP], S. 1261.

<sup>46</sup>vgl. Dyson, R.G., Allen, R., Camanho, A.S., Podinovski, V.V., Sarrico, C.S., Shale, E.A., *Pitfalls and protocols in DEA*, European Journal of Operational Research, 2001 in [BH], S.57.

<sup>47</sup>vgl. Vassiloglou, M., Giokas, D., *A Study of the Relative Efficiency of Bank Branches: An Application of Data Envelopment Analysis*, The Journal of the Operational Research Society, 1990 in [BH], S. 57.

Desweiteren fehlt in der klassischen Analyse mit der DEA der Vergleich der effizienten Einheiten untereinander<sup>48</sup>.

- **Problem der Ausreißer**

Eine Annahme der Grundmodelle der DEA ist, dass Datenfehler, die durch Messfehler oder Zufallseinflüsse entstehen, nicht existieren. Befindet sich ein Ausreißer in den Daten, so kann dieser zu Extremwerten führen und die Effizienzwerte der Entscheidungseinheiten stark verfälschen. Vor allem dann, wenn eine Einheit am effizienten Rand liegt, und durch einen Zufallsfehler beeinflusst ist, besteht die Gefahr, dass sämtliche Einheiten, die mit der am Rand liegenden Einheit verglichen werden, dann ebenfalls fehlerhaft sind. Die DEA verlangt daher ein hohes Maß an Datenqualität. Die DEA gehört zu den nicht parametrischen Verfahren, die a-priori keine Annahmen über die Verteilung der Effizienzwerte treffen, da die theoretische Verteilung im Vorhinein nicht bekannt ist. Aus diesem Grunde können aber auch keine klassischen Hypothesen- und Signifikanztests wie etwa der t-Test durchgeführt werden, da für diesen die Effizienzwerte einer Normalverteilung zugrunde liegen müssten. An Möglichkeiten, Datenfehler zu beheben und zu erkennen, wird derzeit geforscht<sup>49</sup>.

- **Problem der flexiblen Gewichtung**

Auf der einen Seite ist die flexible Gewichtung ein großer Vorteil der DEA, da die individuellen, aus dem Programm resultierenden Gewichte zur Maximierung einer Gesamtleistung führen, und so die klassischen Kennzahlanalysen umgehen. Auf der anderen Seite kann der Fall auftreten, dass die DMUs stark heterogen untereinander sind. Wird ein DMU aufgrund eines vorteilhaften Wertes eines Inputs oder Outputs hoch gewichtet, kann dieser als effizient ausgewiesen werden, obwohl diese Gewichtung vielleicht nicht die tatsächliche Bedeutung dieser Einheit ausdrückt<sup>50</sup>. Dies führt wieder zum vorhergehenden Problem, wenn zuviele Einheiten als effizient ausgewiesen werden. Der extreme Fall wäre, dass eine Einheit nur noch nach einem Input und Output bewertet wird, die anderen werden bei der Effizienzbewertung nicht berücksichtigt. Dieses Problem könnte man durch gewisse Gewichtsbeschränkungen umgehen, bei denen aber Vorsicht geboten ist. Einschränkungen können verhindern, dass

---

<sup>48</sup>vgl. [SH] und [AP].

<sup>49</sup>Errungenschaften in diesem Bereich werden u.a. in [LS] beschrieben.

<sup>50</sup>vgl. [AP], S. 1261.

jede DMU mit der bestmöglichen Gewichtung und somit dem idealen Effizienzwert ausgezeichnet wird.

- **Problem der Vernachlässigung anderer wichtiger Effizienzarten**

Alle Einheiten die auf der Randproduktionsfunktion liegen, werden als technisch effizient eingestuft. Dabei beachten die Grundmodelle der DEA bei der Ausweisung von effizienten Einheiten nicht, ob diese auch im Hinblick auf die Kosten, die sie verursachen, optimal sind. So ist es möglich, dass eine Einheit als technisch effizient gilt, jedoch die Preise der Inputs sehr hoch sind, die Einheit deshalb diese nicht im bestmöglichen Verhältnis einsetzt und so allokativ ineffizient produziert. Betrachtet man allokativen und technischen Effizienz miteinander, so wird im inputorientierten Fall eine Minimalkostenkombination und im outputorientierten Fall ein Gewinnmaximum angestrebt. Sind Preise für alle Input- und Outputfaktoren vorhanden, so werden die Inputs als zu minimierende Kosten und Outputs als zu maximierende Erlöse angesehen. Neben der Effizienz kann die DEA, unter Berücksichtigung der Kosteneffizienz, auch Aussagen über die Effektivität einer Maßnahme treffen, wenn das zu optimierende Ziel die Gewinnmaximierung ist. Wird also neben der technischen Effizienz auch die Kosteneffizienz betrachtet, so können nicht nur Aussagen getroffen werden, wie Dinge richtig getan werden, sondern auch welche Einheiten am Rand gewinnbringend sind. Somit ist eine kosteneffiziente Einheit zwingend auch technisch effizient, die Umkehrung muss nicht unbedingt der Fall sein.

# Kapitel 3

## Messung der Werbeeffizienz - Eine empirische Anwendung der DEA

Im vorangegangenen Kapitel (siehe Kapitel 2) wurden die Grundmodelle der DEA theoretisch und anhand eines einfachen Zahlenbeispiels auch analytisch und grafisch vorgestellt. Nun soll anhand eines Praxisbeispiels die Einsetzbarkeit der Data Envelopment Analysis im Marketing vorgeführt werden. Folgender Beitrag zeigt auf, wie die DEA zur Messung der Effizienz von Werbung beitragen kann. Dabei soll zunächst einmal ein kurzer Überblick über Studien aus dem Bereich der Werbeeffizienz gegeben werden, bevor die Situation als Basis für diese Analyse beschrieben und ein Ziel gesetzt wird. Nach einer Darlegung des Untersuchungsgegenstandes, sollen im weiteren Schritt die wesentlichen Input- und Outputparameter zur Effizienzmessung ausgesucht und begründet werden. Die Diskussion und Entscheidung, ob ein Modell mit konstanten oder variablen Skalenerträgen gewählt wird, wird gefolgt von einer eingehenden Analyse der Ergebnisse in Kapitel 4.

### 3.1 Werbeeffizienz und DEA in der Literatur

Färe, Grosskopf, Seldon und Tremblay<sup>1</sup> wenden die DEA in ihrer Fallstudie an, um die Werbekosteneffizienz und die optimale Zusammensetzung aus Fernseh-, Print- und Radiowerbung von Unternehmen in der Bierbrauindustrie zu ermitteln. Dabei werden Quartalsdaten verwendet, mit dem Ziel die Gesamteffizienz für jede Brauerei zu berechnen und zu bestimmen, ob für ein bestimmtes Werbemedium zu viel oder zu wenig investiert worden ist. Als Outputvariable dienen die Einnahmen aus dem Verkauf, als Inputvariablen die Ausgaben für die einzelnen Mediengattungen

---

<sup>1</sup>vgl. [FGST].

TV, Print und Radio. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass die Werbekosteneffizienz der meisten Unternehmen sehr niedrig ausgefallen ist. Sie erklärten diese Tatsache mit dem Argument, dass eine gewisse Unsicherheit über den Erfolg einer Werbekampagne herrscht und Firmen deshalb nicht immer das optimale Werbebudget wählen beziehungsweise, dass viele im Vergleich zu den anderen zu viel oder zu wenig für ein bestimmtes Medium ausgeben. Desweiteren postulieren sie einen positiven Zusammenhang zwischen Werbeeffizienz und Unternehmenserfolg. Mit ihren Ergebnissen kommen sie zu dem Schluss, dass die meisten Firmen ihre Gesamtleistung durch einen besseren Mediamix aus TV, Print und Radio steigern könnten.

Luo und Donthu<sup>2</sup> versuchen die Werbeeffizienz der Top-100 Werbetreibenden aus den USA anhand von zwei Verfahren zu ermitteln und eventuelle Effizienzlücken aufzudecken. Dabei verwenden sie ein parametrisches (Stochastic - Frontier- Ansatz (SFA)) und ein nicht-parametrisches Verfahren (DEA) und vergleichen dann die Ergebnisse der Methoden untereinander. Die Ausgaben für Print, TV und Außenwerbung stellen die Inputs beider Analysen dar. Als Outputvariable dienen wieder die Verkaufseinnahmen. Die Autoren kamen zu dem Ergebnis, dass bei effizienter Werbung ca. 20% der getätigten Werbeausgaben einzusparen gewesen wären. Desweiteren wurde gezeigt, dass beide Methoden nicht immer gleiche Resultate liefern. Sie schlagen daher vor, in jeder Untersuchung beide Methoden anzuwenden. Jedoch scheint die DEA eine bevorzugte und zuverlässigere Methode zu sein. Die DEA verlangt keine a priori Spezifikation des Output-Input Verhältnisses (was die Voraussetzung für die Anwendung einer parametrischen Methode darstellt) und ist somit für die Praxis besser einsetzbar, da hier der Zusammenhang normalerweise im Vorhinein nicht bekannt ist.

In der Fallstudie von Pergelova<sup>3</sup> wurde die Werbeeffizienz von 16 Automobilunternehmen am Spanischen Markt ermittelt. Als Inputvariablen dienten die Ausgaben für TV, Print und Außenwerbung. In einer zweiten Analyse wurden dann noch die Ausgaben für Internetwerbung hinzugefügt. Als Outputvariable diente dabei der erzielte Umsatz. Die Analysen waren dynamischer Natur. Die verfügbaren Daten erstreckten sich über mehrere Jahre. Die DEA lieferte das Ergebnis, dass ca. 24% mehr Umsatz mit den eingesetzten Werbemitteln erreicht hätte werden können. Desweiteren konnte man eine positive Wirkung von Internetausgaben auf den Effizienzwert feststellen. Die Autorin behauptet desweiteren, dass erzielte Ergebnisse von Werbeaktivitäten längerfristig gemessen werden sollten, da kurzfristige Erfolge viele Faktoren nicht berücksichtigen können, die für den Unternehmenserfolg und

---

<sup>2</sup>vgl. [LD1].

<sup>3</sup>vgl. [Per].

somit den Markenwert verantwortlich sind.

Auch Cheong<sup>4</sup> beschäftigte sich mit der Werbeeffizienz der 100 Top-Werbenden 2003 in den USA, indem er vier Inputvariablen, nämlich die Ausgaben für Print, TV, Radio und Internet in die Analyse mit einbezog. Dabei kam er zu dem Resultat, dass die Werbeeffizienz von Radio und Print deutlich niedriger als die von TV und Internet ist. Demnach sieht er ein hohes Verbesserungspotenzial bei den Ausgaben für Print vorliegen und schließt aus den Ergebnissen, dass es sich sehr wohl lohnt in diese Mediengattung zu investieren.

Man erkennt aber, dass die DEA, vor allem in jüngster Vergangenheit, ein beliebtes Hilfsmittel zur Beurteilung von Werbeeffizienz ist. Daher soll diese auch zur Untersuchung des nachfolgenden Problems verwendet werden.

## 3.2 Problemstellung

Das folgende Fallbeispiel wurde in Zusammenarbeit mit einem Partner aus der Wirtschaft durchgeführt. Alle verwendeten Daten dürfen gemäß einer Vereinbarung mit diesem Partner nicht veröffentlicht werden. Die relevanten Größen dieser Untersuchung werden deshalb anonymisiert dargestellt. Die grundsätzlichen Aussagen bleiben jedoch trotzdem gültig.

### 3.2.1 Ausgangssituation

Jedes Jahr geben Unternehmen hohe Summen für Werbung aus, mit dem Hintergrund, das Unternehmensziel, etwa einen höheren Umsatz oder einen stärkeren Bekanntheitsgrad zu erreichen. Dabei wird immer mehr gefordert, dass Werbeleistungen anhand von Fakten quantifizierbar sind und getätigte Budgetausgaben gerechtfertigt werden<sup>5</sup>. Es ist daher wichtig, einen Zusammenhang zwischen den eingesetzten Mitteln (Werbeausgaben) und dem ökonomischen Erfolg (etwa einer Werbekampagne oder einer Marke selbst) herzustellen, also die Effizienz der Werbung zu messen<sup>6</sup>.

---

<sup>4</sup>vgl. [Che].

<sup>5</sup>vgl. [BStH], S. 17.

<sup>6</sup>vgl. [HB], S. 34.

### 3.2.2 Zielsetzung

Ziel dieser Analyse ist es den kurzfristigen Werbeerfolg mit den eingesetzten Werbemitteln in Beziehung zu setzen, also die Werbeeffizienz zu messen. In dieser Untersuchung geht es dabei um Werbung im Bereich Kosmetik (Haarpflege). Die Messung wird auf zwei Ebenen betrachtet. Im Rahmen der ersten Untersuchung soll die Werbeeffizienz von 15 Marken, die im Bereich Haarpflege in Österreich tätig sind, mit Hilfe der DEA empirisch illustriert werden. Die zweite Analyse betrachtet dann 52 Produktwerbekampagnen von 6 ausgewählten Marken, deren Effizienz verglichen werden soll. Somit können in dieser Analyse bei der Ermittlung der Werbeeffizienz auch Vergleiche mit Wettbewerbern beziehungsweise Konkurrenzprodukten gemacht werden, welche wichtige Erkenntnisse liefern.

## 3.3 Auswahl der Parameter und Datengrundlage

Die Entscheidung, welche Parameter in die Analyse einfließen sollen, ist essentiell. Allgemein wird gefordert, dass diese  $\geq 0$ , bei den klassischen DEA Modellen auch teilbar<sup>7</sup> und die Input- und Outputvariablen nicht negativ korreliert sind<sup>8</sup>. Stehen sie in einem negativen Zusammenhang, so muss für die DEA auf jeden Fall ein positiver sachlogischer Zusammenhang gefunden werden<sup>9</sup>. Die Parameter können aber unterschiedlich skaliert sein und müssen nicht in Geldeinheiten angegeben werden<sup>10</sup>. Generell gilt, umso weniger Variablen und umso mehr Entscheidungseinheiten in die Analyse mit einfließen, desto bessere Ergebnisse liefert die DEA<sup>11</sup>. Die Faustregel für das Verhältnis der Anzahl der Parameter und Entscheidungseinheiten, die in die Analyse mit einfließen sollen lautet<sup>12</sup>:

$$2 \times (\text{Anzahl Inputs} \times \text{Anzahl Outputs}) \leq \text{Anzahl der DMUs.}$$

Die vorliegenden Daten stammen von A.C. Nielsen und FOCUS und wurden von einem Partner aus der Wirtschaft, der im Bereich Haarpflege tätig ist, zur Verfügung gestellt. Der Datensatz erstreckt sich über den Zeitraum von Jänner 2008 bis Dezember 2009. Sieht man sich die in der Literatur verwendeten Inputs

---

<sup>7</sup>Allgemeine Voraussetzungen der linearen Programmierung und vgl. [DMK], S. 113.

<sup>8</sup>Die Erhöhung eines Inputs darf nicht zu einer Verringerung des Outputniveaus führen

<sup>9</sup>vgl. [Schee], S. 18.

<sup>10</sup>vgl.[DMK], S. 112.

<sup>11</sup>vgl. [DMK], S. 111.

<sup>12</sup>Die Faustregel wurde von Dyson, R.G., Allen, R., Camanho, A.S., Podinovski, V.V., Sarrico, C.S., Shale, E.A., *Pitfalls and protocols in DEA*, European Journal of Operational Research, 2001 vorgeschlagen; in [BH], S. 57.

und Outputs zur Effizienzmessung von Werbung an, so kann man erkennen, dass neben ökonomischen auch psychografische Parameter verwendet werden<sup>13</sup>. Hammerschmidt und Bauer behaupten etwa, dass die Werbewirkung (konative, affektive und kognitive Wirkung) und der Werbeerfolg (ökonomischer Erfolg) in enger Beziehung miteinander stehen. Werbeeffizienzmessungen führen vor allem bei Betrachtung beider Aspekte zu guten Ergebnissen<sup>14</sup>. Da der zur Verfügung stehende Datensatz nur ökonomische Größen beinhaltet, und somit weder konative, affektive noch kognitive Daten zur Verfügung stehen, wird in dieser Analyse der Fokus auf das Verhältnis aus ökonomischen Werbeerfolg und den eingesetzten Werbemitteln gerichtet.

### **3.3.1 Auswahl der Input und Outputvariablen auf Markenebene**

Die Analyse erfolgt auf zwei Ebenen. Die erste Ebene stellt eine Analyse auf Markenbasis dar. Hier werden, mit Absprache des Praxispartners, die 15 österreichweit umsatzstärksten Marken der Jahre 2008 und 2009 aus dem Bereich Haarpflege in die Untersuchung mit einbezogen<sup>15</sup>. Unter diesen 15 befinden sich auch jene 10 Marken, die in diesen 2 Jahren die ausgabenstärksten Marken aus diesem Bereich darstellen<sup>16</sup>. Die ausgewählten Marken entsprechen einer bunten Vielfalt. Einige von ihnen investierten in diesen beiden Jahren sehr viel in Werbung, andere wiederum hatten im Haarpflegebereich kaum Ausgaben. 2 der 15 Marken sind erst 2009 in diesem Bereich aktiv geworden und gehen damit als neue, neben bereits am Markt etablierten Marken in die Analyse mit ein.

Bei der Entscheidung, welche Parameter in die Analyse eingehen sollen, muss bedacht werden, dass nur 15 Entscheidungseinheiten miteinander verglichen werden. Generell gilt: umso weniger Variablen, desto besser das Modell. Umso mehr Variablen in die Berechnung mit einbezogen werden, umso wahrscheinlicher ist es, dass sehr viele Einheiten als effizient ausgewiesen werden, da sie aufgrund einer extremen Ausprägung eines Parameters eine Position einnehmen, die mit keiner anderen Einheit vergleichbar ist<sup>17</sup>. Solche Entscheidungseinheiten können dann sogenannte Self Evaluators werden, da sie für keine ineffiziente Einheit als Referenzpunkt in Frage kommen und ihre eigene, individuelle Strategie verfolgen<sup>18</sup>.

---

<sup>13</sup>vgl. unter anderem [LD1], [HB], [Che], [Per], [FGST].

<sup>14</sup>vgl. [HB], S. 35.

<sup>15</sup>Quelle: AC Nielsen.

<sup>16</sup>Quelle: FOCUS.

<sup>17</sup>vgl. [BH], S. 57.

<sup>18</sup>vgl. [BH], S. 52f.

In der Literatur werden als Inputparameter die Ausgaben für die einzelnen Mediengattungen hergenommen<sup>19</sup>. Da sehr wenige Einheiten in die Analyse mit einbezogen werden, ist es hier nicht möglich die Ausgaben, die für ein bestimmtes Jahr für Werbung getätigt wurden, in die einzelnen Mediengattungen aufzuspalten. Man hätte sonst zuviele Parameter und zu wenige Entscheidungseinheiten. Die zweite Überlegung war, die Werbeausgaben für ein Jahr als einen Parameter, und die zwei stärksten Medienausgaben, TV und Print, für ein Jahr als zweiten und dritten Inputfaktor in die Analyse mit einzubeziehen. Doch diese Idee wurde schnell verworfen, da die Ausgaben für TV und Print in den Werbeausgaben innewohnen.

Desweiteren scheint es auch nicht sinnvoll, nur die zwei stärksten Mediengattungen als Parameter auf dieser Ebene in die Analyse mit einzubeziehen, da Hinweise auf eventuelle Verbesserungen im Medienmix praktischer auf Produkt-/Kampagnenebene erscheinen. Möchte man nicht nur klassische Werbung sondern auch Promotions ins Verhältnis mit dem monetären Werbeerfolg setzen, so muss man in diesem Fall überlegen, welche Faktoren nun sinnvoll für eine Analyse wären.

Auf Markenebene werden daher ganz allgemein die Umsätze, die im Jahr 2009 erbracht wurden, mit den getätigten Werbeausgaben im Jahre 2009 in Beziehung gesetzt und so die Effizienz bewertet. Die Werbeausgaben werden hier in zwei Gruppen gesplittet. Die erste Inputvariable stellen auf dieser Ebene die Ausgaben für klassische Werbung (TV, Print, Aussenwerbung, Onlinewerbung, Radio, usw.) dar. Die Ausgaben für Promotions ergeben die zweite Inputvariable.

Auf dieser Ebene werden die einzelnen Marken zunächst ganz allgemein gemäß ihrer Werbeeffizienz verglichen. Daher erfolgt hier in diesem Schritt keine weitere Splittung der Werbeausgaben in einzelne Mediengattungen. Eine weitere Hinzunahme von Parametern bei so wenigen Entscheidungseinheiten würde die DEA Ergebnisse verfälscht darstellen, wie vorher erläutert.

Als dritter und letzter Inputparameter wird auf dieser Ebene noch der Umsatz des Vorjahres, also der Umsatz des Jahres 2008, mit einbezogen. Die dritte Inputvariable ist eine nicht diskretionäre Variable, also eine Variable, die vom Unternehmen (der Marke) selbst, nicht direkt beeinflusst werden kann, aber dennoch in der Analyse eine besondere Rolle spielt und im engen Zusammenhang mit dem Umsatz des Jahres 2009, welcher den Output dieser Untersuchung darstellt, steht.

Die Werbeeffizienz von 15 Marken, unter denen sich auch zwei relativ neue befinden, soll in dieser Auswertung berechnet werden. Werbeaktionen starker, großer und schon bekannter Marken führen eher zu höheren Umsätzen als solche von neu-

---

<sup>19</sup>vgl. unter anderem [LD1], [Che], [Per], [FGST].

en, unbekannten Marken. Neue Marken werden also tendenziell schwächer bewertet und als ineffizient ausgewiesen. Um einen Vergleich zwischen bereits am Markt etablierten Marken und Neuerscheinungen sicherstellen zu können, benötigt man einen Vergleichsparameter. Diesen stellen eben die Umsätze aus dem Jahre 2008 dar<sup>20</sup>.

Das hier zu lösende Optimierungsproblem ist statischer Natur. Die Berechnung der Werbeeffizienz erfolgt für das Vergleichsjahr 2009. Die Überlegung, die Analyse dynamisch zu gestalten, eine Veränderung der Effizienz über die Jahre zu betrachten, wurde, aufgrund der zur Verfügung stehenden Daten von nur 2 Jahren, verworfen. Möchte man eine längerfristige Effizienzbewertung über die Jahre starten, so ist zum einen ein größeres Zeitfenster notwendig. Zum anderen kann ein Vergleich über die Jahre nur dann stattfinden, wenn man immer die gleichen Entscheidungseinheiten in die Analyse mit einbezieht<sup>21</sup>. Das bedeutet aber auch, dass die zwei neuen Marken garnicht mit einbezogen werden könnten, da keine Daten für diese vor 2009 existieren.

### **3.3.2 Auswahl der Input und Outputvariablen auf Kampagnenebene**

Die zweite Betrachtungsebene stellt eine Analyse auf Produkt-/Kampagnenebene dar. Hier werden die 6 am stärksten werbenden Marken der ersten Ebene ausgewählt, von denen zunächst alle Produktserien rausgefiltert und gesucht werden, für die in diesen 2 Jahren hohe Werbeausgaben getätigt wurden. Anschließend wird untersucht, in welchem Zeitraum eine Werbekampagne und somit Ausgaben für eine bestimmte Produktserie durchgeführt wurden. Da für einige Produkte über mehrere geblockte Zeiträume Kampagnen liefen, und diese dann für jede brauchbare Zeitperiode als eine Entscheidungseinheit betrachtet werden können, kann man insgesamt auf 52 DMUs zurückgreifen, die in die Analyse eingebracht werden. Ziel ist es herauszufinden, ob es zu einer kurzzeitigen Umsatzsteigerung durch eine gestartete Kampagne kommen konnte und welche Kampagnen sich im Vergleich als effizient erweisen konnten. Hier kann nur ein kurzzeitiger Effekt der Werbung auf den Umsatz betrachtet werden, da für einen längerfristigen Effekt (etwa auf das Image) mehr Daten (nicht nur monetärer Natur) in die Untersuchung eingehen müssten. Längerfristige Unternehmensziele können deshalb aus Mangel an Daten hier nicht betrachtet werden.

Die ausgewählten Produkte werden in zwei Kategorien eingestuft. Auf der einen

---

<sup>20</sup>vgl. [GH], S. 208.

<sup>21</sup>vgl. [LS] S.69.

Seite ergeben sich sogenannte Launch-Produkte, also solche, die erst am Markt eingeführt werden und auf der anderen Seite sogenannte Ongoing-Produkte, die bereits länger am Markt verkauft werden. Von den 52 betrachteten Werbekampagnen gehen insgesamt 18 Launch- und 34 Ongoing-Kampagnen in die Untersuchung ein.

Da die einzelnen Kampagnen unterschiedlicher Dauer sind (von 3 bis 22 beworbene Wochen<sup>22</sup>), werden sowohl die Input- als auch die Outputfaktoren als Durchschnittszahlen dargestellt. Als Inputvariablen dienen in dieser Analyse die durchschnittlichen TV-Ausgaben und durchschnittlichen Print - Ausgaben, die während aktiven Werbewochen getätigt wurden. Die ursprüngliche Überlegung, die Werbeausgaben in fünf Bereiche zu splitten, etwa in Ausgaben für TV, Print, Onlinewerbung, Außenwerbung und Radio, wurde hier verworfen, da für die ausgewählten Markenprodukte in Österreich kaum oder garnicht in Onlinewerbung, Außenwerbung oder Radio investiert wurde.

Neben diesen zwei beeinflussbaren Inputvariablen, kommt auch noch eine nicht diskretionäre, dritte Inputvariable hinzu. Diese stellt den durchschnittlichen Umsatz 4 Wochen vor Kampagnenstart dar. Die dritte Variable ist zwar nicht beeinflussbar, aber trotzdem wichtig für die Effizienzanalyse auf Produktebene.

Die Argumentation ist dieselbe wie auf Markenebene. Diese dritte Variable stellt einen Vergleichsparameter dar. Durch diesen dritten Inputfaktor können sowohl Launch als auch Ongoing Produkte in einer Analyse miteinander betrachtet werden. Führt man Einzelanalysen durch, also Analysen mit nur Ongoing-Produkten beziehungsweise nur Launch-Produkten, so erhält man fast dieselben Ergebnisse wie in einer Analyse, in der beide Produktarten betrachtet werden. Die Ausnahme stellt eine Entscheidungseinheit dar, die in der Einzelanalyse als effizient und in der Gesamtanalyse dann als ineffizient ausgewiesen wird. Das bedeutet dann aber, dass die Gesamtanalyse bessere Ergebnisse liefert, da mehr Entscheidungseinheiten zum Vergleich zur Verfügung stehen.

Auf der Outputseite befindet sich nur eine Variable und zwar der durchschnittliche Umsatz während des Kampagnenzeitraumes. Hier werden nicht mehr die aktiven Wochen, sondern der Gesamtwochenschnitt einer Kampagne betrachtet.

In Tabelle (3.1) sind die Parameter, die in die Analyse mit eingehen, sowohl für die Marken- als auch Kampagnenebene zusammengefasst.

An dieser Stelle sei angemerkt, dass für eine bestimmte Entscheidungseinheit auf Kampagnenebene ein Näherungswert aufgrund fehlender Daten, für den Inputparameter durchschnittliche Umsätze 4 Wochen vor der Kampagne gewählt wird. Als

---

<sup>22</sup>Man betrachtet hier die Kampagnenwochen, in denen aktiv geworben worden ist.

<b>Ebene</b>	<b>Inputs</b>	<b>Output</b>
<b>Marken</b>	Ausgaben für klassische Werbung 2009 Ausgaben für Promotions 2009 Umsatz 2008	Umsatz 2009
<b>Kampagnen</b>	durchschnittliche Ausgaben für TV pro Woche durchschnittliche Ausgaben für Print pro Woche durchschnittlicher Wochenumsatz 4 Wochen vor Kampagne	durchschnittlicher Umsatz pro Kampagnenwoche

Tabelle 3.1: Übersichtstabelle über die Input- und Outputfaktoren der Analyse

Näherungswert dient hier das arithmetische Mittel aller nicht beworbenen Wochen der Jahre 2008 und 2009.

Die ausgewählten Variablen entsprechen somit jenen Annahmen, welche für eine Anwendung der DEA erfüllt werden müssen. So ist die Anzahl der in die Analyse eingehenden Input und Outputfaktoren nach der Faustregel von Dyson et al.<sup>23</sup> nicht zu groß, alle Variablen sind teilbar und nicht negativ. Desweiteren kann angenommen werden, dass alle möglichen Kombinationen von bereits realisierten Input-Output-Kombinationen durchführbar sind (Konvexitätsannahme der Technologie). Ferner liegt eine positive Korrelation der Input- und Outputfaktoren auf Markebene vor<sup>24</sup>. Auf Produkt- bzw. Kampagnenebene wird die Annahme positiver Korrelation verletzt, da ein negativer Zusammenhang zwischen den durchschnittlichen Print-Ausgaben und den durchschnittlichen Umsätzen während der Kampagne besteht. Jedoch kann man bei allen Parametern in dieser Analyse zumindest sachlogisch von einem positiven Zusammenhang ausgehen, da eine Erhöhung der Werbeausgaben nicht zu einer Verringerung des Outputs führen wird.

### 3.4 Orientierung des Modells

Nachdem die Input- und Outputfaktoren feststehen, soll nun noch geklärt werden, in welches Modell die Daten eingepasst werden sollen. Unterstellt man konstante Skalenerträge, so bedeutet dies, dass eine Erhöhung der Inputs zu einer proportionalen

<sup>23</sup>vgl. Dyson, R.G., Allen, R., Camanho, A.S., Podinovski, V.V., Sarrico, C.S., Shale, E.A., *Pitfalls and protocols in DEA*, European Journal of Operational Research, 2001 in [BH], S.57.

<sup>24</sup>Die Korrelationsanalyse wurden mit dem Statistik-Softwarepaket R durchgeführt.

Erhöhung der Outputs führt. Aber vor allem im Bereich des Marketings kann kein linearer Zusammenhang zwischen Inputs und Outputs unterstellt werden. In diesem konkreten Fall würde dies bedeuten, dass eine Verdoppelung der Inputs zu einer Verdoppelung des Outputs führen müsste, was aber nicht der Realität entspricht. Aus diesem Grunde wird dieser Untersuchung ein Modell mit variablen Skalenerträgen unterstellt.

Der Praxispartner hat vor dieser Datenanalyse noch nicht mit dem Modell der DEA gearbeitet. Daher wären beide Betrachtungsweisen des Problems, also sowohl eine input- als auch outputorientierte Betrachtung, interessant. Bei einem inputorientierten Ansatz wird ein gegebenes Ziel mit geringstem Mitteleinsatz angestrebt. Bei einem outputorientierten Ansatz hingegen möchte man den Output bei gleichbleibendem Inputniveau maximieren. Zur Entscheidungsfindung welche Orientierung nun gewählt wird, muss man vorher noch klären, welche Orientierung die Situation beim Mitbewerber am besten darstellt beziehungsweise inwieweit der Praxispartner selbst die Inputs und den Output beeinflussen kann. Dazu kommt noch, dass im outputorientierten Fall die Inputvariablen nur als Vergleichseinheiten zur Beurteilung des Outputs betrachtet werden und im inputorientierten Fall der Output nur als Vergleichseinheit dient<sup>25</sup>. Da der Umsatz, der hier den Output auf beiden Ebenen darstellt, nicht direkt vom Praxispartner beeinflussbar ist, da diese monetäre Größe von vielen verschiedenen Faktoren abhängt (auch von der Konkurrenz), wird hier ein inputorientiertes Modell gewählt. Ziel bei einer inputorientierten Betrachtungsweise ist es, das Werbeziel mit möglichst geringem Mittelaufwand zu erreichen. Die Datenanalyse wurde im Juli 2010 beim Praxispartner mit dem inputorientierten Ansatz vorgestellt.

Ferner sei nochmals angemerkt, dass hier nur finanzielle Perspektiven untersucht werden, kundenrelevante Größen werden nicht betrachtet, da solche Daten nicht zur Verfügung stehen.

Ziel der Analyse auf Markenebene ist es herauszufinden, welche Marken als effizient eingestuft werden, welche also, im Vergleich mit den anderen Analyseeinheiten, ihre Werbemittel optimal zu dem damit erreichten Umsatz einsetzen, sie also nicht verschwenden und welche Strategie effiziente Marken zur Aufteilung ihres Werbebudgets verfolgen. Ziel der Analyse auf Produkt- bzw. Kampagnenebene ist es, Hinweise darüber zu geben, welche Kampagnen sich als effizient erweisen, welchen Inputmix diese einsetzen und in welchem Ausmaß die Werbegestaltungsinstrumente gesenkt werden könnten, um effizient zu sein. Durch die DEA können für jede ineffiziente

---

<sup>25</sup>vgl. [LS], S. 74f.

Einheit (Marke oder Kampagne) eine individuelle, vergleichbare Referenzeinheit am effizienten Rand gefunden werden, welche als Benchmark dient. Der vom Benchmark eingesetzte Input-Mix gibt Aufschluss darüber, wie die Inputs theoretisch zu verändern wären, um die Effizienz einer Marke bzw. einer Kampagne zu steigern.

Im Folgenden soll nun die Auswertung und Interpretation der Ergebnisse stattfinden, indem zuerst die Ergebnisse für den gesamten untersuchten Haarpflegemarkt vorgestellt und diskutiert werden soll (auf Gesamtebene). Im weiteren Schritt wird dann auf die einzelnen Resultate und Effizienzen einzeln ausgewählter Marken und Kampagnen eingegangen (Analyse auf Einzelebene). Die erste Ergebnisdarstellung ist dabei auf Markenebene zu betrachten, während die zweite Vorstellung der Resultate auf Produkt- bzw. Kampagnenebene stattfindet. Die folgenden Berechnungen werden mit einem DEA-Solver gelöst, welcher in Microsoft Excel anwendbar ist<sup>26</sup>.

---

<sup>26</sup>Die Berechnungen werden mit der Software von [Zhu] durchgeführt.

# Kapitel 4

## Messung der Werbeeffizienz - Ergebnisdarstellung

### 4.1 Ergebnisse auf Markenebene

#### 4.1.1 Analyse über alle betrachteten Entscheidungseinheiten

Bei Anwendung des inputorientierten BCC-Modells wurden 10 der 15 Entscheidungseinheiten als effizient eingestuft. In Tabelle (4.1) sind die Effizienzwerte aller ineffizienten DMUs angegeben. Effiziente Marken erreichen einen Effizienzindex von 1. Die restlichen 5 Entscheidungseinheiten liegen unter diesem Wert und werden somit als ineffizient eingestuft. Ihr Effizienzwert reicht von 62.079% (Herbal Essences) bis 99% (Marke Alpecin) (vgl. Tabelle (4.1)). Der Abstand der ineffizientesten Marke zum Rand liegt also bei über 30%. Der durchschnittliche Effizienzwert über alle Marken beträgt um die 93%. Die 10 effizienten Marken bilden die gesuchte Randfunktion und stellen somit Benchmarks für die ineffizienten Einheiten dar. Unter den ineffizienten Marken kann ein Ranking erstellt werden, Herbal Essences und Fructis stellen unter allen Einheiten die ineffizientesten dar. Unter den effizienten Einheiten kann kein Ranking erstellt werden, da diese Einheiten ja nur mit einem Effizienzindex von 1 ausgewiesen werden.

Um festzustellen, an welchen Marken sich ineffiziente Entscheidungseinheiten orientieren müssen, um ihre Effizienz zu steigern, kann wieder Tabelle (4.1) herangezogen werden. Jede effiziente Einheit ist ihre eigene Referenzeinheit, für jede ineffiziente DMU existiert eine Einheit auf der Randfunktion, welche den Benchmark darstellt. Dabei muss diese Referenzeinheit auf der Randfunktion keine echte

DMU darstellen, sondern kann auch eine virtuelle Einheit sein, die aus Linearkombination effizienter Einheiten gebildet wird. Die Tabelle (4.1) zeigt, welche Marken (Efficient Peers) mit welchen Anteilen in die jeweilige Referenzeinheit eingehen.

Dabei ist festzustellen, dass einige effiziente Entscheidungseinheiten öfters als andere zum Vergleich herangezogen werden. Einheiten, die am häufigsten mit einem gewissen Bestandteil als Referenzeinheit herangezogen werden, bezeichnet man als Performance-Leader. Performance-Leader dieser Analyse stellt die Marke Syoss dar. Diese wird von allen 5 ineffizienten Einheiten als Referenzeinheit herangezogen. Diese Marke dominiert also alle ineffizienten Marken. So wird zum Beispiel für Entscheidungseinheit Fructis der virtuelle Benchmark auf der Randfunktion durch Linearkombination aus 44.5% aus Glem Vital und zu 55.5% aus Syoss gebildet (vgl. Tabelle (4.1)). Wird eine effiziente Einheit als Benchmark für eine ineffiziente Einheit herangezogen, so bedeutet das, dass diese DMU eine nennenswerte Werbestrategie verfolgt, die zu jener der ineffizienten DMU ähnlich ist, die Marke die Taktik aber effizienter durchsetzen kann.

Desweiteren gibt es aber auch Entscheidungseinheiten, die nie als Vergleichseinheit herangezogen werden. Solche nennt man Self Evaluators. Sie verfolgen eine individuelle Strategie, die mit keiner anderen vergleichbar ist. Dies trifft in diesem Fall für 4 Marken zu, die in der Tabelle (4.1) grau unterlegt sind. Die Marke Dove investiert etwa, im Vergleich zu den anderen in die Analyse einfließenden Entscheidungseinheiten, kaum im Bereich Haarpflege und kann trotzdem hohe Umsätze erzielen. Auch die Marke Frizz Ease hat vergleichsweise geringe Ausgaben, und verteilt ihr Budget fast gleichmäßig in Ausgaben für klassische Werbung und Promotions. Pantene hingegen gibt fast doppelt soviel für Werbung aus wie andere Vergleichseinheiten und kann damit auch hohe Umsätze erzielen. Vergleicht man Pantene aber mit anderen Marken dieser Analyse, die weniger ausgeben, aber dafür fast gleich hohe Umsätze erzielen können, so ist die Effizienz in diesem Fall verwunderlich. Diese Marke ist in ihrer Größenklasse mit keiner anderen Marke vergleichbar und wird als effizient eingestuft, was eine Schwäche der DEA darstellt. Diese Marke stellt in dieser Untersuchung einen Ausreißer da. Ausreißer werden oft als Self Evaluators oder Performance - Leader ausgewiesen.

Eine grundlegende Schwäche, welcher die Analyse auf dieser Ebene gegenübersteht, ist die geringe Anzahl der Entscheidungseinheiten, die in die Berechnung mit einfließen. Die Aussagen, die man hier durch die DEA tätigen kann, sind begrenzt. Viele Dinge sind aufgrund der geringen Datenmenge nicht eindeutig erklärbar. Einheiten, die bei einem Parameter eine starke Ausprägung aufweisen, und somit von keiner

anderen Einheit dominiert werden, werden als effizient ausgewiesen<sup>1</sup>. So ist etwa kaum erklärbar, wieso die Marke Nivea nie als Benchmark für ineffiziente Einheiten eingeht und als Self Evaluator ausgewiesen wird. Desweiteren werden aufgrund der geringen Vergleichbarkeit viele Einheiten als effizient ausgewiesen.

Die Idee, weitere Entscheidungseinheiten in die Analyse mit einzubeziehen, wurde erwogen jedoch wieder verworfen. Diese 15 Marken waren die stärksten Marken der Jahre 2008 und 2009 im Bereich Hair Care in Österreich. Ein Vergleich mit umsatzschwächeren Marken, was eine Hinzunahme weiterer Entscheidungseinheiten in die Berechnung bedeuten würde, wird vom Praxispartner als nicht interessant empfunden.

Jedoch konnte dem Praxispartner auf dieser Ebene ein Eindruck über die Funktionsweise der DEA gegeben werden um dann im nächsten Schritt detaillierter in die Materie einzusteigen, was auf Produktebene geschehen soll.

---

<sup>1</sup>vgl. hierzu auch die Erläuterungen aus Kapitel 2 dieser Arbeit, deren zentrale Quelle [BH] darstellt.

Marke	Effizienzwert	Benchmark für ineffiziente Einheiten									
		Crisan	Dove	El Vital	Frizz Ease	Glem Vital	Guhl	Nivea	Pantene	sheer blonde	Syoss
Alpecin	0.992	0.0213								0.9654	0.0133
Fructis	0.698					0.445					0.555
Gliss Kur	0.884			0.063		0.153	0.589				0.195
Head & Shoulders	0.744			0.1834		0.1084	0.0867				0.6215
Herbal Essences	0.621									0.034	0.966

Tabelle 4.1: Effizienzwerte und Benchmarks auf Markenebene

## 4.2 Ergebnisse auf Produktebene

### 4.2.1 Analyse über alle betrachteten Entscheidungseinheiten

Nachdem die Markenebene näher beleuchtet wurde, soll nun auch im nächsten Schritt eine Analyse auf Produktebene stattfinden. Hier werden Kampagnen verschiedener Produkte ausgewählt, die über einen bestimmten Zeitraum liefen. Ziel auf dieser Ebene ist es mit Hilfe der DEA herauszufinden, welche untersuchten Kampagnen sich als effizient erweisen, welchen Inputmix solche DMUs einsetzten und in welchem Ausmaß ineffiziente Einheiten die Werbegestaltungsinstrumente theoretisch senken könnten, um effizient zu werden.

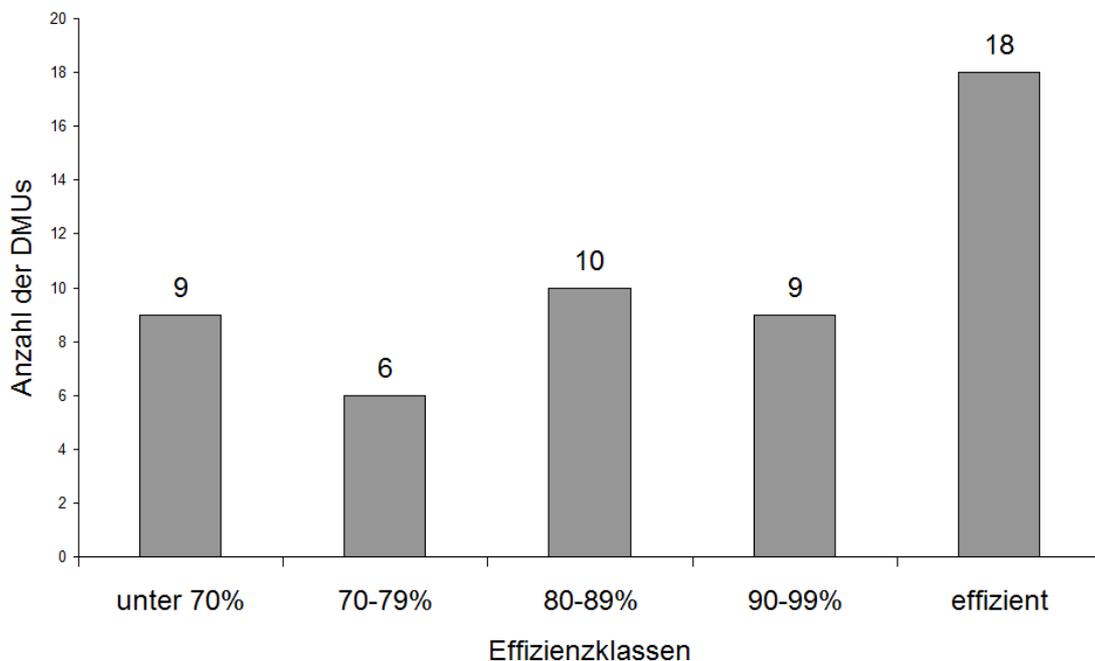


Abbildung 4.1: Effizienzklassen auf Produktebene

Insgesamt gehen 52 Werbekampagnen 6 verschiedener Marken in die Untersuchung ein. Dabei unterscheidet man zwischen solchen Produkten, die erst neu am Markt erschienen sind, sogenannten Launch-Produkten, und sogenannten Ongoing-Produkten, also Produkte die bereits länger am Markt etabliert sind. Als Inputvariablen auf dieser Stufe dienen die durchschnittlichen Werbeausgaben für die Mediengattungen TV und Print während aktiv beworbenen Wochen in einer Kampagne und die durchschnittlichen Wochenumsätze 4 Wochen vor Kampagnenstart. Als Output werden die durchschnittlichen Umsätze während einer Kampagne herangezogen.

Auf dieser Ebene werden 18 von 52 Einheiten als effizient eingestuft. Davon sind 11 Launch- und nur 7 Ongoing-Produkte. Diese erreichen einen Effizienzwert von 100%. Die restlichen 34 Entscheidungseinheiten (7 Launch- und 27 Ongoing-Kampagnen) werden als ineffizient eingestuft. Ihr Effizienzindex reicht von 0.606 (DMU Pantene 4) bis 0.992 (DMU Fructis 7). Der durchschnittliche Effizienzwert über alle Kampagnen beträgt 87.6%.

Diese 18 effizienten Einheiten und alle Linearkombinationen, die aus ihnen gebildet werden können, stellen Benchmarks für die ineffizienten Einheiten dar. In den Spalten der Tabelle aus Abbildung (4.2) können jene Werte herausgelesen werden, die in die Kostrunktion der virtuellen Referenzeinheit einer ineffizienten DMU eingehen.

Performance-Leader ist in dieser Analyse die Kampagne Pantene 8, da diese 19 mal mit einem gewissen Anteil als Referenz für ineffiziente Einheiten eingeht. So wird zum Beispiel für die Ermittlung der Zielwerte für Entscheidungseinheit El Vital 5 der virtuelle Benchmark durch Linearkombination zu 3% aus Head & Shoulders 5 und zu 97% aus Pantene 8 gebildet. Der Effizienzwert von El Vital 5 beträgt 74.05%. Dieser Wert bedeutet, dass die virtuelle Referenzeinheit den gleich Umsatz mit nur 74.05% der eingesetzten Inputs von El Vital 5 erreicht. Demnach müsste diese ineffiziente Einheit nach der DEA unter Beibehaltung des Outputniveaus sein Inputvolumen proportional um 24.95% senken, um effizient zu werden.

Die Kampagne Pantene 8 ist eine Ongoing Kampagne. Sie dauerte etwas länger als vergleichbare Kampagnen anderer in die Analyse eingehender Ongoing Produkte und konnte das gewünschte Ziel, nämlich eine kurzfristige Umsatzsteigerung, durch Werbung erreichen. Bei den Launch Produkten stellt die Kampagne Fructis 2 den Performance-Leader dar. Diese Einheit wurde 10 mal mit einem gewissen Anteil als Benchmark herangezogen. Diese Einheit hatte, im Vergleich zu anderen Launch Produkten, die geringsten Werbeausgaben getätigt und konnte durch die geschaltete Kampagne den Umsatz kurzfristig enorm steigern.

Einen Self Evaluator stellt die Kampagne von El Vital 1 dar. Die Kampagne für dieses Produkt wird von ineffizienten Einheiten nie als Benchmark herangezogen.

Kampagnen	Effizienz	Benchmarks für ineffiziente Einheiten																	
		ElVital 1	ElVital 3	ElVital 6	ElVital 7	ElVital 10	ElVital 14	Fructis 1	Fructis 2	Glem Vital 2	Glem Vital 4	Head&Shoulders 1	Head&Shoulders 5	Head&Shoulders 7	Nivea 3	Nivea 9	Pantene 1	Pantene 2	Pantene 8
ElVital 2	0,923		0,994										0,000						0,006
ElVital 4	0,934												0,276						0,724
ElVital 5	0,740												0,030						0,970
ElVital 8	0,929									0,315									0,685
ElVital 9	0,689				0,948		0,049								0,003				
ElVital 11	0,785		0,705										0,000						0,295
ElVital 12	0,877		0,057												0,797				0,146
ElVital 13	0,784		0,811										0,030						0,159
Fructis 3	0,894							0,0201	0,7505						0,1234				0,1060
Fructis 4	0,690		0,229									0,476					0,295		
Fructis 5	0,624											0,451				0,094			0,455
Fructis 6	0,815							0,243	0,108						0,220				0,430
Fructis 7	0,992				0,249			0,089	0,472						0,189				
Fructis 8	0,953		0,192									0,725					0,083		
Glem Vital 1	0,677		0,381						0,007			0,165						0,448	
Glem Vital 3	0,929		0,047									0,135		0,371				0,448	
Glem Vital 5	0,694		0,195												0,804				0,001
Head&Shoulders 2	0,879			0,376									0,254						0,370
Head&Shoulders 3	0,979												0,154						0,846
Head&Shoulders 4	0,772		0,070										0,214						0,716
Head&Shoulders 6	0,947		0,315														0,685		
Nivea 1	0,888							0,225	0,775										
Nivea 2	0,810		0,319									0,551					0,130		
Nivea 4	0,848							0,329	0,300						0,149				0,223
Nivea 5	0,673							0,044	0,956										
Nivea 6	0,737		0,037					0,069	0,894										
Nivea 7	0,641				0,081			0,225	0,204						0,489				
Nivea 8	0,838		0,217													0,647			0,136
Nivea 10	0,813						0,156								0,447			0,397	
Pantene 3	0,936		0,976										0,024						
Pantene 4	0,606								0,367			0,537						0,097	
Pantene 5	0,639					0,004				0,118									0,878
Pantene 6	0,785		0,253										0,305						0,442
Pantene 7	0,830			0,214															0,786

Abbildung 4.2: Effizienzwerte und Benchmarks auf Produktebene

## 4.2.2 Ursachen der Ineffizienz

Es gibt verschiedene Gründe, wieso eine Einheit als ineffizient ausgewiesen wird. Die Frage, die sich nun stellt, ist welcher Parameter die Ineffizienz mehr beeinflusst.

Die DEA gibt Hinweise auf generelle Ineffizienztreiber auf Basis der Effizienzwerte und Slacks. Diese Ineffizienztreiber werden hinsichtlich jener Parameter bestimmt, die den größten Einfluss auf die gesamte Ineffizienz haben<sup>2</sup>. Bei einem Inputorientierten Modell ist das Ziel, die Inputmenge bei einem gegebenen Outputniveau zu minimieren. In diesem Fall die durchschnittlichen Ausgaben für TV und Print während einer Kampagne. Aus diesem Grunde beziehen sich die berechneten Effizienzwerte auf die Inputparameter dieser Analyse.

Die Gesamtineffizienz auf der Inputseite lässt sich durch die Summe aller Verbesserungspotenziale (proportionale sowie nicht proportionale (Slacks)), die über alle untersuchten Kampagnen betrachtet werden, berechnen<sup>3</sup>. Daraus ergibt sich, dass ein falsch gewähltes Budget für TV die Ineffizienz stärker beeinflusst als ein falsch gewähltes Budget für Print. So hätten also etwa 27.7% der getätigten Werbeausgaben für TV und Print eingespart werden können, wenn effizient geworben worden wäre.

## 4.2.3 Medienmix der effizienten Einheiten

Nachdem nun Performance Leader und Self Evaluator dieser Analyse feststehen, soll noch untersucht werden, welche Strategien effiziente Kampagnen verfolgen. Im ersten Diagramm sind die 7 effizienten Ongoing Kampagnen abgebildet. Dem Diagramm in Abbildung (4.3) kann man entnehmen, dass Ongoing Produkte tendenziell eine einheitliche Strategie verfolgen. Das Budget für TV und Print, welches zur Verfügung steht, wird von den meisten DMUs hauptsächlich für TV-Präsenz ausgegeben, mit einer Ausnahme von Entscheidungseinheit Fructis 1. Diese Produktkampagne verteilte ihr Budget recht einheitlich in beide Mediengattungen mit einem sogar höheren Print-Anteil.

In Diagramm (4.4) werden die effizienten Launch Kampagnen analysiert. Im Gegensatz zu den Ongoing Produkten, ist hier keine einheitliche Strategie der Verteilung des Budgets in die einzelnen Mediengattungen ersichtlich. Während die einen einen eindeutigen Medienmix aus TV und Print verfolgen, gibt es andere effiziente Einheiten die nur in TV investieren, wie etwa Pantene 1.

---

<sup>2</sup>vgl. [BGH], S. 194.

<sup>3</sup>vgl. [BGH], S. 194.

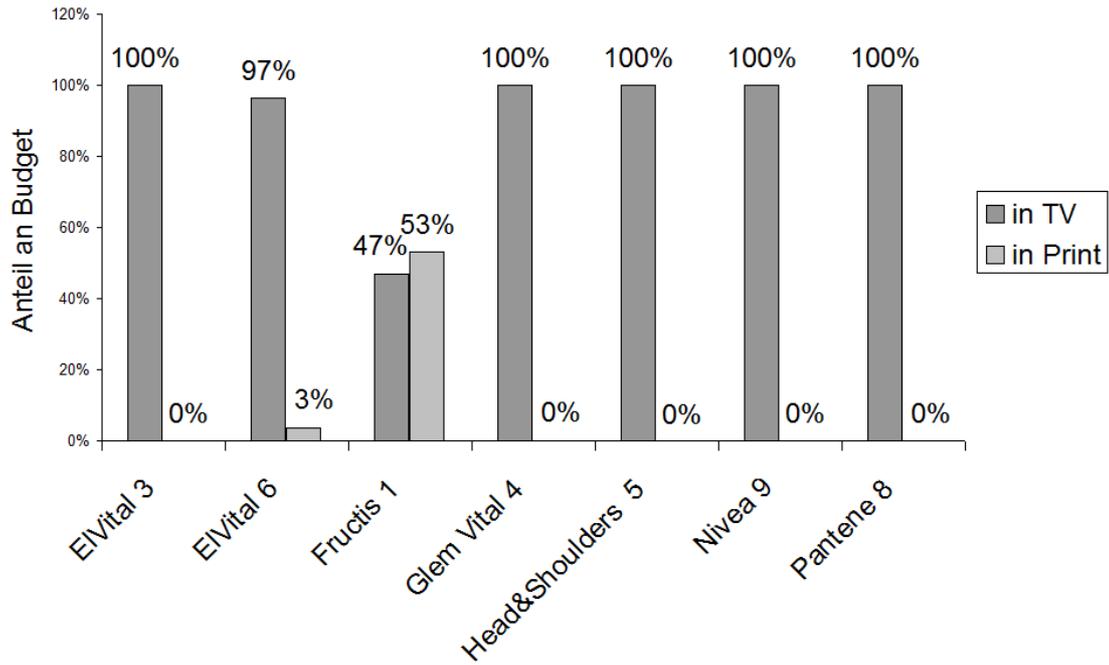


Abbildung 4.3: Medienmix der effizienten Ongoing Kampagnen

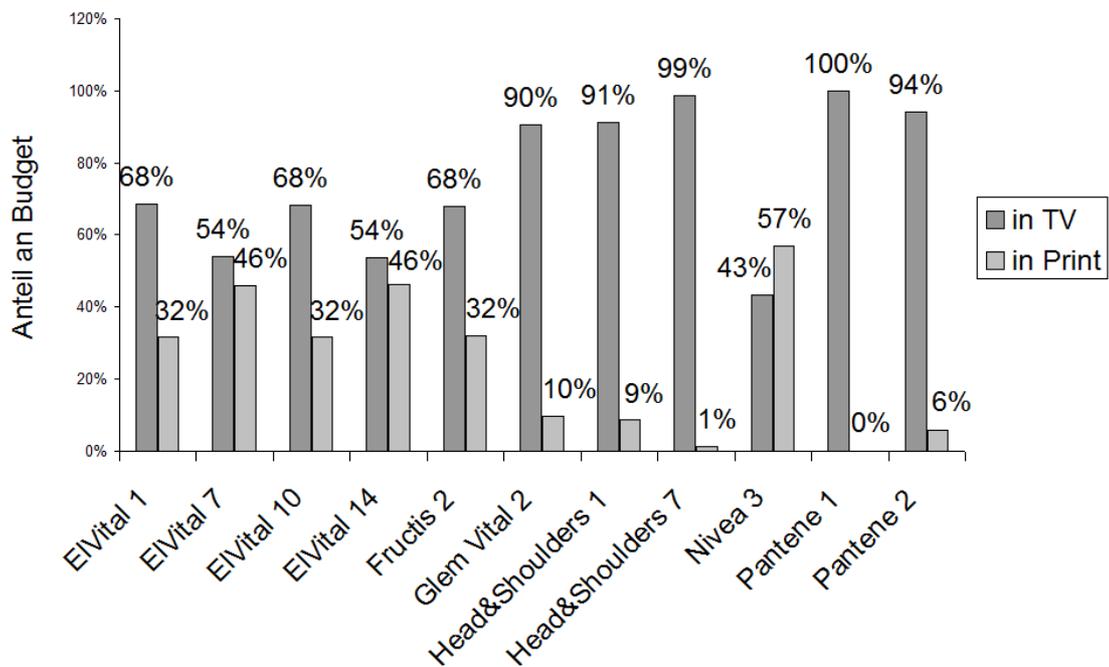


Abbildung 4.4: Medienmix der effizienten Launch Kampagnen

#### 4.2.4 Analyse einzeln ausgewählter Entscheidungseinheiten

Bis hierher sind allgemeine Aussagen über alle mit einfließenden Entscheidungseinheiten der Analyse getroffen worden. Die DEA weist aber für jede einzelne DMU jene Parameter aus, die für bestimmte Leistungslücken verantwortlich sind. Desweiteren gibt sie darüber Auskunft, wie diese theoretisch zu verändern wären damit die Einheit, in dem Fall die Kampagne, effizient wird. In diesem Teil der Arbeit sollen somit einzelne Entscheidungseinheiten näher betrachtet und analysiert werden.

Die Vorgehensweise der DEA soll am Beispiel von Produktkampagne Pantene 7 beschrieben werden: Um die Zielwerte der einzelnen Parameter für Pantene 7 zu ermitteln, wurde eine virtuelle Referenzeinheit zu 21.4% aus El Vital 6 und zu 78.6% aus Pantene 8 gebildet. Pantene 7 erreicht einen Effizienzwert von 83%. Dieser Wert bedeutet, dass die virtuell gebildete Vergleichseinheit den gleichen Umsatz mit 17% weniger Umsatz vor der Kampagne und mit nur 83% der eingesetzten Werbemittel für TV und Print von Pantene 7 erreicht. Die erste Folgerung hier wäre also, dass Pantene 7 unter Beibehaltung des Outputniveaus alle Inputs proportional um 17% senken kann, um effizient zu werden. Die Zielwerte, auf die hin die Inputs zu reduzieren wären, ergeben sich durch Kombination der Inputmengen der jeweiligen Referenzeinheiten. Für jeden Input werden die Werte der Vergleichseinheiten mit dem jeweiligen Anteil multipliziert und anschließend addiert. Für Kampagne Pantene 7 liegt der Fall vor, dass die proportionale Reduzierung der Inputfaktoren um 17% nicht ausreicht, um als effizient ausgewiesen zu werden. Es liegen daher Inputslacks vor. Um also die Zielwerte dieser ineffizienten Kampagne zu ermitteln, sind zu dem proportionalen Verbesserungsfaktor auch die Inputslacks zu addieren. Das Modell lokalisierte vor allem bei den durchschnittlichen Print-Ausgaben hohe Einsparungsmöglichkeiten. Nach der DEA müsste die Kampagne für dieses bestimmte Produkt den gleichen Umsatz wie bisher mit 53% weniger durchschnittlichen TV-Ausgaben und mit bis zu 96% weniger Print-Ausgaben erreichen, um als effizient eingestuft zu werden.

Ob bei dieser Kampagne solch hohe Ausgaben bewusst getätigt worden sind, etwa um längerfristige Ziele zu erreichen, oder ob die Ausgaben wirklich zu hoch angesetzt waren, kann in dieser Form nicht geklärt werden. Solche Maßnahmen hängen jeweils vom Management ab. Was durch die DEA hier gezeigt werden soll ist, wo das Programm Ineffizienzen lokalisiert, wieso also Einheiten nicht effizient bewertet werden. Durch die DEA wird auch ein Vergleich mit Konkurrenzkampagnen ermöglicht. Durch das Modell kann neben der eigenen Lokalisierung von Lücken auch die Arbeitsweise der anderen mit der eigenen verglichen werden (etwa welchen Medienmix

sie wählen, in welcher Höhe, usw.).

Genauso wie für die Kampagne Pantene 7 lassen sich auch für die ineffiziente Kampagne Fructis 7 Aussagen tätigen. Fructis 7 erreicht einen Effizienzindex von 99.2%. Laut dem Modell müsste diese Kampagne in Zukunft, um den gleichen Umsatz zu erzielen, seinen Inputeinsatz um 0.8% senken, um effizient zu werden. In der Praxis wird man aber die Ausgaben für eine Werbekampagne nicht um so einen Wert senken können. Diese Reduktion fällt auch bei hohen Summen nicht ins Gewicht und wäre unnötig. Deshalb kann man in diesem Fall für praxisrelevante Anwendungen Fructis 7 als „quasi“ effizient ansehen. Bei dieser Kampagne ist relativ deutlich erkennbar, dass die Verbesserungsvorschläge (Werte) der DEA nicht 1:1 in der Praxis realisierbar sind und daher auch abzuwägen ist, ob eine aufgedeckte Ineffizienz auch in der Praxis realistisch erscheint.

Auch bei DMU Glem Vital 3 tritt dieser Fall auf. Mit einem Effizienzwert von 92.9% wird diese Einheit im Modell als ineffizient ausgewiesen. Laut DEA müsste diese Einheit seine Inputs also um 7.1% reduzieren um als effizient zu gelten. Aber auch hier wird man nicht das gesamte Budget um etwa 7% senken, da diese Reduzierung nicht wirklich ins Gewicht fällt. Auch hier ist eine kritische Überprüfung aus der DEA erhaltenen Werte für die Anwendung in der Praxis nötig.

Interessant erscheinen hier solche Einheiten, die neben der proportionalen Reduktion noch einen hohen Inputslack aufweisen. Betrachtet man etwa die besonders auffällige Produktkampagne Head & Shoulders 2, so erreicht diese einen Effizienzwert von 87.9%. Die virtuelle Referenzeinheit für diese ineffiziente DMU setzt sich zu 37.6% aus ElVital 6, zu 25.4% aus Head & Shoulders 5 und zu 37% aus Pantene 8 zusammen. Die virtuelle Referenzeinheit konnte mit 12.1% weniger Umsatz vor der Kampagne und mit 87,9% der Inputmenge von Head & Shoulders 2 denselben Output erreichen. Neben der proportionalen Reduktion von 12.1% kommt aber noch eine überproportionale Verbesserung in Form eines Inputslacks bei den durchschnittlichen Print-Ausgaben hinzu. Wird neben der proportionalen Verbesserung der Inputslack dazugenommen, so weist das Modell eine Verbesserungsmöglichkeit von 92% für die Print-Ausgaben aus. Betrachtet man die Folgekampagnen zu diesem Produkt, so kann man erkennen, dass diese gar keine Ausgaben für die Mediengattung Print getätigt haben.

Auch wenn bei Inputorientierung der Output als konstant angesehen wird, kann es dennoch möglich sein diesen an gewissen Stellen zu erhöhen. Wie bereits in Kapitel 2 erwähnt<sup>4</sup>, können selbst nach Erreichen der Randfunktion noch weitere,

---

<sup>4</sup>Kapitel 2 in dieser Arbeit in Anlehnung an [BH].

überproportionale Verbesserungen vorliegen, um die virtuelle Referenzeinheit zu erreichen. Neben Inputüberschüssen können also im inputorientierten Slack-erweiterten BCC Modell auch überproportionale Outputdefizite aufgedeckt werden<sup>5</sup>.

So liegt etwa bei Kampagne Nivea 6 kein Input- aber sehr wohl ein Outputslack vor. Sind auf der Inputseite proportionale Verbesserungen möglich, so werden auf der Outputseite überproportionale Verbesserungsmöglichkeiten durch das Modell ausgewiesen. Dieser Slackwert führt dazu, dass ein Outputdefizit von 60% aufgedeckt wird. Dies bedeutet also nicht nur, dass die virtuelle Referenzeinheit weniger Inputeinsatz benötigt um denselben Output zu erreichen, sondern mit nur 73.7% der Inputs von Nivea 6 sogar einen höheren Umsatz erzielt als die Vergleichseinheit.

### 4.3 Supereffizienz

Die DEA gibt Aufschluss darüber, welche in die Analyse eingehenden Entscheidungseinheiten effizient und welche ineffizient sind. Dabei wird bei den ineffizienten Einheiten der Grad der Ineffizienz angegeben und somit auch ein Ranking unter den Einheiten erstellt. Anders sieht dies bei den effizienten DMUs aus. Diese erreichen in der klassischen DEA-Analyse nur einen Wert von 100%, welcher besagt, dass das Verhältnis von Output zu Inputs in ihrer Klasse ideal ist und die Entscheidungseinheiten ihre Ressourcen optimal im Verhältnis zu ihren Ergebnissen eingesetzt haben. Doch welcher unter all den effizienten Entscheidungseinheiten dies am besten gelungen ist, bleibt bei der klassischen DEA-Analyse unbeantwortet. Aus diesem Grunde wurde eine Modellerweiterung der Grundmodelle der DEA vorgenommen. Die sogenannte Supereffizienz, die von Andersen und Peterson<sup>6</sup> vorgestellt worden ist, soll darüber Aufschluss geben, ob eine Entscheidungseinheit gerade eben noch effizient ist (also ob der Grad zwischen Effizienz und Ineffizienz sehr klein ist) oder ob diese Einheit deutlich weiter vorne gegenüber den anderen Analyseobjekten liegt.

Das Modell von Andersen und Petersen ist - bis auf die Tatsache hin, dass die Einheit, die zu bewerten ist, aus der Menge der Referenzeinheiten ausgeschlossen wird - identisch zu den klassischen DEA-Modellen. Dabei kann die Supereffizienz für jede Ausführung, ob mit konstanten oder variablen Skalenerträgen, ob input- oder outputorientiert, berechnet werden<sup>7</sup>. Das Modell lässt sich also durch eine kleine Änderung der DEA-Programme, die in Kapitel 2 bereits illustriert worden sind,

---

<sup>5</sup>vgl. Programm (2.10) in Kapitel 2 dieser Arbeit, deren zentrale Quelle [BH] darstellt.

<sup>6</sup>vgl. [AP].

<sup>7</sup>vgl. [AP], S. 1263 Fußnote 3 und [LS], S. 85.

anschreiben. Für das inputorientierte slackerweiterte BCC Modell sieht dies dann folgendermaßen aus:

$$\begin{aligned}
& \min_{\lambda_j, s_r^+, s_i^-} \theta_0 - \epsilon \left( \sum_{r=1}^R s_r^+ + \sum_{i=1}^I s_i^- \right) \\
& \text{u.d.B.} \quad \sum_{j=1}^{\bar{J}} \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = y_{r0} \quad \forall r = 1, \dots, R, \\
& \quad - \theta_0 x_{i0} + \sum_{j=1}^{\bar{J}} \lambda_j x_{ij} + s_i^- = 0 \quad \forall i = 1, \dots, I, \\
& \quad \sum_{j=1}^{\bar{J}} \lambda_j = 1
\end{aligned} \tag{4.1}$$

$$\lambda_j \geq 0; s_r^+ \geq 0; s_i^- \geq 0; j = 1, \dots, \bar{J}; \bar{J} = J \setminus \{DMU_0\}.$$

Wieso die betrachtete Einheit ausgeschlossen wird, soll anhand eines einfachen Beispiels mit einem Input und einem Output illustriert werden, welches schon in Kapitel 2 und Tabelle (2.1) (siehe S. 12) verwendet wurde<sup>8</sup>.

In Abbildung (4.5) spannen die Einheiten A, H, E, G, C und B den effizienten Rand auf und werden somit auch als effizient ausgewiesen. Die Einheiten D, F und I liegen nicht auf dieser Funktion und sind somit ineffizient. Betrachtet man DMU E, so gilt im klassischen DEA Modell E als ihre eigene Referenzeinheit. E erhält einen Effizienzindex von 1. Das Supereffizienzmodell geht nun so vor, dass es E aus der Menge der Referenzeinheiten ausschließt und eine Referenztechnologie aus den übriggebliebenen Einheiten bildet, die minimalen Abstand zu E haben. In diesem Beispiel wird die Referenztechnologie für E durch Linearkombination der Beobachtungen H und G aufgespannt (vgl. Abbildung (4.5)). Der Referenzpunkt für E im inputorientierten Fall ist in diesem Fall  $E' = (6/10)$  und im outputorientierten Fall  $E'' = (5/8.5)$ . Einheit E benötigt weniger Input um denselben Output zu produzieren wie E' beziehungsweise kann E einen höheren Output als E'' mit demselben Inputeinsatz produzieren. Der Supereffizienzwert im inputorientierten Fall wird aus

---

<sup>8</sup>Für folgende Ausführungen vgl.[AP] und [LS], S. 84ff.

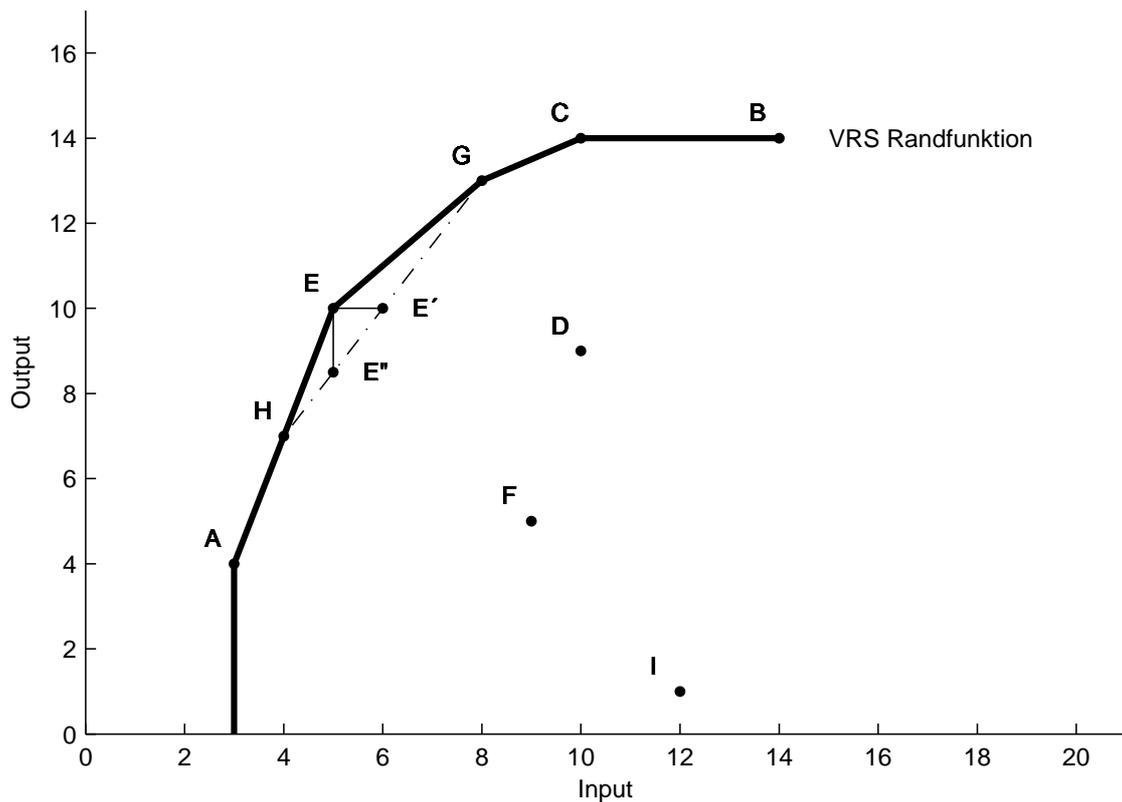


Abbildung 4.5: Prinzip des Supereffizienz Modells

dem Streckenverhältnis  $\overline{O_E E'} / \overline{O_E E''} = 6/5$ <sup>9</sup> errechnet, der in diesem Fall einen Wert  $> 1$ , nämlich 1.2 ergibt. Dieser Wert ist so zu interpretieren, dass DMU E auch nach einer proportionalen Inputsteigerung von 20% gerade noch als effizient angesehen werden kann, doch von der (ineffizienten) Einheit  $E'$  dominiert wird, wenn sie diesen Wert übersteigt.

Betrachtet man die ineffiziente Einheit D, so findet keine Änderung des zugehörigen Effizienzwertes durch das Supereffizienzmodell statt. Diese Einheit liegt nicht am effizienten Rand, deshalb wird auch dieser durch das Ausschließen von D nicht verändert. Für ineffiziente Einheiten stimmen das BCC- und das Supereffizienzmodell überein. Berechnet man auch die Supereffizienzwerte der anderen Einheiten für den inputorientierten Fall so ergibt sich folgendes Ranking:  $C > A > E > G > H > B > D > F > I$  („ $>$ “ bedeutet hier effizienter). Für Entscheidungseinheit H ergibt sich ein Supereffizienzindex von 1. H kann also den Input gar nicht steigern, ohne gleich von einer Kombination aus A und E dominiert zu werden.

Dennoch kann es vorkommen, dass für eine Einheit kein Supereffizienzwert berechnet werden kann, da keine Referenztechnologie aufstellbar ist. Im Beispiel kann

<sup>9</sup> $O_E$  stellt dabei das Outputniveau von E dar.

etwa für Entscheidungseinheit A im outputorientierten Fall kein Supereffizienzwert berechnet werden (vgl. Abbildung (4.6) ). Somit ist das outputorientierte VRS Supereffizienzmodell für Einheit A nicht ausführbar. Gemäß Zhu<sup>10</sup> gilt:

Ist das outputorientierte VRS Supereffizienzmodell für  $DMU_0$  nicht ausführbar, so ist  $DMU_0$  einer der Endpunkte.

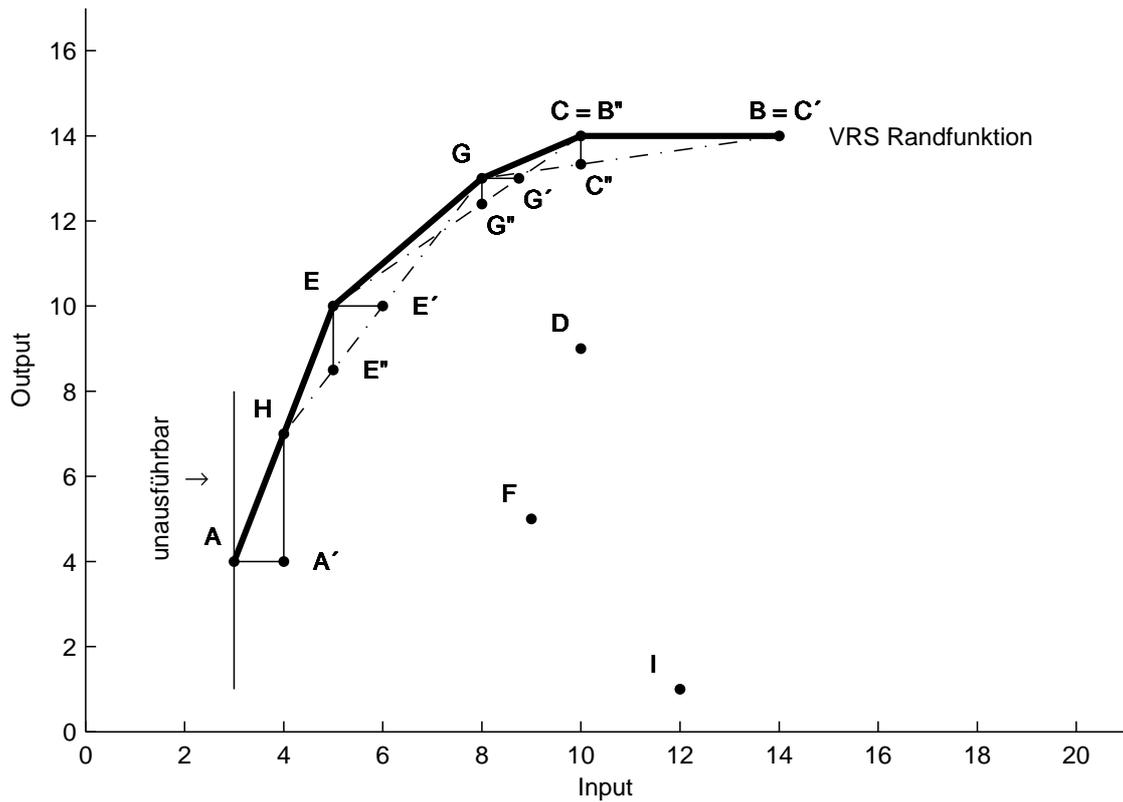


Abbildung 4.6: Unausführbarkeit des Supereffizienzmodells

Diese Schlussfolgerung gilt auch für den inputorientierten Fall<sup>11</sup>. Es sei noch angemerkt, dass die Supereffizienzwerte für den outputorientierten Fall kleiner oder gleich eins sind<sup>12</sup>.

Für das Praxisbeispiel aus Kapitel 3 auf Produktebene ergeben sich für den inputorientierten Fall folgende Supereffizienzwerte (vgl. Tabelle (4.2)):

<sup>10</sup>vgl. [Zhu], S. 209.

<sup>11</sup>vgl.[Zhu], S. 213.

<sup>12</sup>Ineffiziente DMUs werden im klassischen outputorientierten DEA Modell durch einen Wert größer als eins gekennzeichnet. Bildet man den Kehrwert, so sind die Supereffizienzwerte auch hier größer als eins.

DMU	Supereffizienzwert	DMU	Supereffizienzwert
Head & Shoulders 5	infeasible	ElVital 2	0.92
Pantene 2	6.03	Fructis 3	0.89
Fructis 1	2.13	Nivea 1	0.89
ElVital 14	1.58	Head & Shoulders 2	0.88
Fructis 2	1.47	ElVital 12	0.88
Nivea 3	1.42	Nivea 4	0.85
Pantene 1	1.25	Nivea 8	0.84
Head & Shoulders 7	1.24	Pantene 7	0.83
Glem Vital 2	1.24	Fructis 6	0.82
Glem Vital 4	1.17	Nivea 10	0.81
ElVital 7	1.16	Nivea 2	0.81
ElVital 10	1.15	Pantene 6	0.79
Pantene 8	1.12	ElVital 11	0.79
El Vital 3	1.09	ElVital 13	0.78
Head & Shoulders 1	1.08	Head & Shoulders 4	0.77
Nivea 9	1.04	ElVital 5	0.74
ElVital 6	1.03	Nivea 6	0.74
ElVital 1	1.02	Glem Vital 5	0.69
Fructis 7	0.99	Fructis 4	0.69
Head & Shoulders 3	0.98	ElVital 9	0.69
Fructis 8	0.95	Glem Vital 1	0.68
Head & Shoulders 6	0.95	Nivea 5	0.67
Pantene 3	0.94	Nivea 7	0.64
ElVital 4	0.93	Pantene 5	0.64
ElVital 8	0.93	Fructis 5	0.62
Glem Vital 3	0.93	Pantene 4	0.61

Tabelle 4.2: Supereffizienzwerte auf Produktebene

Der Supereffizienzwert für Kampagne Head & Shoulders 5 kann nicht ermittelt werden, wie in Tabelle (4.2) ersichtlich ist. Auffällig ist hier die Tatsache, dass diese Entscheidungseinheit die geringsten durchschnittlichen Ausgaben pro aktiver Kampagnenwoche für ein Ongoing Produkt getätigt hat, was darauf schließen lässt, dass diese Einheit einen Eckpunkt der Randfunktion darstellt. Auch besonders auffällig ist die Reihung des aus vorheriger Untersuchung (vergleiche ab S. 51) hervorgegangen Self Evaluators El Vital 1. Im Ranking unter den effizienten Einheiten, ist diese Einheiten am weitesten unten in der Liste. Der hohe Wert der Launch Kampagne Pantene 2 scheint im Vergleich zu den anderen Werten anfänglich etwas verwunderlich. Man kann diese Tatsache aber dadurch erklären, dass in dieser Analyse Ongoing und Launch Produkte simultan bewertet werden und Launch Produkte tendenziell höhere Werbeausgaben tätigen als bereits am Markt etablierte Produkte.

## 4.4 Weitere Ergebnisse

Während schon analysiert worden ist, wie effiziente Ongoing und Launch Einheiten ihr Budget in die 2 Mediengattungen tendenziell aufteilen und welche Kampagnen Performance Leader bzw. Self Evaluator darstellen, so kann man ebenso die Dauer der entsprechenden Kampagnen untersuchen.

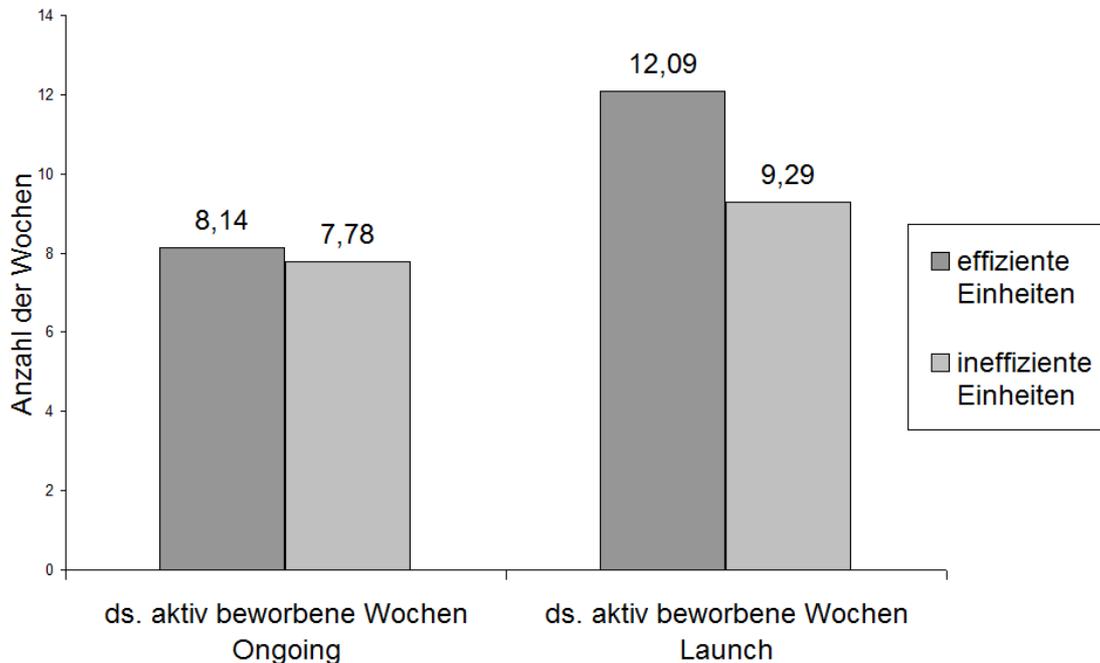


Abbildung 4.7: Kampagnendauer der effizienten und ineffizienten Einheiten

Betrachten man also die Untersuchung auf Produktebene, in der nur 18 Einheiten effizient eingestuft werden (siehe S. 51), so kommt man zu den Ergebnissen, die in Abbildung (4.7) verdeutlicht sind. Zwischen den effizienten und ineffizienten Ongoing Produkten besteht in der durchschnittlichen Kampagnendauer beinahe kein Unterschied (beide haben in etwa 8 Wochen geworben). Betrachtet man Launch Produkte, so werben effiziente Produktkampagnen länger (etwa 12 Wochen) als ineffiziente (diese werben im Schnitt um die 9 Wochen). Es sei angemerkt, dass es sich hier um die aktiv beworbenen Wochen handelt.

Der Versuch, die Anzahl der aktiven Werbewochen als vierte Inputvariable in die Analyse mit einzubeziehen zeigt, dass neben den 18 effizienten Einheiten noch 10 weitere Kampagnen als effizient eingestuft werden. Das auffällige bei dieser Analyse ist, dass einige Kampagnen, die in der vorherigen Untersuchung ineffizient waren, durch die neue Variable als effizient eingestuft werden. Dabei handelt es sich bei den neuen Einheiten fast ausschließlich um Kampagnen, die kurzlebig waren, also nicht

lange andauerten. Dies lässt sich aufgrund der Tatsache erklären, dass eine kürzere Kampagnendauer und somit ein geringerer Inputwert im inputorientierten Modell bevorzugt wird. Auffallend ist, dass unter der Einbeziehung einer vierten Inputvariable, neben Einheiten, die beinahe effizient in der alten Analyse (3 Inputvariablen) waren und nun als effizient ausgewiesen werden, auch solche einen Effizienzindex von 1 erhalten, die vorher im Ranking zu den ineffizientesten DMUs zählten. Das Hinzufügen einer einzigen Inputvariable – in diesem Fall der Kampagnendauer – hat somit bei einigen vormals überaus ineffizienten DMUs eine überproportionale Beeinflussung ihres Effizienzwertes zur Folge. Dies führt in diesen Fällen oftmals dazu, dass sie aufgrund nur einer Inputvariablen bewertet werden. Die Wahl der Kampagnendauer als vierte Inputvariable erweist sich daher als ungünstig.

# Kapitel 5

## Conclusio

Die vorliegende Studie beschäftigte sich mit der Werbeeffizienzmessung im Bereich Haarpflege für Österreich. Die Daten erstreckten sich dabei über 2 Jahre. Das zugrundeliegende Ziel war es, den kurzfristigen Werbeerfolg einer Marke beziehungsweise eines Produkts aus dieser Branche mit den eingesetzten Werbemitteln in Beziehung zu setzen. Die Untersuchung zeigte, wie man mit verfügbaren monetären Daten die Effizienz verschiedener Marken beziehungsweise Kampagnen beurteilen kann. Dabei gliederte sich die Untersuchung in zwei Ebenen. Die eine Ebene stellte die Markenseite, die andere die Produkt-/Kampagnenseite dar. Als Inputvariablen konnten auf Markenebene die Ausgaben für klassische Werbung für das Jahr 2009, die Ausgaben für Promotions im Jahre 2009 und die Umsätze des Jahres 2008 herangezogen werden. Auf Kampagnenebene stellten die durchschnittlichen Ausgaben für TV und Print während einer Kampagne und die durchschnittlichen Umsätze vier Wochen vor Kampagnenstart die Inputs dar. Dabei diente die dritte Variable auf der Inputseite jeweils als Vergleichsparameter in der Analyse. Die dritte Größe war eine nicht beeinflussbare Größe, aber dennoch wichtig für die Untersuchung, da relativ neue mit bereits am Markt etablierten Marken beziehungsweise Produkten in einer einzigen Untersuchung miteinander verglichen worden sind. Als Output diente auf Markenebene der Umsatz des Jahres 2009, auf Kampagnenebene der durchschnittliche Umsatz, der während einer Kampagne erzielt werden konnte. Auf Markenebene gingen dabei 15, auf Produktebene insgesamt 52 Entscheidungseinheiten in die Berechnung mit ein.

Auf Markenebene wurden 66.7% der untersuchten Einheiten als effizient ausgewiesen. Der durchschnittliche Effizienzwert über alle Marken betrug aber in etwa 93%. Als etwas problematisch zu beurteilen war die geringe Anzahl an Entscheidungseinheiten die in der Berechnung betrachtet wurden, was aus den auf Seite

48f. beschriebenen Gründen nicht zielführend war. Generellen Aussagen, die man aufgrund der DEA-Ergebnisse machen konnte, waren begrenzt. Die DEA lokalisierte auch Effizienz bei eindeutigen Ausreißern in der Studie, was als problematisch anzusehen ist, sich aber mit einem Mangel an Daten erklären lässt. Hier ist zu erkennen, dass das Modell sehr sensibel auf Ausreißer reagiert. Einheiten, die aufgrund einer extremen Ausprägung eines Parameters nicht mehr vergleichbar mit anderen Einheiten sind, werden dann als effizient ausgewiesen.

Die 15 untersuchten DMUs stellten die umsatzstärksten Marken der beiden Vergleichsjahre dar. Eine Hinzunahme weiterer Marken aus diesem Bereich, die einen deutlich schwächeren Umsatz erzielten, war nicht von Interesse, da das Hauptaugenmerk des Praxispartners auf einen Vergleich mit der stärksten Konkurrenz lag.

Im nächsten Schritt wurde dann die Analyse schon detaillierter gestaltet, indem Kampagnen von Produktserien gesucht wurden, die miteinander verglichen werden sollten. Diese Kampagnen stellten die Entscheidungseinheiten der Analyse dar. Von den 52 untersuchten Einheiten wurden nur 18 von der DEA als effizient eingestuft. Alle anderen DMUs erhielten einen Effizienzindex kleiner 1 und konnten somit im Vergleich zu den restlichen 18 ihre Werbestrategie nicht effizient umsetzen. Unter den 18 effizienten Einheiten waren 11 Launch- und 7 Ongoing-Produkte. Als Performance Leader wurde die Kampagne Pantene 8 ausgewiesen. Self Evaluator dieser Analyse stellte die Einheit ElVital 1 dar. Das Modell deckte des Weiteren auch auf, dass ein falsch gewähltes Budget für TV eher zur Ineffizienz führt als ein falsch gewähltes für Print. So ließ sich mit der DEA schließen, dass unter Voraussetzung effizienter Werbung etwa 27.7% der getätigten Werbeausgaben für TV und Print hätten eingespart werden können.

Konnte bei den effizienten Ongoing Produkten eine tendenziell einheitliche Strategie des Medienmixes beobachtet werden, bei dem die Budgetausgaben fast ausschließlich für TV getätigt wurden, so war dies bei den Launch Produkten nicht mehr so deutlich. Während einige Einheiten eine Strategie verfolgten, die einen Mix aus beiden Mediengattungen darstellte (wobei der TV-Anteil meist höher ausfiel als der Print-Anteil), so tätigten andere, etwa die effiziente Kampagne Pantene 1, nur TV-Ausgaben und investierten kaum oder gar nicht in Print.

Durch eine Modellspezifikation der klassischen DEA Modelle, dem sogenannten Supereffizienzmodell von Andersen und Petersen <sup>1</sup> konnten auch die effizienten Einheiten untereinander verglichen werden. Das Supereffizienzmodell wies dabei die Kampagne Pantene 2 als effizienteste Einheit aus. Für Kampagne Head & Shoulders

---

<sup>1</sup>vgl. [AP].

5 war das Modell nicht durchführbar, da diese Einheit den Randpunkt der Technologieebene darstellt<sup>2</sup>. Besonders auffällig war die Reihung des Self Evaluators El Vital 1. Diese erreichte den kleinsten Supereffizienzwert im Vergleich zu allen anderen effizienten Einheiten.

Als letztes Ergebnis wurde dann die durchschnittliche Kampagnendauer effizienter und ineffizienter Entscheidungseinheiten miteinander verglichen. Während bei den Ongoing Produkten zwischen den effizienten und ineffizienten Einheiten kein Unterschied bei den beworbenen Wochen bestand, so warben effiziente Launch Produkte im Schnitt um 3 Wochen länger als ineffiziente Einheiten.

Mit Hilfe der DEA können viele grundlegende Aussagen getroffen werden. Jedoch steht die Methodik folgendem Problem bei der Anwendung im Marketing gegenüber: Werte beziehungsweise Ergebnisse, die man durch die DEA erhält, können nicht im Detail angewendet werden. Wie bereits in Kapitel 4 anhand von Entscheidungseinheit Fructis 7 illustriert wurde, ist eine proportionale Inputreduktion von genau 0.8% nicht möglich beziehungsweise auch nicht notwendig. Eine Reduktion von wenigen Prozent ist in der Praxis oftmals nicht durchführbar, da gewisse fixe Werbekosten, etwa für einen TV-Werbespot, nicht reduziert werden können. Somit kann diese DMU in der Praxis als „quasi“ effizient angesehen werden. Die Ergebnisse, welche die DEA liefert, geben also nur Hinweise darauf, in welchen Bereichen prinzipiell Ineffizienzen im Vergleich zu den anderen in die Analyse mit einfließenden Einheiten lokalisiert werden können. Des weiteren darf man die Ergebnisse der DEA nicht in der Hinsicht interpretieren, dass Aktivitäten, die gestartet worden sind, gut oder schlecht beziehungsweise falsch sind. Viele Faktoren, etwa einzelne interne Entscheidungen, die vom Management getroffen werden, sind oft nicht bekannt und können daher in der Untersuchung auch nicht berücksichtigt werden (längerfristige Ziele einer Marke zum Beispiel). Zu beachten ist hier, dass in dieser Studie nur kurzfristige Rückschlüsse gezogen werden konnten, nicht aber längerfristige. So kann etwa ein von der DEA errechnetes Overspending vom Management gewollt sein, um langfristige Ziele zu erreichen.

Zusammenfassend können durch die DEA erfolgreiche und weniger erfolgreiche Strategien identifiziert und miteinander verglichen werden. Für jede ineffiziente DMU werden die Leistungen vergleichbarer effizienter Einheiten als Zielvorgaben herangezogen. Somit können durch die DEA Hinweise gegeben werden, wo tendenzielle Ineffizienzen lokalisiert werden und welche Inputs tendenziell dafür verantwortlich sind. Vor allem im Marketing weist die DEA den Vorteil auf, dass multiple

---

<sup>2</sup>vgl. [Zhu], S. 209.

Inputs und Outputs gleichzeitig betrachtet werden können.

Abschließend ist also zu sagen, dass durch die DEA bestehende Erkenntnisse belegt und anhand des Benchmarking Konzepts auch Vergleiche mit der potenziellen Konkurrenz gestartet und somit auch neue Erkenntnisse erworben werden können.

# Tabellenverzeichnis

2.1	Illustrationsbeispiel der Effizienzmessung im Falle eines Inputs und eines Outputs . . . . .	12
2.2	Illustrationsbeispiel der Effizienzmessung im Falle zweier Inputs und eines Output . . . . .	24
2.3	Zwei Inputs, Ein Output - Multiplier Modell Ergebnisse . . . . .	27
2.4	Zwei Inputs, Ein Output - Envelopment Modell Ergebnisse . . . . .	27
3.1	Übersichtstabelle über die Input- und Outputfaktoren der Analyse . .	44
4.1	Effizienzwerte und Benchmarks auf Markenebene . . . . .	50
4.2	Supereffizienzwerte auf Produktebene . . . . .	62

# Abbildungsverzeichnis

2.1	Illustrationsbeispiel der Effizienzmessung mit konstanten Skalenerträgen im Falle eines Inputs und eines Outputs. . . . .	13
2.2	Illustrationsbeispiel der Effizienzmessung mit variablen Skalenerträgen im Falle eines Inputs und eines Outputs. . . . .	16
2.3	Illustrationsbeispiel der Effizienzmessung bei konstanten Skalenerträgen im Falle zweier Inputs und eines Outputs. . . . .	24
4.1	Effizienzklassen auf Produktebene . . . . .	51
4.2	Effizienzwerte und Benchmarks auf Produktebene . . . . .	53
4.3	Medienmix der effizienten Ongoing Kampagnen . . . . .	55
4.4	Medienmix der effizienten Launch Kampagnen . . . . .	55
4.5	Prinzip des Supereffizienz Modells . . . . .	60
4.6	Unausführbarkeit des Supereffizienzmodells . . . . .	61
4.7	Kampagnendauer der effizienten und ineffizienten Einheiten . . . . .	63

# Literaturverzeichnis

- [AP] Andersen, P., Petersen, N.C. (1993). *A procedure for ranking efficient units in data envelopment analysis*. In *Management Science*, Vol.39, No.10, p.1261-1264.
- [BCC] Banker, R.D., Charnes, A., Cooper W.W. (1984). *Some Models for estimating technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis*. In *Management Science*, Vol.30, No.9,p.1078-1092.
- [BGH] Bauer, H.H., Garde, U., Hammerschmidt, M.(2006). Effizienz von Bannerwerbung im Internet. In Bauer, H.H., Staat, M., Hammerschmidt, M.(Hrsg.). *Marketing-Effizienz: Messung und Steuerung mit der DEA - Konzept und Einsatz in der Praxis*, München, S.187-203.
- [BH] Bauer, H.H., Hammerschmidt, M.(2006). Grundmodelle der DEA. In Bauer, H.H., Staat, M., Hammerschmidt, M.(Hrsg.). *Marketing-Effizienz: Messung und Steuerung mit der DEA - Konzept und Einsatz in der Praxis*, München, S.33-59.
- [BSH] Bauer, H.H., Staat, M., Hammerschmidt, M. (2006). *Marketing-Effizienz: Messung und Steuerung mit der DEA - Konzept und Einsatz in der Praxis*, München.
- [BStH] Bauer, H.-H., Stokburger, G., Hammerschmidt M. (2006). *Marketing Performance: Messen-Analysieren-Optimieren*,1.Auflage,Wiesbaden, S.17-26.
- [Che] Cheong, Y. (2006). *Measuring the Efficiency of Advertising Media Expenditures for Newspapers and Radio*. Paper presented at the annual meeting of the International Communication Association, Dresden International Congress Centre.
- [DFHPT] Dawid, H., Feichtinger, G., Haunschmied, J. L., Prskawetz-Fürnkranz, A., Tragler, G. (2006). *Unterlagen zur Vorlesung Grundlagen Operations Research*

für Technische Mathematiker. Institut für Wirtschaftsmathematik, Technische Universität Wien, Wien, S. 24 - 28.

- [DMK] Diller, H., Metz, R., Keller, J. (2006). Messung der Effizienz von Verkaufsniederlassungen. In Bauer, H.H., Staat, M., Hammerschmidt, M.(Hrsg.). *Marketing-Effizienz: Messung und Steuerung mit der DEA - Konzept und Einsatz in der Praxis*, München, S.109-124.
- [FGST] Färe, R. , Grosskopf S., Seldon, B.J., Trembley V.J. (2004) *Advertising Efficiency and the Choice of Media Mix: A Case of Beer*. In International Journal of Industrial Organization, Vol. 22, No. 4, p.503-522.
- [GH] Görtz, G., Hammerschmidt, M. (2006). Analyse der Effizienz von Sales Promotions. In Bauer, H.H., Staat, M., Hammerschmidt, M.(Hrsg.). *Marketing-Effizienz: Messung und Steuerung mit der DEA - Konzept und Einsatz in der Praxis*, München, S.205-219.
- [HB] Hammerschmidt, M., Bauer, H. H. (2008). *Messung der Werbeeffizienz-Einweistufiger DEA-Ansatz*. In Marketing Review St. Gallen, Volume 25, No. 2, S. 34-39.
- [LS] Löber, G.-A., Staat, M. (2006). Marketingrelevante Weiterentwicklungen der DEA. In Bauer, H.H., Staat, M., Hammerschmidt, M.(Hrsg.). *Marketing-Effizienz: Messung und Steuerung mit der DEA - Konzept und Einsatz in der Praxis*, München, S.61-105.
- [LD1] Luo, X., Donthu, N. (2005). *Assessing advertising media spending inefficiencies in generating sales*. In Journal of Business Research, Vol.58, No. 1, p.28-36.
- [Per] Pergelova, A. (2006). *Assessing Advertising Efficiency: The Case of the Spanish Automobile Industry*, Paper presented at III. Jornada de Pre-Comunicaciones a Congresos de Economía y Administración de Empresas.
- [Schee] Scheel, H. (2000). *Effizienzmaße der Data Envelopment Analysis*, Wiesbaden.
- [Ste] Steinmann, L. (2002). *Konsistenzprobleme der Data Envelopment Analysis in der empirischen Forschung*. Dissertation der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät der Universität Zürich.
- [SF] Stepan, A., Fischer, Edwin O. (2009). *Betriebswirtschaftliche Optimierung - Einführung in die quantitative Betriebswirtschaftslehre*, 8.Auflage, München, S.186-209.

- [SS] Stepan, A., Sommersguter-Reichmann, M. (2005). *Zusatzskriptum zur Vorlesung Betriebswirtschaftlicher Optimierung*. Institut für Managementwissenschaften - Bereich Industrielle Betriebswirtschaftslehre und Wettbewerb, Version 2005, Wien, S. 3-31.
- [SH] Staat, M. Hammerschmidt, M. (2005). *Product Performance Evaluation - A Super-Efficiency Model*. In International Journal of Business Performance Management, Vol.7, No.3, p.304-319.
- [Zhu] Zhu, J. (2003). *Quantitative Models for Performance Evaluation and Benchmarking: DEA with Spreadsheets and DEA Excel Solver*, Kluwer Academic Publishers, Boston.