



**Universität
Zürich** ^{UZH}

Masterthesis
zur Erlangung des
Master of Advanced Studies in Real Estate

**Effizienzanalyse
Schweizer Shoppingcenter mittels
Data Envelopment Analysis (DEA)**

Verfasserin: Dr. Alexandra Bay
bayside@bluewin.ch

Eingereicht bei: Dr. Fabian Wildenauer MRICS, Head of Research & Strategy
Wincasa AG, Reitergasse 9, 8021 Zürich

Abgabedatum: 15. August 2014

Inhaltsverzeichnis	
Abkürzungsverzeichnis	IV
Symbolverzeichnis	VI
Abbildungsverzeichnis	VII
Tabellenverzeichnis	VIII
Executive Summary	IX
1 Einleitung	1
1.1 Ausgangslage und Problemstellung	1
1.2 Zielsetzung	2
1.3 Einordnung und Abgrenzung des Themas	3
1.4 Vorgehen	3
2 DEA-Grundidee anhand der Problematik der Effizienzmessung	4
2.1 Kapitelvorschau	4
2.2 Auswahl an DEA-Kurzdefinitionen	4
2.3 Problematik der Effizienzmessung	5
2.3.1 „Ein-Input–Ein-Output“-Beispiel	5
2.3.2 „Zwei-Inputs–Zwei-Outputs“-Beispiel	8
3 Theoretische DEA-Grundlagen: Modelle und Illustration	11
3.1 Kapitelvorschau	11
3.2 DEA-Grundmodelle	11
3.2.1 Übersicht	11
3.2.2 CCR-Modell	12
3.2.3 BCC-Modell	22
3.2.4 Additives Modell	24
3.3 Wahl des DEA-Modells	26
3.4 Wahl der Decision Making Units und der Input- und Outputfaktoren . . .	27
3.5 Zusammenfassung der DEA-Methode	29
3.6 DEA-Effizienzanalyse: Vorgehen	30
4 DEA-Literaturübersicht mit Fokus auf Immobilien-Anwendungen	31
4.1 Kapitelvorschau	31
4.2 DEA-Bibliografien	31
4.3 Allgemeine DEA-Immobilien-Anwendungen	33
4.4 DEA-Anwendungen bei Handelsimmobilien	36

5	DEA-Anwendung auf Schweizer Shoppingcenter	41
5.1	Kapitelvorschau	41
5.2	Shoppingcenter-Definition	41
5.3	Shoppingcenter-Klassifizierung	42
5.4	Schweizer Shoppingcenter-Markt	43
5.5	Shoppingcenter-Effizienzanalyse: Daten und Modelle	45
5.5.1	Wahl der Decision Making Units	45
5.5.2	Wahl der Input- und Outputfaktoren	46
5.5.3	Wahl der DEA-Modelle	47
5.6	Shoppingcenter-Effizienzanalysen: Ergebnisse und Interpretation	47
5.6.1	DEA-Methode vs. Flächenproduktivität	47
5.6.2	DEA-Methode: Ratios als Faktoren	50
5.6.3	DEA-Methode: Fokus Gastronomie	52
5.6.4	Fazit aus den Effizienzanalysen	54
6	Schlussbetrachtung	55
6.1	Fazit	55
6.2	Diskussion	56
6.3	Ausblick	57
	Literaturverzeichnis	59
	Internetquellen	66
	Anhang	67

Abkürzungsverzeichnis

ADD	Additives Modell
BCC-Modell	Banker-Charnes-Cooper-Modell
BCC-I	BCC-Modell in der input-orientierten Form
BCC-O	BCC-Modell in der output-orientierten Form
CCR-Modell	Charnes-Cooper-Rhodes-Modell
CCR-I	CCR-Modell in der input-orientierten Form
CCR-O	CCR-Modell in der output-orientierten Form
CIO	Chief Investment Office
CREM	Corporate Real Estate Management
CRS	Constant Return to Scale
CSM	Certified Shopping Center Manager
DEA	Data Envelopment Analysis
DEAN	Data-Envelopment-Analysis-Nature
DMU	Decision Making Unit
DP	Dualprogramm
EKZ	Einkaufszentrum
Eur. J. Oper. Res.	European Journal of Operational Research
FP	Flächenproduktivität
GAMS	General Algebraic Modeling System
GIS	Geographic Information System
GLA	Gross Leasable Area
ICSC	International Council of Shopping Centers
LP	Lineares Programm
MIS	Management Information System
MIV	Motorisierter Individualverkehr
NLA	Net Leasable Area
NLP	Nicht-lineares Programm
OCR	Occupancy Cost Ratio
OR	Operations Research
ÖV	Öffentlicher Verkehr
o.V.	ohne Verfasser
PIDAS	Performance improvement decision aid systems
PP	Primalprogramm
PREM	Public Real Estate Management
REIDA	Real Estate Investment Data Association
REIT	Real Estate Investment Trust

RRR	RUTCOR Research Report
RUTCOR	Rutgers Center for Operations Research
SB-Warenhäuser	Selbstbedienungs-Warenhäuser
SC	Shoppingcenter
SRED	Swiss Real Estate Data
UEC	Urban Entertainment Center
ULI	Urban Land Institute
VBA	Visual Basic for Applications
VRS	Variable Return to Scale
WM	Wealth Management

Symbolverzeichnis

j	Index für die insgesamt n Decision Making Units (DMUs), d.h. $j = 1, \dots, n$
DMU_j	Bezeichnung einer bestimmten DMU j
o	Index für die aktuell im Optimierungsproblem betrachtete DMU_o
i	Index für die insgesamt m Inputfaktoren, d.h. $i = 1, \dots, m$
x_{ij}	Menge bzw. Wert von Inputfaktor i , der von DMU_j konsumiert oder eingesetzt wird
r	Index für die insgesamt s Outputfaktoren, d.h. $r = 1, \dots, s$
y_{rj}	Menge bzw. Wert von Outputfaktor r , der von DMU_j produziert oder realisiert wird
v_i	Gewicht von Inputfaktor i , $i = 1, \dots, m$ (Entscheidungsvariable im Optimierungsproblem (fraktionale Form))
v	Vektor aller m Gewichte der Inputfaktoren
u_r	Gewicht von Outputfaktor r , $r = 1, \dots, s$ (Entscheidungsvariable im Optimierungsproblem (fraktionale Form))
u	Vektor aller s Gewichte der Outputfaktoren
v_i	Gewicht von Inputfaktor i , $i = 1, \dots, m$ (Entscheidungsvariable im Optimierungsproblem (LP))
v	Vektor aller m Gewichte der Inputfaktoren
μ_r	Gewicht von Outputfaktor r , $r = 1, \dots, s$ (Entscheidungsvariable im Optimierungsproblem (LP))
μ	Vektor aller s Gewichte der Outputfaktoren
θ	Effizienzkennzahl DEA-Modell in der input-orientierten Form
ϕ	Effizienzkennzahl DEA-Modell in der output-orientierten Form
λ_j	Gewicht der Referenz-DMUs
min	Minimiere die Zielfunktion des Optimierungsproblems
max	Maximiere die Zielfunktion des Optimierungsproblems
h_o	Zielfunktionswert des Optimierungsproblems (fraktionale Form) für DMU_o
w_o, z_o, q_o	Zielfunktionswert des Optimierungsproblems („Multiplier“- bzw. „Envelopment“-Form) für DMU_o
s_i^-	Schlupfvariable (Slack) für Inputfaktor i , $i = 1, \dots, m$ (Input-Überschuss)
s^-	Vektor aller m Schlupfvariablen der Inputfaktoren
s_r^+	Schlupfvariable für Outputfaktor r , $r = 1, \dots, s$ (Output-Fehlmengen)
s^+	Vektor aller s Schlupfvariablen der Outputfaktoren
ε	Hinreichend kleine positive Zahl
*	Hochgestellter Index zur Bezeichnung des Optimalwerts der Entscheidungsvariablen eines Optimierungsproblems

Abbildungsverzeichnis

1	Übersicht über die einzelnen Kapitel der Masterthesis – Hauptfragestellung und Inhalt.	3
2	Illustration der DEA-Methode: Effizienzgrenze vs. Regressionsgerade, in Anlehnung an Cooper, Seiford, und Tone (2006), S. 3.	6
3	Illustration der Effizienzsteigerung von Shoppingcenter 1, in Anlehnung an Cooper, Seiford, und Tone (2006), S. 5.	8
4	Illustration der Input-Orientierung im CCR-Modell, in Anlehnung an Charnes et al. (1994), S. 38.	15
5	Illustration der Output-Orientierung im CCR-Modell, in Anlehnung an Charnes et al. (1994), S. 40.	20
6	Illustration der effizienten Grenze im CCR- und im BCC-Modell, in Anlehnung an Cooper, Seiford, und Tone (2006), S. 84.	22
7	Illustration der Effizienzverbesserung im Additiven Modell, in Anlehnung an Charnes et al. (1994), S. 27.	25
8	Typologisierung nach Immobilienarten, in Anlehnung an Walzel (2008), S. 120.	35
9	Shoppingcenter-Klassifizierungskriterien.	43

Tabellenverzeichnis

1	„Ein-Input–Ein-Output“-Beispiel, in Anlehnung an Cooper, Seiford, und Tone (2006), S. 3.	6
2	Shoppingcenter-Beispiel mit zwei Inputs und zwei Outputs.	9
3	CCR-Modell in der input-orientierten Form: Ergebnisse für das „Ein-Input–Ein-Output“-Beispiel.	18
4	CCR-Modell in der output-orientierten Form: Ergebnisse für das „Ein-Input–Ein-Output“-Beispiel.	21
5	BCC-Modell in der output-orientierten Form: Ergebnisse für das „Ein-Input–Ein-Output“-Beispiel.	23
6	Additives Modell: Ergebnisse für das „Ein-Input–Ein-Output“-Beispiel. .	24
7	Zusammenfassung der Modelleigenschaften, in Anlehnung an Cooper, Seiford, und Tone (2006), S. 105.	26
8	Number of papers for DEA applications, Liu et al. (2013b), S. 896.	33
9	Previous research into retail efficiency using DEA., Yu und Ramanathan (2009), S. 111–112.	40
10	International Standards for European Shopping Center Types., Lambert (2006), S. 35.	42
11	Statistische Kennzahlen zu den 21 ausgewählten Wincasa-Shoppingcentern – Werte für das Jahr 2013.	46
12	DEA-Methode im Vergleich mit der Flächenproduktivität.	48
13	DEA-Methode mit Ratios als Input- und Outputfaktoren im Vergleich mit der Analyse FP 2.	50
14	DEA-Methode mit Fokus Gastronomie.	53

Executive Summary

Die vorliegende Masterthesis stellt eine Management-Technik zur Effizienzanalyse von Organisationseinheiten vor und wendet diese auf Schweizer Shoppingcenter an. Die Technik basiert auf den Modellen der Data Envelopment Analysis (DEA), einer Methode der linearen Programmierung aus dem Operations Research.

Effizienzanalysen arbeiten häufig mit Output-zu-Input-Verhältniskennzahlen – bei Shoppingcentern mit der Flächenproduktivität. Einfache Verhältniskennzahlen berücksichtigen einen Output und einen Input. Die direkte Vergleichbarkeit von Organisationseinheiten ist erschwert, wenn mehrere Outputs und mehrere Inputs unterschiedlicher Art (quantitativ, qualitativ, kategorisch etc.) oder Masseinheiten (CHF, m², Prozent etc.) gleichzeitig in einer Verhältniskennzahl einzubeziehen sind. Hier setzt DEA an: Es können mehrere Output- und mehrere Inputfaktoren simultan in die Effizienzanalyse miteinbezogen werden, ohne dass die Gewichtung der einzelnen Faktoren vorgängig fixiert werden muss.

Als Management-Technik in der hiesigen Immobilienwirtschaft noch wenig bekannt, zeigt die Literaturübersicht zahlreiche DEA-Immobilien-Anwendungen. Die DEA-Methode kann zur Effizienzanalyse von REITs oder Immobilien-Anlagefonds eingesetzt werden. Dann sind es Anwendungen, bei denen das effiziente betriebliche Funktionieren zentral für die Immobilien-Werthaltigkeit ist – bei Handelsimmobilien oder speziell bei Betreiber- oder Managementimmobilien (z.B. Kliniken, Hotels, Shoppingcenter).

Diese Ausgangslage motiviert die empirische DEA-Effizienzanalyse von Schweizer (WinCasa) Shoppingcentern mittels dreier DEA-Grundmodelle (CCR-Modell, BCC-Modell, Additives Modell). Die Inputfaktoren Fläche, Anzahl Parkplätze, Bruttomietzins, Occupancy Cost Ratio (OCR) und Bevölkerung bzw. die Outputfaktoren Umsatz, Flächenproduktivität und die Ratio $\frac{1}{OCR}$ bilden das Set an potenziellen Performancetreibern.

Drei Analysen (Fokus Flächenproduktivität, Fokus Ratios und Fokus Gastronomie) setzen verschiedene Kombinationen von Performancetreibern ein. Fläche und Umsatz haben einen hohen Erklärungsgehalt. Ratios als Faktoren offenbaren neue Effizienzerkenntnisse: Das Shoppingcenter mit der höchsten Flächenproduktivität ist nicht CCR-effizient. Ein DEA-Modell mit Ratios stellt eine mögliche Alternative zur Flächenproduktivität dar. Die Differenzierung der Faktoren bezüglich Gastronomie- und Retail-Umsatz / -Fläche ist eine erste Möglichkeit, die Effizienz des Branchenmix zu beurteilen.

Die empirischen Effizienzanalysen verdeutlichen die Funktionsweise und das Potenzial der DEA-Methode. Die Methode evaluiert diejenigen Shoppingcenter, welche die Faktoren effizient kombinieren, und zeigt auf, an welchen Centern sich ineffiziente Shoppingcenter (Output-Erhöhung und / oder Input-Reduktion) orientieren sollen. Der praktische Einsatz von DEA als Benchmarking- oder Rating-Tool – z.B. in einem Management Information System (MIS) – erforderte eine vertieftere Forschung (Modellerweiterungen, Modellierung nicht-diskretionärer / kategorischer Faktoren etc.), ein grösseres Shoppingcenter-Sample und ein umfangreicheres Datenset an Performancetreibern.

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage und Problemstellung

Es gibt verschiedene Management-Techniken zur Effizienzmessung von privatwirtschaftlichen und staatlichen Organisationen. Die Effizienzmessung arbeitet häufig mit Output-zu-Input-Verhältniskennzahlen. Wird z.B. die Effizienz von Shoppingcentern beurteilt, werden Verhältniskennzahlen wie die Flächenproduktivität $\frac{\text{Umsatz}}{\text{Verkaufsfläche}}$ gebildet.

Einfache Output-zu-Input-Verhältniskennzahlen (Flächenproduktivität) berücksichtigen *einen* Output (Umsatz) und *einen* Input (Verkaufsfläche). An die Konstruktion dieser Effizienzkennzahlen werden oft verschiedene Anforderungen gestellt; sie sollen beispielsweise so konstruiert sein, dass sie eine direkte Vergleichbarkeit verschiedener Organisationen bzw. Organisationseinheiten erlauben. Dies ist besonders dann erschwert, wenn *mehrere* Outputs und *mehrere* Inputs gleichzeitig in *einer* Verhältniskennzahl einzubeziehen sind. Genau an diesem Punkt setzt Data Envelopment Analysis (DEA) an.

Es handelt sich bei DEA um eine nicht-parametrische, d.h. verteilungsfreie, Methode aus dem Operations Research (OR) zur Effizienzmessung bzw. zur Performanceanalyse von homogenen Organisationseinheiten – von sogenannten Decision Making Units (DMUs). Ausgehend von verschiedenen Input- und Outputfaktoren (in Analogie zu einer Produktionsfunktion) wird untersucht, welche DMUs diese Faktoren effizient kombinieren und welche nicht. Die Effizienz wird dabei immer im Vergleich, d.h. relativ, zu allen anderen DMUs einer Vergleichsgruppe („Peer Group“) gemessen (relative Performancemessung). Der Begriff „Envelopment“¹ kommt daher, dass die effizienten DMUs eine effiziente Grenze bilden; diese Grenze umhüllt die ineffizienten DMUs.²

Es gibt nicht ein einziges DEA-Modell, sondern eine Vielzahl von Modellen mit unterschiedlichen Eigenschaften. Die beiden bekanntesten Modelle sind das Charnes-Cooper-Rhodes-Modell (CCR-Modell) und das Banker-Charnes-Cooper-Modell (BCC-Modell). Mathematisch sind diese DEA-Modelle als Linearprogramme (LP) formuliert, d.h., sowohl die Zielfunktion als auch die Nebenbedingungen sind lineare Funktionen.

Diese Arbeit untersucht die Effizienz einer Auswahl von Schweizer Shoppingcentern mittels der DEA-Methode, d.h. in der DEA-Sprache: Shoppingcenter sind die zu analysierenden Decision Making Units (DMUs).

¹ Deutsch: Umhüllung.

² Vgl. Cooper, Seiford, und Tone (2006), S. 3.

Im Schweizer Detailhandel und damit im Shoppingcenter-Markt wird der Druck auf die Flächenproduktivität und auf die Wirtschaftlichkeit anhalten oder gar zunehmen, denn die Herausforderungen an Shoppingcenter sind vielfältig:³

- Wachsender Online-Handel: E-Commerce, Online-Shopping, Multi- / Cross-Channel-Retailing,
- Grenznahe Einkäufen (Einkaufstourismus) – verstärkt durch die EUR-Abschwächung gegenüber CHF,
- Minussteuerung im Non-Food-Bereich, v.a. bei Medien,
- Trend zur Filialisierung, Markteintritt ausländischer Ketten vs. sinkende Nachfrage nach Detailhandelsflächen, teilweise sogar Filialabbau und Schliessungen,
- Sättigungserscheinung an Retail-Flächen als Folge der starken Flächenexpansion,
- Alte Center mit erheblichem Revitalisierungsbedarf.

Diese Herausforderungen unterstreichen die Relevanz von Effizienzanalysen im Schweizer Shoppingcenter-Markt. Diese Masterthesis untersucht die Eignung der DEA-Methodik zur Effizienzanalyse von Schweizer Shoppingcentern.

1.2 Zielsetzung

Aus obiger Problemstellung lassen sich folgende Forschungsfragen ableiten:

- Eignet sich die DEA-Methode zur Effizienzanalyse immobilien-spezifischer DMUs, im Speziellen von Schweizer Shoppingcentern? Welches DEA-Modell eignet sich dafür besonders gut?
- Welche Input- und Outputfaktoren treiben die Effizienz von Shoppingcentern? Was sind die Performancetreiber bei Shoppingcentern?
- Was zeichnet effiziente Shoppingcenter aus? Kann die DEA-Methode als Performancemessungs-, Benchmarking- oder Rating-Tool eingesetzt werden?
- Welche Aussagen können zum „Best Practice“-Level gemacht werden?
- Wo schlummert Effizienzsteigerungs-Potenzial, und wie kann dieses genutzt werden?

³ Vgl. zu den Trends im Detailhandel und damit zu den Herausforderungen an die Verkaufsflächen u.a. die Studien GfK o.V. (2014), S. 10–11, Feubli et al. (2014), Fries et al. (2014), Kapitel Verkaufsflächen, S. 49–57, UBS CIO-WM-Autoren und Gastautoren (2014), S. 23–26, Stoffel (2014) oder Stiefel (2013), S. 1–3, bzw. Kreimer et al. (2012) mit Trends im deutschen Handel, die sich teilweise auch auf die Schweiz übertragen lassen.

1.3 Einordnung und Abgrenzung des Themas

Die Masterthesis beschränkt sich auf deterministische DEA-Modelle – auf das CCR-Modell, das BCC-Modell und auf das Additive Modell. Nicht Gegenstand der Arbeit sind stochastische DEA-Modelle, DEA-Modellvarianten bzw. -erweiterungen (wie das Cross-Efficiency-Modell oder das Cone-Ratio-DEA-Modell) oder mit der DEA-Methode verwandte parametrische Verfahren (wie die Tobit-Regression oder die „Stochastic Frontier“-Methode).

1.4 Vorgehen

Die Abbildung 1 gibt eine Übersicht über das Vorgehen⁴ zur Erreichung der Forschungsziele. Zu den einzelnen Kapiteln sind jeweils die Hauptfragestellung und die wesentlichen Inhalte hervorgehoben.

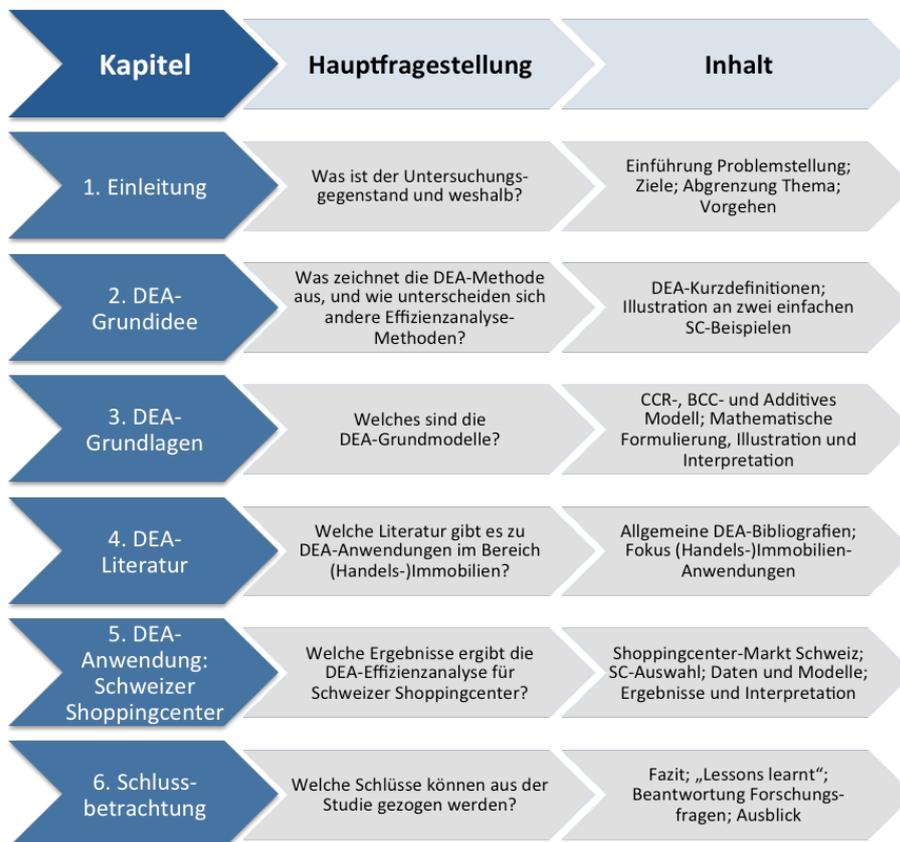


Abbildung 1: Übersicht über die einzelnen Kapitel der Masterthesis – Hauptfragestellung und Inhalt.

Die Kapitel 2–5 starten jeweils mit einer kurzen Kapitelvorschau. Die Mathematik zur DEA-Theorie und zu den drei mathematisch ausformulierten DEA-Grundmodellen (Kapitel 3) beschränkt sich auf die für das Verständnis der Methode wesentlichen Punkte.

⁴ Die Masterthesis wurde im Editor TeXworks geschrieben und im Formatierungsprogramm L^AT_EX gesetzt. Die Literatur ist in der BibTeX-Literaturdatenbank BibDesk erfasst.

2 DEA-Grundidee anhand der Problematik der Effizienzmessung

2.1 Kapitelvorschau

Das Kapitel startet mit einer Auswahl an DEA-Kurzdefinitionen; sie geben einen ersten Eindruck von DEA als eine Management-Technik zur Effizienzanalyse. Die Effizienzanalyse bedient sich häufig Output-zu-Input-Verhältniskennzahlen (Quotienten, Ratios). An die Konstruktion dieser Effizienzkennzahlen werden oft verschiedene Anforderungen gestellt; sie sollen beispielsweise so konstruiert sein, dass sie eine direkte Vergleichbarkeit verschiedener Organisationseinheiten erlauben.

Zwei Beispiele zeigen die mit der Effizienzmessung und der Konstruktion von Effizienzkennzahlen verbundenen Probleme auf und veranschaulichen die DEA-Grundidee: Wo setzt DEA an, und was sind die Unterschiede zu herkömmlichen Methoden?

2.2 Auswahl an DEA-Kurzdefinitionen

Der sehr umfangreichen Literatur seien vier Definitionen von Data Envelopment Analysis in der Originalformulierung der jeweiligen Autoren entnommen:

- „Data Envelopment Analysis (DEA) is a „data-oriented“ approach for evaluating the performance of a set of peer entities called Decision-Making Units (DMUs), which convert multiple inputs into multiple outputs. The definition of a DMU is generic and flexible.“⁵
- „Die DEA ist eine auf Linearer Programmierung basierende, nichtparametrische Technik zur relativen Performancemessung von homogenen Organisationseinheiten. Unter dem Begriff DEA wird eine Vielzahl von Modellen mit unterschiedlichen Eigenschaften zusammengefasst.“⁶
- „DEA was designed to measure the relative efficiency where market prices are not available [...]. Such previous DEA studies provide useful managerial information on improving the performance. In particular, DEA is an excellent tool for improving the productivity of service businesses [...].“⁷
- „Productivity and economic efficiency analysis has entered a new phase, since the data envelopment analysis (DEA) introduced a nonparametric method of measuring technical and allocative efficiency.“⁸

⁵ Cooper, Seiford, und Zhu (2011), S. 1.

⁶ von Bergen (2009), S. 3.

⁷ Zhu (2009), S. 4.

⁸ Sengupta und Sahoo (2006), S. 1.

Diese Definitionen geben einen ersten Eindruck von DEA als eine Management-Technik⁹ und zeigen, dass sich DEA um Konzepte und Begriffe dreht wie:¹⁰

- Performance – als ein allgemeiner Begriff für die Leistung einer Organisation; Performancekonzepte können Effizienz oder Effektivität sein.
- Effektivität – als die Fähigkeit einer Organisation, Ziele zu setzen und Zielvorgaben zu erreichen („To do the right job“).
- Effizienz – als die Fähigkeit einer Organisation, Outputs (Produkte oder Dienstleistungen) mit einem minimalen Ressourcen-Einsatz zu produzieren / realisieren („To do the job right“). Effizienz kann auch als Teil der Effektivität¹¹ betrachtet werden.
- Produktivität – als das Verhältnis von Output zu Input (mit dem Fokus auf der Produktions-Effizienz).
- Relative Evaluation, Benchmarking, „Peer Group“-Vergleich.

Die Umschreibungen zeigen, dass die Begriffe sehr nahe beieinander sind und die Unterschiede in Feinheiten liegen. Es geht bei DEA im weitesten Sinne darum, die Leistung von Organisationen bzw. Organisationseinheiten¹², von sogenannten Decision Making Units (DMUs) einer Vergleichsgruppe, zu messen, zu analysieren, zu vergleichen, zu steuern, zu kontrollieren und v.a. zu verbessern – also um klassische Management-Aufgaben. In der weiteren Diskussion werden die Begriffe Performance, Effizienz und Produktivität als Synonyme^{13,14,15} betrachtet.

2.3 Problematik der Effizienzmessung

2.3.1 „Ein-Input–Ein-Output“-Beispiel

Die Effizienzmessung bedient sich häufig Output-zu-Input-Verhältniskennzahlen. Wird beispielsweise die Effizienz von Shoppingcentern beurteilt, werden Verhältniskennzahlen

⁹ Ältere, noch aus der Produktionstechnik übernommene Management-Techniken sind zum Beispiel das „Activity-based“-Management oder Produktionsplanungs-Modelle; modernere Techniken sind beispielsweise „Balanced-Scorecards“ oder „Six-Sigma“-Methoden (vgl. Sherman und Zhu (2006), S. 2.).

¹⁰ Vgl. zu diesen Begriffen Sherman und Zhu (2006), S. 2–4.

¹¹ Vgl. dazu auch die Ausführungen in Cooper, Seiford, und Tone (2006) in ihrem Vorwort auf S. xxiii: „Effectiveness: Ability to state goals, Ability to achieve goals.“
„Efficiency: Benefits secured, Resources used.“

¹² Auch Entscheidungseinheiten genannt, wobei dieser Begriff selten verwendet wird.

¹³ Vgl. Sherman und Zhu (2006), S. 3–4: Auch sie verwenden Effizienz und Produktivität synonym, weisen aber auf deren in der Praxis vielleicht unterschiedliche Wahrnehmung hin. Ausserdem betonen sie nochmals die enge Verbindung von Effizienz bzw. Produktivität zur Effektivität.

¹⁴ Walters und Laffy (1996) gehen in ihrem Buch „Managing Retail Productivity and Profitability“ detaillierter auf diese Begriffe in Retail-Anwendungen ein und unterscheiden zwischen strategischer und operativer Produktivität und Profitabilität.

¹⁵ Keh, Chu, und Xu (2006) differenzieren die Begriffe in ihrem Artikel „Efficiency, effectiveness and productivity of marketing in services“.

wie die Flächenproduktivität¹⁶ $\frac{\text{Umsatz}}{\text{Verkaufsfläche}}$ gebildet. Es handelt sich bei diesen Kennzahlen um sogenannte „partial productivity measures“^{17,18}. Ein Output wird ins Verhältnis gesetzt zu einem Input. Die Effizienzmessung betrachtet allgemein Verhältniskennzahlen der folgenden Art:¹⁹

$$\frac{\text{Output}}{\text{Input}}$$

Im Shoppingcenter-Beispiel²⁰ seien im „Ein-Input–Ein-Output“-Fall als Inputfaktor die Verkaufsfläche (in 10'000 m²) und als Outputfaktor der Umsatz (in 100 Mio. CHF) gemäss der Tabelle 1 gegeben.

Shoppingcenter (SC)	SC 1	SC 2	SC 3	SC 4	SC 5	SC 6	SC 7	SC 8
Verkaufsfläche	2	3	3	4	5	5	6	8
Umsatz	1	3	2	3	4	2	3	5
Umsatz / Verkaufsfläche	0.50	1.00	0.67	0.75	0.80	0.40	0.50	0.63

Tabelle 1: „Ein-Input–Ein-Output“-Beispiel, in Anlehnung an Cooper, Seiford, und Tone (2006), S. 3.

Im Vergleich zu SC 2 sind alle anderen Shoppingcenter ineffizient. In der Abbildung 2 präsentieren sich die Lösung auf die Frage, welches das effiziente Shoppingcenter ist, und der Vergleich mit der Regressionsgeraden.

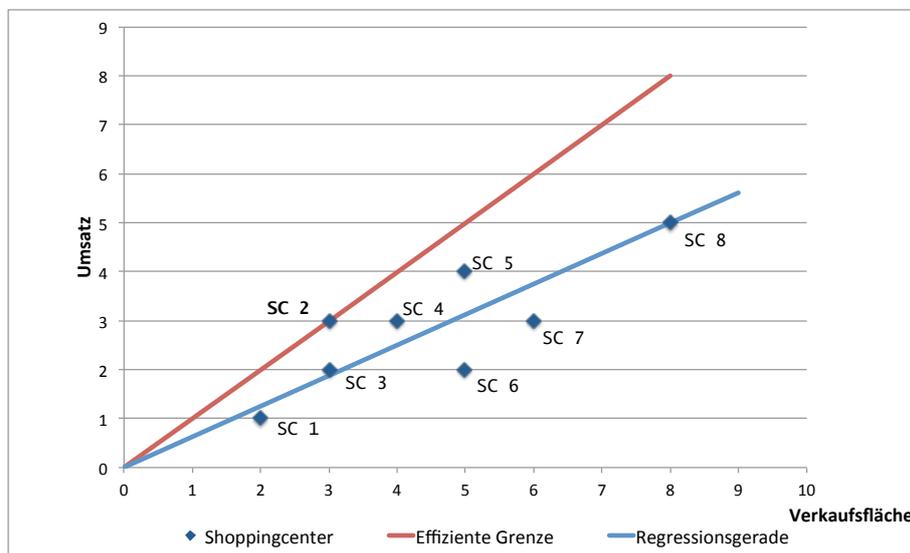


Abbildung 2: Illustration der DEA-Methode: Effizienzgrenze vs. Regressionsgerade, in Anlehnung an Cooper, Seiford, und Tone (2006), S. 3.

¹⁶ Die GfK-Publikation „Shopping-Center Markt Schweiz 2014“ (vgl. GfK o.V. (2014)) betont auf S. 51 die Bedeutung dieser wichtigen Kennziffer für Shoppingcenter.

¹⁷ Vgl. Cooper, Seiford, und Tone (2006), S. 1.

¹⁸ Sherman und Zhu (2006) sprechen in ihrem Vorwort, S. xi, auch von „one at a time measures“.

¹⁹ Vgl. Cooper, Seiford, und Tone (2006), S. 1.

²⁰ Das Beispiel wurde Cooper, Seiford, und Tone (2006), S. 1–6 entnommen und an den Shoppingcenter-Fall adaptiert.

Die effiziente Grenze²¹ ist wie folgt charakterisiert:²²

- Die effiziente Grenze berührt mindestens einen Punkt. Die Effizienzgrenze geht im obigen Beispiel durch den effizienten Punkt von SC 2.
- Die Punkte, d.h. Shoppingcenter, sind entweder auf oder unterhalb der effizienten Grenze.
- „The name Data Envelopment Analysis, as used in DEA, comes from this property because in mathematical parlance, such a frontier is said to „envelop“ these points.“²³

Im Gegensatz dazu bei der Regressions-Methode:²⁴

- Die Regressionsgerade geht „durch die Mitte“ der Punkte.
- Es gibt Shoppingcenter, die von der Mitte abweichen – nach oben²⁵ bzw. nach unten²⁶.

Der Vergleich der effizienten Grenze mit der Regressionsgeraden zeigt:²⁷

- Die DEA-Methode mit der Effizienzgrenze orientiert sich am Besten / an den Besten („Best in Class“-Ansatz).
- Die Regressions-Analyse orientiert sich am Durchschnitt und weist eine Tendenz zur Mitte auf.
- Es sind unterschiedliche Evaluationsmethoden, die zu unterschiedlichen Empfehlungen zur Performanceverbesserung führen.
- Die Benchmark ist bei DEA ein Punkt / ein Shoppingcenter – im Beispiel das SC 2.
- Bei der Regressionsanalyse bildet ein Durchschnittswert die Benchmark – im Beispiel ein Durchschnitt gebildet mit SC 2, aber auch mit SC 6. Als Benchmark könnte SC 3 oder SC 8 identifiziert werden (siehe Abbildung 2).

Im Gegensatz zur Regressionsanalyse, bei welcher Durchschnittswerte betrachtet werden, handelt es sich also bei DEA um eine Extremwertmethode, die sich am „besten beobachteten Vorgehen“ orientiert. Die Abbildung 3 zeigt grafisch auf, wie Effizienzsteigerungen ineffizienter Shoppingcenter möglich sind.

²¹ Englisch: efficient frontier.

²² Vgl. für die Charakterisierung Cooper, Seiford, und Tone (2006), S. 3.

²³ Cooper, Seiford, und Tone (2006), S. 3.

²⁴ Vgl. für die Charakterisierung Cooper, Seiford, und Tone (2006), S. 4.

²⁵ Outperformance im Vergleich zum Durchschnitt.

²⁶ Underperformance im Vergleich zum Durchschnitt.

²⁷ Vgl. für den Vergleich Cooper, Seiford, und Tone (2006), S. 4.

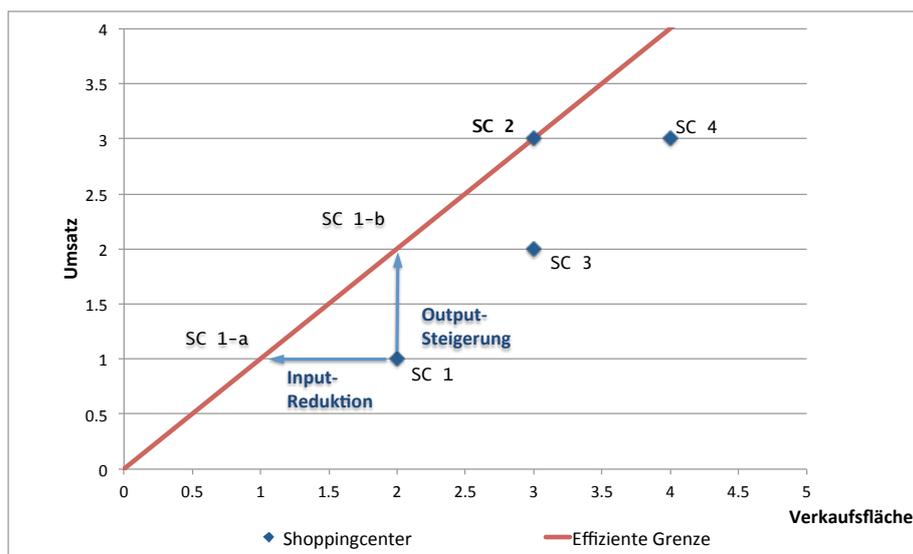


Abbildung 3: Illustration der Effizienzsteigerung von Shoppingcenter 1, in Anlehnung an Cooper, Seiford, und Tone (2006), S. 5.

Es ist eine Effizienzsteigerung von SC 1 im Bereich von SC 1-a bis SC 1-b möglich – ohne Input-Erhöhung und ohne Output-Reduktion.

Verhältniskennzahlen mit einem Output und einem Input sind einfach zu bilden, haben aber den Nachteil, dass sie nicht das ganze Bild zeigen – dies im Gegensatz zu den „total factor productivity measures“: Output-zu-Input-Verhältniskennzahlen, die mehrere – im besten Fall alle – Outputfaktoren und mehrere / alle Inputfaktoren simultan²⁸ berücksichtigen.²⁹ Auf Verhältniskennzahlen, die mehrere Output- und mehrere Inputfaktoren mit einbeziehen, wird im nachfolgenden „Zwei-Inputs–Zwei-Outputs“-Beispiel eingegangen.

2.3.2 „Zwei-Inputs–Zwei-Outputs“-Beispiel

Um die Grundidee der DEA-Methode weiter zu illustrieren, wird das obige „Ein-Input–Ein-Output“-Beispiel so erweitert, dass mehrere Inputs und mehrere Outputs gleichzeitig bei der Effizienzmessung berücksichtigt werden. Cooper, Seiford, und Tone (2006) machen dies einmal für den „Zwei-Inputs–Ein-Output“-Fall³⁰ und einmal für den „Ein-Input–Zwei-Outputs“-Fall³¹. Die Analyse berücksichtigt insgesamt jeweils drei Faktoren. Wird zusätzlich eine Normierung bezüglich des einen Outputs im ersten Fall bzw. bezüglich des einen Inputs im zweiten Fall vorgenommen, dann können solche einfachen Probleme mit wenigen Organisationseinheiten auch grafisch analysiert werden.

Das Shoppingcenter-Beispiel soll direkt auf den „Zwei-Inputs–Zwei-Outputs“-Fall³² erweitert werden. Ein Shoppingcenter „produziere“ aus den beiden Inputfaktoren Verkaufsfläche (in 10'000 m²) und Anzahl Mitarbeiter (in 100) die beiden Outputfaktoren Umsatz

²⁸ Sherman und Zhu (2006) sprechen in ihrem Vorwort, S. xi, deshalb von „overall scores“.

²⁹ Vgl. Cooper, Seiford, und Tone (2006), S. 1.

³⁰ Vgl. Cooper, Seiford, und Tone (2006), S. 6–8.

³¹ Vgl. Cooper, Seiford, und Tone (2006), S. 8–12.

³² Vgl. analog dem Beispiel in Cooper, Seiford, und Tone (2006), S. 12–13, das an den Shoppingcenter-Fall adaptiert wurde.

(in 100 Mio. CHF) und Anzahl Kunden (in Mio.). Betrachtet werden acht Shoppingcenter mit den Input- und Outputfaktoren gemäss der Tabelle 2.

Shoppingcenter (SC)	SC 1	SC 2	SC 3	SC 4	SC 5	SC 6	SC 7	SC 8
Verkaufsfläche	2	3	3	4	5	5	6	8
Anzahl Mitarbeiter	4	6	7	8	7	7	8	10
Umsatz	1	3	2	3	4	2	3	5
Anzahl Kunden	2	3	1	3	2	4	4	5

Tabelle 2: Shoppingcenter-Beispiel mit zwei Inputs und zwei Outputs.

Bereits in diesem einfachen Fall mit wenigen Shoppingcentern und je zwei Input- und Outputfaktoren wird die Effizienzmessung schwierig. Es ist nicht mehr leicht ersichtlich, welches Shoppingcenter im Vergleich zu den anderen der Vergleichsgruppe effizient ist. Will man wiederum mit der Verhältniskennzahl $\frac{\text{Output}}{\text{Input}}$ arbeiten, stellt sich die Frage, wie die Effizienzmessung vorgenommen werden soll. Ein „einfacher“ Ansatz wäre, die Gewichte der einzelnen Inputs und Outputs fix vorzugeben:³³

- Inputs: v_1 (Gewicht Verkaufsfläche) : v_2 (Gewicht Mitarbeiter-Anzahl) = 1 : 3,
- Outputs: u_1 (Gewicht Umsatz) : u_2 (Gewicht Kunden-Anzahl) = 5 : 1.

Für das Shoppingcenter j bzw. für die Decision Making Unit j , DMU_j , $j = 1, 2, \dots, 8$, seien:

- $y_{\text{Umsatz } j}$: Umsatz in 100 Mio. CHF,
- $y_{\text{Kunden-Anzahl } j}$: Anzahl Kunden in Mio.,
- $x_{\text{Mitarbeiter-Anzahl } j}$: Anzahl Mitarbeiter in 100,
- $x_{\text{Verkaufsfläche } j}$: Fläche in 10'000 m².

Es folgt zum Beispiel für das Shoppingcenter 1:

$$\frac{u_1 \cdot y_{\text{Umsatz SC 1}} + u_2 \cdot y_{\text{Kunden-Anzahl SC 1}}}{v_1 \cdot x_{\text{Verkaufsfläche SC 1}} + v_2 \cdot x_{\text{Mitarbeiter-Anzahl SC 1}}} = \frac{5 \cdot 1 + 1 \cdot 2}{1 \cdot 2 + 3 \cdot 4} = 0.5. \quad (1)$$

Mit der Gewichtung und der Addition mehrerer Inputs wird der Gesamtinput bestimmt und mit der Gewichtung und der Addition mehrerer Outputs der Gesamtoutput. Es kann wieder eine Output-zu-Input-Verhältniskennzahl gebildet werden. Dieser Quotient wäre nun für alle anderen Shoppingcenter zu berechnen. Danach könnte man die Shoppingcenter vergleichen und dasjenige Shoppingcenter mit dem höchsten Quotienten eruiieren.

³³ Vgl. Cooper, Seiford, und Tone (2006), S. 12.

Aus der Erweiterung zum „Zwei-Inputs–Zwei-Outputs“-Fall sind die Nachteile und Probleme von Effizienzkennzahlen basierend auf der Output-zu-Input-Ratio ersichtlich:

- Das Hauptproblem bei mehreren Inputs und Outputs ist die Festlegung der Gewichte – im Beispiel v_1 und v_2 bzw. u_1 und u_2 .³⁴
- Es ist nicht klar, ob Effizienzaussagen auf die Gewichte zurückzuführen sind oder auf die tatsächlichen Beobachtungen, d.h. auf die Daten zu den einzelnen Faktoren.³⁵
- Ein weiterer Nachteil ist, dass die obige Output-zu-Input-Verhältniskennzahl abhängig von den gewählten Masseinheiten ist. Gibt man in der Tabelle 2 den Umsatz statt in 100 Mio. CHF neu in Mio. CHF an, ändert sich die Effizienzkennzahl für das SC 1 von 0.5 auf neu 35.9³⁶. Die Effizienzkennzahl kann beliebige Werte ≥ 0 annehmen.^{37,38}

Wünschenswert ist eine normierte skalare Effizienzkennzahl, wobei effiziente DMUs einen Wert von gleich Eins annehmen. Diese Effizienzkennzahl wird (nach Möglichkeit) so konstruiert, dass sie Einheiten-Invarianz aufweist und somit beliebige Masseinheiten der Input- und Outputfaktoren möglich sind.³⁹

- Es fehlen Angaben dazu, wieviel mehr Output produziert / realisiert bzw. wieviel weniger Input eingesetzt werden sollte, damit Effizienz erreicht wird. Bezüglich ineffizienter DMUs gibt noch keine Aussagen über das Ausmass der Ineffizienz und darüber, wo das Effizienzsteigerungs-Potenzial liegt.

Das Ziel ist eine Referenz-DMU, an der sich eine ineffiziente DMU ausrichten kann.

Die DEA-Methode setzt an diesen Nachteilen an und gibt Lösungen zu diesen Problemen. Im nächsten Kapitel wird gezeigt, wie die DEA-Methode das „Zwei-Inputs–Zwei-Outputs“-Beispiel verallgemeinert und die Anforderungen an eine Effizienzkennzahl mathematisch umsetzt.

³⁴ Vgl. Cooper, Seiford, und Tone (2006), S. 12.

³⁵ Vgl. Cooper, Seiford, und Tone (2006), S. 12.

³⁶ $\frac{5 \cdot 100 + 1 \cdot 2}{1 \cdot 2 + 3 \cdot 4} = 35.9$.

³⁷ Vgl. Cooper, Seiford, und Tone (2006), S. 5.

³⁸ Unter der Annahme, dass die Werte der Outputfaktoren ≥ 0 sind und dass nicht alle Inputfaktoren gleichzeitig gleich Null sind.

³⁹ Vgl. Cooper, Seiford, und Tone (2006), S. 4–5.

3 Theoretische DEA-Grundlagen: Modelle und Illustration

3.1 Kapitelvorschau

Dieses Kapitel stellt drei DEA-Grundmodelle vor: das CCR-Modell, das BCC-Modell und das Additive Modell. Der Fokus liegt auf dem CCR-Modell, das als Verallgemeinerung des „Zwei-Inputs–Zwei-Outputs“-Beispiels aus dem Unterkapitel 2.3.2 hervorgeht. Das CCR-Modell wird ausführlicher⁴⁰ besprochen – mit dem Ziel zu zeigen, wie die Optimierungsprobleme zur DEA-Effizienzmessung mathematisch formuliert sind, wie die Effizienzkennzahlen abzulesen sind und welche Informationen zur Effizienzverbesserung bzw. zur Benchmark enthalten sind. Das BCC-Modell und das Additive Modell werden kurz abgehandelt; es werden v.a. die Unterschiede zum CCR-Modell und ihre Eigenschaften und Einsatzmöglichkeiten besprochen.

Die DEA-Modelle lassen sich nach bestimmten Kriterien klassifizieren. Es wird gezeigt, welche Aspekte die Modellwahl beeinflussen. Es folgt die Überleitung zum Thema „Daten“ – mit der Beantwortung der Frage: Welche Anforderungen werden an die Organisationseinheiten, d.h. an die DMUs, und an die Input- und Outputfaktoren gestellt? Die Herleitungen und Erläuterungen nehmen immer wieder Bezug auf die spätere Anwendung und illustrieren die DEA-Modelle an einfachen Shoppingcenter-Beispielen. Zwei Zusammenfassungen – eine zur DEA-Methode und eine zum Vorgehen bei einer DEA-Effizienzanalyse – schliessen das Kapitel ab.

3.2 DEA-Grundmodelle

3.2.1 Übersicht

Als Ursprung der DEA-Methode⁴¹ wird die Arbeit von Farrell „The measurement of productive efficiency“⁴² aus dem Jahre 1957 gesehen. Darauf aufbauend entwickelten Charnes, Cooper und Rhodes 1978⁴³ eines der DEA-Grundmodelle: das CCR-Modell⁴⁴. Banker, Charnes und Cooper formulierten 1984 das BCC-Modell⁴⁵. Die Literatur bezeichnet das CCR- und das BCC-Modell gemeinhin als DEA-Grundmodelle. Im Jahr 1982 wurde das Multiplikative Modell⁴⁶ vorgestellt und 1985 das Additive Modell⁴⁷; diese werden oft auch zu den DEA-Grundmodellen gezählt.⁴⁸ Welche DEA-Modelle noch zu den Grundmodellen gezählt werden sollen, ist nicht einheitlich gehand-

⁴⁰ Soweit dies im Rahmen einer Masterthesis möglich ist. Für weitere (mathematische) Details wird auf die DEA-Fachliteratur verwiesen.

⁴¹ Für einen historischen Überblick siehe zum Beispiel Seiford (1999), Charnes et al. (1994), Kapitel 1, oder Cooper, Seiford, und Zhu (2011), Kapitel 1.

⁴² Vgl. Farrell (1957).

⁴³ Vgl. Charnes, Cooper, und Rhodes (1978).

⁴⁴ Als Abkürzung von **C**harnes-**C**ooper-**R**hodes.

⁴⁵ Vgl. Banker, Charnes, und Cooper (1984); analog als Abkürzung von **B**anker-**C**harnes-**C**ooper.

⁴⁶ Vgl. Charnes et al. (1982).

⁴⁷ Vgl. Charnes et al. (1985).

⁴⁸ Wie zum Beispiel in Charnes et al. (1994), S. 23–24, oder in Perrigot und Barros (2008), S. 298.

habt; z.B. erwähnen Perrigot und Barros (2008)⁴⁹ das Cone-Ratio-DEA-Modell⁵⁰ und das Assurance-Region-DEA-Modell⁵¹ auch unter den DEA-Grundmodellen.

Die vorliegende Studie beschränkt sich auf drei DEA-Grundmodelle: das CCR-Modell, das BCC-Modell und das Additive Modell. Die Beschreibungen konzentrieren sich auf die wesentlichen Modell-Aspekte und -Eigenschaften; für eine weiterführende Diskussion wird auf die DEA-Lehrbücher^{52,53} verwiesen.

3.2.2 CCR-Modell

Bezugnehmend auf das Einführungsbeispiel mit je zwei Inputs und Outputs (Unterkapitel 2.3.2) kann die Grundidee des CCR-Modells^{54,55} wie folgt rekapituliert werden:

- Der Untersuchungsgegenstand ist die Effizienzmessung von homogenen Organisationseinheiten (Decision Making Units). Die DMUs produzieren / realisieren aus bestimmten Inputfaktoren gewisse Outputs. Der Begriff DMU ist allgemein zu verstehen; DMUs können privatwirtschaftliche Unternehmen oder auch staatliche Einrichtungen sein. In dieser Arbeit sind Schweizer Shoppingcenter die DMUs.
- Es wird eine gewisse Anzahl n an DMUs betrachtet mit DMU_j , $j = 1, \dots, n$. Die DMU_1 könnte beispielsweise das Einkaufszentrum Glatt, die DMU_2 das Shoppi Tivoli, die DMU_3 das Sihlcity, etc. sein.
- Es werden m Inputfaktoren unterschieden – bei Shoppingcentern zum Beispiel die Verkaufsfläche und die Anzahl Mitarbeiter. $x_{ij} > 0$ ⁵⁶ bezeichnet die Menge oder den Wert des von der DMU_j eingesetzten Inputfaktors i , $i = 1, \dots, m$. Damit ergibt sich für jede DMU_j die mit v_i gewichtete Summe der Inputfaktoren, wobei die Gewichte v_i unbekannt und damit zu bestimmen sind:

$$v_1 \cdot x_{1j} + \dots + v_m \cdot x_{mj} = \sum_{i=1}^m v_i x_{ij}. \quad (2)$$

Diese Summe von mehreren gewichteten Inputfaktoren drückt den Gesamtinput in *einer* Zahl aus; sie wird in der DEA-Sprache auch als „Virtueller Input“⁵⁷ bezeichnet. Die Gleichung (2) ist eine Verallgemeinerung des Nenners im Ausdruck (1).

⁴⁹ Vgl. Perrigot und Barros (2008), S. 298.

⁵⁰ Vgl. Charnes et al. (1990).

⁵¹ Vgl. Thompson et al. (1986) und Thompson et al. (1990).

⁵² Vgl. zum Beispiel Cooper, Seiford, und Zhu (2011), Cooper, Seiford, und Tone (2006), Zhu (2009).

⁵³ Eine gute Übersicht über DEA-Lehrbücher liefert auch die Homepage von J. Zhu, <http://www.deafontier.net> oder von A. Emrouznejad, <http://www.deazone.com>.

⁵⁴ Originalartikel: Charnes, Cooper, und Rhodes (1978).

⁵⁵ Die Ausführungen zum CCR-Modell orientieren sich an den Herleitungen in Cooper, Seiford, und Zhu (2011), S. 7–18, und in Charnes et al. (1994), S. 36–42.

⁵⁶ Annahme: Positive Zahlen. Es gibt Möglichkeiten, diese Bedingung zu lockern, so dass (nicht-)negative Daten im Modell berücksichtigt werden können (zum Beispiel Rendite-Zahlen); vgl. auch die Tabelle 7, S. 26.

⁵⁷ Vgl. zum Beispiel Cooper, Seiford, und Zhu (2011), S. 7, oder Cooper, Seiford, und Tone (2006), S. 21.

- Es werden s Outputfaktoren unterschieden – bei Shoppingcentern zum Beispiel der Umsatz und die Anzahl Kunden. $y_{rj} > 0$ ⁵⁶ bezeichnet die Menge oder den Wert des von der DMU_j realisierten Outputfaktors r , $r = 1, \dots, s$. Damit ergibt sich für jede DMU_j die mit u_r gewichtete Summe der Outputfaktoren, wobei die Gewichte u_r unbekannt und damit zu bestimmen sind:

$$u_1 \cdot y_{1j} + \dots + u_s \cdot y_{sj} = \sum_{r=1}^s u_r y_{rj}. \quad (3)$$

Diese Summe von mehreren gewichteten Outputfaktoren drückt den Gesamtoutput in *einer* Zahl aus; sie wird in der DEA-Sprache auch als „Virtueller Output“⁵⁷ bezeichnet. Die Gleichung (3) ist eine Verallgemeinerung des Zählers im Ausdruck (1).

- Aus (3) und (2) wird die Output-zu-Input-Verhältniskennzahl $\frac{\text{Virtueller Output}}{\text{Virtueller Input}}$ gebildet.
- Das Optimierungsproblem kann in Worten wie folgt formuliert werden:⁵⁸
Maximiere die Effizienz, d.h. den Output-Input-Quotienten, für die jeweils betrachtete DMU_o unter der Nebenbedingung, dass der Wert der Ratio für *alle* DMUs zwischen Null und Eins liegt (Normierung) und dass alle Gewichte grösser oder gleich Null sind – bei sequentieller Abarbeitung aller DMUs ($o = 1, \dots, n$).

Nach den obigen Ausführungen kann das CCR-Modell in der fraktionalen⁵⁹ Form mathematisch wie folgt formuliert werden:^{60,61}

$$\left. \begin{array}{l} \max_{u,v} \quad h_o = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{ro}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{io}} \\ \text{bzgl.} \quad \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1, \quad j = 1, \dots, n \\ \quad \quad \quad u_r, v_i \geq 0, \quad r = 1, \dots, s, i = 1, \dots, m. \end{array} \right\} \quad (4)$$

Das Optimierungsproblem (4) erfüllt die an eine Effizienzkennzahl gestellten Anforderungen⁶² und müsste für jede DMU_o , $o = 1, \dots, n$ einzeln, d.h. n -mal, gelöst werden.

⁵⁸ Cooper, Seiford, und Zhu (2011), S. 8.

⁵⁹ Fraktionale Form deshalb, weil ein Quotient betrachtet wird. Diese Form wird auch „Ratio-Form“ (vgl. Cooper, Seiford, und Zhu (2011), S. 7) genannt und entspricht derjenigen, wie sie von Charnes, Cooper, und Rhodes (1978) eingeführt wurde.

⁶⁰ Vgl. Cooper, Seiford, und Zhu (2011), S. 8.

⁶¹ Vgl. auch Charnes et al. (1994), S. 41, die anstelle der beiden Vorzeichenrestriktionen $u_r \geq 0$ bzw. $v_i \geq 0$ die Restriktionen $\frac{u_r}{\sum_{i=1}^m v_i x_{io}} \geq \varepsilon > 0$, $r = 1, \dots, s$, bzw. $\frac{v_i}{\sum_{i=1}^m v_i x_{io}} \geq \varepsilon > 0$, $i = 1, \dots, m$, – mit ε als eine hinreichend kleine positive Zahl – einsetzen und die Bemerkung in Cooper, Seiford, und Zhu (2011), S. 8, dazu.

⁶² Offen ist an dieser Stelle noch, wie für ineffiziente DMUs eine Referenz-DMU ermittelt wird.

Es handelt sich bei (4) um ein nicht-lineares Optimierungsproblem⁶³; ein nicht-lineares Programm (NLP), das sich hier u.a. dadurch auszeichnet, dass es unendlich viele Lösungen hat.⁶⁴ Ausserdem ist die Wahl des Lösungs-Algorithmus bei nicht-linearen Programmen anspruchsvoll. Da gezeigt werden kann⁶⁵, dass das nicht-lineare Programm (4) in ein lineares Programm (LP)⁶⁶ umgeformt werden kann⁶⁷, und sich in der DEA-Theorie und -Anwendung die LP-Form durchgesetzt hat, wird hier nicht weiter bei der fraktionalem Form verweilt.

Eine weitere Folge dieser „Charnes-Cooper“-Transformation ist der Wechsel der Bezeichnungen für die Entscheidungsvariablen: Anstelle von u_r bzw. v_i verwendet das LP μ_r , $r = 1, \dots, s$, für die Gewichte der Outputfaktoren bzw. v_i , $i = 1, \dots, m$, für die Gewichte der Inputfaktoren.⁶⁸ Mit diesem Schritt ist das input-orientierte CCR-Modell als Linearprogramm in der „Multiplier“-Form eingeführt:⁶⁹

$$\left. \begin{array}{l} \max_{\mu, v} \quad w_o = \sum_{r=1}^s \mu_r y_{ro} \\ \text{bzgl.} \quad \sum_{i=1}^m v_i x_{io} \quad \quad \quad = 1 \\ \sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0, \quad j = 1, \dots, n \\ \mu_r, v_i \quad \quad \quad \geq \varepsilon > 0, \quad r = 1, \dots, s, i = 1, \dots, m \end{array} \right\} \quad (5)$$

mit ε als eine hinreichend kleine positive Zahl.

Satz 3.1 *Das fraktionale Programm (4) ist äquivalent zum Linearprogramm (5).*

Beweis. Für den Beweis siehe die Ausführungen in Cooper, Seiford, und Tone (2006). \square

⁶³ In einem nicht-linearen Optimierungsproblem sind die Zielfunktion und / oder eine oder mehrere Restriktionen nicht-lineare Funktionen.

⁶⁴ Vgl. Cooper, Seiford, und Zhu (2011), S. 8: Falls (u^*, v^*) Optimallösungen von (4) sind, dann sind es auch $(\alpha u^*, \alpha v^*)$ mit $\alpha > 0$.

⁶⁵ Vgl. zum Beispiel Cooper, Seiford, und Tone (2006), S. 23–24, oder Cooper, Seiford, und Zhu (2011), S. 8–9.

⁶⁶ Unter einem linearen Programm versteht man die Aufgabe, eine lineare Zielfunktion durch die geeignete Wahl der reellen Entscheidungsvariablen zu maximieren oder zu minimieren unter Einhaltung von linearen Restriktionen (Nebenbedingungen) in Gleichungs- und / oder Ungleichungs-Form und eventuell unter Einhaltung von Vorzeichenrestriktionen (vgl. die Definition in Kall (1976), S. 16–17).

⁶⁷ Sogenannte „Charnes-Cooper“-Transformation: vgl. Cooper, Seiford, und Zhu (2011), S. 8, welche wiederum auf den Originalartikel von Charnes und Cooper (1962) verweisen.

⁶⁸ Grundsätzlich ist man in der Wahl frei; diese Notation hat sich in der Literatur jedoch eingebürgert.

⁶⁹ Vgl. zum Beispiel Cooper, Seiford, und Zhu (2011), S. 9 und 13, oder Charnes et al. (1994), S. 37.

Das lineare Optimierungsproblem (5) liest sich wie folgt:

- Es handelt sich um ein Maximierungsproblem mit $\mu_r, r = 1, \dots, s$, und $v_i, i = 1, \dots, m$, als Entscheidungsvariablen.
- Die Entscheidungsvariablen sind die „Multipliers“ (Multiplikatoren), die der Formulierung den Namen geben und die als Gewichte bzw. als Preise⁷⁰ für die jeweiligen Input- und Outputfaktoren zu interpretieren sind.
- Das Optimierungsproblem hat $(n + 1)$ Nebenbedingungen.
- Der Optimalwert der Zielfunktion w_o^* zeigt für jede DMU die Effizienz ($w_o^* = 1$) bzw. die Ineffizienz an.

Das Optimierungsproblem (5) wird als input-orientiert bezeichnet. Die input-orientierten DEA-Modelle setzen beim Input an und versuchen, bei gegebenem fixen Outputniveau simultan alle Inputs proportional, d.h. um einen bestimmten Faktor, zu reduzieren / zu minimieren.⁷¹ Bezugnehmend auf das „Ein-Input–Ein-Output“-Beispiel (Abbildung 3, S. 8) lässt sich die Input-Orientierung grafisch in der Abbildung 4 illustrieren.

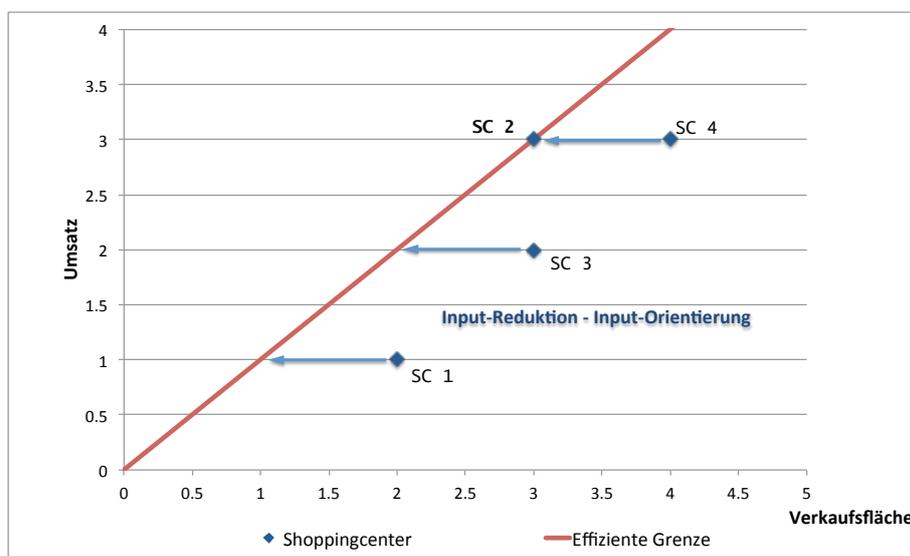


Abbildung 4: Illustration der Input-Orientierung im CCR-Modell, in Anlehnung an Charnes et al. (1994), S. 38.

⁷⁰ In der OR-Terminologie sogenannte Schattenpreise (vgl. Kall (1976), S. 33).

⁷¹ Vgl. zum Beispiel von Bergen (2009), S. 13, Cooper, Seiford, und Tone (2006), S. 58, oder Charnes et al. (1994), S. 32.

Aus der Theorie zur linearen Programmierung ist bekannt, dass zu einem Primalprogramm (PP) wie (5) ein Dualprogramm (DP) existiert.⁷² Mit der DP-Formulierung ist das input-orientierte CCR-Modell in der „Envelopment“⁷³-Form eingeführt.⁷⁴

$$\left. \begin{array}{ll} \min_{\theta, \lambda, s^+, s^-} & z_o = \theta - \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right) \\ \text{bzgl.} & \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^- = \theta x_{io}, \quad i = 1, \dots, m \\ & \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - s_r^+ = y_{ro}, \quad r = 1, \dots, s \\ & \lambda_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, n \\ & s_i^- \geq 0, \quad i = 1, \dots, m \\ & s_r^+ \geq 0, \quad r = 1, \dots, s \end{array} \right\} \quad (6)$$

mit ε als eine hinreichend kleine positive Zahl.

Zwischen einem Primal- und einem Dualproblem gelten folgende Zusammenhänge:⁷⁵

Satz 3.2 (Starker Dualitätssatz) Die Aussagen a) bis d) sind äquivalent:

- Das PP hat eine Lösung.
- Das DP hat eine Lösung.
- Das PP und das DP haben je mindestens eine zulässige Lösung.
- Das PP und das DP haben Lösungen, und die Optimalwerte der Zielfunktionen stimmen überein.

Beweis. Für den Beweis siehe die Ausführungen in Kall (1976), S. 33–34. □

Das lineare Optimierungsproblem (6) liest sich wie folgt:

- Es handelt sich um ein Minimierungsproblem.
- Die „Envelopment“-Form enthält nicht mehr die Gewichte („Multipliers“) als Entscheidungsvariablen.
- Die Entscheidungsvariablen sind die Schlupfvariablen⁷⁶ (Slacks) s_i^- , $i = 1, \dots, m$, für Input-Überschüsse bzw. s_r^+ , $r = 1, \dots, s$, für Output-Fehlmengen, die Effizienzkennzahl θ und die λ_j , $j = 1, \dots, n$. Die λ_j geben an, an welcher DMU bzw. an welchen DMUs (Referenz-DMU) sich eine ineffiziente DMU orientieren soll.

⁷² Bezüglich der Dualitätstheorie und des Regelwerkes zur Überführung eines PP in ein DP wird beispielsweise auf Kall (1976), S. 30–38, verwiesen.

⁷³ Deutsch: Umhüllung.

⁷⁴ Vgl. die Herleitungen in Cooper, Seiford, und Zhu (2011), S. 9–11, und deren Zusammenfassung auf S. 13. Die Masterthesis verzichtet hier auf die zweistufige Herleitung und gibt direkt das Optimierungsproblem (1.6), S. 10, aus Cooper, Seiford, und Zhu (2011) an.

⁷⁵ Vgl. Kall (1976), S. 33–34.

⁷⁶ Vgl. zum Beispiel von Bergen (2009), S. 15, für die Interpretation von Schlupfvariablen.

- Das Optimierungsproblem hat $(m + s)$ Nebenbedingungen.
- Der Optimalwert θ^* zeigt für jede DMU die Effizienz ($\theta^* = 1$) bzw. die Ineffizienz an.
- Die zu minimierende Zielfunktion mit θ zusammen mit dem Restriktionensystem $\sum_{j=1}^n x_{ij}\lambda_j + s_i^- = \theta x_{io}, i = 1, \dots, m$, illustrieren die Input-Orientierung bzw. die Input-Reduktion / Input-Minimierung, während der Output mit den Restriktionen $\sum_{j=1}^n y_{rj}\lambda_j - s_r^+ = y_{ro}, r = 1, \dots, s$, auf dem gegebenen Niveau fixiert wird.

Aus dem starken Dualitätssatz 3.2 lässt sich schliessen, dass im Optimum die beiden Zielfunktionswerte z_o^* und w_o^* übereinstimmen, d.h. es gilt: $z_o^* = w_o^*$. Für die Effizienzmessung von Organisationseinheiten spielt es demnach keine Rolle, ob mit dem Optimierungsproblem (5) oder (6) gearbeitet wird. Das Optimierungsproblem (6) in der „Envelopment“-Form hat jedoch den Vorteil, dass es mit $(m + s)$ Nebenbedingungen in der Regel weniger Restriktionen aufweist als die „Multiplier“-Form mit $(n + 1)$ Restriktionen. Da der Aufwand zur Lösung eines Linearprogramms mit der Anzahl Restriktionen stark zunimmt, ist für die Berechnung der Effizienzkennzahlen die „Envelopment“-Form (6) vorzuziehen.⁷⁷ Zur besseren Interpretation des optimalen Zielfunktionswerts z_o^* bzw. der Optimallösungen θ^* , s_i^{-*} und s_r^{+*} dienen folgende beiden Definitionen:⁷⁸

Definition 3.1 (Starke DEA-Effizienz) Die Performance von DMU_o ist vollständig, d.h. zu 100%, effizient, dann und nur dann, wenn erstens $\theta^* = 1$ und wenn zweitens alle Schlupfvariablen $s_i^{-*} = s_r^{+*} = 0$.

Definition 3.2 (Schwache DEA-Effizienz) Die Performance von DMU_o ist schwach effizient, dann und nur dann, wenn erstens $\theta^* = 1$ und wenn zweitens $s_i^{-*} \neq 0$ und / oder $s_r^{+*} \neq 0$ für einige i oder r in alternativen Optima.

⁷⁷ Vgl. von Bergen (2009), S. 18.

⁷⁸ Vgl. die Definitionen in Cooper, Seiford, und Zhu (2011), S. 10.

Wird das Optimierungsproblem (6) mit den Daten aus dem „Ein-Input–Ein-Output“-Beispiel (Tabelle 1, S. 6) gelöst, so resultieren die Ergebnisse⁷⁹ gemäss der Tabelle 3.

Ergebnisse CCR-Modell - Input-orientierte Form (CCR-I)											
SC	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6	λ_7	λ_8	s^+	s^-	θ
SC 1	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50
SC 2	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
SC 3	0.00	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67
SC 4	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75
SC 5	0.00	1.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.80
SC 6	0.00	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40
SC 7	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50
SC 8	0.00	1.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.63

Tabelle 3: CCR-Modell in der input-orientierten Form: Ergebnisse für das „Ein-Input–Ein-Output“-Beispiel.

Die Ergebnisse des input-orientierten CCR-Modells in der „Envelopment“-Form (CCR-I) für das „Ein-Input–Ein-Output“-Beispiel lassen sich – zusammen mit der Tabelle 1 und der Abbildung 4 – mit Fokus auf die grau hinterlegten Spalten wie folgt interpretieren:⁸⁰

- Die Spalte θ weist die gesuchten Effizienzkennzahlen θ_j , $j = 1, \dots, 8$, aus. Die Werte stimmen mit denjenigen der Tabelle 1 überein. Das SC 2 ist mit $\theta_2 = 1$ die effiziente DMU. Für das SC 1 liest sich der Wert $\theta_1 = 0.5$ wie folgt: Um Effizienz zu erreichen, müsste das SC 1 bei gleichbleibendem Output (= 1) den Input halbieren (= $0.5 \cdot 2 = 1$). Damit kommt das SC 1 auf der Effizienzgrenze in den Punkt (1, 1). Analog dazu für das SC 4 mit dem Wert $\theta_4 = 0.75$: Um Effizienz zu erreichen, müsste das SC 4 bei gleichbleibendem Output (= 3) den Input um ein Viertel reduzieren (= $0.75 \cdot 4 = 3$). Damit kommt das SC 4 auf der Effizienzgrenze in den Punkt (3, 3).
- Die Spalten mit den λ_j , $j = 1, \dots, 8$, geben an, an welcher DMU sich die ineffizienten DMUs orientieren sollen. In diesem kleinen Beispiel mit nur einer effizienten DMU, dem SC 2, orientieren sich alle anderen sieben DMUs am SC 2; deshalb sind alle λ_j mit Ausnahme von λ_2 gleich Null.

Für das SC 1 liest sich der Wert $\lambda_1 = 0.33$ wie folgt: Um Effizienz zu erreichen, müsste sich das SC 1 bezüglich Input und Output jeweils zu 33% am SC 2 orientieren, d.h., mit $(0.33 \cdot 3, 0.33 \cdot 3)$ kommt man wieder in den Punkt (1, 1) auf der Effizienzgrenze.⁸¹

⁷⁹ Sämtliche DEA-Berechnungen wurden in Matlab mit dem von Mathworks unter <http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/19158-data-envelopment-analysis/content/DEA.m> zur Verfügung gestellten Skript [abgerufen am 21. Mai 2014] durchgeführt. Das Skript wurde geringfügig an die Bedürfnisse der Autorin angepasst.

⁸⁰ Interpretationshilfe gibt auch das Beispiel von Charnes et al. (1994), S. 36–38.

⁸¹ Das effiziente SC 2 mit $\lambda_2 = 1$ orientiert sich zu 100% an sich selber und bleibt im Punkt (3, 3).

Analog dazu für das SC 4 mit dem Wert $\lambda_4 = 1$: Um Effizienz zu erreichen, müsste sich das SC 4 bezüglich Input und Output jeweils zu 100% am SC 2 orientieren, d.h., mit $(1 \cdot 3, 1 \cdot 3)$ kommt man wieder in den Punkt $(3, 3)$ auf der Effizienzgrenze.

Damit ist die Diskussion des input-orientierten CCR-Modells abgeschlossen, und es soll auf das „Gegenstück“, die Output-Orientierung, eingegangen werden. Output-orientierte DEA-Modelle setzen beim Output an und versuchen, bei gegebenem fixen Inputniveau simultan alle Outputs proportional, d.h. um einen bestimmten Faktor, zu erhöhen / zu maximieren (maximale Outputerhöhung).⁸²

Perrigot und Barros (2008) argumentieren, dass der Entscheid zwischen input- oder output-orientierten Modellen abhängig ist vom Markt, in dem die DMUs agieren:

„As a general rule of thumb, in competitive markets, the DMUs are output oriented, since we assume that inputs are under the control of the DMU, which aims to maximise its output, subject to market demand. In monopolist markets, the DMUs are input oriented, because output is endogenous, while input is exogenous and the cost function is the natural choice.“⁸³

Sie empfehlen in ihrer Effizienzanalyse französischer Retail-Unternehmen die output-orientierte Formulierung, da sie davon ausgehen, dass die Unternehmen den Output maximieren.^{84,85} Deshalb wird für die Effizienzanalyse von Shoppingcentern das output-orientierte CCR-Modell – direkt in der „Envelopment“-Form⁸⁶ – angegeben:⁸⁷

$$\left. \begin{array}{l} \max_{\phi, \lambda, s^+, s^-} \quad z_o = \phi + \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right) \\ \text{bzgl.} \quad \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^- = x_{io}, \quad i = 1, \dots, m \\ \quad \quad \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - s_r^+ = \phi y_{ro}, \quad r = 1, \dots, s \\ \quad \quad \lambda_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, n \\ \quad \quad s_i^- \geq 0, \quad i = 1, \dots, m \\ \quad \quad s_r^+ \geq 0, \quad r = 1, \dots, s \end{array} \right\} \quad (7)$$

mit ε als eine hinreichend kleine positive Zahl.

⁸² Vgl. Charnes et al. (1994), S. 39.

⁸³ Perrigot und Barros (2008), S. 299.

⁸⁴ Vgl. Perrigot und Barros (2008), S. 301.

⁸⁵ Sherman und Zhu (2006) illustrieren an einem Krankenhaus-Beispiel, dass je nach Fragestellung die Input- oder die Output-Orientierung zur Anwendung kommen kann; zentral ist dabei die Einschätzung, ob eine DMU eher die Inputs oder die Outputs beeinflussen und steuern kann (vgl. Sherman und Zhu (2006), S. 113–119.).

⁸⁶ Der Vollständigkeit halber ist das output-orientierte CCR-Modell in der „Multiplier“-Form im Anhang 1 angegeben. Der Zusammenhang PP – DP gilt analog zu (5) und (6).

⁸⁷ Vgl. Charnes et al. (1994), S. 39, oder Cooper, Seiford, und Zhu (2011), S. 11–13. Die Herleitung startet wieder mit einer Verhältnisskennzahl – dieses Mal mit der Ratio $\frac{\text{Virtueller Input}}{\text{Virtueller Output}}$ – und führt dann über die fraktionale Form und über die „Charnes-Cooper“-Transformation zur „Multiplier“-Formulierung (PP) und schliesslich zur „Envelopment“-Formulierung (DP).

Zum Optimierungsproblem (7) lassen sich folgende Aussagen machen:

- Es handelt sich um ein Maximierungsproblem.
- Die Entscheidungsvariablen sind die Schlupfvariablen s_i^- , $i = 1, \dots, m$, für Input-Überschüsse bzw. s_r^+ , $r = 1, \dots, s$, für Output-Fehlmengen, die Effizienzkennzahl ϕ und die λ_j , $j = 1, \dots, n$. Die λ_j geben wiederum an, an welcher DMU bzw. an welchen DMUs sich eine ineffiziente DMU orientieren soll.
- Das Optimierungsproblem (7) enthält $(m + s)$ Nebenbedingungen.
- Der Optimalwert ϕ^* zeigt für jede DMU die Effizienz ($\phi^* = 1$) bzw. die Ineffizienz an.
- Die zu maximierende Zielfunktion mit ϕ zusammen mit dem Restriktionensystem $\sum_{j=1}^n y_{rj}\lambda_j - s_r^+ = \phi y_{ro}$, $r = 1, \dots, s$, illustrieren die Output-Orientierung bzw. die Output-Erhöpfung / Output-Maximierung, während der Input mit den Restriktionen $\sum_{j=1}^n x_{ij}\lambda_j + s_i^- = x_{io}$, $i = 1, \dots, m$, auf dem gegebenen Niveau fixiert wird.
- Die Definitionen zur starken 3.1 und zur schwachen 3.2 DEA-Effizienz gelten analog, wobei für die Effizienzkennzahl $\phi \geq 1$ gilt.

Bezugnehmend auf das „Ein-Input–Ein-Output“-Beispiel (Abbildung 3, S. 8) lässt sich die Output-Orientierung grafisch illustrieren (Abbildung 5).

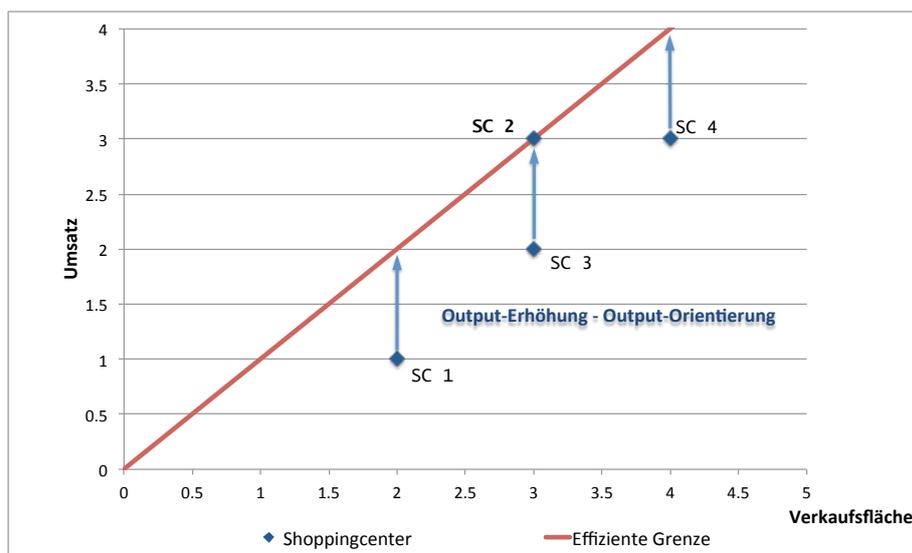


Abbildung 5: Illustration der Output-Orientierung im CCR-Modell, in Anlehnung an Charnes et al. (1994), S. 40.

Wird das Optimierungsproblem (7) mit den Daten aus dem „Ein-Input–Ein-Output“-Beispiel (Tabelle 1, S. 6) gelöst, so resultieren die Ergebnisse gemäss der Tabelle 4.

Ergebnisse CCR-Modell - Output-orientierte Form (CCR-O)											
SC	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6	λ_7	λ_8	s^+	s^-	ϕ
SC 1	0.00	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00
SC 2	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
SC 3	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50
SC 4	0.00	1.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.33
SC 5	0.00	1.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.25
SC 6	0.00	1.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.50
SC 7	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00
SC 8	0.00	2.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.60

Tabelle 4: CCR-Modell in der output-orientierten Form: Ergebnisse für das „Ein-Input–Ein-Output“-Beispiel.

Die Ergebnisse des output-orientierten CCR-Modells in der „Envelopment“-Form (CCR-O) für das „Ein-Input–Ein-Output“-Beispiel lassen sich – zusammen mit der Abbildung 5 – mit Fokus auf die grau hinterlegten Spalten wie folgt interpretieren:⁸⁸

- Die Spalte ϕ weist die gesuchten Effizienzkennzahlen ϕ_j , $j = 1, \dots, 8$ aus. Das SC 2 ist mit $\phi_2 = 1$ die effiziente DMU. Für das SC 1 liest sich der Wert $\phi_1 = 2$ wie folgt: Um Effizienz zu erreichen, müsste das SC 1 bei gleichbleibendem Input (= 2) den Output verdoppeln (= $2 \cdot 1 = 2$). Damit kommt das SC 1 auf der Effizienzgrenze in den Punkt (2, 2). Analog für das SC 4 mit dem Wert $\phi_4 = \frac{4}{3} = 1.33$: Um Effizienz zu erreichen, müsste das SC 4 bei gleichbleibendem Input (= 4) den Output um einen Drittel erhöhen (= $\frac{4}{3} \cdot 3 = 4$). Damit kommt das SC 4 auf der Effizienzgrenze in den Punkt (4, 4).
- Die Spalten mit den λ_j , $j = 1, \dots, 8$, geben wiederum an, an welcher DMU sich die ineffizienten DMUs orientieren sollen. In diesem kleinen Beispiel mit nur einer effizienten DMU, dem SC 2, orientieren sich alle anderen sieben DMUs am SC 2; deshalb sind alle λ_j mit Ausnahme von λ_2 gleich Null.

Für das SC 1 liest sich der Wert $\lambda_1 = \frac{2}{3} = 0.67$ wie folgt: Um Effizienz zu erreichen, müsste sich das SC 1 bezüglich Input und Output jeweils zu 67% am SC 2 orientieren, d.h., mit $(\frac{2}{3} \cdot 3, \frac{2}{3} \cdot 3)$ kommt es wieder in den Punkt (2, 2) auf der Effizienzgrenze. Analog für das SC 4 mit dem Wert $\lambda_4 = \frac{4}{3} = 1.33$: Um Effizienz zu erreichen, müsste sich das SC 4 bezüglich Input und Output jeweils zu 133% am SC 2 orientieren, d.h., mit $(\frac{4}{3} \cdot 3, \frac{4}{3} \cdot 3)$ kommt es wieder in den Punkt (4, 4) auf der Effizienzgrenze.

⁸⁸ Interpretationshilfe gibt auch das Beispiel von Charnes et al. (1994), S. 38–39.

3.2.3 BCC-Modell

Nach diesen ausführlichen Vorarbeiten zum CCR-Modell kann das BCC-Modell kürzer abgehandelt werden. Das BCC-Modell⁸⁹ unterscheidet sich zum CCR-Modell darin, dass in den CCR-Envelope-Formulierungen diese zusätzliche Restriktion eingeführt wird:⁹⁰

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1. \quad (8)$$

Diese Konvexitäts-Restriktion⁹¹ führt dazu, dass das BCC-Modell nicht mehr wie das CCR-Modell konstante Skalenerträge (Constant Return to Scale (CRS))⁹² aufweist, sondern variable Skalenerträge (Variable Return to Scale (VRS)). Dabei entspricht der Skalenertrag der Veränderung der Outputmenge bei einer proportionalen Veränderung der Inputmenge.⁹³ Die Unterschiede zwischen konstanten (CCR-Modell) und variablen (BCC-Modell) Skalenerträgen zeigen sich am besten geometrisch in der Abbildung 6.

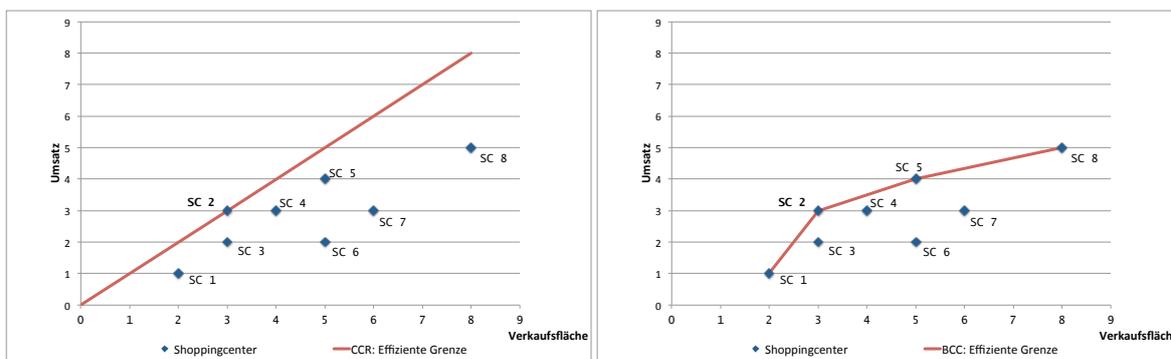


Abbildung 6: Illustration der effizienten Grenze im CCR- und im BCC-Modell, in Anlehnung an Cooper, Seiford, und Tone (2006), S. 84.

Mathematisch gesprochen handelt es sich bei der Technologiemenge zum CCR-Modell um eine positive Hülle (Abbildung 6 (links)) und bei derjenigen zum BCC-Modell um eine konvexe Hülle.⁹⁴

Wird das Optimierungsproblem (12) (siehe Anhang 2) mit den Daten aus dem „Ein-Input–Ein-Output“-Beispiel (Tabelle 1, S. 6) gelöst, so resultieren die Ergebnisse gemäss der Tabelle 5.

⁸⁹ Originalartikel: Banker, Charnes, und Cooper (1984).

⁹⁰ Vgl. Cooper, Seiford, und Zhu (2011), S. 12, oder Charnes et al. (1994), S. 31–36.

⁹¹ Die CCR-Multiplier-Formulierungen erhalten dadurch eine zusätzliche Variable μ_0 .

⁹² Bezüglich der konstanten Skalenerträge wird zwischen nicht-zunehmenden und nicht-abnehmenden Skalenerträgen unterschieden. Mathematisch ausformuliert ist dies zum Beispiel in von Bergen (2009), S. 6.

⁹³ Vgl. von Bergen (2009), S. 6.

⁹⁴ Vgl. von Bergen (2009), S. 9.

Ergebnisse BCC-Modell - Output-orientierte Form (BCC-O)											
SC	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6	λ_7	λ_8	s^+	s^-	ϕ
SC 1	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
SC 2	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
SC 3	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50
SC 4	0.00	0.50	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.17
SC 5	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
SC 6	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00
SC 7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	1.44
SC 8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00

Tabelle 5: BCC-Modell in der output-orientierten Form: Ergebnisse für das „Ein-Input–Ein-Output“-Beispiel.

Die Ergebnisse des output-orientierten BCC-Modells in der „Envelopment“-Form (BCC-O)⁹⁵ für das „Ein-Input–Ein-Output“-Beispiel lassen sich – zusammen mit der Abbildung 6 (rechts) – mit Fokus auf die grau hinterlegten Werte wie folgt interpretieren:⁹⁶

- Das BCC-Modell in der output-orientierten Form (BCC-O) weist vier effiziente Shoppingcenter aus: SC 1, SC 2, SC 5 und SC 8.
- Die Spalten mit den λ_j , $j = 1, \dots, 8$, geben wiederum an, an welcher DMU sich die ineffizienten DMUs orientieren sollen. Für das SC 4 lesen sich $\lambda_2 = 0.5$ und $\lambda_5 = 0.5$ wie folgt: Um Effizienz zu erreichen, müsste sich das SC 4 bezüglich Input und Output jeweils zu 50% am SC 2 und SC 5 orientieren, d.h., mit $([0.5 \cdot 3 + 0.5 \cdot 5], [0.5 \cdot 3 + 0.5 \cdot 4])$ kommt man in den Punkt (4, 3.5) auf der Effizienzgrenze (siehe auch die Abbildung im Anhang 3). Die effizienten SC orientieren sich zu 100% an sich selber ($\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_5 = \lambda_8 = 1$).

Bezüglich der Ergebnisse der Optimierungsprobleme bzw. bezüglich der Aussagen zur Effizienz einer DMU gilt der folgende Satz:⁹⁷

Satz 3.3 *Ist eine DMU_o CCR-effizient, dann ist sie auch BCC-effizient.*

Beweis. Für den Beweis siehe die Ausführungen in von Bergen (2009), S. 19. □

Dieser Satz und die Tatsache, dass die Umkehrung nicht gilt, zeigen sich auch im Vergleich der Ergebnisse in der Tabelle 5 mit denjenigen in der Tabelle 4.

⁹⁵ Mit dem „Gegenstück“ BCC-Modell in der input-orientierten Form (BCC-I).

⁹⁶ Interpretationshilfe gibt auch das Beispiel von Charnes et al. (1994), S. 34–36.

⁹⁷ Vgl. von Bergen (2009), S. 19.

3.2.4 Additives Modell

Das dritte hier vorzustellende DEA-Grundmodell ist das Additive Modell, das von Charnes et al. (1985) entwickelt wurde. Während man sich beim CCR-Modell bzw. beim BCC-Modell zwischen Input- und Output-Orientierung entscheiden muss, kombiniert das Additive Modell diese beiden Orientierungen in einem Modell.⁹⁸ Als Optimierungsproblem ist das Additive Modell in der „Envelopment“-Form wie folgt formuliert:⁹⁹

$$\left. \begin{array}{l}
 \max_{\lambda, s^+, s^-} \quad z_o = \sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \\
 \text{bzgl.} \quad \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^- = x_{io}, \quad i = 1, \dots, m \\
 \quad \quad \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - s_r^+ = y_{ro}, \quad r = 1, \dots, s \\
 \quad \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\
 \quad \quad \lambda_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, n \\
 \quad \quad s_i^- \geq 0, \quad i = 1, \dots, m \\
 \quad \quad s_r^+ \geq 0, \quad r = 1, \dots, s.
 \end{array} \right\} \quad (9)$$

Daraus lässt sich die Definition für die Effizienz einer DMU im Additiven Modell ableiten:¹⁰⁰

Definition 3.3 (ADD-Effizienz) Eine DMU_o ist ADD-effizient, dann und nur dann, wenn alle Schlupfvariablen $s_i^{-*} = s_r^{+*} = 0$.

Wird das Optimierungsproblem (9) mit den Daten aus dem „Ein-Input–Ein-Output“-Beispiel (Tabelle 1, S. 6) gelöst, so resultieren die Ergebnisse gemäss der Tabelle 6.

Ergebnisse Additives Modell (ADD)										
SC	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6	λ_7	λ_8	s^+	s^-
SC 1	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SC 2	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SC 3	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00
SC 4	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
SC 5	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SC 6	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	2.00
SC 7	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00
SC 8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00

Tabelle 6: Additives Modell: Ergebnisse für das „Ein-Input–Ein-Output“-Beispiel.

Die Shoppingcenter SC 1, SC 2, SC 5 und SC 8 sind ADD-effizient, denn ihre Schlupfvariablen s^+ und s^- sind gleich Null (siehe Definition 3.3).

⁹⁸ Vgl. Cooper, Seiford, und Tone (2006), S. 90.

⁹⁹ Vgl. Cooper, Seiford, und Zhu (2011), S. 29, oder Charnes et al. (1994), S. 26.

¹⁰⁰ Vgl. Cooper, Seiford, und Tone (2006), S. 91.

Die Abbildung 7 illustriert, wie das ineffiziente SC 6 mittels gleichzeitiger Input-Reduktion ($s_6^- = 2$) und Output-Erhöhung ($s_6^+ = 1$) auf der effiziente Grenze in den Punkt (3, 3) kommt.

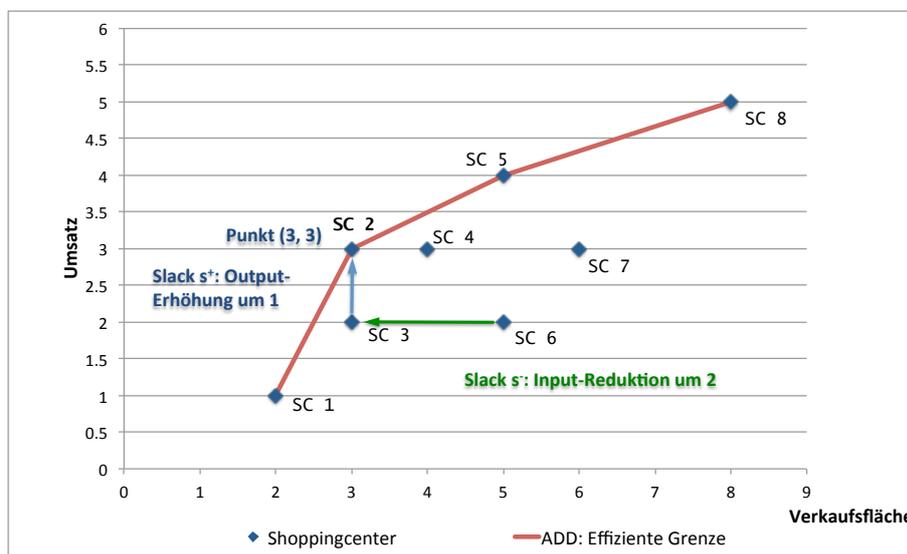


Abbildung 7: Illustration der Effizienzverbesserung im Additiven Modell, in Anlehnung an Charnes et al. (1994), S. 27.

Der Zusammenhang mit der BCC-Effizienz ist in folgendem Satz wiedergegeben:¹⁰¹

Satz 3.4 Eine DMU_o ist ADD-effizient, dann und nur dann, wenn sie auch BCC-effizient ist.

Beweis. Für den Beweis siehe Cooper, Seiford, und Tone (2006), S. 91. □

Der Satz 3.4 zusammen mit dem Satz 3.3 zeigen, dass das CCR-Modell mit CRS die strengsten Vorgaben macht.

Damit ist die Diskussion der drei DEA-Grundmodelle abgeschlossen. Es gibt zahlreiche DEA-Modell-Varianten und -Erweiterungen. Zu nennen sind z.B. das Multiplikative Modell¹⁰², das Cross-Efficiency-Modell, das Super-Efficiency-Modell, das Cone-Ratio-DEA-Modell, das Assurance-Region-DEA-Modell, das DEA-Malmquist-Modell, das DEA-Allocative Modell oder das DEA-Double-Perspective-Modell. Für deren Formulierungen und Eigenschaften wird auf die umfangreiche DEA-Literatur verwiesen.

¹⁰¹ Vgl. Cooper, Seiford, und Tone (2006), S. 91.

¹⁰² Das Multiplikative Modell wird oft auch zu den DEA-Grundmodellen gezählt.

3.3 Wahl des DEA-Modells

Die Diskussion der DEA-Grundmodelle zeigte, dass die Modellwahl von verschiedenen Aspekten abhängig ist. Diese Aspekte sind in der folgenden Tabelle 7¹⁰³ notiert, die als Zusammenfassung der DEA-Modelle dient.

Modell		CCR-I	CCR-O	BCC-I	BCC-O	ADD
Data	Input: X	Semi-positiv	Semi-positiv	Semi-positiv	Frei	Frei
	Output: Y	Frei	Frei	Frei	Semi-positiv	Frei
Translations-Invarianz	Input: X	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja ^a
	Output: Y	Nein	Nein	Ja	Nein	Ja ^a
Einheiten-Invarianz		Ja	Ja	Ja	Ja	Nein
Orientierung		Input	Output	Input	Output	Input & Output
Skalenerträge		CRS	CRS	VRS	VRS	C(V)RS ^b

Tabelle 7: Zusammenfassung der Modelleigenschaften, in Anlehnung an Cooper, Seiford, und Tone (2006), S. 105.

Es müssen also Fragen beantwortet werden:

- zur Art der Daten: Sind die Werte der Input- und Outputfaktoren alle positiv, oder können sie auch (nicht-)negative Werte enthalten?
- zur Translations-Invarianz: Sind die Ergebnisse unabhängig davon, dass den ursprünglichen Werten der Input- und / oder der Outputfaktoren eine Konstante hinzuaddiert wird?¹⁰⁴
- zur Einheiten-Invarianz: Sind die Ergebnisse unabhängig von der Masseinheit, in der die Faktoren gemessen werden (Dimensionsloses Modell)?^{105,106}
- zur Orientierung: Eignet sich die Input- oder die Output-Orientierung besser?
- zu den Skalenerträgen: Ist die Technologie durch konstante (CRS) oder durch variable (VRS) Skalenerträge charakterisiert?
- zur mathematischen Formulierung: Soll das Optimierungsproblem in der fraktionalem, in der „Multiplier“- oder in der „Envelopment“-Form aufgesetzt werden?

Oft ist es nicht eindeutig klar, wie obige Fragen zu beantworten sind. Deshalb empfehlen Cooper, Seiford, und Tone (2006): „If the application has important consequences it is wise to try different models and methods, compare results and utilize expert knowledge of the problem, and possibly try other devices, too, before arriving at a definitive conclusion.“¹⁰⁷

¹⁰³ a: Translations-Invarianz nur mit Konvexitäts-Restriktion.

b: CRS oder VRS abhängig davon, ob die Konvexitäts-Restriktion hinzugefügt ist.

¹⁰⁴ Vgl. Cooper, Seiford, und Tone (2006), S. 93–94.

¹⁰⁵ Vgl. zum Beispiel Cooper, Seiford, und Tone (2006), S. 5, oder Cooper, Seiford, und Zhu (2011), S. 65. Siehe auch das „Units-Invariance“-Theorem in Cooper, Seiford, und Tone (2006), S. 24.

¹⁰⁶ Vgl. zudem die Ausführungen im Unterkapitel 2.3.2, S. 10.

¹⁰⁷ Cooper, Seiford, und Tone (2006), S. 106.

3.4 Wahl der Decision Making Units und der Input- und Outputfaktoren

Bezüglich der DMU-Auswahl sind v.a. zwei Punkte relevant: Erstens sollten die DMUs nicht zu verschiedenartig sein; die zu untersuchenden Organisationseinheiten sollten eine gewisse Homogenität aufweisen. Da die DEA-Methode die relative (und nicht absolute) Effizienz einer DMU misst, ist entscheidend, welche „Peers“ ins Sample aufgenommen werden.

Zweitens muss eine genügend grosse Anzahl an DMUs vorhanden sein. Eine zu geringe DMU-Anzahl kann zur Folge haben, dass zu viele DMUs als effizient bezeichnet werden und die Effizienzaussagen somit fraglich sind. Die DMU-Mindestanzahl ist abhängig von der Anzahl Input- und Outputfaktoren. Es gilt die folgende Faustregel:¹⁰⁸

$$\text{DMU – Anzahl } n \geq \max \{m \cdot s, 3 \cdot (m + s)\}. \quad (10)$$

Wird die Effizienzmessung zum Beispiel mit $s = 2$ Outputfaktoren und $m = 3$ Inputfaktoren durchgeführt, müssen also mindestens $15 = \max \{3 \cdot 2, 3 \cdot (3 + 2)\}$ DMUs für die Analyse vorhanden sein.

Die Tabelle 7 enthält bereits Informationen zur Datenart, die das jeweilige DEA-Modell behandeln kann. Dabei stand im Vordergrund, ob die Input- und Outputfaktoren nur positive Werte annehmen oder auch (nicht-)negative und ob allenfalls die Translations-Invarianz gilt. Erweiterungen der DEA-Grundmodelle aufgrund der Art der Input- und Outputfaktoren können sich aus verschiedenen Gründen ergeben:^{109,110}

- Nicht-diskretionäre Inputs / Outputs

Bis jetzt wurde angenommen, dass die Input- bzw. Outputfaktoren diskretionär sind in dem Sinne, dass sie vom DMU-Management bis zu einem gewissen Masse beeinflussbar sind. Es gibt aber exogen bestimmte (nicht-diskretionäre) Faktoren, die nicht unter der Kontrolle des DMU-Managements sind.¹¹¹ Cooper, Seiford, und Zhu (2011) nennen mit Bezug auf die DEA-Literatur Faktoren wie Wetter / Schneefall, Topografie, Anzahl Konkurrenten, lokale Arbeitslosenquoten oder Alter der Facilities in Universitäten als Beispiele. Übertragen auf Shoppingcenter könnten dies Faktoren wie die lokale Kaufkraft, das Center-Alter oder auch die Anzahl Konkurrenz-Center / -Einrichtungen sein.

¹⁰⁸ Vgl. Cooper, Seiford, und Tone (2006), S. 106.

¹⁰⁹ Siehe zum Beispiel die Ausführungen in Cooper, Seiford, und Zhu (2011), S. 18–23 oder auch in Sarkis (2007), Kapitel 17.

¹¹⁰ Die Gründe werden hier nur kurz skizziert, ohne auf Details oder auf eine mathematische Ausformulierung einzugehen.

¹¹¹ Vgl. Cooper, Seiford, und Zhu (2011), S. 18.

Die Erweiterung der DEA-Grundmodelle um nicht-diskretionäre Faktoren bedingt die Aufteilung der Menge an Input- und Outputfaktoren in die beiden Teilmengen diskretionäre Faktoren und nicht-diskretionäre Faktoren und die spezielle Behandlung dieser Teilmengen im Optimierungsproblem.^{112,113}

- Kategorische Inputs / Outputs

Bis jetzt wurde angenommen, dass die Input- bzw. Outputfaktoren alle aus derselben Kategorie sind. Wie Cooper, Seiford, und Zhu (2011) feststellen, muss dies nicht immer der Fall sein, und sie geben das Beispiel einer Fast-Foodkette an, bei der einige Restaurants einen Drive-In haben und andere nicht.¹¹⁴ Auf den Shoppingcenter-Fall übertragen könnte dies bedeuten, dass unterschieden wird, ob ein Shoppingcenter Freizeit- / Entertainmenteinrichtungen besitzt oder nicht. Die Erweiterung der DEA-Grundmodelle um kategorische Faktoren bedingt die Aufteilung der DMU-Menge in verschiedene Kategorien-Teilmengen und die entsprechende Berücksichtigung im Optimierungsproblem.¹¹⁵

- Subjektive Einschätzungen aus der Erfahrung bzw. den Präferenzen des Managements / A-Priori-Wissen

Einschätzungen und Wissen können berücksichtigt werden, indem zusätzliche Restriktionen bezüglich der Multiplikatoren, d.h. der Gewichte der einzelnen Faktoren, im Optimierungsproblem eingeführt werden. Der ursprüngliche Vorteil der DEA-Methode, dass diese Gewichtungen eben gerade nicht vorgängig fixiert werden müssen, geht dadurch etwas verloren. In Fällen, in denen die Effizienzwerte einer DMU nicht plausibel erklärt werden können oder in denen unverhältnismäßig hohe / tiefe Gewichtungen resultieren, kann eine solche Beschränkung sinnvoll sein.¹¹⁶ Cooper, Seiford, und Zhu (2011) geben dazu drei Situationen an:¹¹⁷

1. „The analysis would otherwise ignore additional information that cannot be directly incorporated into the model that is used, e.g., the envelopment model.“
2. „Management often has strong preferences about the relative importance of different factors and what determines best practice.“
3. „For a small sample of DMUs, the method fails to discriminate, and all may be efficient.“

Für weitere Modellierungsfragen wird auf die DEA-Literatur verwiesen.

¹¹² Vgl. dazu die Ausführungen in Cooper, Seiford, und Zhu (2011), S. 19–20.

¹¹³ Staat (1999) oder Camanho, Portela, und Vaz (2009) gehen beispielsweise speziell auf diese Problematik ein.

¹¹⁴ Vgl. Cooper, Seiford, und Zhu (2011), S. 20.

¹¹⁵ Vgl. Cooper, Seiford, und Zhu (2011), S. 20–21.

¹¹⁶ Vgl. Cooper, Seiford, und Zhu (2011), S. 21.

¹¹⁷ Cooper, Seiford, und Zhu (2011), S. 22.

3.5 Zusammenfassung der DEA-Methode

Gegeben eine Menge homogener DMUs beantwortet die DEA-Methode Fragen wie:

- Wer, d.h. welche DMU, ist effizient und weshalb?
- Wer ist ineffizient und weshalb? Welches sind die Quellen der Ineffizienz?
- Mit welcher effizienten DMU bzw. mit welcher Kombination effizienter DMUs soll sich eine ineffiziente DMU vergleichen? Wer soll im „Peer Group“-Vergleich als Referenz-DMU / Benchmark dienen?
- Bezüglich welcher Faktoren besteht Verbesserungspotenzial? Wie könnte 100%-ige Effizienz erreicht werden?

Die DEA-Methode hat viele Vorteile¹¹⁸; die DEA-Methode

- liefert eine einzige aggregierte Masszahl zur Beschreibung der Effizienz jeder DMU eines Sample,
- fokussiert sich auf DMU-individuelle Beobachtungen und nicht auf Durchschnittswerte,
- erlaubt die simultane Behandlung mehrerer Input- und Outputfaktoren,
- beschränkt sich nicht auf wenige Inputs und / oder wenige Outputs,
- fordert keine vorgängige (a priori) Festlegung der Gewichte der einzelnen Faktoren,
- kommt mit wenigen Annahmen aus,
- erfordert keine Formulierung des funktionalen Zusammenhangs zwischen Input und Output (linear / nicht-linear) wie zum Beispiel die Regressions-Methode,
- muss keine Verteilungsannahmen treffen (nicht-parametrische Methode),
- erlaubt die Modellierung von nicht-diskretionären (exogenen) und kategorischen Faktoren bzw. Dummy-Variablen,
- kann subjektive Einschätzungen und A-Priori-Wissen miteinbeziehen,
- zeigt auf, wie sich eine ineffiziente DMU verbessern kann, d.h., wie sie auf die Effizienzgrenze kommt,
- erlaubt einen direkten Vergleich ineffizienter DMUs mit effizienten DMUs (Referenz-DMU),
- orientiert sich am „Best Practice“-Vorgehen und nicht am durchschnittlichen,

¹¹⁸ Vgl. zu den Vorteilen Charnes et al. (1994), S. 7–8.

- ist in die Modelle der linearen Programmierung eingebettet,
- ermöglicht die Anwendung erprobter Analyse- und Lösungsmethoden,
- erlaubt die Verwendung vorhandener Software wie zum Beispiel Excel (VBA-Programmierung oder „fertige“ Add-Ins¹¹⁹), Matlab¹²⁰ oder GAMS¹²¹.

Zu den negativen Eigenschaften zählen:¹²²

- DEA ist eine Extremwert-Methode und somit anfällig auf Störungen und Fehler.
- Die Resultate sind abhängig von der DMU-Auswahl.
- Es wird die relative Effizienz beurteilt, und es findet kein Vergleich zu einem theoretischen Maximum statt.
- Die Methode ist rechenintensiv bei einer hohen Anzahl DMUs; hat aber nur eine geringe Aussagekraft bei (zu) kleiner Anzahl DMUs.

3.6 DEA-Effizienzanalyse: Vorgehen

Die Hauptschritte einer DEA-Effizienzanalyse sind:

- Schritt 1: Wahl des Untersuchungsgegenstandes: zum Beispiel DEA-Effizienzanalyse von Schweizer Shoppingcentern.
- Schritt 2: Definition des DMU-Universums (Sample): genügend grosse Anzahl homogener DMUs¹²³, d.h. Shoppingcenter.
- Schritt 3: Wahl der Performancetreiber: Bestimmung und Messung der relevanten Input- und Outputfaktoren.
- Schritt 4: Wahl des DEA-Modells: Grundmodell oder erweitertes Modell; allenfalls Einführung zusätzlicher Restriktionen (zum Beispiel aus der Berücksichtigung subjektiver Einschätzungen).
- Schritt 5: Implementation: Datenaufbereitung, Wahl der Optimierungs-Software (Solver), Programmierung.
- Schritt 6: Berechnungen und Resultate.
- Schritt 7: Interpretation, Empfehlungen, Handlungsanweisungen.

Die Effizienzanalyse kann auch als Prozess verstanden werden; mehrere Durchgänge testen verschiedene Input- und Outputfaktoren und / oder Modelle.¹²⁴

¹¹⁹ Zum Beispiel vertreibt Prof. J. Zhu auf seiner Homepage ein Excel-Add-In (<http://www.deafontier.net/software.html>). Siehe dazu auch die Bücher von Zhu (2003) und Zhu (2009).

¹²⁰ Matlab ist ein Produkt von MathWorks (<http://www.mathworks.com>).

¹²¹ General Algebraic Modeling System (GAMS) ist ein high-level Modellierungssystem für die mathematische Programmierung und Optimierung (siehe auch: <http://www.gams.com>).

¹²² Vgl. zum Beispiel Lacagnina und Provenzano (2009), S. 37–38.

¹²³ Siehe Faustregel (10) auf S. 27.

¹²⁴ Siehe auch das Zitat zur Modellwahl auf S. 26.

4 DEA-Literaturübersicht mit Fokus auf Immobilien-Anwendungen

4.1 Kapitelvorschau

Dieses Kapitel stellt eine Literaturlauswahl zur Anwendung der DEA-Effizienzanalyse auf immobilienbezogene Fragestellungen im Allgemeinen und auf Handelsimmobilien wie Supermärkte bzw. Shoppingcenter im Speziellen zusammen.

Zuerst werden allgemeine Informationen zu DEA-Bibliografien gegeben. Es wird gezeigt, welche Autoren bereits Vorarbeiten in der Erfassung, Aufbereitung und in der Aktualisierung der mittlerweile sehr umfangreichen DEA-Literatur leisteten. Diese Bibliografien erleichtern die Literaturrecherche, liefern Quellenangaben und geben einen Einblick in aktuelle DEA-Forschungsgebiete.

Das Feld für DEA-Anwendungen ist sehr weit – eine Artikelauswahl damit willkürlich. Deshalb wird nicht auf einzelne Artikel referenziert, sondern es werden neben Immobilien-Anwendungen weitere Branchen bzw. (Dienstleistungs)-Organisationen vorgestellt, in denen die DEA-Effizienzanalyse potenziell zur Anwendung kommen könnte. Das letzte Unterkapitel widmet sich ausführlicher der Literaturübersicht zu DEA-Anwendungen bei Handelsimmobilien.

4.2 DEA-Bibliografien

Die DEA-Literatur ist seit dem Artikel von Charnes, Cooper und Rhodes aus dem Jahre 1978¹²⁵ sehr stark angewachsen – sowohl um Literatur zu theoretischen Abhandlungen als auch um Literatur zu praktischen Anwendungen. Verschiedene Autoren haben sich die Arbeit gemacht, die umfangreiche Literatur zu erfassen, zu klassifizieren und statistisch aufzuarbeiten.¹²⁶

- Tavares startete 1996 mit dem Aufbau einer DEA-Literaturdatenbank und veröffentlichte 2002 seine Sammlung in „A bibliography of data envelopment analysis (1978–2001)“.¹²⁷ Darin erwähnt er 3'203 Publikationen, die er nach bestimmten Kriterien wie Autor, Erscheinungsjahr, Publikationsart (Journal, Buch, Research Paper, etc.) oder Keywords statistisch aufbereitet.
- Gattoufi, Oral und Reisman nehmen u.a. die Arbeit von Tavares auf und ergänzen 2004 die Literaturübersicht in ihrem Artikel “Data envelopment analysis literature: A bibliography update (1951–2001)“.¹²⁸

¹²⁵ Das Jahr 1978, in dem Charnes, Cooper, und Rhodes (1978) das CCR-Modell entwickelten, wird oft als das DEA-Geburtsjahr bezeichnet, obwohl die Anfänge bis in die 50er Jahre zurückreichen (vgl. Unterkapitel 3.2.1).

¹²⁶ Die Internet-Seite von Emrouznejad <http://deazone.com> unterhält auch eine gute Literaturübersicht.

¹²⁷ Vgl. Tavares (2002).

¹²⁸ Vgl. Gattoufi, Oral, und Reisman (2004a).

Aus der Interdisziplinarität von DEA bzw. derer Anwendung betonen die Autoren die Wichtigkeit einer zentralen Artikelsammlung („[...] a need for a single source of referencing the wide range of article appearing in the literature.“¹²⁹).

Gleichzeitig entwickelten sie 2004 ein Klassifizierungssystem für die DEA-Literatur.¹³⁰ Die Hauptklassifizierungskriterien sind die Art der Daten (Data *D*), des Envelopment (*E*) und der Analyse (Analysis *A*) bzw. die Natur der Studie / Methodologie (Nature *N*). Jedes dieser *DEAN*-Attribute wird noch weiter unterteilt, und es resultiert eine sehr feine Klassifizierungs-Baumstruktur.¹³¹

Im dritten Artikel aus dem Jahr 2004¹³² diskutieren die drei Autoren zusammen mit A. Kumar – wie sie sagen – „statistische Trends“ in der DEA-Literatur, um die „vitality, (real-world) relevance, diffusion, and acceptance“ von DEA¹³³ zu dokumentieren.

- Neuere Untersuchungen sind von Liu et al. aus dem Jahre 2013. Der Artikel „Data envelopment analysis 1978–2010: A citation-based literature survey“¹³⁴ hat zum einen das Ziel, diejenigen Publikationen zu finden, die eine zentrale Rolle in der DEA-Entwicklung spiel(t)en, und zum anderen, die aktivsten Forschungsbereiche zu identifizieren.

Der zweite Artikel „A survey of DEA applications“¹³⁵ setzt den Fokus auf DEA-Anwendungen und eruiert die Branchen mit den meisten Publikationen; es sind dies auf den ersten fünf Plätzen: das Bank- und Gesundheitswesen, die Landwirtschaft, das Transport- und das Bildungswesen (siehe Tabelle 8).

Die Tabelle 8 zeigt zudem, dass zwischen 1978 und 2010 rund 100 Artikel zu „Real Estate, Retailing, Tourism“ publiziert wurden; sie ist Ausgangspunkt für die Diskussion von DEA-Immobilien-Anwendungen.

¹²⁹ Vgl. Gattoufi, Oral, und Reisman (2004a), S. 159.

¹³⁰ Vgl. Gattoufi, Oral, und Reisman (2004b).

¹³¹ Vgl. Gattoufi, Oral, und Reisman (2004b), S. 145–150.

¹³² Vgl. Gattoufi et al. (2004).

¹³³ Vgl. Gattoufi et al. (2004), S. 126.

¹³⁴ Vgl. Liu et al. (2013a).

¹³⁵ Vgl. Liu et al. (2013b).

Real world applications	Total no. of papers	Percentage (%)	No. of papers 2005–2009	Fraction of total papers (%)
Banking	323	10.31	147	45.5
Health care	271	8.65	107	39.5
Agriculture & farm	258	8.23	140	54.3
Transportation	249	7.95	131	52.6
Education	184	5.87	75	40.8
Power	156	4.98	87	55.8
Manufacturing	146	4.66	75	51.4
Energy & environment	109	3.48	75	68.8
Communication	70	2.23	28	40.0
Finance	51	1.63	33	64.7
Insurance	44	1.40		
Tourism	42	1.34		
Petroleum	41	1.31		
Fishery	39	1.24		
Sport	31	0.99		
Construction	29	0.93		
Automobile	28	0.89		
Retailing	28	0.89		
Forestry	27	0.86		
Water	27	0.86		
Real estate	25	0.80		
Software	25	0.80		
E-business	22	0.70		
Mining	22	0.70		
Miscellaneous	351	11.20		
Disciplines	536	17.10		

Note: The table lists only industrial applications with 20 or more number of papers; applications otherwise are labeled as miscellaneous or disciplines. Under the item miscellaneous are industrial applications with less than 20 papers. The item disciplines includes papers focusing on topics such as supply chain management, human resources management, operations management, technology management, logistics, government, development, etc. without referring to specific industries. Percentage represents the fraction of the non-theoretical papers (total 3134).

Tabelle 8: Number of papers for DEA applications, Liu et al. (2013b), S. 896.

4.3 Allgemeine DEA-Immobilien-Anwendungen

Wenn nicht bereits unter „Real Estate“ erfasst finden sich auch unter „Finance“ immobilienbezogene DEA-Artikel – z.B. zur Effizienzanalyse von Real Estate Investment Trusts (REITs)¹³⁶ oder von Immobilien-Anlagefonds¹³⁷ bzw. zur Immobilien-Bewertung¹³⁸. Die DEA-Technik könnte als Alternative oder Ergänzung zum hedonischen Immobilien-Bewertungsmodell eingesetzt werden – u.a. mit dem Vorteil, dass keine Verteilungsannahmen getroffen werden müssen.

Sherman und Zhu (2006) zeigen in ihrem Buch¹³⁹, wie DEA die Performance von staatlichen und privatwirtschaftlichen Dienstleistungs-Organisationen¹⁴⁰ verbessern könnte. Sie unterscheiden dabei – als nicht abschliessende Aufzählung – verschiedene Arten von

¹³⁶ Vgl. Anderson et al. (2002).

¹³⁷ Vgl. Anderson et al. (2004).

¹³⁸ Vgl. Ebersberger, Cantner, und Hanusch (1997) oder Lins, de Lyra Novaes, und Legey (2005).

¹³⁹ Vgl. Sherman und Zhu (2006): „Service Productivity Management: Improving Service Performance using Data Envelopment Analysis (DEA)“.

¹⁴⁰ Vgl. auch das Buch von Westermann (1999) „Data Envelopment Analysis in the Service Sector“ mit Effizienzanalysen von schottischen Krankenhäusern und norwegischen Hochschulen.

Institutionen und geben jeweils Beispiele dazu.¹⁴¹ Die Auflistung von Sherman und Zhu (2006) wird hier als Grundlage genommen, angepasst und durch weitere Institutionen und Beispiele ergänzt:

- Staatliche Einrichtungen¹⁴² und (Förder-)Programme der öffentlichen Hand¹⁴³
 - Bildungswesen: Universitäten, Schulen aber auch Bibliotheken,
 - Öffentliche Gesundheit: Krankenhäuser, Kliniken, Sportanlagen¹⁴⁴,
 - Steuerbehörden, Justizeinrichtungen (Gerichte, Gefängnisse),
 - Öffentliche Sicherheit, öffentlicher Verkehr.
- Non-Profit-Organisationen
 - Kunst, Kultur: Museen, Orchester,
 - Sport: (Fussball-)Mannschaften oder Länderteams (an Olympiaden),
 - Tourismus: Regionen, Destinationen¹⁴⁵, Lebensqualität in Städten¹⁴⁶,
 - Research- und Bildungseinrichtungen.
- Unternehmen, die Dienstleistungen als primäre Aktivität anbieten
 - Beratungsunternehmen (Tax, Audit, etc.), Anwaltskanzleien, Architekturbüros¹⁴⁷,
 - Krankenhäuser, Bildungseinrichtungen („for Profit“),
 - Restaurants, Hotels und Resorts,
 - Fluggesellschaften,
 - Banken¹⁴⁸, Versicherungen und andere Finanzdienstleister.

¹⁴¹ Vgl. Sherman und Zhu (2006), S. 10–12.

¹⁴² Fliessender Übergang zu Anwendungen aus dem Public Real Estate Management (PREM).

¹⁴³ So bemerken Charnes et al. (1994), S. 3–4, dass die erste DEA-Anwendung überhaupt, d.h. diejenige von Charnes, Cooper, und Rhodes (1978), die Evaluation von „Project Follow Through – educational program for disadvantaged students“ an öffentlichen US-Schulen war. Das Projekt wurde von der US-Regierung unterstützt. Die Performanceanalyse kämpfte mit dem Problem mehrerer Inputs und Outputs, ohne dass entsprechende Marktpreise verfügbar waren; daraus resultierte das erste DEA-Modell in der CCR-Formulierung.

¹⁴⁴ Für eine mögliche Anwendung <https://www.stadt-zuerich.ch/ssd/de/index/sport.html>.

¹⁴⁵ Vgl. zum Beispiel Barros et al. (2011).

¹⁴⁶ Vgl. Sherman und Zhu (2006), Kapitel 10.

¹⁴⁷ Explizit erwähnt in Sherman und Zhu (2006), S. 11.

¹⁴⁸ Nach der Anwendung der DEA-Methode auf die Performanceanalyse von US-Förderprogrammen (siehe Charnes, Cooper, und Rhodes (1978)) wurde der Anwendungsbereich schnell auf andere Institutionen – auf Banken, die die Effizienz ihrer Filialen untersuchten – erweitert, wie Sherman und Zhu (2006) im Vorwort auf S. xvi bemerken mit Referenz auf Sherman (1984), dem ersten DEA-Artikel in einer Management-Zeitschrift.

- Unternehmen, die Dienstleistungen als sekundäre Aktivität bzw. als Support-Funktion anbieten: Kundendienst, Callcenter, Support-Abteilungen (wie Produkt-Beratung, -Installation und -Training),
- Interne Dienstleistungs-Organisationen: Einkauf, Beschaffungswesen, Rechnungswesen, Personalabteilung aber auch Facility Management. Denkbar sind hier auch Anwendungen aus dem Corporate Real Estate Management (CREM).
- Bewirtschaftung eines Immobilien-Portfolios (Direktanlagen), Monitoring / Evaluation von indirekten Immobilienanlagen.

Aus all diesen Beispielen lassen sich DEA-Immobilien-Anwendungen ablesen. Kombiniert man die Tabelle 8 und die Ausführungen von Sherman und Zhu (2006)¹⁴⁹ mit der „Unterscheidung nach Immobilienarten“ von Walzel (2008)¹⁵⁰, dann geht der Fächer für DEA-Immobilien-Anwendungen noch weiter auf.

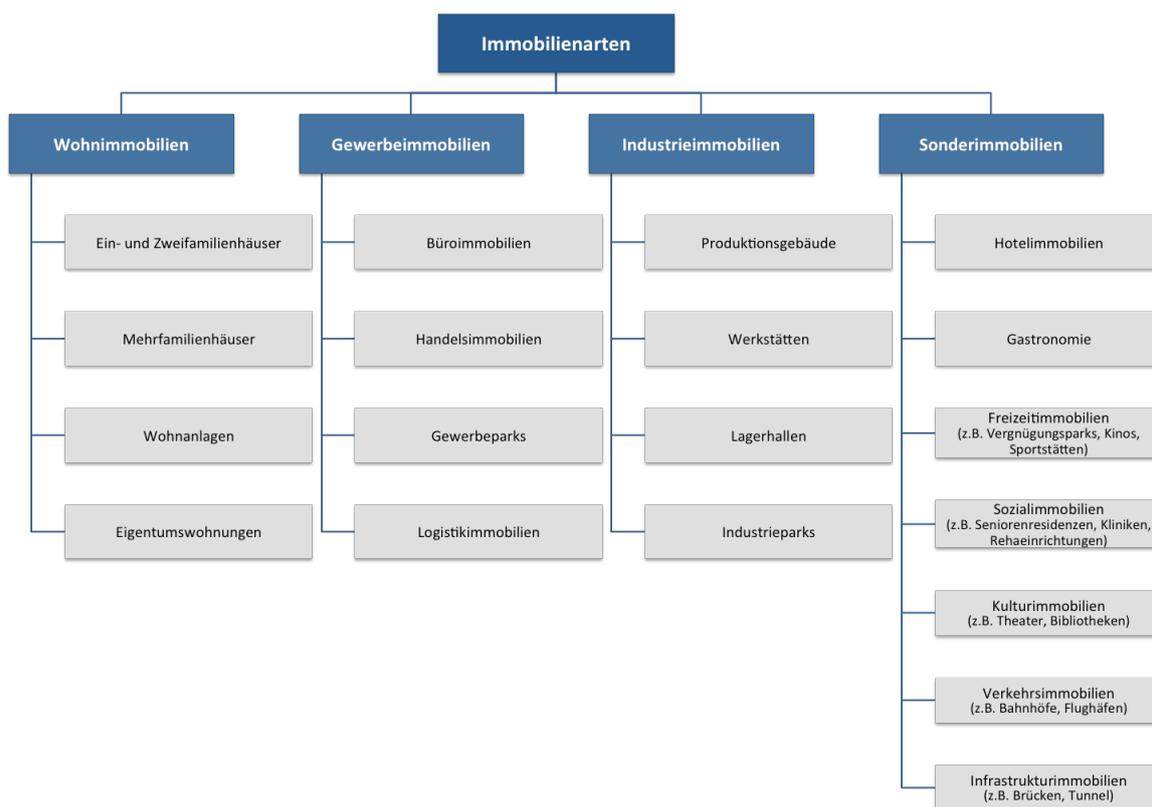


Abbildung 8: Typologisierung nach Immobilienarten, in Anlehnung an Walzel (2008), S. 120.

¹⁴⁹ Vgl. Sherman und Zhu (2006), S. 10–12.

¹⁵⁰ Vgl. Walzel (2008), S. 119–140.

Es sind dies in erster Linie Anwendungen, bei denen der Betrieb einer Immobilie im Vordergrund steht – bei Handelsimmobilien oder speziell bei Betreiber- oder Managementimmobilien¹⁵¹. Das effiziente betriebliche Funktionieren ist zentral für die Werthaltigkeit dieser Immobilien. Es wird kein Immobilienpreis (direkt) geschätzt, sondern der Immobilienwert wird in diesem Fall indirekt über die Effizienzanalyse beurteilt: Immobilien mit einem effizienten Umgang mit den Input- und Outputfaktoren generieren höhere Netto-Cashflows und damit einen höheren Wert.

Die DEA-Effizienzanalyse ist prinzipiell auf alle Immobilienarten gemäss Abbildung 8 anwendbar; eingesetzt wurde sie bisher¹⁵² bei Verkehrsimmobilien wie Flughäfen¹⁵³, bei Sozialimmobilien wie Kliniken¹⁵⁴, bei Hotelimmobilien¹⁵⁵, bei Infrastrukturimmobilien wie Kraftwerke und bei Handelsimmobilien.

4.4 DEA-Anwendungen bei Handelsimmobilien

Gemäss den Literaturrecherchen der Autorin behandelt die vorliegende Arbeit zum ersten Mal die Anwendung der DEA-Effizienzanalyse auf Schweizer Shoppingcenter. Verschiedene Autoren benutzen jedoch bereits seit Mitte der 1990er Jahre die DEA-Technik für Einzelhandels-Performanceanalysen in diversen Ländern:

- Den Anfang machten Athanassopoulos und Ballantine (1995)¹⁵⁶ mit ihrer DEA-Performanceanalyse von UK-Supermärkten. Das Sample bestand aus Namen wie Tesco, Woolworth oder Marks & Spencer. Die Analysen wurden 2003 von Athanassopoulos weitergeführt.¹⁵⁷

Im Jahr 2008 wurden UK-Retail-Firmen – u.a. wieder Tesco, Marks & Spencer, aber auch Boots, HMV Music oder IKEA (UK) durch Yu und Ramanathan (2008) einer DEA-Effizienzanalyse unterzogen.¹⁵⁸

- Keh und Chu (2003) setzten bei ihrer Analyse von 13 Filialen einer US-Supermarktkette einen besonderen Schwerpunkt auf die Output-Definition bzw. -Messung.¹⁵⁹ Banker et al. untersuchten 2010 in einem zweistufigen Verfahren (DEA- und Regressions-Analyse), wie sich das Überwachungs-Level auf die Produktivität von

¹⁵¹ Hotels, Kliniken, aber auch Shoppingcenter; vgl. Walzel (2008), S. 138.

¹⁵² Keine abschliessende Aufzählung; Auswahl durch die Autorin.

¹⁵³ Vgl. zum Beispiel die Arbeit von Barros und Dieke (2007).

¹⁵⁴ Vgl. zum Beispiel die Schweizer Beiträge von Farsi und Filippini (2005) oder Steinmann et al. (2003).

¹⁵⁵ Vgl. zum Beispiel die Artikel von Hwang und Chang (2003), Barros (2005), Keh, Chu, und Xu (2006), Barros und Dieke (2008), Perrigot, Cliquet, und Piot-Lepetit (2009), Assaf, Barros, und Josiassen (2010) und Huang et al. (2012).

¹⁵⁶ Zusammen mit dem Artikel von Athanassopoulos und Ballantine (1995) wird in den „Literature Reviews“ zu DEA-Retail-Anwendungen oft auch der Artikel von Athanassopoulos (1995) genannt, obwohl er die DEA-Methode auf eine UK-Restaurantkette anwendete.

¹⁵⁷ Vgl. Athanassopoulos (2003).

¹⁵⁸ Vgl. Yu und Ramanathan (2008).

¹⁵⁹ Vgl. Keh und Chu (2003).

Einzelhändlern im Luxussegment („high-end retail“) auswirkt.¹⁶⁰ Mittels DEA verglichen Malhotra, Malhotra, und Lafond (2010) US-Retailer miteinander, wobei sie sich v.a. auf Verhältniskennzahlen als Input- und Outputfaktoren abstützten.¹⁶¹

- In Portugal war v.a. Barros – alleine oder zusammen mit Alves – in der DEA-Effizienzanalyse von Hyper- und Supermärkten aktiv.¹⁶² Einige Jahre später, im 2010, analysierten Vaz, Camanho, und Guimarães (2010) nicht die Effizienz auf der Stufe „Filiale“, sondern die Effizienz auf der Stufe „Abteilung“. Sie verglichen die Effizienz der Abteilungen „grocery“, „perishables“, „light bazaar“, „heavy bazaar“ und „textiles“ der Filialen einer Supermarktkette.¹⁶³
- Perrigot und Barros (2008) setzten auch ein zweistufiges Verfahren ein. Sie untersuchten in einem ersten Schritt anhand von vier DEA-Modellen¹⁶⁴ die Effizienz französischer Retail-Firmen wie Carrefour, Monoprix oder Mazagran und kombinierten die Analyse in einem zweiten Schritt mit einer Tobit-Regression, bei der die Parameter mittels Bootstrapping geschätzt wurden.
- In Spanien befassten sich Sellers-Rubio und Mas-Ruiz (2006) mit der Effizienz von 100 Supermarktketten im Zeitraum zwischen 1995 und 2001.¹⁶⁵
- Die operative Effizienz chinesischer Retail-Firmen untersuchten Yu und Ramanathan (2009). Ihr Artikel enthält ausserdem eine gute Zusammenstellung über DEA-Retail-Analysen (siehe Tabelle 9 am Kapitelende auf S. 40).¹⁶⁶
- In einer verwandten Retail-Anwendung setzten Ahn, Neumann und Vazquez Novoa im Jahr 2012 ein modifiziertes output-orientiertes CCR-Modell für die Performanceanalyse von Europäischen Apothekenketten ein.¹⁶⁷
- In Australien optimierte Lau (2013) ein Retail-Filialnetzwerk mittels DEA. Er identifizierte die effizienten bzw. ineffizienten Filialen und zeigte das Rationalisierungspotenzial auf.¹⁶⁸

Im Schweizer Einzelhandel könnte DEA die Effizienz innerhalb der Branche¹⁶⁹ oder die Effizienz der Filialen einer Einzelhandelskette¹⁷⁰ überprüfen.

¹⁶⁰ Vgl. Banker et al. (2010).

¹⁶¹ Vgl. Malhotra, Malhotra, und Lafond (2010).

¹⁶² Vgl. Barros und Alves (2003), Barros und Alves (2004) und Barros (2006).

¹⁶³ Vgl. Vaz, Camanho, und Guimarães (2010).

¹⁶⁴ CCR- und BCC-Modell, Cross- und Super-Efficiency-Modell.

¹⁶⁵ Vgl. Sellers-Rubio und Mas-Ruiz (2006).

¹⁶⁶ Vgl. Yu und Ramanathan (2009), S. 111–112.

¹⁶⁷ Vgl. Ahn, Neumann, und Vazquez Novoa (2012b) und Ahn, Neumann, und Vazquez Novoa (2012a).

¹⁶⁸ Der Artikel von Lau enthält zudem im Anhang eine gute Übersicht über „Empirical DEA studies conducted in recent years“ (vgl. Lau (2013), S. 60) – u.a. auch zu Retail-Anwendungen.

¹⁶⁹ Zum Beispiel Effizienzanalyse von Schweizer Shoppingcentern.

¹⁷⁰ Zum Beispiel Migros, Coop oder Aldi überprüfen die Effizienz ihrer Filialen.

Neben den länderspezifischen DEA-Retail-Anwendungen fokussierten sich folgende Studien auf Fragestellungen zur Auswahl von Input- und Outputfaktoren:

- Bereits im Jahr 1998 setzten sich Donthu und Yoo mit „Retail productivity assessment using data envelopment analysis“ auseinander und verwendeten in ihrer DEA-Analyse die Daten einer Fast-Food-Restaurantkette. Da es sich um 24 Filialen in einer einzigen grossen Stadt handelte, verstanden sie es als internes Benchmarking.¹⁷¹ Ausserdem enthält der Artikel eine informative Tabelle zu Inputs und Outputs zur Messung der Retail-Produktivität¹⁷².
- Der Artikel von Turhan, Akalın, und Zehir (2013) präsentiert eine „Literature review on selection criteria of store location based on performance measures“.¹⁷³ Ihre Ausführungen zu den Selektionskriterien Performancemasse, Bevölkerungscharakteristiken, ökonomische Faktoren, Wettbewerb, Sättigungsgrad, Ladeneigenschaften und Magnet / Ankermieter könnten die Selektion von Input- und Outputfaktoren unterstützen.
- Gauri (2013) arbeitete zwar mit der „Stochastic Frontier Analysis“, einer zu DEA alternativen Methode. Sein Artikel gibt aber Ideen für die Faktoren-Wahl bei der Effizienzanalyse von Supermärkten; er unterscheidet zwischen betrieblichen (wie Anzahl Mitarbeiter, Verkaufsfläche) und exogenen (wie Bevölkerungsdichte, Anzahl Konkurrenten) Inputfaktoren.¹⁷⁴

Obige Arbeiten geben einige für Handelsimmobilien und damit auch für Shoppingcenter relevante Performancetreiber an; weitere Faktoren finden sich in der Retail-Literatur¹⁷⁵ bzw. in Shoppingcenter-Management-Handbüchern wie dem „Certified Shopping Center Manager (CSM) Handbook“ vom International Council of Shopping Centers (ICSC).¹⁷⁶

¹⁷¹ Donthu und Yoo (1998), S. 95.

¹⁷² Donthu und Yoo (1998), Tabelle 1, S. 95.

¹⁷³ Turhan, Akalın, und Zehir (2013).

¹⁷⁴ Gauri (2013), S. 4.

¹⁷⁵ Vgl. zum Beispiel das Buch „The Economics of Retail Distribution“ von Betancourt (2004). Er bespricht die ökonomische Funktion von Retail-Organisationen, das Retail-Angebot und die Retail-Nachfrage und die Interaktionen zwischen Retailern und Konsumenten / anderen Agenten. Ausserdem liefert er die mathematische Formulierung und die Analyse von Retail-Wettbewerb und von Agglomerationseffekten bzw. ökonometrische Evidenzen zu Supermärkten.

¹⁷⁶ Vgl. ICSC o.V. (2001).

Nachfolgend ist für Handelsimmobilien ein Set an möglichen Performancetreibern aufgeführt:

- Inputfaktoren
 - Endogene (betriebliche, eher kontrollierbare) Faktoren
(Verkaufs-)Fläche in m², Anzahl Parkplätze¹⁷⁷, Branchenmix, Anzahl Betriebe bzw. Mieter, Freizeitangebot, Art des Ankermieters, Anzahl Kunden, Anzahl Mitarbeiter, Lohn, Kosten-Kennzahlen, Center-Alter, Marketing-Mix, Preis-Format-Strategie, Öffnungszeiten (Anzahl Verkaufstage bzw. -stunden). Endogene Variablen sind Shoppingcenter-spezifisch und können die Managerleistung bestimmen.
 - Exogene (umfeldbedingte, nicht-kontrollierbare) Faktoren
Kaufkraft, Lage (Stadtzentrum, Peripherie, Grüne Wiese), Erreichbarkeit (zu Fuss, per MIV oder ÖV), Retail-Struktur, Konkurrenz, demografische und sozio-ökonomische Daten (Geo-Codierung).
- Outputfaktoren
 - Monetäre Faktoren
Umsatz, Mietertrag¹⁷⁸, Occupancy Cost Ratio (OCR)¹⁷⁹, Gewinn vor Steuern, Finanzkennzahlen (zum Beispiel Aktienrendite eines Unternehmens, „Debt Service Coverage Ratio“).
 - Nicht-monetäre Faktoren
Kundentreue / -zufriedenheit, Mitarbeiterzufriedenheit, Servicequalität.

Generell sind Outputfaktoren schwieriger zu bestimmen und zu messen als Inputfaktoren – dies gilt umso mehr bei den nicht-monetären Faktoren wie Zufriedenheit oder Qualität (sogenannte „Quality Measures“).¹⁸⁰

¹⁷⁷ Allenfalls zu unterscheiden, ob gebührenpflichtig oder nicht.

¹⁷⁸ Allenfalls die Abhängigkeit der Miete vom Umsatz beachten.

¹⁷⁹ Definition Occupancy Cost Ratio (OCR) (gemäss ICSC o.V. (2001), S. 53): „Occupancy cost measures how well the store’s sales volumes support its cost. Rent, common area maintenance charges, taxes, insurance, and percentage rent are typically all included in an OCR.“

¹⁸⁰ Vgl. dazu auch Sherman und Zhu (2006), Kapitel 7.

Studies	Analysis level	Inputs	Outputs
Athanassopoulos (1995)	DEA Restaurants	Adjustable inputs: the bar area (ft ²); the number of covers Uncontrollable inputs: market size (potential customers); the number of restaurants in a 1-mile radius; the number restaurants in a 3-mile radius	Food sales (in value) Sales of beverages (in value)
Barros and Alves (2003)	DEA 47 retail outlets of one of the leading hypermarket and supermarket Portugal chains, 1999–2000	Number of full-time equivalent employees Cost of labor Number of cash-out points Stock Other costs	Sales Operating results
Barros and Alves (2004)	DEA 47 retail outlets of one of the leading hypermarket and supermarket Portugal chains, 1999	Number of full-time equivalent employees Cost of labor Number of cash-out points Stock Other costs	Sales Operating results
Barros (2006)	DEA and Tobit model 22 main supermarket and hypermarket in Portugal, 1998–2003	Number of laborers Value of assets Tobit model variables: share; outlets; ownership; regulation; location	Sales Operational results Value-added
Donthu and Yoo (1998)	DEA and regression models 24 outlets of a fast-food restaurant chain	Store size Manager tenure Store location (inside a shopping mall versus free-standing) Promotion/give-away expenses	Sales (value) Customer satisfaction (a five-point scale)
Keh and Chu (2003)	DEA BCC model 13 USA stores, 1988–1997	Labor: floor staff; management wages and benefits for the number of hours worked Capital: occupancy, utilities; maintenance and general expenditure for the area of the stores	Distribution services: accessibility; assortment; assurance of product delivery; availability of information; ambience Sales revenue
Perrigot and Barros (2008)	DEA and bootstrap Tobit model 11 French generalist retailers, 2000–2004	Labor: the number of equivalent full-time workers Capital: the value of assets of the firm and costs	Turnover Profits
Ratchford (2003)	Cost efficiency, DEA USA retail food stores (SIC 54) 1959–1995	Capital Labor Intermediate services	Conventional physical output Breath of assortment Index of different services (deli, bakery, etc.)
Sellers-Rubio and Mas-Ruiz (2006)	DEA 100 supermarkets chains in Spain, 1995–2001	Number of employees Number of outlets Capital: sum of own funds (capital plus reserve); level of debt (short- and long-term debt)	Sales Profit
Sellers-Rubio and Mas-Ruiz (2007)	DEA–Malmquist productivity indices 96 supermarkets chains in Spain, 1995–2003	Number of employees Number of outlets Capital: sum of own funds (capital plus reserve); level of debt (short- and long-term debt)	Sales Operational results
Thomas et al. (1998)	DEA AR (assurance regions), MANOVA 552 outlets of a USA multi-store, multi-market retailer	Labor: employees and wages Experience: employees, store manager, and store Location-related costs: occupancy, operating expenses, etc. Internal processes: inventory, transactions, etc.	Sales dollars Profits dollars

Tabelle 9: Previous research into retail efficiency using DEA., Yu und Ramanathan (2009), S. 111–112.

5 DEA-Anwendung auf Schweizer Shoppingcenter

5.1 Kapitelvorschau

Dieses Kapitel wendet die DEA-Methode zur Effizienzanalyse von Schweizer Shoppingcenter an. Zuerst wird definiert, was unter einem Shoppingcenter zu verstehen ist, um dann kurz auf den schweizerischen Shoppingcenter-Markt einzugehen. Der Hauptteil folgt dem im Unterkapitel 3.6 beschriebenen Vorgehen einer DEA-Effizienzanalyse.

5.2 Shoppingcenter-Definition

Geht man zurück auf die Abbildung 8, S. 35, so sind Shoppingcenter¹⁸¹ unter den Handelsimmobilien¹⁸² einzuordnen. Handelsimmobilien umfassen neben den Shoppingcenter die klassischen Einzelhandelsflächen mit direktem Strassenzugang¹⁸³, Kauf- und Warenhäuser, SB-Warenhäuser¹⁸⁴, Fachmärkte, Lebensmittelmärkte / Supermärkte und Discounter.¹⁸⁵ Charakteristisch für Handelsimmobilien ist, dass bei ihnen – im Gegensatz zu Wohn- oder Büroimmobilien – nicht die Flächennutzung im Vordergrund steht, sondern die Umsatzerzielung.¹⁸⁶

Bereits früh wurde versucht zu definieren, was unter einem Shoppingcenter zu verstehen ist. Unter Aufarbeitung der Shoppingcenter-Literatur bis in die 1950er Jahre zurück machte Jaeck (1979) einen eigenen Versuch einer Definition:

„Das Shopping Center heisst eine geplante Einzelhandelsagglomeration, die als zusammenhängender Baukomplex unter zentraler Leitung entwickelt und verwaltet wird und durch Vermietung an eine ausgewählte Gruppe von Einzelhandels- und sonstigen Dienstleistungsbetrieben ein auf den konsumwirtschaftlichen Bedarf der im Einzugsgebiet wohnenden Bevölkerung abgestimmtes Angebot bereitstellt und gewöhnlich mit hinreichenden Zubringerstrassen und Parkplatzanlagen für die Kunden ausgestattet ist.“¹⁸⁷

In neueren Publikationen¹⁸⁸ findet sich die auch vom ICSC verwendete Definition des Urban Land Institute (ULI): „A group of retail and other commercial establishments that is planned, developed, owned and managed as a single property. On-site parking is provided. The center’s size and orientation are generally determined by the market characteristics of the trade area served by the center. The two main configurations of shopping centers are malls and open-air strip centers.“¹⁸⁹

¹⁸¹ Das Shoppingcenter: das Einkaufszentrum (gemäss Duden).

¹⁸² Synonym dazu sind die Begriffe Einzelhandelsimmobilien oder auch Detailhandelsimmobilien.

¹⁸³ Zum Beispiel Boutiquen, Delikatessengeschäfte.

¹⁸⁴ Selbstbedienungs-Warenhäuser.

¹⁸⁵ Vgl. Walzel (2008), S. 127–128.

¹⁸⁶ Vgl. Walzel (2008), S. 127.

¹⁸⁷ Jaeck (1979), S. 42.

¹⁸⁸ Vgl. zum Beispiel Krieger (2011), S. 2–3, oder Behr (2006), S. 17, wobei sich beide Autoren auf Falk (1998), S. 15, beziehen.

¹⁸⁹ Falk (1998), S. 15, zit. in Krieger (2011), S. 2–3, und in Behr (2006), S. 17.

Das ICSC ist darin bestrebt, einen einheitlichen pan-europäischen Shoppingcenter-Standard zu erreichen, und arbeitet mit folgender Basis-Definition: „[...] defines a European shopping center as a retail property that is planned, built and managed as a single entity, comprising units and 'communal' areas¹⁹⁰, with a minimum Gross Leasable Area (GLA)¹⁹¹ of 5'000 square metres (m²).“¹⁹² Zum einen wurde die Shoppingcenter-Definition für den europäischen Anwendungsbereich um eine Flächenuntergrenze ergänzt.¹⁹³ Zum anderen wurde ein Klassifizierungssystem mit 11 Shoppingcenter-Typen hergeleitet (Tabelle 10).¹⁹⁴

International Standard for European Shopping Center Types			
Format	Type of Scheme		Gross Leasable Area (GLA)
Traditional	Very Large		80,000 m ² and above
	Large		40,000 – 79,999 m ²
	Medium		20,000 – 39,999 m ²
	Small	Comparison-Based Convenience-Based	5,000 – 19,999 m ² 5,000 – 19,999 m ²
Specialized	Retail Park	Large	20,000 m ² and above
		Medium	10,000 – 19,999 m ²
		Small	5,000 – 9,999 m ²
	Factory Outlet Center		5,000 m ² and above
Theme-Oriented Center	Leisure-Based	5,000 m ² and above	
	Non-Leisure-Based	5,000 m ² and above	

Tabelle 10: International Standards for European Shopping Center Types., Lambert (2006), S. 35.

5.3 Shoppingcenter-Klassifizierung

Die Klassifizierung in der Tabelle 10 unterscheidet die Merkmale „Format“, „Größenklasse nach GLA“ und „Art der Konzipierung“ („Type of Scheme“). Aber bereits die Definition von Jaeck (1979) enthält wichtige Unterscheidungsmerkmale wie „ausgewählte Gruppe von Einzelhandels- und sonstigen Dienstleistungsbetrieben“, „die im Einzugsgebiet wohnende Bevölkerung“ oder „Zubringerstrassen und Parkplatzanlagen“. Behr (2006) bemerkt, dass v.a. drei Merkmale oft zur Klassifizierung verwendet werden; es sind dies das Einzugsgebiet, der Standort und das Warengruppen- und Dienstleistungsangebot.¹⁹⁵ Das Einzugsgebiet ist weiter u.a. durch die Einwohnerzahl, die Kaufkraft und durch sozio-ökonomische Faktoren charakterisiert. Das Spektrum an Unterscheidungsmerkmalen ist aber breiter; in der Literatur finden sich folgende Shoppingcenter-Klassifizierungskriterien (Abbildung 9).¹⁹⁶

¹⁹⁰ „In this context, this definition also includes built or redeveloped retail space.“

¹⁹¹ Vs. Net Leasable Area (NLA).

¹⁹² Lambert (2006), S. 35.

¹⁹³ Vgl. auch Krieger (2011), S. 3.

¹⁹⁴ Vgl. Lambert (2006), S. 35.

¹⁹⁵ Behr (2006), S. 34.

¹⁹⁶ Diese Klassifizierung ist eine konsolidierte Darstellung der Beurteilungskriterien in Krieger (2011), S. 3–6, Walzel (2008), S. 130–134, DeLisle (2007), Behr (2006), S. 34–47, Lambert (2006), S. 35 und S. 40, Falk (1998), S. 16–20, Jaeck (1979), Kapitel C. Statistische Klassifikation und Typologie.

Format	Standort	Grösse des Einzugsgebietes	Erschliessung Erreichbarkeit	Fläche in m ² Grössenklasse
<ul style="list-style-type: none"> • Traditionell, klassisch vs. neu, innovativ • Spezialisiert • Formatstrategie / Preisstrategie 	<ul style="list-style-type: none"> • Innenstadt • Stadtteil • Stadtrand • Grüne Wiese 	<ul style="list-style-type: none"> • Nachbarschafts-Center • Gemeinde- / Stadtteil-Center • Regionales Center • Super-Regionales Center 	<ul style="list-style-type: none"> • Zu Fuss, Fahrrad • MIV: Auto, Motorrad etc. • ÖV: Bus, Tram, Zug etc. • Anzahl Parkplätze 	<ul style="list-style-type: none"> • Geschäftsflächen, Verkaufsflächen, Retailflächen • GLA, NLA • ICSC-Klassen
Architektonische Gestaltung	Art und Anzahl Geschäfte (Mietermix)	Art und Anzahl Ankermieter (Magnete)	Spezialisierte, nicht-traditionelle Shoppingcenter	Übrige Center
<ul style="list-style-type: none"> • Grundrisstypen („Knochen“) • Anordnung der Läden (z.B. Strip-Center) • Anzahl Ebenen (z.B. Vertical Center) • ... 	<ul style="list-style-type: none"> • Waren, Dienstleistungen des (a)periodischen Bedarfs • Sortimentsbreite vs. -tiefe • Einbranchen-Center vs. Mehrbranchen-Center • Fashion-Center vs. Convenience-Center 	<ul style="list-style-type: none"> • Supermarkt / Lebensmittel • Bekleidungsgeschäft • Medien- / Elektronik-Geschäft o.a. • Ein Magnet vs. mehrere Magnete 	<ul style="list-style-type: none"> • Freizeit-, Erlebnis-Themecenter • Urban Entertainment Center • Festival-Center • Fachmarkt-Center, Off-Price-Center Power-Center (USA) • Factory-Outlet-Center • Lifestyle-SC 	<ul style="list-style-type: none"> • Bahnhof- und Airport-Center, • Passagen, Galerien, Einkaufshöfe, • Mixed-Use-Center

Abbildung 9: Shoppingcenter-Klassifizierungskriterien.

Es sind dies alles Kriterien, die den Erfolg eines Shoppingcenters bestimmen und bei einer DEA-Effizienzanalyse miteinbezogen, d.h. parametrisiert, werden könnten.¹⁹⁷

5.4 Schweizer Shoppingcenter-Markt

Eine gute Übersicht über den Schweizer Shoppingcenter-Markt findet sich in der GfK-Publikation „Shopping-Center Markt Schweiz 2014“¹⁹⁸ mit Umfrageergebnissen u.a. zum Umsatz, zur Verkaufsfläche oder zu den Parkplätzen und mit Center-Porträts. GfK zählt Center mit einer Verkaufsfläche von über 5'000 m² und kommt damit für das Jahr 2013 auf 182 Schweizer Shoppingcenter, die sich in 177 „eigentliche“ Shoppingcenter, ein Airport-Center und in vier Bahnhof-Center aufteilen.¹⁹⁹ Im Jahr 2000 waren es noch 110 Shoppingcenter (ohne Airport- und Bahnhofcenter).^{200,201} Die Verkaufsflächen entwickelten sich in diesem Zeitraum von 1.4 Mio. m² auf 2.6 Mio. m², d.h. ein Plus von 86%. Im Jahr 2013 nahmen die Flächen um 1.5% zu.²⁰²

Die drei grössten Center sind das Shoppi Tivoli, Spreitenbach (78'376 m²), das Centre Balxert, Genève (50'646 m²) und das Shoppyländ, Schönbühl (48'818 m²).²⁰³ Über alle 177 Shoppingcenter gerechnet betrug im Jahr 2013 die durchschnittliche Center-Grösse 14'500 m².²⁰⁴

¹⁹⁷ Siehe auch die Abbildung 14: „Ausgewählte Erfolgskriterien“ in Falk (1998), S. 43.

¹⁹⁸ GfK o.V. (2014).

¹⁹⁹ Vgl. GfK o.V. (2014), S. 22.

²⁰⁰ Vgl. GfK o.V. (2014), S. 24–25 und S. 31.

²⁰¹ Nachfolgend werden unter Shoppingcenter immer Shoppingcenter ohne Airport- und Bahnhofcenter verstanden; andernfalls würde dies speziell erwähnt.

²⁰² Vgl. GfK o.V. (2014), S. 24 und S. 31.

²⁰³ Vgl. GfK o.V. (2014), S. 32.

²⁰⁴ Vgl. GfK o.V. (2014), S. 24.

Im Jahr 2013 – nach einem Minusjahr 2012 (-0.6%) – machte die Umsatzentwicklung ein Plus von 0.4% und konnte mit dem Flächenwachstum von 1.5% nicht mithalten.²⁰⁵ Der Druck auf die Flächenproduktivität hat weiter zugenommen.

Die fünf Center mit den höchsten Flächenproduktivitäten sind das Einkaufszentrum Glatt, Glattzentrum / Wallisellen (14'290 CHF/m²), der Sälipark, Olten (13'263 CHF/m²), der Neumarkt Altstetten, Zürich (13'051 CHF/m²), das Dielsdorf Center, Dielsdorf (12'636 CHF/m²) und das Seedamm Center, Pfäffikon (12'385 CHF/m²).²⁰⁶ Gemäss GfK mussten im 2013 viele Einkaufszentren bei der Flächenproduktivität Rückschläge hinnehmen – auch solche der führenden in diesem Bereich.²⁰⁷

Neben Umsatz, Verkaufsfläche und daraus abgeleitet die Flächenproduktivität sind Parkplätze ein wichtiges Thema, und es wird eine Hitliste nach der Anzahl Parkplätze erstellt, die vom Einkaufszentrum Glatt mit 4'500 Gratisparkplätzen angeführt wird.²⁰⁸ Es ist jedoch damit zu rechnen, dass bei zwei Dritteln der angebotenen Flächen Gebühren erhoben werden.²⁰⁹

In Zukunft wird der Druck auf die Flächenproduktivität und auf die Wirtschaftlichkeit anhalten oder gar zunehmen, denn die Herausforderungen an Schweizer Shoppingcenter sind vielfältig:²¹⁰

- Wachsender Online-Handel: E-Commerce, Online-Shopping, Multi- / Cross-Channel-Retailing²¹¹,
- Grenznahe Einkauf (Einkaufstourismus²¹²) – verstärkt durch die EUR-Abschwächung gegenüber CHF,
- Minussteuerung im Non-Food-Bereich, v.a. bei Medien,
- Trend zur Filialisierung, Markteintritt ausländischer Ketten²¹³ vs. sinkende Nachfrage nach Detailhandelsfläche, teilweise sogar Filialabbau und Schliessungen²¹⁴,
- Sättigungserscheinung an Retail-Flächen²¹⁵ infolge starker Flächenexpansion,

²⁰⁵ Vgl. GfK o.V. (2014), S. 42.

²⁰⁶ Vgl. GfK o.V. (2014), S. 53.

²⁰⁷ Vgl. GfK o.V. (2014), S. 51.

²⁰⁸ Vgl. GfK o.V. (2014), S. 73, und unter www.glatt.ch.

²⁰⁹ Vgl. GfK o.V. (2014), S. 71.

²¹⁰ Vgl. zu den Trends im Detailhandel und damit zu den Herausforderungen an die Verkaufsflächen u.a. die Studien: GfK o.V. (2014), S. 10–11, Feubli et al. (2014), Fries et al. (2014), Kapitel Verkaufsflächen, S. 49–57, UBS CIO-WM-Autoren und Gastautoren (2014), S. 23–26, Stoffel (2014) oder Stiefel (2013), S. 1–3, bzw. Kreimer et al. (2012) mit Trends im deutschen Handel, die sich teilweise auch auf die Schweiz übertragen lassen.

²¹¹ Vgl. den „Exkurs: Multi- / Cross-Channel-Retailing“ in Feubli et al. (2014), S. 10–11, oder den Fokus „Online-Handel birgt Chancen und Risiken für Detailhandelsimmobilien“ in UBS CIO-WM-Autoren und Gastautoren (2014), S. 25–24.

²¹² Vgl. auch das Kapitel zu Einkaufstourismus in Feubli et al. (2014), S. 16–18.

²¹³ Vgl. dazu auch die Ausführungen in Fries et al. (2014), S. 52–53.

²¹⁴ Stoffel (2014), S. 15.

²¹⁵ Die Schweiz weist eine der höchsten Dichten an Retail- bzw. Shoppingcenter-Flächen auf (vgl. Stiefel (2013), S. 1.)

- Forderungen nach Mietzinsreduktionen – denn: „Mietzinsreduktion ist die wirksamste Massnahme, um Kosten zu sparen, aber die wohl am schwierigsten umsetzbare.“²¹⁶,
- Alte Center mit erheblichem Revitalisierungsbedarf.

Alle diese Trends und Herausforderungen schlagen sich im Endeffekt auf den Shoppingcenter-Wert nieder – denn: „Miete kommt aus Umsatz – ein niedriger Umsatz bedeutet somit niedrigere Mieterträge – und niedrigere Mieterträge bedeuten eine Wertminderung des Objekts“.²¹⁷

Es sind die Implikationen dieser Entwicklungen auf die Produktivität und die Effizienzmessung bzw. auf die Werthaltigkeit von Shoppingcentern zu beurteilen.

5.5 Shoppingcenter-Effizienzanalyse: Daten und Modelle

5.5.1 Wahl der Decision Making Units

Die Auswahl der zu analysierenden Shoppingcenter, d.h. der Decision Making Units, wurde wie folgt vorgenommen:

- Für die Analyse stellte die Wincasa AG ein Datenset zu insgesamt 60 Retail-Liegenschaften, die in ihrem Center-Management sind, zur Verfügung. Ihre Masterdatenbank enthält u.a. Informationen zu Standort, Centertyp, Baujahr bzw. Revitalisierungsjahr, Anzahl Parkplätze, (Anker-)Mieter, Flächen, Umsatzentwicklung, Brutto- und Nettomietzins, Occupancy Cost Ratio (OCR)²¹⁸ und zur Branchenstruktur.²¹⁹
- Diese 60 Liegenschaften sind sehr heterogen bezüglich Art, Grösse und Anzahl Mieter. Um der Shoppingcenter-Definition möglichst nahe zu kommen, wurden Warenhäuser, Spezialfälle oder Liegenschaften mit weniger als fünf Mietern nicht berücksichtigt.
- Ausserdem wurden Shoppingcenter aus der Liste genommen, die Flächen (Retail plus Gastronomie) von weniger als 3'000 m² aufweisen oder deren Daten unvollständig sind und nicht sinnvoll ergänzt²²⁰ werden konnten.

Das Sample der zu analysierenden DMUs umfasst 21 Shoppingcenter, die sowohl in der Deutschschweiz als auch in der Romandie liegen.

²¹⁶ Stoffel (2014), S. 15.

²¹⁷ Stoffel (2014), S. 15.

²¹⁸ OCR als Quotient von Bruttomietzins zu Umsatz. Die OCR ist eine zentrale Grösse, denn sie zeigt auf, ob der Retailer die Kosten nachhaltig mit dem Umsatz tragen kann – wenn nicht drohen Leerstand und Ausfallrisiko (vgl. zum Beispiel Farren (2012), S. 2.).

²¹⁹ Weitere vorgesehene, aber noch nicht zu allen Centern erfasste Kennzahlen sind u.a.: Besucherfranken, Besucherfrequenzen, Konkurrenz, Grenznahe oder Kaufkraft; insbesondere Besucherdaten könnten für zukünftige DEA-Analysen interessant sein.

²²⁰ Ergänzungen wurden vereinzelt mit Daten der entsprechenden Shoppingcenter-Homepage vorgenommen.

5.5.2 Wahl der Input- und Outputfaktoren

Die Tabelle 9, S. 40, zeigt einige in früheren Analysen verwendete Input- und Outputfaktoren. Diese Faktoren sind die für Handelsimmobilien als wichtig erachteten Performancetreiber. Wie schon von Perrigot und Barros (2008) festgestellt orientiert sich die empirische Anwendung bei der Wahl der Faktoren an:²²¹

- vergangenen Studien („Literature Review“),
- der Datenverfügbarkeit,
- allenfalls an weiteren (subjektiven) Kriterien.

Diesem Vorgehen folgend wird für die Effizienzanalyse der Wincasa-Shoppingcenter folgendes Set an Input- und Outputfaktoren bestimmt:

- Inputfaktoren: Fläche in 1'000 m², Anzahl Parkplätze, Bruttomietzins in Mio. CHF, Occupancy Cost Ratio in %, Bevölkerung²²² (Einwohner und Beschäftigte im Einzugsgebiet²²³) in 1'000.
- Outputfaktoren: Umsatz in Mio. CHF, Flächenproduktivität in 1'000 CHF/m² und die Ratio $\frac{1}{OCR} = \frac{\text{Umsatz}}{\text{Bruttomiete}}$.

Es handelt sich bei den Wincasa-Daten um Werte für das Jahr 2013. Die Tabelle 11 zeigt die Kennzahlen²²⁴ Mittelwert, Median und Standardabweichung zu einigen²²⁵ Faktoren der 21 untersuchten Wincasa-Shoppingcenter.

Statistische Kennzahlen	Anzahl Mieter	Anzahl Parkplätze	Flächenprod. in 1'000 CHF/m ²	Fläche in 1'000 m ²	Umsatz in Mio. CHF	Bruttomietzins in Mio. CHF	OCR	Bevölkerung in 1'000
Mittelwert	23	313	4.5	12	64	6	10%	6
Median	13	196	4.8	7	32	3	10%	5
Standardabweichung	24	288	1.8	13	81	9	4%	5

Tabelle 11: Statistische Kennzahlen zu den 21 ausgewählten Wincasa-Shoppingcentern – Werte für das Jahr 2013.

²²¹ Perrigot und Barros (2008), S. 298.

²²² Die Bevölkerungszahlen wurden freundlicherweise von S. Döring zur Verfügung gestellt. Diese Daten verwendete Döring (2014) in seiner Analyse des Wincasa-Shoppingcenter-Portfolios.

²²³ Radius von 400 Metern um den Center-Standort (vgl. Döring (2014), S. 24.).

²²⁴ Datenaufbereitung und Kennzahlen-Berechnung in Microsoft Excel.

²²⁵ Aufgrund von Geheimhaltungsbestimmungen können nicht mehr Informationen angezeigt werden.

5.5.3 Wahl der DEA-Modelle

Die Effizienzanalyse der Wincasa-Shoppingcenter setzt drei DEA-Modelle ein:

- Output-orientiertes CCR-Modell in der „Envelopment“-Form (CCR-O) – Optimierungsproblem (7),
- Output-orientiertes BCC-Modell in der „Envelopment“-Form (BCC-O) – Optimierungsproblem (12),
- Additives Modell (ADD) in der „Envelopment“-Form – Optimierungsproblem (9).

5.6 Shoppingcenter-Effizienzanalysen: Ergebnisse und Interpretation

5.6.1 DEA-Methode vs. Flächenproduktivität

In dieser Analyse interessiert, wie sich die SC-Effizienzbeurteilung gemäss der DEA-Methode im Vergleich zum Ranking gemäss der Flächenproduktivität unterscheidet. Es werden folgende Fragen untersucht:

- Welche Ergebnisse liefert die DEA-Methode, wenn die beiden Faktoren²²⁶ Umsatz (Output) und Fläche²²⁷ (Input) eingesetzt werden (Analyse FP 1)?
- Wie ändern sich die Ergebnisse, wenn jeweils ein zusätzlicher Inputfaktor²²⁸ – Anzahl Parkplätze (Analyse FP 2), Bevölkerung (Analyse FP 3), Bruttomietzins (Analyse FP 4) respektive OCR (Analyse FP 5) – mitberücksichtigt wird?

Die Ergebnisse dieser DEA-Berechnungen²²⁹ (CCR-O und BCC-O), d.h. die Effizienzkennzahlen ϕ ²³⁰, und die Flächenproduktivität sind für die 21 Shoppingcenter in der Tabelle 12 angegeben.

²²⁶ D.h. die beiden Faktoren, die die Flächenproduktivität definieren.

²²⁷ Retail- und Gastronomieflächen zusammen gemäss Wincasa-Definition.

²²⁸ „Zwei-Inputs—Ein-Output“-Fall.

²²⁹ Sämtliche DEA-Berechnungen wurden in Matlab mit dem von Mathworks unter <http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/19158-data-envelopment-analysis/content/DEA.m> zur Verfügung gestellten Skript [abgerufen am 21. Mai 2014] durchgeführt. Das Skript wurde geringfügig an die Bedürfnisse der Autorin angepasst.

²³⁰ Siehe dazu auch die Tabelle mit den Slacks im Anhang 4.

DEA vs. Flächenproduktivität (FP)												
	Analyse FP 1		Analyse FP 2		Analyse FP 3		Analyse FP 4		Analyse FP 5			
Shopping-center (SC)	Output		Flächenproduktivität									
	1. Umsatz in Mio. CHF		1. Umsatz in Mio. CHF		1. Umsatz in Mio. CHF		1. Umsatz in Mio. CHF		1. Umsatz in Mio. CHF			
	Input		Input		Input		Input		Input			
	1. Fläche in 1'000 m ²		1. Fläche in 1'000 m ²		1. Fläche in 1'000 m ²		1. Fläche in 1'000 m ²		1. Fläche in 1'000 m ²			
			2. Anzahl Parkplätze		2. Bevölkerung in 1'000		2. Bruttomietzins		2. OCR			
	CCR-O		BCC-O		CCR-O		BCC-O		CCR-O		Ratio	
	φ	CCR	φ	BCC	φ	CCR	φ	BCC	φ	CCR		φ
SC 1		1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	7.4
SC 2		1.27	1.00	1.26	1.00	1.18	1.00	1.27	1.00	1.00	1.00	5.9
SC 3		4.56	3.08	4.56	3.05	4.56	3.08	3.86	3.07	4.56	3.08	1.6
SC 4		1.43	1.39	1.43	1.39	1.12	1.11	1.32	1.24	1.42	1.39	5.2
SC 5		1.56	1.56	1.56	1.56	1.56	1.56	1.48	1.46	1.55	1.54	4.8
SC 6		1.09	1.00	1.09	1.00	1.00	1.00	1.09	1.00	1.00	1.00	6.9
SC 7		1.14	1.00	1.14	1.00	1.06	1.00	1.00	1.00	1.14	1.00	6.6
SC 8		2.37	1.59	2.37	1.56	2.35	1.59	2.36	1.59	2.37	1.59	3.2
SC 9		1.35	1.18	1.35	1.18	1.31	1.18	1.26	1.18	1.35	1.18	5.6
SC 10		3.58	1.00	3.58	1.00	3.40	1.00	2.87	1.00	3.58	1.00	2.1
SC 11		2.94	1.10	2.94	1.00	2.78	1.10	2.28	1.00	2.94	1.00	2.5
SC 12		2.40	2.39	2.40	2.39	2.22	2.18	1.72	1.67	2.39	2.39	3.1
SC 13		2.22	2.06	2.21	1.73	1.11	1.00	1.53	1.36	2.22	2.06	3.4
SC 14		1.24	1.02	1.24	1.02	1.24	1.02	1.23	1.02	1.24	1.02	6.0
SC 15		2.71	2.61	2.71	2.61	2.70	2.54	2.29	2.26	2.71	2.61	2.8
SC 16		2.29	2.28	2.28	2.28	2.27	2.25	2.27	2.26	2.29	2.28	3.3
SC 17		2.82	2.81	2.81	2.81	2.80	2.73	2.11	2.05	2.82	2.81	2.7
SC 18		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	7.5
SC 19		1.37	1.27	1.37	1.27	1.26	1.26	1.37	1.27	1.36	1.27	5.5
SC 20		1.36	1.27	1.36	1.27	1.27	1.27	1.36	1.27	1.35	1.27	5.5
SC 21		2.06	1.89	2.04	1.00	2.06	1.89	2.05	1.89	2.06	1.89	3.6

Tabelle 12: DEA-Methode im Vergleich mit der Flächenproduktivität.

Zu den Analysen FP 1 – FP 5 lassen sich folgende Aussagen machen:²³¹

- Analyse FP 1:
 - SC 18 ist dasjenige Shoppingcenter²³² mit der höchsten Flächenproduktivität. Die DEA-Methode kommt dahingehend zur selben Effizienzaussage wie die einfache Verhältniskennzahl, indem auch nur SC 18 sowohl vollständig CCR- als auch vollständig BCC-effizient²³³ ist.
 - Das CCR-Modell klassifiziert nur ein Shoppingcenter als vollständig effizient (SC 18)²³⁴, während das BCC-Modell fünf weitere Center, SC 1, SC 2, SC 6, SC 7 und SC 10, als vollständig effizient²³⁵ einstuft. Bis auf SC 10 sind es alle Center mit hohen Flächenproduktivitäten. Diese Ergebnisse sind eine

²³¹ Die Einfärbung ist wie folgt zu lesen: „Rosa“ kennzeichnet SC, die sowohl CCR- als auch BCC-effizient sind; „Hellblau“ dagegen SC, die BCC-effizient, aber nicht CCR-effizient sind. „Rot“ zeigt den höchsten Flächenproduktivitätswert an.

²³² Flächenproduktivitäts-Werte in 1'000 CHF/m².

²³³ Vgl. die Definition 3.1.

²³⁴ SC 1 mit der zweithöchsten Flächenproduktivität ist mit einem ϕ CCR von 1.01 knapp nicht CCR-effizient.

²³⁵ Nachfolgend wird nur noch von „effizient“ gesprochen und auf das „vollständig“ verzichtet.

Folge der VRS-Annahme im BCC-Modell (siehe Abbildung 6) und bestätigen die Aussage von Satz 3.3.

- In der Analyse FP 1 sind alle Slacks (Anhang 4), d.h. sowohl die Input-Überschüsse als auch die Output-Fehlmengen, für alle Shoppingcenter gleich Null, wie es im „Ein-Input–Ein-Output“-Fall zu erwarten ist.²³⁶
- Analyse FP 2 – FP 5:
 - Egal, welcher Inputfaktor zusätzlich zur Fläche miteinbezogen wird, es sind immer die beiden Shoppingcenter mit den höchsten Flächenproduktivitäten (SC 18 und SC 1), die sowohl CCR- als auch BCC-effizient sind.
 - In allen vier Varianten sind die SC 2, SC 6, SC 7, SC 10 und SC 11 zumindest BCC-effizient, wenn nicht sogar CCR-effizient.
 - Die Unterschiede in den Effizienzkennzahlen sind im Vergleich zur Analyse FP 1 relativ gering; es ist davon auszugehen, dass die Effizienz in den hier untersuchten Varianten v.a. durch die beiden Faktoren Umsatz und Fläche bestimmt ist.
 - Unterschiede zeigen sich jedoch in den Slacks (Anhang 4); bezüglich der Anzahl Parkplätze und der OCR werden Input-Überschüsse ausgewiesen.
 - Die Ergebnisse zum Inputfaktor Bevölkerung sind vorsichtig zu interpretieren. Es handelt sich bei „Bevölkerung“ um einen nicht-diskretionären Faktor, der im Optimierungsproblem entsprechend parametrisiert werden muss²³⁷ (siehe die Ausführungen im Unterkapitel 3.4). Es kann aber auch argumentiert werden, dass dieser Faktor doch vom Management durch die Standortwahl beeinflusst werden kann.
 - Dass sich die Anzahl effizienter Shoppingcenter im Vergleich zur Analyse FP 1 erhöht, wird auch aus den Ausführungen im Unterkapitel 3.4 erwartet. Zusätzliche Faktoren erhöhen tendenziell die Anzahl effizienter DMUs (siehe dazu auch die Tabelle im Anhang 5 mit den Ergebnissen der Effizienzanalyse mit drei Inputfaktoren [Analyse FP 3.a und FP 5.a]).

Aus dieser Effizienzanalyse konnten erste Erkenntnisse gewonnen werden; die Analyse diente auch dazu, einige Eigenschaften der DEA-Methode, wie sie im Kapitel 3 (theoretisch) hergeleitet wurden, zu illustrieren.

²³⁶ Vgl. auch Charnes et al. (1994), S. 38.

²³⁷ Dies konnte im Rahmen der Masterthesis nicht realisiert werden.

5.6.2 DEA-Methode: Ratios als Faktoren

Shoppingcenter-Manager schauen oft auf die Verhältniskennzahlen Flächenproduktivität (möglichst hoch) und OCR (möglichst nachhaltig). Diese Effizienzanalyse untersucht folgende Frage: Welche Ergebnisse liefert die DEA-Methode, wenn die beiden Ratios Flächenproduktivität und / oder OCR²³⁸ neben den beiden Faktoren Fläche und Anzahl Parkplätze mitberücksichtigt werden?

Die Ergebnisse dieser DEA-Berechnungen²³⁹, d.h. die Effizienzkennzahlen ϕ ²⁴⁰, sind für die 21 Shoppingcenter in der Tabelle 13 angegeben; zum Vergleich sind die Resultate der Analyse FP 2 wiederholt.

DEA mit Ratios als Faktoren										
	Analyse Ratio 1		Analyse Ratio 2		Analyse Ratio 3		Analyse Ratio 4		Analyse FP 2	
	Output		Output		Output		Output		Output	
	1. Flächenproduktivität		1. Flächenproduktivität		1. Umsatz/Bruttomiete		1. Umsatz/Bruttomiete 2. Flächenproduktivität		1. Umsatz in Mio. CHF	
	Input		Input		Input		Input		Input	
	1. Fläche in 1'000 m ² 2. Anzahl Parkplätze		1. Fläche in 1'000 m ² 2. Anzahl Parkplätze 3. OCR		1. Fläche in 1'000 m ² 2. Anzahl Parkplätze		1. Fläche in 1'000 m ² 2. Anzahl Parkplätze		1. Fläche in 1'000 m ² 2. Anzahl Parkplätze	
	CCR-O		CCR-O		CCR-O		CCR-O		CCR-O	
	ϕ CCR	ϕ BCC	ϕ CCR	ϕ BCC	ϕ CCR	ϕ BCC	ϕ CCR	ϕ BCC	ϕ CCR	ϕ BCC
Shopping-center (SC)	ϕ CCR	ϕ BCC	ϕ CCR	ϕ BCC	ϕ CCR	ϕ BCC	ϕ CCR	ϕ BCC	ϕ CCR	ϕ BCC
SC 1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
SC 2	7.44	1.27	2.61	1.27	13.47	2.22	7.44	1.27	1.26	1.00
SC 3	3.38	2.81	3.38	2.81	3.39	2.93	3.38	2.81	4.56	3.05
SC 4	3.11	1.43	1.79	1.43	3.23	1.33	3.11	1.31	1.43	1.39
SC 5	1.99	1.56	1.99	1.54	2.25	1.54	1.99	1.44	1.56	1.56
SC 6	4.72	1.09	1.63	1.09	7.60	1.54	4.72	1.09	1.09	1.00
SC 7	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.14	1.00
SC 8	1.75	1.44	1.75	1.44	2.11	1.81	1.75	1.44	2.37	1.56
SC 9	1.18	1.18	1.18	1.18	1.25	1.25	1.18	1.18	1.35	1.18
SC 10	2.03	1.00	2.03	1.00	1.86	1.00	1.86	1.00	3.58	1.00
SC 11	1.77	1.00	1.77	1.00	1.53	1.00	1.53	1.00	2.94	1.00
SC 12	3.54	2.40	3.54	2.40	2.76	1.67	2.76	1.67	2.40	2.39
SC 13	1.72	1.70	1.72	1.00	1.31	1.24	1.31	1.24	2.21	1.73
SC 14	1.04	1.00	1.04	1.00	1.27	1.22	1.04	1.00	1.24	1.02
SC 15	2.90	2.59	2.90	2.59	2.72	2.22	2.72	2.22	2.71	2.61
SC 16	2.46	2.28	2.46	2.28	3.25	2.86	2.46	2.26	2.28	2.28
SC 17	3.30	2.82	3.30	2.82	2.56	2.00	2.56	2.00	2.81	2.81
SC 18	1.09	1.00	1.09	1.00	2.04	1.67	1.09	1.00	1.00	1.00
SC 19	5.51	1.37	2.98	1.37	10.19	2.22	5.51	1.37	1.37	1.27
SC 20	4.72	1.36	3.03	1.36	9.92	2.50	4.72	1.36	1.36	1.27
SC 21	1.05	1.00	1.05	1.00	1.46	1.00	1.05	1.00	2.04	1.00

Tabelle 13: DEA-Methode mit Ratios als Input- und Outputfaktoren im Vergleich mit der Analyse FP 2.

²³⁸ Beziehungsweise der Kehrwert von der OCR, d.h. $\frac{\text{Umsatz}}{\text{Bruttomiete}}$.

²³⁹ CCR- und BCC-Modell in output-orientierter Form.

²⁴⁰ Da Rückschlüsse auf die Namen der Shoppingcenter gezogen werden könnten, ist für die Analyse Ratio die Tabelle mit den Slacks nicht beigefügt.

Zu den Analysen Ratio 1 – Ratio 4 lassen sich folgende Aussagen machen.²⁴¹

- In allen vier Varianten sind die selben beiden Shoppingcenter, SC 1 und SC 7, sowohl CCR- als auch BCC-effizient. Stabil ist auch die BCC-Effizienz der Shoppingcenter SC 10, SC 11 und SC 21.
- Das Shoppingcenter mit der höchsten Flächenproduktivität, d.h. SC 18, ist nicht mehr CCR-effizient, sondern nur noch BCC-effizient.
- Wiederum erhöht sich die Anzahl effizienter Shoppingcenter, wenn zusätzliche Faktoren (drei Faktoren in der Analyse Ratio 1 [Analyse Ratio 3] vs. vier Faktoren in der Analyse Ratio 2 [Analyse Ratio 4]) miteinbezogen werden.
- Die Analyse Ratio 1 weist im CCR-O für die Center SC 2, SC 4, SC 6, SC 19 und SC 20 ungewöhnlich hohe Effizienzkennzahlen²⁴² aus – ein Zeichen dafür, dass gewisse Informationen nicht adäquat abgebildet wurden. Es sind dies grössere Center. Das BCC-O mit variablen Skalenerträgen scheint diesen Grössenunterschieden besser gerecht zu werden.
- Der Vergleich zwischen der Analyse Ratio 1 und der Analyse Ratio 2 zeigt, dass sich die Ergebnisse mit der Mitberücksichtigung von OCR nicht stark verändern – mit Ausnahme der CCR-Effizienzkennzahl ϕ der grösseren Shoppingcenter SC 2, SC 4, SC 6, SC 19 und SC 20, wobei sich an deren Effizienzbeurteilung insgesamt nichts ändert.²⁴³
- Am „unterschiedlichsten“ sind die Ergebnisse der Analyse Ratio 3, CCR-O – aber wieder mit ungewöhnlich hohen CCR-Effizienzkennzahlen für die grösseren Shoppingcenter, die sich mit dem BCC-O reduzieren. Ausserdem sind neben den beiden CCR-effizienten Shoppingcentern nur drei Center BCC-effizient.
- Die Ergebnisse der Analyse Ratio 4 stimmen weitgehend entweder mit denjenigen von der Analyse Ratio 1 oder mit denjenigen von der Analyse Ratio 3 überein; die hohen CCR-Effizienzkennzahlen der grösseren Center reduzieren sich wieder mit dem BCC-O. Die Unterschiede im Erklärungsgehalt zwischen Analyse Ratio 3 und Analyse Ratio 4 müssten weiter untersucht werden.

Die Verwendung von Ratios als Faktoren offenbart – im Vergleich zur Analyse FP 2 – neue Effizienzerkenntnisse: SC 18 ist nur noch BCC-effizient; dafür ist SC 7 CCR-effizient. Die Analysen legen den Schluss nahe, dass das BCC-Modell in der output-orientierten Form mit vier Faktoren (Analyse Ratio 4 – BCC-O) die Performancetreiber

²⁴¹ Die Einfärbung ist wie folgt zu lesen: „Rosa“ kennzeichnet SC, die sowohl CCR- als auch BCC-effizient sind; „Hellblau“ dagegen SC, die BCC-effizient, aber nicht CCR-effizient sind.

²⁴² Das bedeutet dann für diese Center eine sehr hohe Ineffizienz.

²⁴³ Ein nicht-effizientes SC wird nicht in der Analyse Ratio 2 „plötzlich“ effizient.

für Shoppingcenter recht gut einfängt. Die DEA-Analyse Ratio 4 stellt eine mögliche Alternative zur einfachen Kennzahl Flächenproduktivität dar – mit dem Vorteil, dass mehrere Ziele (hohe Flächenproduktivität, nachhaltiges Verhältnis von Umsatz zu Bruttomiete) gleichzeitig in die Effizienzbeurteilung miteinbezogen werden, d.h. mehr Information in *einer* Verhältniskennzahl.

Die Unterschiede (Inhomogenität aus unterschiedlicher Shoppingcenter-Größen) könnten allenfalls mit kategorischen Faktoren (siehe Unterkapitel 3.4) modelliert werden.

5.6.3 DEA-Methode: Fokus Gastronomie

Entscheidend für den Erfolg eines Shoppingcenters ist u.a. der Mietermix – und in Anbetracht von sogenannten „Third Place“-Qualitäten der Gastronomieanteil. Diese Effizienzanalyse untersucht deshalb folgende Frage: Welche Ergebnisse liefert die DEA-Methode, wenn der Mietermix in einem ersten Schritt so berücksichtigt wird, indem bezüglich des Umsatzes zwischen Retail-Umsatz und Gastronomie-Umsatz und bezüglich der Fläche zwischen Retail-Fläche und Gastronomie-Fläche unterschieden wird?

Die Ergebnisse dieser DEA-Berechnungen (neben dem CCR-O und BCC-O auch mit dem Additiven Modell (ADD) in der Analyse Gastronomie 1), d.h. die Effizienzkennzahlen ϕ für CCR-O und BCC-O²⁴⁴ und die Schlupfvariablen (Slacks) s^+ und s^- für ADD, sind für die 15²⁴⁵ Shoppingcenter in der Tabelle 14²⁴⁶ angegeben.

²⁴⁴ Siehe dazu auch die Tabelle mit den Slacks im Anhang 6.

²⁴⁵ Die Gastronomie-Umsätze standen nicht für alle 21 Center zur Verfügung, weshalb sich das Sample für die Analysen Gastronomie 1 und 2 auf 15 SC reduziert. Analoges gilt für die Analyse Gastronomie 3 mit dem $\frac{1}{OCR} = \frac{\text{Umsatz}}{\text{Bruttomiete}}$ (Sample mit 12 SC).

²⁴⁶ Die SC-Nummerierung hat geändert; die SC sind nicht mehr vergleichbar mit denjenigen in den beiden anderen Effizienzanalysen.

DEA mit Fokus Gastronomie															
Analyse Gastronomie 1							Analyse Gastronomie 2				Analyse Gastronomie 3				
Output							Output				Output				
1. Retail-Umsatz in Mio. CHF							1. Retail-Umsatz in Mio. CHF				1. Umsatz/Bruttomiete Gesamt				
2. Gastronomie-Umsatz in Mio. CHF							2. Gastronomie-Umsatz in Mio. CHF				2. Umsatz/Bruttomiete Gastronomie				
Input							Input				Input				
1. Retail-Fläche in 1'000 m ²							1. Anzahl Parkplätze				1. Retail-Fläche in 1'000 m ²				
2. Gastronomie-Fläche in 1'000 m ²							2. Gastronomie-Fläche in 1'000 m ²				2. Gastronomie-Fläche in 1'000 m ²				
3. Bevölkerung in 1'000															
Shopping-center (SC)	CCR-O		BCC-O		ADD			CCR-O		BCC-O		CCR-O		BCC-O	
	ϕ	CCR	ϕ	BCC	s_1^+	s_2^+	s_1^-	s_2^-	ϕ	CCR	ϕ	BCC	ϕ	CCR	ϕ
SC 1	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
SC 2	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	13.97	1.44	1.44	1.44
SC 3	4.15	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.97	5.75	1.03	1.00	1.03	1.00	1.00	1.00
SC 4	1.42	1.27	21.58	0.74	1.29	0.00	0.00	1.00	1.00	1.69	1.32	1.69	1.32	1.32	1.32
SC 5	1.50	1.45	18.22	0.20	0.00	0.00	0.00	3.01	2.98	1.85	1.34	1.85	1.34	1.34	1.34
SC 6	1.01	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	4.23	1.04	4.23	1.04	1.04	1.04
SC 7	1.09	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.07	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
SC 8	2.33	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.66	3.47	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
SC 9	1.37	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.38	1.38	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
SC 10	2.22	2.22	40.26	0.92	0.00	0.00	0.00	3.36	2.87	3.97	2.33	3.97	2.33	2.33	2.33
SC 11	1.29	1.23	28.76	2.31	0.00	0.00	0.00	1.19	1.15	9.10	2.10	9.10	2.10	2.10	2.10
SC 12	1.30	1.23	25.89	2.23	0.00	0.00	0.00	1.54	1.33	9.41	2.45	9.41	2.45	2.45	2.45
SC 13	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
SC 14	2.74	2.73	42.95	1.30	0.00	0.00	0.00	4.21	3.97	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
SC 15	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.18	1.88	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

Tabelle 14: DEA-Methode mit Fokus Gastronomie.

Die Analysen Gastronomie 1 – Gastronomie 3 kommen zu folgenden Aussagen:²⁴⁷

- Analyse Gastronomie 1
 - Das CCR-Modell klassifiziert vier Shoppingcenter als effizient (SC 1, SC 2, SC 13 und SC 15), während das BCC-Modell fünf weitere Center, SC 3, SC 6, SC 7, SC 8 und SC 9, als effizient einstuft. Diese recht hohe Anzahl könnte auf ein zu kleines Sample hinweisen.
 - Das Additive Modell liefert dieselbe Effizienzbeurteilung wie das BCC-O, was auch die Aussage von Satz 3.4 bestätigt.
 - Der Anhang enthält für das CCR-O (Anhang 7) und für das BCC-O (Anhang 8) eine Tabelle mit den Slacks und mit den λ , die aufzeigen, an welchem effizienten SC bzw. an welcher Kombination effizienter SC sich ein ineffizientes SC orientieren soll. Die BCC-O-Tabelle (Anhang 8) zeigt, wie die Konvexitäts-Restriktion (8) greift.

²⁴⁷ Die Einfärbung liest sich wie in den beiden vorangehenden Tabellen.

- Analyse Gastronomie 2
 - Obwohl diese Analyse einen Faktor mehr, d.h. fünf Faktoren, einsetzt, sind insgesamt weniger Shoppingcenter effizient als in der Analyse Gastronomie 1. Dafür sind von den sechs effizienten SC fünf CCR-effizient.
 - Betrachtet man die Slacks (Tabelle im Anhang 6), so resultieren v.a. beim Faktor Bevölkerung – aber auch bei der Anzahl Parkplätze (BCC-O) – Input-Überschüsse.
- Analyse Gastronomie 3
 - Diese Analyse weist wieder ungewöhnlich hohe CCR-Effizienzkennzahlen für grössere Shoppingcenter aus, die sich mit dem BCC-O reduzieren.
 - Mit 12 Shoppingcenter – bei vier Faktoren – ist die Anforderung an die Mindestanzahl DMUs nur knapp erfüllt (siehe Faustregel (10), S. 27). Die Ergebnisse dürfen nicht überinterpretiert werden; sie können aber Ideen für weitere Studien mit einem grösseren Sample geben.

Die Analysen Gastronomie illustrieren, wie der Branchenmix in einer DEA-Effizienzanalyse berücksichtigt werden könnte. Weitere Analysen in diesem Bereich wären interessant, bedingen aber ein grösseres Sample und detailliertere Informationen zu den einzelnen Shoppingcentern.

5.6.4 Fazit aus den Effizienzanalysen

Die Effizienzanalysen zeigten die Funktionsweise und das Potenzial der DEA-Methode auf. Es konnten erste Erfahrungen gesammelt und neue Erkenntnisse gewonnen werden. Aus Geheimhaltungsgründen konnte nicht detaillierter auf die Ergebnisse einzelner Center und deren Verbesserungspotenzial inklusive spezifischer Empfehlungen und Handlungsanweisungen eingegangen werden.

Eine praktische Anwendung der DEA-Methode erforderte eine vertieftere Forschung (Modellwahl (siehe Tabelle 7, S. 26), Modellerweiterungen / -anpassungen, Modellierung nicht-diskretionärer / kategorischer Faktoren etc.), ein grösseres DMU-Sample und ein umfangreicheres Datenset zu den Faktoren (Art und Anzahl). Dieses Set an potenziellen Performancetreibern müsste auf den Erklärungsgehalt getestet werden – gemäss der bereits im Unterkapitel 3.3 gegebenen Empfehlung:

„If the application has important consequences it is wise to try different models and methods, compare results and utilize expert knowledge of the problem, and possibly try other devices, too, before arriving at a definitive conclusion.“²⁴⁸

²⁴⁸ Cooper, Seiford, und Tone (2006), S. 106.

6 Schlussbetrachtung

6.1 Fazit

Die Antworten auf die in Kapitel 1 gestellten Forschungsfragen fassen die Ergebnisse der Arbeit zusammen:

- Die DEA-Methode eignet sich für die Effizienzanalyse immobilienpezifischer DMUs. Die Literaturübersicht zeigte zahlreiche DEA-Immobilien-Anwendungen (z.B. Effizienzbeurteilung von REITs und Immobilien-Anlagefonds bzw. von Handelsimmobilien und speziell von Betreiber- oder Managementimmobilien). Die DEA-Anwendungen bei Handelsimmobilien fokussierten sich in der Vergangenheit v.a. auf die Performancemessung von Supermärkten; die Effizienzanalyse von (Schweizer) Shoppingcentern ist eine neue Anwendung.
- Die empirische Analyse setzte das CCR-, das BCC- und das Additive Modell ein zur Effizienzbeurteilung der Schweizer (Wincasa) Shoppingcenter. Das BCC-Modell mit variablen Skalenerträgen modelliert die unterschiedlichen Shoppingcenter-Größen adäquater als das CCR-Modell.
- Die Analyse berücksichtigte die Inputfaktoren Fläche, Anzahl Parkplätze, Bruttomietzins, OCR und Bevölkerung bzw. die Outputfaktoren Umsatz, Flächenproduktivität und die Ratio $\frac{1}{OCR} = \frac{\text{Umsatz}}{\text{Bruttomiete}}$. Die Fläche und der Umsatz haben einen hohen Erklärungsgehalt. Die Verwendung von Ratios als Faktoren offenbarte im Vergleich mit den Analysen zur Flächenproduktivität neue Effizienzerkenntnisse: Das Shoppingcenter mit der höchsten Flächenproduktivität ist nicht mehr CCR-effizient, sondern nur noch BCC-effizient.

Das BCC-Modell in der output-orientierten Form mit vier Faktoren (Analyse Ratio 4) stellt eine mögliche Alternative zur einfachen Kennzahl Flächenproduktivität dar – mit dem Vorteil, dass mehrere Ziele (hohe Flächenproduktivität, nachhaltiges Verhältnis von Umsatz zu Bruttomiete) gleichzeitig in die Effizienzbeurteilung miteinbezogen werden, d.h. mehr Information in einer Verhältniskennzahl.

- Aussagen zum „Best Practice“-Level konnten im Vergleich mit den effizienten Shoppingcentern (Referenz-DMUs) gemacht werden. Effizienzsteigerungs-Potenzial zeigt sich in der DEA-Anwendung zum einen in den Effizienzkennzahlen und zum anderen in den Input-Überschüssen bzw. bei den Output-Fehlmengen (Slacks). Auf eine detailliertere Analyse inklusive spezifischer Empfehlungen und Handlungsanweisungen musste auch aus Geheimhaltungsgründen verzichtet werden.

- Die DEA-Methode hat das Potenzial zum Performancemessungs-, Benchmarking- oder Rating-Tool und könnte in ein Management Information System (MIS) eingebaut werden.

Als Gesamtfazit kann festgehalten werden: Diese Masterthesis stellte die DEA-Methode als Management-Technik für immobilienbezogene Fragestellungen vor und zeigte anhand von Shoppingcentern das Vorgehen einer DEA-Effizienzanalyse. Mit dieser Anwendung konnten erste Erfahrungen gemacht und neue Erkenntnisse gewonnen werden.

6.2 Diskussion

Die DEA-Methode ist als Management-Technik in der hiesigen Immobilienwirtschaft noch wenig bekannt. Deshalb bot die Masterthesis neben der empirischen DEA-Effizienzanalyse von Schweizer Shoppingcentern auch Raum für das Vorstellen der Methode, die Diskussion der DEA-Grundmodelle und für das Aufzeigen früherer DEA-Immobilien-Anwendungen.

Die Verwendung der Wincasa-Daten hatte den Vorteil, dass die Daten (zum Beispiel zu Flächenangaben²⁴⁹) einheitlich / konsistent erfasst sind. Werden Daten verschiedener Center-Manager verwendet, müsste diese Konsistenz sichergestellt sein.

Um der Shoppingcenter-Definition möglichst nahe zu kommen und um homogene DMUs zu erreichen, wurde das ursprünglich 60 Liegenschaften umfassende Sample auf 21 Shoppingcenter reduziert – eine gerade noch ausreichende Anzahl DMUs. Das Sample wies dennoch eine gewisse Heterogenität (grössere vs. kleinere Center) auf, welche in zukünftigen Studien entsprechend parametrisiert werden müsste.

Das Universum an Input- und Outputfaktoren, welche die Effizienz von Shoppingcentern definieren können, ist weit. Die Analyse konnte nur Faktoren berücksichtigen, die für alle Shoppingcenter des Sample erfasst und zur Verfügung gestellt wurden. Interessant wären hier Faktoren gewesen wie die Mitarbeiter-Anzahl, Lohndaten, die Kunden-Anzahl, Franken pro Kunde oder die Kundenzufriedenheit.

Als Erkenntnisse und Implikationen für die Praxis kann abgeleitet werden, dass sowohl das Universum der Faktoren (Performancetreiber) als auch das Sample der zu analysierenden Shoppingcenter vergrössert werden müssten – allenfalls sogar um ausländische Center v.a. für die Effizienzbeurteilung sehr grosser Shoppingcenter (Homogenität; Sicherstellung der Konsistenz). Ausserdem sind Modellerweiterungen zu prüfen, die die Shoppingcenter-Eigenschaften besser parametrisieren.

Die Studie kann Motivation sein, sich weiter in die DEA-Methode und deren Immobilien-Anwendungen einzuarbeiten, die benötigten Daten zu erheben und das Potenzial an Einsatzmöglichkeiten auszuschöpfen.

²⁴⁹ Man könnte überdachte Verkaufsfläche, Gesamtverkaufsfläche u.a. unterscheiden.

6.3 Ausblick

Diese Studie ist als ein Anfang von immobilienbezogenen DEA-Effizienzanalysen zu sehen. Zukünftige Studien und Anwendungen zu Handelsimmobilien bzw. Shoppingcentern könnten Erweiterungen vorsehen in den Bereichen:

- Anzahl und Art der Faktoren (Performancetreiber)

Die Shoppingcenter-Klassifizierung offenbarte eine Vielzahl an Kriterien, die den Erfolg eines Shoppingcenters bestimmen und bei einer DEA-Effizienzanalyse miteinbezogen, d.h. parametrisiert, werden könnten. Dies bedingt, dass zu den einzelnen Centern diese Daten erfasst und die DEA-Modelle entsprechend angepasst werden (Berücksichtigung nicht-diskretionärer oder kategorischer Inputs / Outputs bzw. subjektiver Einschätzungen oder A-Priori-Wissen).

Es ist z.B. die Einbindung in ein Geographic Information System (GIS) denkbar. Die Wahl der Performancetreiber ist auch im Hinblick auf die Trends im Detailhandel – Stichwort: wachsender Online-Handel – zu überdenken.

- Schweizweite Shoppingcenter-Effizienzanalyse

Die DEA-Methode eignet sich generell für Immobilien-Manager, die ein Immobilien-Portfolio verwalten bzw. managen. In Bezug auf Shoppingcenter-Effizienzanalysen ist die Methode für Centerbetreiber mit einem Shoppingcenter-Portfolio interessant – neben dem Centermanager Wincasa AG beispielsweise für EKZ National / Coop Direktion Immobilien, Migros Genossenschaften, Maus Frères SA oder die PRIVERA AG.

Um einen schweizweiten Vergleich zu machen, müssten alle Centermanager ihre Daten in einen zentralen Pool einspeisen. Diese zentrale Datenbank könnte von einem unabhängigen neutralen Provider betrieben werden, und die Daten wären zu einem gewissen Grade anonymisiert. Vorbild könnten die Real Estate Investment Data Association (REIDA)-Datenbank²⁵⁰ oder der Swiss Real Estate Data (SRED)-Pool²⁵¹ sein.

- Zeit („Window Analysis“)

Mit der sogenannten „Window Analysis“²⁵² lassen sich Effizienzveränderungen über die Zeit verfolgen; dies erforderte eine Zeitreihe zu den Faktoren.

²⁵⁰ Vgl. <http://www.reida.ch>: „REIDA ist die Datenbank für Immobilien-Anlageobjekte. Sie wird primär von der Branche als politisch neutrale, lediglich der Transparenz verpflichtete Non-Profit-Organisation getragen.“ [abgerufen am 29. Juli 2014].

²⁵¹ Vgl. <http://www.sred.ch>: „Der SRED Swiss Real Estate Datapool ist ein Gemeinschaftsprojekt der Credit Suisse, UBS und der Zürcher Kantonalbank. Die Geschäftsleitung des non-profit Vereins wird vom Swiss Real Estate Institute wahrgenommen. Im Datenpool werden auditierte Eigenheimdaten aus dem Hypothekarkreditgewährungsprozess der drei Banken zusammengefügt, anonymisiert und öffentlich zur Verfügung gestellt.“ [abgerufen am 9. Juli 2014].

²⁵² Vgl. zum Beispiel Cooper, Seiford, und Tone (2007), Kapitel 11.

- Unsicherheit / Stochastik

Sensitivitätsanalysen untersuchen die Stabilität der Effizienzkennzahlen. Stochastische DEA-Modelle modellieren stochastische Inputfaktoren und / oder stochastische Outputfaktoren²⁵³ .

- Abgeleitete Anwendungen

Die DEA-Modelle könnten allenfalls für die Festlegung des optimalen Mietermix oder der Miete abgewandelt werden; hier stünde dann nicht mehr die Effizienzbeurteilung im Vordergrund, sondern die Bestimmung des Input-Mix (analog der „Reverse Optimization“ in der Portfolio-Optimierung).

²⁵³ Vgl. zum Beispiel von Bergen (2009).

Literaturverzeichnis

- Ahn, H./Neumann, L./Vazquez Novoa, N. (2012a). Corrigendum to „Measuring the relative balance of DMUs“ [Eur. J. Oper. Res. 221 (2012) 417–423]. *European Journal of Operational Research* 222(3), 686
- Ahn, H./Neumann, L./Vazquez Novoa, N. (2012b). Measuring the relative balance of DMUs. *European Journal of Operational Research* 221(2), 417–423
- Anderson, R. I./Brockman, C. M./Giannikos, C./McLeod, R. (2004). A non-parametric examination of real estate mutual fund efficiency. *International Journal of Business and Economics* 3(3), 225–238
- Anderson, R. I./Fok, R./Springer, T./Webb, J. (2002). Technical efficiency and economies of scale: A non-parametric analysis of REIT operating efficiency. *European Journal of Operational Research* 139(3), 598–612
- Assaf, A./Barros, C. P./Josiassen, A. (2010). Hotel efficiency: A bootstrapped metafrontier approach. *International Journal of Hospitality Management* 29(3), 468–475
- Athanassopoulos, A. D. (1995). Performance improvement decision aid systems (PIDAS) in retailing organizations using data envelopment analysis. *The Journal of Productivity Analysis* 6(2), 153–170
- Athanassopoulos, A. D. (2003). Strategic groups, frontier benchmarking and performance differences: Evidence from the UK retail grocery industry. *Journal of Management Studies* 40(4), 921–953
- Athanassopoulos, A. D./Ballantine, J. A. (1995). Ratio and frontier analysis for assessing corporate performance: Evidence from the grocery industry in the UK. *Journal of the Operational Research Society* 46(4), 427–440
- Banker, R. D./Charnes, A./Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science* 30(9), 1078–1092
- Banker, R. D./Lee, S.-Y./Potter, G./Srinivasan, D. (2010). The impact of supervisory monitoring on high-end retail sales productivity. *Annals of Operations Research* 173(1), 25–37
- Barros, C. P. (2005). Measuring efficiency in the hotel sector. *Annals of Tourism Research* 32(2), 456–477
- Barros, C. P. (2006). Efficiency measurement among hypermarkets and supermarkets and the identification of the efficiency drivers: A case study. *International Journal of Retail & Distribution Management* 34(2), 135–154

- Barros, C. P./Alves, C. (2004). An empirical analysis of productivity growth in a Portuguese retail chain using Malmquist productivity index. *Journal of Retailing and Consumer Services* 11(5), 269–278
- Barros, C. P./Alves, C. A. (2003). Hypermarket retail store efficiency in Portugal. *International Journal of Retail & Distribution Management* 31(11), 549–560
- Barros, C. P./Botti, L./Peypoch, N./Robinot, E./Solonandrasana, B./Assaf, A. G. (2011). Performance of French destinations: Tourism attraction perspectives. *Tourism Management* 32(1), 141–146
- Barros, C. P./Dieke, P. U. C. (2007). Performance evaluation of Italian airports: A data envelopment analysis. *Journal of Air Transport Management* 13(4), 184–191
- Barros, C. P./Dieke, P. U. C. (2008). Technical efficiency of African hotels. *International Journal of Hospitality Management* 27(3), 438–447
- Behr, P. (2006). *Management von Shopping-Centern: Grundlagen, Erfolgsstrategien, Trends*. Saarbrücken 2006
- Betancourt, R. R. (2004). *The Economics of Retailing and Distribution*. Cheltenham 2004
- Camanho, A./Portela, M./Vaz, C. B. (2009). Efficiency analysis accounting for internal and external non-discretionary factors. *Computers & Operations Research* 36(5), 1591–1601
- Charnes, A./Cooper, W./Lewin, A./Seiford, L. (1994). In: A. Charnes, W. Cooper, A. Lewin, und L. Seiford (Hrsg.), *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Applications*, Kapitel 1 und 2, S. 1–47. Boston/Dordrecht/London 1994
- Charnes, A./Cooper, W./Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research* 2, 429–444
- Charnes, A./Cooper, W. W. (1962). Programming with linear fractional functionals. *Naval Research Logistics Quarterly* 9(3–4), 181–186
- Charnes, A./Cooper, W. W./Golany, B./Seiford, L./Stutz, J. (1985). Foundations of data envelopment analysis for Pareto-Koopmans efficient empirical production functions. *Journal of Econometrics* 30(1), 91–107
- Charnes, A./Cooper, W. W./Huang, Z. M./Sun, D. B. (1990). Polyhedral cone-ratio DEA models with an illustrative application to large commercial banks. *Journal of Econometrics* 46(1), 73–91
- Charnes, A./Cooper, W. W./Seiford, L./Stutz, J. (1982). Multiplicative model of efficiency analysis. *Socio-Economic Planning Sciences* 16(5), 223–224

- Cooper, W. W./Seiford, L. M./Tone, K. (2006). *Introduction to Data Envelopment Analysis and its Uses: With DEA-Solver Software and References*. New York 2006
- Cooper, W. W./Seiford, L. M./Tone, K. (2007). *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software* (2. Aufl.). New York 2007
- Cooper, W. W./Seiford, L. M./Zhu, J. (2011). Data Envelopment Analysis: History, Models, and Interpretations. In: W. W. Cooper, L. M. Seiford, und J. Zhu (Hrsg.), *Handbook on Data Envelopment Analysis* (2. Aufl.), Volume 164, *International Series in Operations Research & Management Science*, Kapitel 1, S. 1–39. New York/Dordrecht/Heidelberg/London 2011
- DeLisle, J. R. (2007). Shopping center classifications: Challenges and opportunities. White paper, Runstad Center for Real Estate Studies: College of Architecture & Urban Planning University of Washington, Washington 2007
- Donthu, N./Yoo, B. (1998). Retail productivity assessment using data envelopment analysis. *Journal of Retailing* 74(1), 89–105
- Döring, S. (2014). „Shoppingcenter: Standorte, Typen und Branchenmix“: Eine Untersuchung zur Interaktion von Standorten, Centertypen und Branchenmix. Masterthesis, Universität Zürich, Zürich 2014
- Ebersberger, B./Cantner, U./Hanusch, H. (1997). Consumer choice and data envelopment analysis: The case of discrimination of housing markets. Volkswirtschaftliche Diskussionsreihe 169, Institut für Volkswirtschaftslehre der Universität Augsburg, Augsburg 1997
- Falk, B. (1998). Shopping-Center - Grundlagen, Stand und Entwicklungsperspektiven. In: B. Falk (Hrsg.), *Das grosse Handbuch Shopping-Center*, S. 13–48. Landsberg/Lech 1998
- Farrell, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society, Series A (General)* 120(3), 253–290
- Farren, N. (2012). In: Colliers International (Hrsg.), *Retail Occupancy Cost Ratios*. Sydney 2012
- Farsi, M./Filippini, M. (2005). An analysis of efficiency and productivity in Swiss hospitals. Quaderno 05-01, University of Lugano-Department of Economics, Lugano und ETH-Department of Management, Technology and Economics, Zürich 2005
- Feubli, P./Künzi, D./Fuhrer, M./Hotz, M. (2014). Credit Suisse Economic Research (Hrsg.), *Swiss Issues Branchen: Retail Outlook 2014 – Fakten und Trends*

- Fries, D./Hasenmaile, F./Kaufmann, P./Kraft, C./Rieder, T./Steffen, D./Waltert, F. (2014). Credit Suisse Economic Research (Hrsg.), *Immobilienmarkt 2014: Strukturen und Perspektiven*
- Gattoufi, S./Oral, M./Kumar, A./Reisman, A. (2004). Epistemology of data envelopment analysis and comparison with other fields of OR/MS for relevance to applications. *Socio-Economic Planning Sciences* 38(2), 123–140
- Gattoufi, S./Oral, M./Reisman, A. (2004a). Data envelopment analysis literature: A bibliography update (1951–2001). *Socio-Economic Planning Sciences* 38(2–3), 159–229
- Gattoufi, S./Oral, M./Reisman, A. (2004b). A taxonomy for data envelopment analysis. *Socio-Economic Planning Sciences* 38(2), 141–158
- Gauri, D. K. (2013). Benchmarking retail productivity considering retail pricing and format strategy. *Journal of Retailing* 89(1), 1–14
- GfK o.V. (2014). GfK Switzerland AG (Hrsg.), *Shopping-Center Markt Schweiz 2014*. Hergiswil 2014
- Huang, Y./Mesak, H. I./Hsu, M. K./Qu, H. (2012). Dynamic efficiency assessment of the Chinese hotel industry. *Journal of Business Research* 65(1), 59–67
- Hwang, S.-N./Chang, T.-Y. (2003). Using data envelopment analysis to measure hotel managerial efficiency change in Taiwan. *Tourism Management* 24(4), 357–369
- ICSC o.V. (2001). International Council of Shopping Centers (Hrsg.), *Certified Shopping Center Manager (CSM) Handbook: Principles and Best Practices of Shopping Center Management*. New York 2001
- Jaeck, H.-J. (1979). *Das Shopping Center: Erster Band - Begriff und Typen des Shopping Centers*. Number 98 in Betriebswirtschaftliche Schriften. Berlin 1979
- Kall, P. (1976). *Mathematische Methoden des Operations Research* (1. Aufl.). Stuttgart 1976
- Keh, H. T./Chu, S. (2003). Retail productivity and scale economies at the firm level: A DEA approach. *Omega* 31(2), 75–82
- Keh, H. T./Chu, S./Xu, J. (2006). Efficiency, effectiveness and productivity of marketing in services. *European Journal of Operational Research* 170(1), 265–276
- Kreimer, T./Gerling, M./Verbeet, T./Horbert, C./Pampel, J./Spaan, U./Kempcke, T./Lohmann, M./Dellbrügge, G. (2012). KPMG-EHI Retail Institute (Hrsg.), *Consumer Markets: Trends im Handel 2020*

- Krieger, D. (2011). Die Revitalisierung von Shopping-Centern: Inhalt, Verfahren und Potential. Masterthesis, Universität Zürich, Zürich 2011
- Lacagnina, V./Provenzano, D. (2009). An Optimized System Dynamics Approach for a Hotel Chain Management. In: M. Álvaro, P. Nijkamp, und M. Sarmiento (Hrsg.), *Advances in Tourism Economics*, Kapitel 3, S. 35–49. Dordrecht/Heidelberg/London/New York 2009
- Lambert, J. (2006). ICSC (Hrsg.), *One step closer to a pan-European shopping center standard: Illustrating the new framework with examples*, Number 13 - 2
- Lau, K. H. (2013). Measuring distribution efficiency of a retail network through data envelopment analysis. *International Journal of Production Economics* 146(2), 598–611
- Lins, M. P. E./de Lyra Novaes, L. F./Legey, L. F. L. (2005). Real estate appraisal: A double perspective data envelopment analysis approach. *Annals of Operations Research* 138(1), 79–96
- Liu, J. S./Lu, L. Y./Lu, W.-M./Lin, B. J. (2013a). Data envelopment analysis 1978–2010: A citation-based literature survey. *Omega* 41(1), 3–15
- Liu, J. S./Lu, L. Y. Y./Lu, W.-M./Lin, B. J. Y. (2013b). A survey of DEA applications. *Omega* 41(5), 893–902
- Malhotra, R./Malhotra, D. K./Lafond, C. A. (2010). Benchmarking large US retailers using a data envelopment analysis model. In: K. D. Lawrence und G. Kleinman (Hrsg.), *Applications in Multicriteria Decision Making, Data Envelopment Analysis, and Finance (Applications of Management Science)*, Volume 14, S. 217–235. Bingley 2010
- Perrigot, R./Barros, C. P. (2008). Technical efficiency of French retailers. *Journal of Retailing and Consumer Services* 15(4), 296–305
- Perrigot, R./Cliquet, G./Piot-Lepetit, I. (2009). Plural form chain and efficiency: Insights from the French hotel chains and the DEA methodology. *European Management Journal* 27(4), 268–280
- Sarkis, J. (2007). Preparing your Data for DEA. In: J. Zhu und W. D. Cook (Hrsg.), *Modeling Data Irregularities and Structural Complexities in Data Envelopment Analysis*, Kapitel 17, S. 305–320. New York 2007
- Seiford, L. M. (1999). Data Envelopment Analysis: Twenty Years Out. In: G. Westermann (Hrsg.), *Data Envelopment Analysis in the Service Sector*, Harzer wirtschaftswissenschaftliche Schriften, S. 1–22. Wiesbaden 1999

- Sellers-Rubio, R./Mas-Ruiz, F. (2006). Economic efficiency in supermarkets: Evidences in Spain. *International Journal of Retail & Distribution Management* 34(2), 155–171
- Sengupta, J./Sahoo, B. (2006). *Efficiency Models in Data Envelopment Analysis: Techniques of Evaluation of Productivity of Firms in a Growing Economy*. Hampshire/New York 2006
- Sherman, H. D. (1984). Improving the productivity of service businesses. *Sloan Management Review* 25(3), 11–23
- Sherman, H. D./Zhu, J. (2006). *Service Productivity Management: Improving Service Performance using Data Envelopment Analysis (DEA)*. New York 2006
- Staat, M. (1999). Treating Non-discretionary Variables one Way or the Other: Implications for Efficiency Scores and their Interpretation. In: G. Westermann (Hrsg.), *Data Envelopment Analysis in the Service Sector*, Harzer wirtschaftswissenschaftliche Schriften, S. 23–49. Wiesbaden 1999
- Steinmann, L./Dittrich, G./Karmann, A./Zweifel, P. (2003). Measuring and comparing the (in)efficiency of German and Swiss hospitals. Discussion Paper in Economics 16/03, Dresden University of Technology, Faculty of Business and Economics, Dresden 2003
- Stiefel, T. (2013). Sind Schweizer Shopping Center bereit für die Zukunft? Architektur und Gestaltung im Spiegel der Megatrends. Masterthesis, Universität Zürich, Zürich 2013
- Stoffel, M. (2014). stoffelzurich (Hrsg.), *shoppingcenter: marktreport 2014*. Glattzentrum b. Wallisellen 2014
- Tavares, G. (2002). A bibliography of data envelopment analysis (1978 - 2001). RUTCOR Research Report RRR 01-02, RUTCOR, Rutgers Center for Operations Research, Rutgers University, New Jersey 2002
- Thompson, R. G./Langemeier, L. N./Lee, C.-T./Lee, E./Thrall, R. M. (1990). The role of multiplier bounds in efficiency analysis with application to Kansas farming. *Journal of Econometrics* 46(1), 93–108
- Thompson, R. G./Singleton Jr., F. D./Thrall, R. M./Smith, B. A./Wilson, M. (1986). Comparative site evaluations for locating a high-energy physics lab in Texas. *Interfaces* 16(6), 35–49
- Turhan, G./Akalin, M./Zehir, C. (2013). Literature review on selection criteria of store location based on performance measures. *Procedia: Social and Behavioral Sciences* 99, 391–402

- UBS CIO-WM-Autoren und Gastautoren (2014). UBS AG, CIO Wealth Management Research (Hrsg.), *UBS Real Estate Focus: Immobilienmarkt Schweiz 2014*. Zürich 2014
- Vaz, C./Camanho, A./Guimarães, R. (2010). The assessment of retailing efficiency using network data envelopment analysis. *Annals of Operations Research* 173(1), 5–24
- von Bergen, S. (2009). *Stochastische „Data Envelopment Analysis“-Modelle: Anwendung verschiedener Risikofunktionen in DEA-Modellen*. Dissertation, Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät der Universität Zürich, Zürich 2009
- Walters, D./Laffy, D. (1996). *Managing Retail Productivity and Profitability*. Houndmills/Basingstroke/Hampshire/London 1996
- Walzel, B. (2008). Unterscheidung nach Immobilienarten. In: K.-W. Schulte (Hrsg.), *Immobilienökonomie: Band I - Betriebswirtschaftliche Grundlagen* (4. Aufl.), Kapitel 2.1, S. 117–140. München 2008
- Westermann, G. (1999). In: G. Westermann (Hrsg.), *Data Envelopment Analysis in the Service Sector*, Harzer wirtschaftswissenschaftliche Schriften. Wiesbaden 1999
- Yu, W./Ramanathan, R. (2008). An assessment of operational efficiencies in the UK retail sector. *International Journal of Retail & Distribution Management* 36(11), 861–882
- Yu, W./Ramanathan, R. (2009). An assessment of operational efficiency of retail firms in China. *Journal of Retailing and Consumer Services* 16(2), 109–122
- Zhu, J. (2003). *Quantitative Models for Performance Evaluation and Benchmarking: Data Envelopment Analysis with Spreadsheets and DEA Excel Solver*. Number 51 in International Series in Operations Research & Management Science. Boston 2003
- Zhu, J. (2009). *Quantitative Models for Performance Evaluation and Benchmarking: Data Envelopment Analysis with Spreadsheets* (2. Aufl.). New York 2009

Internetquellen

www.deafrontier.net

www.deazone.com

www.gams.com

www.glatt.ch

www.mathworks.com

www.reida.ch

www.sred.ch

www.stadt-zuerich.ch/ssd/de/index/sport.html

Anhang

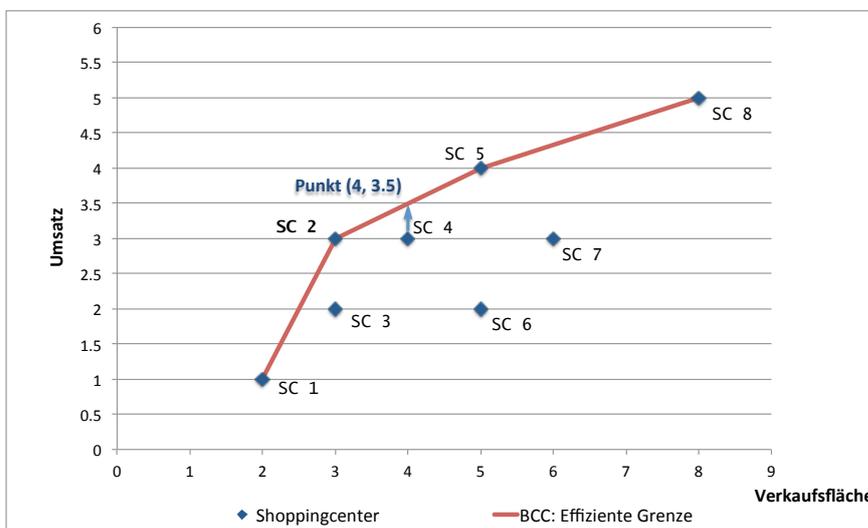
Anhang 1: Output-orientiertes CCR-Modell in der „Multipliiert“-Form (vgl. Cooper et al. (2011), S. 11, oder Charnes et al. (1994), S. 39)

$$\left. \begin{array}{l}
 \min_{\mu, \nu} \quad q_o = \sum_{i=1}^m \nu_i x_{io} \\
 \text{bzgl.} \quad \sum_{i=1}^m \nu_i x_{ij} - \sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj} \geq 0, \quad j = 1, \dots, n \\
 \sum_{r=1}^s \mu_r y_{ro} = 1 \\
 \mu_r \geq \varepsilon > 0, \quad r = 1, \dots, s \\
 \nu_i \geq \varepsilon > 0, \quad i = 1, \dots, m.
 \end{array} \right\} \quad (11)$$

Anhang 2: Output-orientiertes BCC-Modell in der „Envelopment“-Form (vgl. Charnes et al. (1994), S. 34)

$$\left. \begin{array}{l}
 \max_{\phi, \lambda, s^+, s^-} \quad z_o = \phi + \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right) \\
 \text{bzgl.} \quad \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^- = x_{io}, \quad i = 1, \dots, m \\
 \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - s_r^+ = \phi y_{ro}, \quad r = 1, \dots, s \\
 \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\
 \lambda_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, n \\
 s_i^- \geq 0, \quad i = 1, \dots, m \\
 s_r^+ \geq 0, \quad r = 1, \dots, s.
 \end{array} \right\} \quad (12)$$

Anhang 3: BCC-Modell: Illustration der Output-Orientierung und Effizienzverbesserung (in Anlehnung an Charnes et al. (1994), S. 26)



Anhang 5: Ergebnisse der Shoppingcenter-Effizienzanalyse (Fokus Flächenproduktivität) – drei Inputfaktoren (Analyse FP 3.a und FP 5.a)

DEA vs. Flächenproduktivität (FP) - mit drei Inputfaktoren										
	Analyse FP 1		Analyse FP 2		Analyse FP 3.a		Analyse FP 5.a			
	Output		Output		Output		Output			
	1. Umsatz in Mio. CHF		1. Umsatz in Mio. CHF		1. Umsatz in Mio. CHF		1. Umsatz in Mio. CHF			
	Input		Input		Input		Input			
	1. Fläche in 1'000 m ²		1. Fläche in 1'000 m ²		1. Fläche in 1'000 m ²		1. Fläche in 1'000 m ²			
			2. Anzahl Parkplätze		2. Anzahl Parkplätze		2. Anzahl Parkplätze			
					3. Bevölkerung in 1'000		3. OCR			
	CCR-O	BCC-O	CCR-O	BCC-O	CCR-O	BCC-O	CCR-O	BCC-O	Ratio	
Shopping-center (SC)	φ CCR	φ BCC	Flächenproduktivität							
SC 1	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	7.4	
SC 2	1.27	1.00	1.26	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	5.9	
SC 3	4.56	3.08	4.56	3.05	4.56	3.05	4.56	3.05	1.6	
SC 4	1.43	1.39	1.43	1.39	1.00	1.00	1.42	1.39	5.2	
SC 5	1.56	1.56	1.56	1.56	1.56	1.56	1.55	1.54	4.8	
SC 6	1.09	1.00	1.09	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	6.9	
SC 7	1.14	1.00	1.14	1.00	1.03	1.00	1.14	1.00	6.6	
SC 8	2.37	1.59	2.37	1.56	2.35	1.56	2.37	1.56	3.2	
SC 9	1.35	1.18	1.35	1.18	1.31	1.18	1.35	1.18	5.6	
SC 10	3.58	1.00	3.58	1.00	3.40	1.00	3.58	1.00	2.1	
SC 11	2.94	1.10	2.94	1.00	2.78	1.00	2.94	1.00	2.5	
SC 12	2.40	2.39	2.40	2.39	2.09	2.06	2.39	2.39	3.1	
SC 13	2.22	2.06	2.21	1.73	1.11	1.00	2.21	1.00	3.4	
SC 14	1.24	1.02	1.24	1.02	1.24	1.02	1.24	1.02	6.0	
SC 15	2.71	2.61	2.71	2.61	2.70	2.54	2.71	2.61	2.8	
SC 16	2.29	2.28	2.28	2.28	2.27	2.25	2.28	2.28	3.3	
SC 17	2.82	2.81	2.81	2.81	2.80	2.73	2.81	2.81	2.7	
SC 18	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	7.5	
SC 19	1.37	1.27	1.37	1.27	1.26	1.26	1.36	1.27	5.5	
SC 20	1.36	1.27	1.36	1.27	1.27	1.27	1.35	1.27	5.5	
SC 21	2.06	1.89	2.04	1.00	2.04	1.00	2.04	1.00	3.6	

Anhang 7: Ergebnisse der Shoppingcenter-Effizienzanalyse Gastronomie 1 (CCR-O)
Referenz-DMUs (λ) und Slacks

DEA mit Fokus Gastronomie: Analyse Gastronomie 1 - Resultatetabelle CCR-O																				
SC	Output						Input						s^+_1	s^+_2	s^-_1	s^-_2	ϕ CCR			
	1. Retail-Umsatz in Mio. CHF			2. Gastronomie-Umsatz in Mio. CHF			1. Retail-Fläche in 1'000 m ²			2. Gastronomie-Fläche in 1'000 m ²										
	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6	λ_7	λ_8	λ_9	λ_{10}	λ_{11}	λ_{12}						λ_{13}	λ_{14}	λ_{15}
SC 1	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	1.00
SC 2	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	1.00
SC 3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0	0	0	0	0	4.15
SC 4	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0	0	0	0	0	1.42
SC 5	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0	0	0	0	0	1.50
SC 6	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	0	0	0	0	0	1.01
SC 7	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0	0	0	0	0	1.09
SC 8	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0	0	0	0	0	2.33
SC 9	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	13	0	0	0	1.37
SC 10	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0	0	0	0	0	2.22
SC 11	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	0	0	0	0	0	1.29
SC 12	0.7	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0	0	0	0	0	1.30
SC 13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0	0	0	0	1.00
SC 14	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0	0	0	0	0	2.74
SC 15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0	0	0	0	0	1.00

Anhang 8: Ergebnisse der Shoppingcenter-Effizienzanalyse Gastronomie 1 (BCC-O)
Referenz-DMUs (λ) und Slacks

DEA mit Fokus Gastronomie: Analyse Gastronomie 1 - Resultatetabelle BCC-O																			
SC	Output						Input										ϕ BCC		
	1. Retail-Umsatz in Mio. CHF			2. Gastronomie-Umsatz in Mio. CHF			1. Retail-Fläche in 1'000 m ²			2. Gastronomie-Fläche in 1'000 m ²									
	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6	λ_7	λ_8	λ_9	λ_{10}	λ_{11}	λ_{12}	λ_{13}	λ_{14}	λ_{15}	s^+_1		s^+_2	s^-_1
SC 1	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	1.00
SC 2	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	1.00
SC 3	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	1.00
SC 4	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	1	1	0	1.27
SC 5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0	0	0	0	1.45
SC 6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	1.00
SC 7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	1.00
SC 8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	1.00
SC 9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	1.00
SC 10	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0	0	0	0	2.22
SC 11	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	1	0	0	1.23
SC 12	0.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	1	0	0	1.23
SC 13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0	0	0	0	1.00
SC 14	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0	0	0	0	2.73
SC 15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0	0	0	0	1.00

Ehrenwörtliche Erklärung

Ich versichere hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit mit dem Thema

„Effizienzanalyse Schweizer Shoppingcenter mittels Data Envelopment Analysis (DEA)“

selbstständig verfasst und keine anderen Hilfsmittel als die angegebenen benutzt habe.

Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäss aus veröffentlichten oder nicht veröffentlichten Schriften entnommen sind, habe ich in jedem einzelnen Falle durch Angabe der Quelle (auch der verwendeten Sekundärliteratur) als Entlehnung kenntlich gemacht.

Die Arbeit hat in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegen und wurde auch noch nicht veröffentlicht.

Zürich, 15. August 2014

Dr. Alexandra Bay