

Institut für Produktion und Industrielles Informationsmanagement

Universität Duisburg-Essen / Campus Essen
Fachbereich Wirtschaftswissenschaften
Universitätsstraße 9, 45141 Essen
Tel.: ++ 49 (0) 201 / 183 - 4007
Fax: ++ 49 (0) 201 / 183 - 4017

Arbeitsbericht Nr. 38

Erweiterung von EATWOS um die Berücksichtigung von Satisfizierungsgrenzen für Inputs

Dr. Malte L. Peters

Univ.-Prof. Dr. Stephan Zelewski



post@malte-peters.de; stephan.zelewski@pim.uni-due.de

Internet: <http://www.pim.wiwi.uni-due.de>

ISSN 1614-0842

Essen 2012
Alle Rechte vorbehalten.

Zusammenfassung

Die Effizienzanalysetechnik EATWOS (Efficiency Analysis Technique With Output Satisficing) ermöglicht die Berücksichtigung von Satisfizierungsgrenzen für Outputs. Wenn ein Entscheider für einen Output eine Satisfizierungsgrenze festlegt, bedeutet dies, dass eine Outputquantität, die gleich dieser Satisfizierungsgrenze ist, als genauso gut beurteilt wird wie eine Outputquantität, die diese Satisfizierungsgrenze übersteigt. Im vorliegenden Arbeitsbericht wird EATWOS erweitert, um auch Satisfizierungsgrenzen für Inputs in Effizienzanalysen einbeziehen zu können, sodass die Efficiency Analysis Technique With Input and Output Satisficing (EATWIOS) resultiert. Wenn für einen Input eine Satisfizierungsgrenze festgelegt wird, heißt das, dass eine Inputquantität, die gleich dieser Satisfizierungsgrenze ist, als genauso gut bewertet wird wie eine Inputquantität, die geringer ist als die Satisfizierungsgrenze. Beispielsweise kann sich die Festlegung einer Satisfizierungsgrenze für einen Input „Belegungszeit“ empfehlen, wenn die Belegungszeit von Betriebsmitteln in Höhe eines bestimmten Werts als genauso vorteilhaft eingestuft wird wie eine Belegungszeit unterhalb dieses Werts. Dies ist oftmals der Fall, wenn Betriebsmittel – trotz der Reduzierung von Belegungszeiten – nicht mit anderen Aufträgen belegt werden können.

Abstract

The Efficiency Analysis Technique With Output Satisficing (EATWOS) offers the opportunity to consider satisficing levels for output quantities. If a decision maker determines a satisficing level for an output, this means that an output quantity being equal to this satisficing level may be judged to be just as good as an output quantity exceeding the satisficing level. In the working paper at hand, EATWOS is extended to include satisficing levels for inputs in efficiency analyses and thus the Efficiency Analysis Technique With Input and Output Satisficing (EATWIOS) is the result. If a satisficing level for an input is determined, this means that an input quantity being equal to this satisficing level is judged to be as good as an input quantity being lower than the satisficing level. For example, the determination of a satisficing level for an input “occupation time” can recommend itself, if a certain occupation time of operating resources is judged as good as an occupation time below this level. This is often the case when, despite a reduction of occupation times, operating resources cannot be occupied by other jobs.

Inhaltsüberblick

Abkürzungs- und Akronymverzeichnis	III
Symbolverzeichnis	V
1 Problemstellung	1
2 Die Erweiterung von EATWOS zu EATWIOS	3
2.1 Ermittlung der erforderlichen Parameter	3
2.2 Anwendung von EATWIOS ohne Berücksichtigung von Satisfizierungsgrenzen ...	4
2.3 Anwendung von EATWIOS unter Berücksichtigung von Satisfizierungsgrenzen ...	6
2.3.1 Berücksichtigung von Satisfizierungsgrenzen für Outputs	6
2.3.2 Berücksichtigung von Satisfizierungsgrenzen für Inputs	8
2.3.3 Berücksichtigung von Satisfizierungsgrenzen für Out- und Inputs.....	14
3 Ausblick: Satisfizierungsgrenzen bei modellendogen bestimmten Bedeutungsgewichten	15
Literatur.....	19

Abkürzungs- und Akronymverzeichnis

AHP	Analytic Hierarchy Process
ANP	Analytic Network Process
Aufl.	Auflage
bzw.	beziehungsweise
CD-ROM	Compact Disc-Read Only Memory
DEA	Data Envelopment Analysis
Dr.	Doktor
EATWIOS	Efficiency Analysis Technique With Input and Output Satisficing
EATWOS	Efficiency Analysis Technique With Output Satisficing
E-Mail	Electronic Mail
et al.	et alii
f.	folgende
ff.	fortfolgende
Hrsg.	Herausgeber
ISSN	International Standard Serial Number
Jg.	Jahrgang
MCDM	Multiple Criteria Decision Making
No.	Number
Nr.	Nummer
o. O.	ohne Ort
o. V.	ohne Verfasser
OCRA	Operational Competitiveness Rating
S.	Seite
Tel.	Telefon
TOPSIS	Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
Univ.-Prof.	Universitätsprofessor
US	United States
USA	United States of America

vgl. vergleiche
Vol. Volume
z. B. zum Beispiel

Symbolverzeichnis

a_{ij}	Quantität von Output j von Entscheidungseinheit i unter Berücksichtigung der Satisfizierungsgrenze SG_j
a_j^*	maximale normalisierte Outputquantität unter Berücksichtigung der Satisfizierungsgrenze SG_j
\bar{a}_j	Spaltenvektor der normalisierten Outputmatrix \underline{A} für den Output j
\underline{A}	normalisierte Outputmatrix unter Berücksichtigung von Satisfizierungsgrenzen SG_j
c_{ik}	Quantität von Input k von Entscheidungseinheit i unter Berücksichtigung der Satisfizierungsgrenze SG_k
c_{ik}^n	normalisierte Quantität von Input k von Entscheidungseinheit i unter Berücksichtigung der Satisfizierungsgrenze SG_k
c_k^{n*}	minimale normalisierte Inputquantität unter Berücksichtigung der Satisfizierungsgrenze SG_k
\bar{c}_k^n	Spaltenvektor der normalisierten Inputmatrix \underline{C}^n für den Input k
\underline{C}^n	normalisierte Inputmatrix unter Berücksichtigung von Satisfizierungsgrenzen SG_k
E_i	Effizienzwert von Entscheidungseinheit i ohne Berücksichtigung von Satisfizierungsgrenzen
$E_i^{SG_j}$	Effizienzwert von Entscheidungseinheit i unter Berücksichtigung von Satisfizierungsgrenzen SG_j
$E_i^{SG_k}$	Effizienzwert von Entscheidungseinheit i unter Berücksichtigung von Satisfizierungsgrenzen SG_k
$E_i^{SG_j, SG_k}$	Effizienzwert von Entscheidungseinheit i unter Berücksichtigung von Satisfizierungsgrenzen SG_j und von Satisfizierungsgrenzen SG_k
i	Entscheidungseinheiten $i = 1, \dots, I$
j	Outputs $j = 1, \dots, J$
ip_{ik}	Abstandsmaß der Entscheidungseinheit i für Input k

$ip_{ik}^{SG_k}$	Abstandsmaß der Entscheidungseinheit i für Input k unter Berücksichtigung der Satisfizierungsgrenze SG_k
k	Inputs $k = 1, \dots, K$
op_{ij}	Abstandsmaß der Entscheidungseinheit i für Output j
$op_{ij}^{SG_j}$	Abstandsmaß der Entscheidungseinheit i für Output j unter Berücksichtigung der Satisfizierungsgrenze SG_j
$q_{1,ik}, q_{2,ik}$	Binärvariablen zur Modellierung der Inputsatisfizierung
r_{ij}	normalisierte Quantität von Output j von Entscheidungseinheit i
r_j^*	maximale normalisierte Outputquantität
\vec{r}_j	Spaltenvektor der normalisierten Outputmatrix \underline{R} für den Output j
\mathbb{R}	Menge der reellen Zahlen
\underline{R}	normalisierte Outputmatrix
R	Rangordnung der relativen Effizienz der Entscheidungseinheiten ohne Berücksichtigung von Satisfizierungsgrenzen
R^{SG_j}	Rangordnung der relativen Effizienz der Entscheidungseinheiten unter Berücksichtigung der Satisfizierungsgrenzen SG_j
R^{SG_k}	Rangordnung der relativen Effizienz der Entscheidungseinheiten unter Berücksichtigung der Satisfizierungsgrenzen SG_k
s_{ik}	normalisierte Quantität von Input k von Entscheidungseinheit i
s_k^*	minimale normalisierte Inputquantität
\vec{s}_k	Spaltenvektor der normalisierten Inputmatrix \underline{S} für den Input k
\underline{S}	normalisierte Inputmatrix
SG_j	Satisfizierungsgrenze für Output j
SG_k	Satisfizierungsgrenze für Input k
v_{ij}	relatives Bedeutungsgewicht für Entscheidungseinheit i und Output j
v_j	relatives Bedeutungsgewicht für Output j
w_{ik}	relatives Bedeutungsgewicht für Entscheidungseinheit i und Input k
w_k	relatives Bedeutungsgewicht für Input k

x_{ik}	Inputquantität für Input k von Entscheidungseinheit i
\underline{X}	Inputmatrix
y_{ij}	Outputquantität für Output j von Entscheidungseinheit i
\underline{Y}	Outputmatrix
$z_{1,ij}, z_{2,ij}$	Binärvariablen zur Modellierung der Outputsatisfizierung

1 Problemstellung

Die Efficiency Analysis Technique With Output Satisficing (EATWOS)¹⁾ ist eine Technik zur Analyse der Effizienz von Entscheidungseinheiten²⁾, die es ermöglicht, sogenannte Satisfizierungsgrenzen („satisficing levels“) für Outputs in Effizienzanalysen einzubeziehen. Durch derartige Satisfizierungsgrenzen lässt sich berücksichtigen, dass eine Outputquantität, die einer – für den betroffenen Output festgelegten – Satisfizierungsgrenze entspricht, als genauso gut beurteilt wird wie Outputquantitäten, die diese Satisfizierungsgrenze übersteigen. Die Festlegung einer Satisfizierungsgrenze kann sich beispielsweise anbieten, wenn ein Output nicht – oder nur zu Kosten in nicht vertretbarer Höhe – gelagert oder gespeichert werden kann und sich der Output auch nicht unmittelbar verwerten lässt. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn die Effizienz von Windenergieanlagen als Grundlage einer Investitionsentscheidung analysiert wird, jedoch die zulässige Einspeiseleistung des Versorgungsnetzes begrenzt ist und sich die produzierte elektrische Energie nicht vollständig einspeisen lässt. Als Satisfizierungsgrenze für den Output „installierte Leistung“ kann dann die für die Windenergieanlagen höchstens zulässige Einspeiseleistung gewählt werden.

1) Vgl. PETERS/ZELEWSKI (2006a), S. 3 ff.; PETERS/ZELEWSKI (2006b), S. 4 ff.; PETERS/ZELEWSKI (2007a).

2) Entscheidungseinheiten sind Betrachtungsobjekte in Effizienzanalysen, die in der Regel durch mehrere Inputs und mehrere Outputs beschrieben werden. Entscheidungseinheiten können beispielsweise Bankfilialen, Filialen eines Handelsunternehmens, Hochschulen, Krankenhäuser oder Sportmannschaften sein.

Die Effizienz von Entscheidungseinheiten kann nur mithilfe eines Vergleichsmaßstabs gemessen werden. Im Fall sogenannter *absoluter Effizienz* ist dieser Vergleichsmaßstab eine Produktionsfunktion als effizienter Rand der Technologiemenge. Wenn die Technologiemenge nicht bekannt ist, können die Entscheidungseinheiten nur untereinander verglichen werden. Diese Art der Effizienz – die sogenannte *relative Effizienz* – wird im vorliegenden Arbeitsbericht betrachtet; vgl. zu relativer Effizienz z. B. CHARNES/COOPER/RHODES (1978), S. 430; PETERS (2008), S. 707 f.

Die Berücksichtigung von Satisfizierungsgrenzen für Inputs war bislang nicht vorgesehen³⁾. Durch Satisfizierungsgrenzen für Inputs kann in Effizienzanalysen berücksichtigt werden, dass eine Inputquantität, die einer festgelegten Satisfizierungsgrenze entspricht, als genauso gut beurteilt wird wie Inputquantitäten, die geringer sind als diese Satisfizierungsgrenze. Die Festlegung einer Satisfizierungsgrenze für einen Input bietet sich beispielsweise an, wenn für einen Input „Arbeitsstunden“ Inputquantitäten unterhalb eines bestimmten Wertes nicht als besser beurteilt werden als eine Inputquantität in Höhe dieses Wertes. Der Grund hierfür kann darin liegen, dass die Arbeitskräfte nicht mit anderen Aufgaben beschäftigt werden können und eine Freisetzung nicht in Frage kommt. Ebenso kann sich die Festlegung einer Satisfizierungsgrenze empfehlen, wenn die Reduzierung der Belegungszeit von Betriebsmitteln oder Räumlichkeiten – wie Operationssälen – unter einen bestimmten Wert im Vergleich zu einer Belegungszeit in Höhe dieses Wertes als nicht vorteilhafter eingestuft wird. Dies ist regelmäßig der Fall, wenn Betriebsmittel – trotz der Reduzierung von Belegungszeiten – nicht mit anderen Aufträgen belegt werden können.

Im vorliegenden Arbeitsbericht wird EATWOS um das Konzept der Inputsatisfizierung ergänzt, sodass die Efficiency Analysis Technique With Input and Output Satisficing (EATWIOS) als Erweiterung von EATWOS resultiert.

3) Im Bereich der Effizienzanalyse hat das Konzept der *Satisfizierung* (vgl. z. B. SIMON (1979), S. 495 ff.) nicht nur in EATWOS, sondern auch in der Effizienzanalysetechnik *Data Envelopment Analysis (DEA)* – vgl. CHARNES/COOPER/RHODES (1978); COOPER/SEIFORD/TONE (2006); DYCKHOFF/ALLEN (1999); SHERMAN/ZHU (2006), S. 49 ff.; THANASSOULIS (2003); ADLER/FRIEDMAN/SINUANY-STERN (2002); HÜLSMANN/PETERS (2007), S. 10 ff.; LIM/BAE/LEE (2011), S. 7666 f.; PETERS (2008), S. 730 ff. – Berücksichtigung gefunden. Es sind DEA-Modelle mit stochastischen Inputs und/oder Outputs entwickelt worden, die jedoch nicht die Festlegung von Satisfizierungsgrenzen für Inputs und Outputs, sondern die Festlegung von *Anspruchsniveaus* („aspiration levels“) für Effizienzwerte ermöglichen; vgl. COOPER/HUANG/LI (1996), S. 283 ff.; COOPER/SEIFORD/TONE (2006), S. 286 ff. In der Fachliteratur zu multi-kriteriellen Entscheidungsproblemen hat das Konzept der Satisfizierung eine weitaus größere Verbreitung erlangt; vgl. z. B. CHAMODRAKAS/BATIS/MARTAKOS (2010); REHMAN/ROMERO (1993), S. 241 ff.; SCHNIEDERJANS (1995), S. 34; ZIONTS (1992), S. 35. Ebenso wie andere Effizienzanalysetechniken kann auch EATWOS zur Lösung multikriterieller Entscheidungsprobleme verwendet werden; vgl. zur Lösung multikriterieller Entscheidungsprobleme mithilfe der DEA-Technik z. B. DOYLE/GREEN (1993). Vgl. darüber hinaus DYCKHOFF/AHN (2010), S. 1253 f., zu einer ausführlichen Erörterung des Verhältnisses zwischen der DEA-Technik und dem Multiple Criteria Decision Making (MCDM).

2 Die Erweiterung von EATWOS zu EATWIOS

2.1 Ermittlung der erforderlichen Parameter

Im Rahmen der EATWIOS-Anwendung⁴⁾ muss zunächst festgelegt werden, welche Entscheidungseinheiten i mit $i = 1, \dots, I$ in die Effizienzanalyse einzubeziehen sind und durch welche Inputs und Outputs die Entscheidungseinheiten beschrieben werden sollen. Als dann müssen die Outputquantitäten y_{ij} für die Outputs (Outputarten) j mit $j = 1, \dots, J$ und die Inputquantitäten x_{ik} für die Inputs (Inputarten) k mit $k = 1, \dots, K$ für alle berücksichtigten Entscheidungseinheiten i ermittelt werden. Die Outputquantitäten $y_{ij} \in \mathbb{R}_{\geq 0} \forall i = 1, \dots, I \quad \forall j = 1, \dots, J$ werden in die Outputmatrix \underline{Y} eingetragen. Ebenso wird die Inputmatrix \underline{X} aus den Inputquantitäten $x_{ik} \in \mathbb{R}_{\geq 0} \quad \forall i = 1, \dots, I \quad \forall k = 1, \dots, K$ aufgebaut.

EATWOS und EATWIOS setzen kardinal-skalierte Inputs und Outputs voraus. Wenn ordinal-skalierte Inputs und Outputs berücksichtigt werden sollen, müssen die Input- und Outputquantitäten mit einer einfachen Scoring-Technik oder elaborierteren Techniken – wie beispielsweise dem *Analytic Hierarchy Process (AHP)*⁵⁾ – in kardinal-skalierte Ersatzgrößen transformiert werden.

Während es in EATWOS lediglich möglich ist, für jeden Output j eine Satisfizierungsgrenze $SG_j \in \mathbb{R}_{> 0}$ festzulegen, bietet die Erweiterung EATWIOS zusätzlich die Möglichkeit, für jeden Input k eine Satisfizierungsgrenze $SG_k \in \mathbb{R}_{> 0}$ zu berücksichtigen.

Des Weiteren müssen die relativen Bedeutungsgewichte v_j der Outputs und die relativen Bedeutungsgewichte w_k der Inputs ermittelt werden. Diese relativen Bedeutungsgewichte können mithilfe einer einfachen Scoring-Technik oder einer elaborierteren Technik – wie beispielsweise dem AHP – bestimmt werden.

4) Die Ermittlung der Parameter, die für die EATWIOS-Anwendung erforderlich sind, erfolgt im Wesentlichen wie bei anderen Effizienzanalysetechniken; vgl. hierzu ausführlich: PETERS/ZELEWSKI (2006a), S. 3 f.; PETERS/ZELEWSKI (2006b), S. 6 f. Lediglich die Satisfizierungsgrenzen stellen Parameter dar, die bei anderen Effizienzanalysetechniken nicht festgelegt werden.

5) Vgl. SAATY (2001), S. 5 ff.; SAATY (2004); und ferner: ISHIZAKA/LABIB (2011); PETERS (2008), S. 463 ff.; PETERS/ZELEWSKI (2008).

2.2 Anwendung von EATWIOS ohne Berücksichtigung von Satisfizierungsgrenzen

Der erste Schritt bei der Anwendung von EATWOS⁶⁾ bzw. EATWIOS ohne Berücksichtigung von Satisfizierungsgrenzen besteht in der Normalisierung der Outputquantitäten y_{ij} ⁷⁾.

$$\exists i \quad \exists j \quad y_{ij} \neq 0: \quad r_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^I y_{ij}^2}} \quad \forall i = 1, \dots, I \quad \forall j = 1, \dots, J$$

$$\forall i = 1, \dots, I \quad \forall j = 1, \dots, J \quad y_{ij} = 0: \quad r_{ij} = 0$$

Aus den normalisierten Outputquantitäten r_{ij} wird die normalisierte Outputmatrix \underline{R} gebildet. Auf Basis der Spaltenvektoren \vec{r}_j der normalisierten Outputmatrix \underline{R} wird für jeden Output j die maximale normalisierte Outputquantität r_j^* bestimmt.

$$r_j^* = \max_i \{ \vec{r}_j \} \quad \forall j = 1, \dots, J$$

Ebenso wie in zahlreichen anderen Effizienzanalysetechniken – wie beispielsweise der *Data Envelopment Analysis (DEA)*⁸⁾ oder dem *Operational Competitiveness Rating (OCRA)*⁹⁾ – wird auch im Rahmen von EATWOS bzw. EATWIOS auf Abstandsmaße zurückgegriffen. Die Outputabstandsmaße op_{ij} , die auch als Outputwerte bezeichnet werden, lassen sich mithilfe der normalisierten Outputquantitäten r_{ij} aus der normalisierten Outputmatrix \underline{R} und mithilfe der maximalen normalisierten Outputquantitäten r_j^* ermitteln.

$$op_{ij} = 1 - (r_j^* - r_{ij}) \quad \forall i = 1, \dots, I \quad \forall j = 1, \dots, J$$

6) Die Beschreibung der Anwendung von EATWOS bzw. EATWIOS ohne Berücksichtigung von Satisfizierungsgrenzen, die in diesem Kapitel erfolgt, stellt eine Kurzfassung der Ausführungen in PETERS/ZELEWSKI (2006b), S. 7 ff., dar. Vgl. darüber hinaus auch PETERS/ZELEWSKI (2006a), S. 5 ff.; PETERS/ZELEWSKI (2007a), S. 77 f.

7) Die Normalisierung der Outputquantitäten erfolgt wie in der *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)*; vgl. HWANG/YOON (1981), S. 131; und ferner: AGRAWAL/KOHLI/GUPTA (1991), S. 1637; AGRAWAL/VERMA/AGARWAL (1992), S. 2727; PETERS/ZELEWSKI (2007b), S. 11 f.; SATAPATHY/MAJUMDAR/TOMAR (2010), S. 1941.

8) Vgl. Fußnote 3, S. 2.

9) Vgl. PARKAN (1994); PARKAN (1996), S. 281 ff.; PARKAN (1999), S. 134 f.; PARKAN (2003), S. 731 ff.; PARKAN/WU (1998), S. 193 ff.; PARKAN/WU (1999a), S. 505 ff.; PARKAN/WU (1999b), S. 202 ff.; PARKAN/WU (1999c), S. 242 ff.; und ferner: PETERS/ZELEWSKI (2010a); PETERS/ZELEWSKI (2010b).

Die Normalisierung der Inputquantitäten erfolgt analog zu den Outputquantitäten.

$$\exists i \quad \exists k \quad x_{ik} \neq 0: \quad s_{ik} = \frac{x_{ik}}{\sqrt{\sum_{i=1}^I x_{ik}^2}} \quad \forall i = 1, \dots, I \quad \forall k = 1, \dots, K$$

$$\forall i = 1, \dots, I \quad \forall k = 1, \dots, K \quad x_{ik} = 0: \quad s_{ik} = 0$$

Analog zur normalisierten Outputmatrix \underline{R} wird die normalisierte Inputmatrix \underline{S} gebildet. Auf Basis der Spaltenvektoren \vec{s}_k dieser normalisierten Inputmatrix \underline{S} werden die minimalen normalisierten Inputquantitäten s_k^* für jeden Input k ermittelt.

$$s_k^* = \min_i \{ \vec{s}_k \} \quad \forall k = 1, \dots, K$$

Die Inputabstandsmaße oder Inputwerte ip_{ik} werden berechnet, indem der jeweilige Wert s_{ik} aus der normalisierten Inputmatrix \underline{S} zum Wert Eins addiert wird und hiervon die minimale normalisierte Inputquantität s_k^* subtrahiert wird.

$$ip_{ik} = 1 + s_{ik} - s_k^* \quad \forall i = 1, \dots, I \quad \forall k = 1, \dots, K$$

Alsdann wird für jede Entscheidungseinheit i ein Effizienzwert E_i berechnet¹⁰⁾:

$$E_i = \frac{\sum_{j=1}^J v_j^* op_{ij}}{\sum_{k=1}^K w_k^* ip_{ik}} \quad \forall i = 1, \dots, I$$

Ein hoher (geringer) Effizienzwert E_i einer Entscheidungseinheit i steht für eine hohe (geringe) Effizienz. Auf Basis der Effizienzwerte E_i kann eine Rangordnung R der Entscheidungseinheiten gebildet werden, indem diese anhand ihrer Effizienzwerte in absteigender Ordnung sortiert werden.

10) Diese Art von Effizienzwerten – mit gewichteten Outputwerten im Zähler und gewichteten Inputwerten im Nenner – stellen keine Besonderheit von EATWOS bzw. EATWIOS dar, sondern finden sich in der Fachliteratur zur Effizienzanalyse sehr häufig; vgl. PETERS/ZELEWSKI (2006a), S. 6; PETERS/ZELEWSKI (2006b), S. 9; PETERS/ZELEWSKI (2007a), S. 78. Dies trifft insbesondere auch auf die DEA zu; vgl. z. B. CHARNES/COOPER/RHODES (1978), S. 430; CHARNES/COOPER/THRALL (1991), S. 198; SHERMAN/ZHU (2006), S. 64.

2.3 Anwendung von EATWIOS unter Berücksichtigung von Satisfizierungsgrenzen

2.3.1 Berücksichtigung von Satisfizierungsgrenzen für Outputs

Im Rahmen von EATWOS bzw. EATWIOS kann für jeden Output j mit $j \in \{1, \dots, J\}$ eine Satisfizierungsgrenze SG_j festgelegt werden. Die Outputs, für die keine Satisfizierungsgrenzen existieren, werden wie bei einer Anwendung von EATWOS bzw. EATWIOS ohne Berücksichtigung von Satisfizierungsgrenzen behandelt.

Das Konzept der Satisfizierung wird in EATWOS bzw. EATWIOS für Outputs durch die Modellierung der folgenden *Bewertungsregel* integriert:

Wenn die Outputquantität y_{ij} der Entscheidungseinheit i die Satisfizierungsgrenze SG_j übersteigt, dann erhält diese Entscheidungseinheit den gleichen Outputwert wie eine Entscheidungseinheit, deren Outputquantität gleich der Satisfizierungsgrenze SG_j ist¹¹⁾.

Diese Bewertungsregel wird durch die folgenden fünf *logischen Restriktionen* [1a], [1b], [2], [3] und [4] modelliert¹²⁾. Diese fünf logischen Restriktionen werden auf jeden Output j angewendet, für den eine Satisfizierungsgrenze SG_j festgelegt worden ist¹³⁾:

$$[1a] \quad \left(\frac{SG_j - y_{ij}}{SG_j} \right) + z_{1,ij} \leq 1 \quad \forall i = 1, \dots, I$$

$$[1b] \quad \left(\frac{SG_j - y_{ij}}{SG_j} \right) * z_{2,ij} \geq 0 \quad \forall i = 1, \dots, I$$

$$[2] \quad z_{1,ij}, z_{2,ij} \in \{0; 1\} \quad \forall i = 1, \dots, I$$

$$[3] \quad z_{1,ij} + z_{2,ij} = 1 \quad \forall i = 1, \dots, I$$

11) Vgl. PETERS/ZELEWSKI (2006b), S. 10.

12) Vgl. zur allgemeinen Technik der linearen Repräsentation von logischen Regeln: YAN/YU/CHENG (2003), S. 2143 ff.

13) Vgl. hierzu ausführlich: PETERS/ZELEWSKI (2006a), S. 7 ff.; PETERS/ZELEWSKI (2006b), S. 10 ff.

$$[4] \quad a_{ij} = \frac{y_{ij}}{SG_j} * z_{2,ij} + 1 * z_{1,ij} \quad \forall i = 1, \dots, I$$

Mithilfe der Restriktionen [1a] und [1b] werden die möglichen Werte für die logischen Variablen $z_{1,ij}$ und $z_{2,ij}$ beschränkt. Durch die Restriktion [2] sind diese logischen Variablen als Binärvariablen definiert. Die Restriktionen [2] und [3] stellen zusammen sicher, dass nur eine der logischen Variablen den Wert Eins annehmen kann, während die jeweils andere den Wert Null annehmen muss.

Da nicht für jeden Output j eine Satisfizierungsgrenze SG_j festgelegt sein muss, gilt allgemein für die modifizierten Outputquantitäten a_{ij} :

$$a_{ij} = \begin{cases} \frac{y_{ij}}{SG_j} * z_{2,ij} + 1 * z_{1,ij} ; \text{ sofern eine Satisfizierungsgrenze } SG_j \text{ festgelegt ist} \\ r_{ij} ; \text{ andernfalls} \end{cases}$$

$$\forall i = 1, \dots, I \quad \forall j = 1, \dots, J$$

Aus den modifizierten Outputquantitäten a_{ij} lässt sich die normalisierte Outputmatrix \underline{A} unter Berücksichtigung von Satisfizierungsgrenzen aufbauen. Wenn für einen Output j keine Satisfizierungsgrenze festgelegt worden ist, entspricht der Spaltenvektor \vec{a}_j in der Matrix \underline{A} dem Spaltenvektor \vec{r}_j in der Matrix \underline{R} . Die maximale normalisierte Outputquantität a_j^* unter Berücksichtigung von Satisfizierungsgrenzen wird bestimmt, indem aus jedem Spaltenvektor \vec{a}_j der maximale Wert a_j^* ermittelt wird.

$$a_j^* = \max_i \{ \vec{a}_j \} \quad \forall j = 1, \dots, J$$

Die maximalen normalisierten Outputquantitäten a_j^* werden verwendet, um die Abstandsmaße für die Outputs unter Berücksichtigung von Satisfizierungsgrenzen zu bestimmen.

$$op_{ij}^{SG_j} = 1 - (a_j^* - a_{ij}) \quad \forall i = 1, \dots, I \quad \forall j = 1, \dots, J$$

Im Rahmen einer EATWOS-Anwendung werden dann auf Basis der Abstandsmaße $op_{ij}^{SG_j}$ die Effizienzwerte $E_i^{SG_j}$ unter Berücksichtigung von Satisfizierungsgrenzen für Outputs berechnet.

$$E_i^{SG_j} = \frac{\sum_{j=1}^J v_j * op_{ij}^{SG_j}}{\sum_{k=1}^K w_k * ip_{ik}} \quad \forall i = 1, \dots, I$$

Auf Basis der Effizienzwerte $E_i^{SG_j}$ kann eine Rangordnung R^{SG_j} unter Berücksichtigung von Satisfizierungsgrenzen für Outputs gebildet werden, indem diese Effizienzwerte in absteigender Ordnung sortiert werden. Falls eine Entscheidungseinheit i in der Rangordnung R^{SG_j} einen höheren Rang belegt als in der Rangordnung R , stellt das einen Hinweis auf ein etwaiges Effizienzsteigerungspotenzial dieser Entscheidungseinheit i dar. Ein höherer Rang einer Entscheidungseinheit in der Rangordnung R^{SG_j} lässt darauf schließen, dass diese Entscheidungseinheit die gleichen Outputquantitäten möglicherweise mit geringeren Inputquantitäten realisieren kann¹⁴⁾. Denn diese „Rangverbesserung“ ist auf die Berücksichtigung von mindestens einer Satisfizierungsgrenze SG_j für Outputs zurückzuführen. Das heißt, dass die Entscheidungseinheit oder die Entscheidungseinheiten, die in der Rangordnung R^{SG_j} gegenüber der Rangordnung R niedrigere Ränge belegen, wohlmöglich ein günstigeres Verhältnis von „Outputs“ zu „Inputs“ realisieren als eine Entscheidungseinheit, die in der Rangordnung R^{SG_j} an diesen Entscheidungseinheiten „vorbegezogen“ ist. Für eine Entscheidungseinheit, die in der Rangordnung R^{SG_j} an einer oder mehreren Entscheidungseinheiten „vorbegezogen“ ist, kann also geprüft werden, ob Vorgehensweisen bei der Produktion von der bzw. den „überholten“ Entscheidungseinheiten übernommen werden können, um eine oder mehrere Inputquantitäten mit der Ziel der Effizienzsteigerung zu reduzieren.

2.3.2 Berücksichtigung von Satisfizierungsgrenzen für Inputs

In diesem Schritt wird für mindestens einen Input k mit $k \in \{1, \dots, K\}$ eine Satisfizierungsgrenze SG_k festgelegt. Die Inputs, für die keine Satisfizierungsgrenzen existieren, werden wie bei einer Anwendung von EATWIOS ohne Berücksichtigung von Satisfizierungsgrenzen behandelt. Um die Inputsatisfizierung in der Effizienzanalyse zu berücksichtigen, wird die folgende *Bewertungsregel* modelliert:

14) Vgl. hierzu ausführlich: PETERS/ZELEWSKI (2006b), S. 14 ff.

Wenn die Inputquantität x_{ik} der Entscheidungseinheit i die Satisfizierungsgrenze SG_k unterschreitet, dann erhält diese Entscheidungseinheit den gleichen Inputwert wie eine Entscheidungseinheit, deren Inputquantität gleich der Satisfizierungsgrenze SG_k ist.

Diese Bewertungsregel wird durch die folgenden *logischen Restriktionen* modelliert. Die folgenden sieben Restriktionen werden auf jeden Input k angewendet, für den eine Satisfizierungsgrenze SG_k festgelegt worden ist:

$$[1a'] \quad \left(\frac{(x_{ik} - SG_k) : x_{ik}}{SG_k} \right) + q_{1.ik} \leq 1 \quad \forall i = 1, \dots, I$$

$$[1b'] \quad \left(\frac{(x_{ik} - SG_k) : x_{ik}}{SG_k} \right) * q_{2.ik} \geq 0 \quad \forall i = 1, \dots, I$$

$$[2'] \quad q_{1.ik}, q_{2.ik} \in \{0; 1\} \quad \forall i = 1, \dots, I$$

$$[3'] \quad q_{1.ik} + q_{2.ik} = 1 \quad \forall i = 1, \dots, I$$

$$[4'] \quad c_{ik} = \frac{x_{ik}}{SG_k} * q_{2.ik} + 1 * q_{1.ik} \quad \forall i = 1, \dots, I$$

$$[5'] \quad x_{ik} > 0 \quad \forall i = 1, \dots, I$$

$$[6'] \quad SG_k \geq \frac{x_{ik}}{x_{ik} + 1} \quad \forall i = 1, \dots, I$$

Da nicht für jeden Input k eine Satisfizierungsgrenze SG_k festgelegt sein muss, gilt allgemein für die modifizierten Inputquantitäten c_{ik} :

$$c_{ik} = \begin{cases} \frac{x_{ik}}{SG_k} * q_{2.ik} + 1 * q_{1.ik} ; \text{ sofern eine Satisfizierungsgrenze } SG_k \text{ festgelegt ist} \\ s_{ik} ; \text{ andernfalls} \end{cases} \\ \forall i = 1, \dots, I \quad \forall k = 1, \dots, K$$

Die Restriktionen [1a'] und [1b'] beschränken die möglichen Werte für die logischen Variablen $q_{1.ik}$ und $q_{2.ik}$. Durch die Restriktion [2'] sind diese logischen Variablen als Binärvariablen definiert. Die Restriktion [2'] stellt zusammen mit der Restriktion [3'] sicher, dass nur eine der logischen Variablen den Wert Eins annehmen kann, während die jeweils andere den Wert Null annehmen muss:

$$q_{1.ik} = 1 \Rightarrow q_{2.ik} = 0 \quad \wedge \quad q_{1.ik} = 0 \Rightarrow q_{2.ik} = 1$$

$$q_{2.ik} = 1 \Rightarrow q_{1.ik} = 0 \quad \wedge \quad q_{2.ik} = 0 \Rightarrow q_{1.ik} = 1$$

Die möglichen Werte der logischen Variablen in der Restriktion [4'] werden durch die Restriktionen [1a'], [1b'], [2'], [3'], [5'] und [6'] bestimmt. Die Positivitätsrestriktion [5'] ist erforderlich, um eine – mathematisch unzulässige – Division durch Null in den Restriktionen [1a'] und [1b'] zu verhindern. Die Restriktion [6'] ist erforderlich, da die Restriktion [1a'] nicht erfüllbar wäre, wenn die Satisfizierungsgrenze SG_k im Nenner des Bruchterms kleiner wäre als der Zähler $(x_{ik} - SG_k) : x_{ik}$ des Bruchterms. Daher wird der zulässige Wertebereich für die Satisfizierungsgrenze SG_k durch die Restriktion [6'] so eingeschränkt, dass die Satisfizierungsgrenze SG_k im Nenner des Bruchterms stets mindestens so groß wie der Zähler $(x_{ik} - SG_k) : x_{ik}$ des Bruchterms ist:

$$\begin{aligned} SG_k &\geq (x_{ik} - SG_k) : x_{ik} && \parallel \quad x_{ik} > 0 \text{ wegen [5']} \\ \Leftrightarrow SG_k * x_{ik} &\geq x_{ik} - SG_k \\ \Leftrightarrow SG_k * x_{ik} + SG_k &\geq x_{ik} \\ \Leftrightarrow SG_k * (x_{ik} + 1) &\geq x_{ik} && \parallel \quad x_{ik} > 0 \text{ wegen [5']} \Rightarrow x_{ik} + 1 > 0 \\ \Leftrightarrow SG_k &\geq \frac{x_{ik}}{x_{ik} + 1} \end{aligned}$$

Abhängig von den Werten der Inputquantität x_{ik} und der zugehörigen Satisfizierungsgrenze SG_k sind die folgenden drei Wertekombinationen für die modifizierten Inputquantitäten c_{ik} möglich:

a) Die Inputquantität x_{ik} nimmt einen Wert zwischen Null und der Satisfizierungsgrenze an ($0 < x_{ik} < SG_k$):

$$[1a'] \quad \left(\frac{(x_{ik} - SG_k) : x_{ik}}{SG_k} \right) + q_{1.ik} \leq 1 \quad \parallel \quad 0 < x_{ik} < SG_k$$

$$\Rightarrow]-\infty;0[+q_{1.ik} \leq 1 \quad \parallel \quad q_{1.ik} \in \{0;1\} \quad \text{wegen [2']}$$

$$\Rightarrow q_{1.ik} \in \{0;1\}$$

$$[1b'] \quad \left(\frac{(x_{ik} - SG_k) : x_{ik}}{SG_k} \right) * q_{2.ik} \geq 0 \quad \parallel \quad 0 < x_{ik} < SG_k$$

$$\Rightarrow]-\infty;0[*q_{2.ik} \geq 0 \quad \parallel \quad q_{2.ik} \in \{0;1\} \quad \text{wegen [2']}$$

$$\Rightarrow q_{2.ik} = 0$$

$$q_{2.ik} = 0 \wedge [2'] \wedge [3'] \Rightarrow q_{1.ik} = 1$$

$$[4'] \quad c_{ik} = \frac{x_{ik}}{SG_k} * 0 + 1 * 1 = 1$$

b) Die Inputquantität x_{ik} ist gleich der Satisfizierungsgrenze ($x_{ik} = SG_k$):

$$[1a'] \quad \left(\frac{(x_{ik} - SG_k) : x_{ik}}{SG_k} \right) + q_{1.ik} \leq 1 \quad \parallel \quad x_{ik} = SG_k$$

$$\Rightarrow 0 + q_{1.ik} \leq 1 \quad \parallel \quad q_{1.ik} \in \{0;1\} \quad \text{wegen [2']}$$

$$\Rightarrow q_{1.ik} \in \{0;1\}$$

$$[1b'] \quad \left(\frac{(x_{ik} - SG_k) : x_{ik}}{SG_k} \right) * q_{2.ik} \geq 0 \quad \parallel \quad x_{ik} = SG_k$$

$$\Rightarrow 0 * q_{2.ik} \geq 0 \quad \parallel \quad q_{2.ik} \in \{0;1\} \quad \text{wegen [2']}$$

$$\Rightarrow q_{2.ik} \in \{0;1\}$$

Im Rahmen der Wertekombination b) sind die Restriktionen [3'], [1a'] und [1b'] konsistent zu zwei alternativen Fällen, die beide zum gleichen Wert von c_{ik} führen.

$$[4'] \quad \left. \begin{array}{l} q_{1,ik} = 0 \wedge q_{2,ik} = 1 \\ c_{ik} = \frac{SG_k}{SG_k} * 1 + 1 * 0 = 1 \\ \vee \\ q_{1,ik} = 1 \wedge q_{2,ik} = 0 \\ c_{ik} = \frac{SG_k}{SG_k} * 0 + 1 * 1 = 1 \end{array} \right\} \Rightarrow c_{ik} = 1$$

c) Die Inputquantität x_{ik} ist größer als die Satisfizierungsgrenze ($x_{ik} > SG_k$):

$$[1a'] \quad \left(\frac{(x_{ik} - SG_k) : x_{ik}}{SG_k} \right) + q_{1,ik} \leq 1 \quad \parallel \quad x_{ik} > SG_k \text{ und } SG_k \geq \frac{x_{ik}}{x_{ik} + 1} \text{ wegen [6']}$$

$$\Rightarrow]0;1] + q_{1,ik} \leq 1 \quad \parallel \quad q_{1,ik} \in \{0;1\} \quad \text{wegen [2']}$$

$$\Rightarrow q_{1,ik} = 0$$

$$[1b'] \quad \left(\frac{(x_{ik} - SG_k) : x_{ik}}{SG_k} \right) * q_{2,ik} \geq 0 \quad \parallel \quad x_{ik} > SG_k \text{ und } SG_k \geq \frac{x_{ik}}{x_{ik} + 1} \text{ wegen [6']}$$

$$\Rightarrow]0;1] * q_{2,ik} \geq 0 \quad \parallel \quad q_{2,ik} \in \{0;1\} \quad \text{wegen [2']}$$

$$\Rightarrow q_{2,ik} \in \{0;1\}$$

$$q_{1,ik} = 0 \wedge [2'] \wedge [3'] \Rightarrow q_{2,ik} = 1$$

$$[4'] \quad c_{ik} = \frac{x_{ik}}{SG_k} * 1 + 1 * 0 = \frac{x_{ik}}{SG_k}$$

Die modifizierte Inputquantitäten c_{ik} können im Rahmen der Wertekombination c) Werte annehmen, die deutlich größer als Eins sind. Dadurch kann es zu einer nicht-intendierten impliziten stärkeren Gewichtung der Inputs kommen, für die eine Satisfizierungsgrenze festgelegt worden ist. Um diesen Effekt zu vermeiden, werden die modifizierte Inputquantitäten c_{ik} normalisiert:

$$[7'] \quad c_{ik}^n = \begin{cases} \frac{c_{ik}}{\sqrt{\sum_{i=1}^I c_{ik}^2}}; & \text{sofern eine Satisfizierungsgrenze } SG_k \text{ festgelegt ist} \\ s_{ik}; & \text{andernfalls} \end{cases}$$

$$\forall i = 1, \dots, I \quad \forall k = 1, \dots, K$$

Diese normalisierten (modifizierten)¹⁵⁾ Inputquantitäten c_{ik}^n werden mithilfe der Restriktionen [1a'], [1b'], [2'], [3'], [4'], [5'] und [6'] sowie [7'] ermittelt, wenn für den jeweils betrachteten Input k eine Satisfizierungsgrenze SG_k festgelegt worden ist. Die normalisierten Inputquantitäten c_{ik}^n werden in die normalisierte Inputmatrix \underline{C}^n eingetragen.

$$\underline{C}^n = \begin{bmatrix} c_{11}^n & c_{12}^n & \dots & c_{1k}^n & \dots & c_{1K}^n \\ \dots & \dots & & \dots & & \dots \\ c_{i1}^n & c_{i2}^n & \dots & c_{ik}^n & \dots & c_{iK}^n \\ \dots & \dots & & \dots & & \dots \\ c_{I1}^n & c_{I2}^n & \dots & c_{Ik}^n & \dots & c_{IK}^n \end{bmatrix}$$

Wenn für Input k keine Satisfizierungsgrenze SG_k festgelegt worden ist, entspricht der Spaltenvektor \bar{c}_k^n in der Matrix \underline{C}^n dem Spaltenvektor \bar{s}_k in der Matrix \underline{S} .

Alsdann wird die minimale normalisierte Inputquantität c_k^{n*} bestimmt, indem für jeden Input k der minimale Wert des jeweiligen Spaltenvektors \bar{c}_k^n ermittelt wird.

$$c_k^{n*} = \min_i \{ \bar{c}_k^n \} \quad \forall k = 1, \dots, K$$

Die minimale normalisierte Inputquantität c_k^{n*} wird verwendet, um die Abstandsmaße für die Inputs unter Berücksichtigung von Satisfizierungsgrenzen zu bestimmen. Diese Abstandsmaße werden für alle Entscheidungseinheiten i und für alle Inputs k bestimmt.

$$ip_{ik}^{SG_k} = 1 + c_{ik}^n - c_k^{n*} \quad \forall i = 1, \dots, I \quad \forall k = 1, \dots, K$$

Alsdann lassen sich die Effizienzwerte der Entscheidungseinheiten berechnen. Zunächst können die Effizienzwerte $E_i^{SG_k}$ unter Berücksichtigung von Satisfizierungsgrenzen für Inputs bestimmt werden:

15) Auf das Attribut „modifiziert“ wird im Folgenden der Übersichtlichkeit halber verzichtet.

$$E_i^{SG_k} = \frac{\sum_{j=1}^J v_j * op_{ij}}{\sum_{k=1}^K w_k * ip_{ik}^{SG_k}} \quad \forall i = 1, \dots, I$$

Die Effizienzwerte $E_i^{SG_k}$ berücksichtigen nur die Inputsatisfizierungsgrenzen SG_k , nicht jedoch die Outputsatisfizierungsgrenzen SG_j . Mithilfe der Effizienzwerte $E_i^{SG_k}$ lässt sich eine Rangordnung R^{SG_k} der Entscheidungseinheiten aufstellen. Hierzu müssen die Effizienzwerte $E_i^{SG_k}$ in absteigender Ordnung sortiert werden. Wenn eine Entscheidungseinheit in der Rangordnung R^{SG_k} einen höheren Rang einnimmt als in der Rangordnung R , ist dies ein Indikator dafür, dass sich die Effizienz dieser Entscheidungseinheit steigern lässt. Ein höherer Rang einer Entscheidungseinheit in der Rangordnung R^{SG_k} deutet darauf hin, dass diese Entscheidungseinheit mit den gleichen Inputquantitäten wohlmöglich höhere Outputquantitäten erzielen kann. Denn diese Einnahme eines höheren Rangs ist auf die Berücksichtigung von zumindest einer Satisfizierungsgrenze SG_k für Inputs zurückzuführen. Die Entscheidungseinheit oder die Entscheidungseinheiten, die in der Rangordnung R^{SG_k} gegenüber der Rangordnung R niedrigere Ränge belegen, weisen möglicherweise ein günstigeres Verhältnis von „Outputs“ zu „Inputs“ auf als eine Entscheidungseinheit, die in der Rangordnung R^{SG_k} an diesen Entscheidungseinheiten „vorbegezogen“ ist. Für eine Entscheidungseinheit, die in der Rangordnung R^{SG_k} an einer oder mehreren Entscheidungseinheiten „vorbegezogen“ ist, kann also geprüft werden, ob Vorgehensweisen bei der Produktion von der bzw. den „überholten“ Entscheidungseinheiten übernommen werden können, um mindestens eine Outputquantität mit dem Ziel zu steigern, einen höheren Effizienzwert $E_i^{SG_k}$ zu realisieren.

2.3.3 Berücksichtigung von Satisfizierungsgrenzen für Out- und Inputs

Schließlich können die Effizienzwerte $E_i^{SG_j, SG_k}$ berechnet werden, die sowohl die Outputsatisfizierungsgrenzen SG_j als auch die Inputsatisfizierungsgrenzen SG_k berücksichtigen:

$$E_i^{SG_j, SG_k} = \frac{\sum_{j=1}^J v_j * op_{ij}^{SG_j}}{\sum_{k=1}^K w_k * ip_{ik}^{SG_k}} \quad \forall i = 1, \dots, I$$

3 Ausblick: Satisfizierungsgrenzen bei modellendogen bestimmten Bedeutungsgewichten

EATWOS ermöglicht die Berücksichtigung von Satisfizierungsgrenzen für Outputs in Effizienzanalysen. Durch die Erweiterung von EATWOS zu EATWIOS im vorliegenden Arbeitsbericht können nun auch Satisfizierungsgrenzen für Inputs in Effizienzanalysen einbezogen werden.

Sowohl bei EATWOS als auch bei EATWIOS werden die relativen Bedeutungsgewichte für die Inputs und für die Outputs *modelllexogen* vorgegeben. In der einschlägigen Fachliteratur zur Effizienzanalyse gibt es jedoch auch Ansätze zur *modellendogenen* Ermittlung von relativen Bedeutungsgewichten.

Dazu gehört insbesondere die DEA-Technik. Bei der Lösung eines DEA-Modells für eine Entscheidungseinheit werden genau die Werte für die relativen Bedeutungsgewichte modellendogen ermittelt, die zu einem maximalen Effizienzwert für diese Entscheidungseinheit führen¹⁶⁾. Zukünftige Arbeiten könnten sich der Erweiterung der DEA-Technik um die Berücksichtigung von Satisfizierungsgrenzen für Inputs und für Outputs widmen¹⁷⁾.

Neben der DEA-Technik bietet auch die OCRA-Technik zwei Ansätze zur „modellendogenen“¹⁸⁾ Bestimmung von relativen Bedeutungsgewichten für Inputs und Outputs. Diese beiden Ansätze können jedoch nur dann angewendet werden, wenn die folgenden drei *Anwendungsvoraussetzungen* erfüllt sind: *Erstens* müssen zum einen alle Inputs in derselben Wertkategorie für den Ressourcenverbrauch („resource consumption category“) und zum anderen alle Outputs in derselben Wertkategorie für die Wertschöpfung („value generation category“) gemessen werden¹⁹⁾. *Zweitens* müssen sämtliche Input- und Outputquantitäten

16) Vgl. ADLER/FRIEDMAN/SINUANY-STERN (2002), S. 249 f.; DYCKHOFF/ALLEN (1999), S. 420 f.; SHERMAN/ZHU (2006), S. 66; THANASSOULIS (2003), S. 75; und ferner: PETERS (2008), S. 730.

17) Vgl. zu diesem Gedanken für EATWOS: PETERS/ZELEWSKI (2006b), S. 31.

18) Neben der – hier eingenommenen – Sichtweise, dass es sowohl OCRA-Modelle mit Ansätzen zur modellendogenen Bestimmung relativer Bedeutungsgewichte als auch OCRA-Modelle mit modelllexogener Vorgabe relativer Bedeutungsgewichte gibt, lässt sich auch die Sichtweise vertreten, dass die relativen Bedeutungsgewichte bei der OCRA-Technik grundsätzlich modelllexogen vorgegeben werden müssen. Die erste Sichtweise besteht darin, einen der Formelapparate der beiden Ansätze zur Ermittlung der relativen Bedeutungsgewichte als Teil eines OCRA-Modells anzusehen bzw. auf diese Ansätze zu verzichten und Bedeutungsgewichte modelllexogen vorzugeben. Die zweite Sichtweise lässt sich dadurch begründen, dass die Formelapparate der beiden Ansätze zur Ermittlung der relativen Bedeutungsgewichte nicht als Teil eines OCRA-Modells, sondern als modelllexogener Ansatz angesehen werden.

19) Vgl. z. B. PARKAN/WU (1999b), S. 204. In der Fachliteratur zur OCRA-Technik wird als Wertkategorie für die Inputs in der Regel auf Kosten („costs“) und als Wertkategorie für die Outputs auf Erlöse („revenues“) zurückgegriffen; vgl. z. B. PARKAN (2003), S. 733 f.

in der gleichen Einheit angegeben werden²⁰⁾. *Drittens* müssen alle Inputquantitäten und alle Outputquantitäten auf kardinalen Skalenniveau gemessen werden. Wenn die drei vorgenannten Anwendungsvoraussetzungen nicht erfüllt sind, müssen die relativen Bedeutungsgewichte für die Inputs und Outputs – wie bei EATWIOS – auch bei der OCRA-Technik modellexogen bestimmt werden²¹⁾.

Darüber hinaus folgen die beiden Ansätze der OCRA-Technik einer anderen „Logik“ als die modellendogene Bestimmung relativer Bedeutungsgewichte im Rahmen der DEA-Technik. So werden die relativen Bedeutungsgewichte beim ersten Ansatz für jede Entscheidungseinheit als (Kosten-) Anteile („cost shares“) bzw. (Erlös-) Anteile („revenue shares“)²²⁾ und beim zweiten Ansatz als durchschnittliche (Kosten-) Anteile („average cost shares“ oder „average cost category shares“) bzw. durchschnittliche (Erlös-) Anteile („average revenue shares“ oder „average revenue category shares“)²³⁾ ermittelt.

Der erste Ansatz besteht darin, relative Bedeutungsgewichte w_{ik} für Inputs und relative Bedeutungsgewichte v_{ij} für Outputs, die bei der OCRA-Technik als Input bzw. Output Calibration Constants bezeichnet werden²⁴⁾, für jede Entscheidungseinheit als (Kosten-) Anteile w_{ik} („cost shares“) bzw. als (Erlös-) Anteile v_{ij} („revenue shares“) zu ermitteln. Diese Anteile w_{ik} bzw. v_{ij} werden berechnet, indem für jede Entscheidungseinheit i jede Inputquantität x_{ik} bzw. jede Outputquantität y_{ij} durch die Summe aus allen K Inputquantitäten und aus allen J Outputquantitäten dieser Entscheidungseinheit i dividiert wird²⁵⁾:

$$w_{ik} = x_{ik} : \left(\sum_{k=1}^K x_{ik} + \sum_{j=1}^J y_{ij} \right) \quad \forall i = 1, \dots, I \quad \forall k = 1, \dots, K$$

$$v_{ij} = y_{ij} : \left(\sum_{k=1}^K x_{ik} + \sum_{j=1}^J y_{ij} \right) \quad \forall i = 1, \dots, I \quad \forall j = 1, \dots, J$$

20) Bei den Anwendungen der beiden Ansätze zur „modellendogenen“ Bestimmung von relativen Bedeutungsgewichten, die in der Fachliteratur zur OCRA-Technik dokumentiert worden sind, werden die Input- und Outputquantitäten regelmäßig in Währungseinheiten angegeben; vgl. z. B. JAYANTHI/KOCHA/SINHA (1999), S. 225 f.; PARKAN (2005), S. 681 ff.; PARKAN/WU (1997), S. 2979.

21) Vgl. zu Anwendungen der OCRA-Technik mit modellexogener Vorgabe der relativen Bedeutungsgewichte: PARKAN/WU (1998), S. 195 ff.; PETERS/ZELEWSKI (2010a), S. 3 ff.; PETERS/ZELEWSKI (2010b), S. 226 ff.

22) Vgl. z. B. PARKAN (1996), S. 287.

23) Vgl. z. B. PARKAN (1996), S. 287; PARKAN (2005), S. 693

24) Vgl. z. B. PARKAN/WU (1999a), S. 507.

25) Vgl. PARKAN (1996), S. 287; PARKAN (2005), S. 693; und ferner: JAYANTHI/KOCHA/SINHA (1999), S. 222.

Beim zweiten Ansatz werden relative Bedeutungsgewichte w_k für Inputs und relative Bedeutungsgewichte v_j für Outputs nicht spezifisch für jede Entscheidungseinheit i , sondern für alle betrachteten Entscheidungseinheiten identisch berechnet. Diese Bedeutungsgewichte werden als durchschnittliche (Kosten-) Anteile w_k („average cost shares“ oder „average cost category shares“) bzw. als durchschnittliche (Erlös-) Anteile v_j („average revenue shares“ oder „average revenue category shares“) ermittelt, indem die Summe der für Entscheidungseinheiten spezifischen relativen Bedeutungsgewichte w_{ik} für die Inputs bzw. der für Entscheidungseinheiten spezifischen relativen Bedeutungsgewichte v_{ij} für die Outputs jeweils über alle I Entscheidungseinheiten gebildet und durch die Anzahl I der Entscheidungseinheiten dividiert wird²⁶⁾:

$$w_k = \frac{1}{I} \cdot \sum_{i=1}^I \left(x_{ik} : \left(\sum_{k=1}^K x_{ik} + \sum_{j=1}^J y_{ij} \right) \right) = \frac{1}{I} \cdot \sum_{i=1}^I w_{ik} \quad \forall k = 1, \dots, K$$

$$v_j = \frac{1}{I} \cdot \sum_{i=1}^I \left(y_{ij} : \left(\sum_{k=1}^K x_{ik} + \sum_{j=1}^J y_{ij} \right) \right) = \frac{1}{I} \cdot \sum_{i=1}^I v_{ij} \quad \forall j = 1, \dots, J$$

Der erste Ansatz kann im Rahmen einer EATWIOS-Anwendung nicht genutzt werden, da die relativen Bedeutungsgewichte für die Inputs und Outputs spezifisch für jede Entscheidungseinheit ermittelt werden²⁷⁾. Der zweite Ansatz lässt sich dagegen sehr wohl bei EATWIOS nutzen, da die relativen Bedeutungsgewichte für alle betrachteten Entscheidungseinheiten identisch berechnet werden.

Jedoch muss einschränkend angemerkt werden, dass hinsichtlich beider Ansätze in der Fachliteratur zur OCRA-Technik ausgeführt wird, dass diese lediglich zur Bestimmung „initialer“ relativer Bedeutungsgewichte verwendet werden sollten²⁸⁾. Diese initialen relativen Bedeutungsgewichte können in einem weiteren Schritt gemäß den subjektiven Präfe-

26) Vgl. PARKAN (1996), S. 287; PARKAN (2003), S. 733; PARKAN (2005), S. 693; PARKAN/LAM/HANG (1997), S. 895 f.; und ferner: JAYANTHI/KOCHA/SINHA (1999), S. 222. Vgl. darüber hinaus zu äquivalenten, aber ausführlicheren Formelapparaten: PARKAN (1999), S. 135; PARKAN/WU (1997), S. 2986.

27) Daher kann auf diesen Ansatz im Rahmen der OCRA-Technik nur dann zurückgegriffen werden, wenn eine OCRA-Variante gewählt wird, die relative Bedeutungsgewichte „verarbeiten“ kann, welche für Entscheidungseinheiten spezifisch sind. Derartige OCRA-Varianten sind die Ausgangsvariante der OCRA-Technik, die auf der Linearen Programmierung basiert (vgl. z. B. PARKAN (1996), S. 286 ff.), und eine alternative, nicht-iterative OCRA-Variante („non-iterative procedure“; vgl. z. B. PARKAN/WU (1999c), S. 256 f.).

28) Vgl. PARKAN (1996), S. 287; PARKAN (1999), S. 126; PARKAN (2003), S. 733; PARKAN (2005), S. 684 u. 693; PARKAN/LAM/HANG (1997), S. 895; PARKAN/WU (1999b), S. 204; PARKAN/WU (1999c), S. 244.

renzen des Entscheidungsträgers oder der Entscheidungsträger überarbeitet werden²⁹⁾. Diese Empfehlung, die mittels der beiden Ansätze ermittelten relativen Bedeutungsgewichte nicht als finale Bedeutungsgewichte zu verwenden, sollte aus Sicht der Verfasser befolgt werden. Denn es ist zumindest fraglich, ob sich mit diesen beiden Ansätzen stets „betriebswirtschaftlich sinnvolle“ relative Bedeutungsgewichte ermitteln lassen. Insbesondere erscheint die Bildung einer Summe aus allen Inputquantitäten und aus allen Outputquantitäten als problematisch, da hierdurch unterschiedliche Wertkategorien – im Rahmen der OCRA-Technik sind dies in der Regel Kosten bzw. Erlöse – additiv „vermischt“ werden.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass der zweite Ansatz der OCRA-Technik zur „modellendogenen“ Bestimmung relativer Bedeutungsgewichte zwar im Rahmen von EATWIOS angewendet werden kann. Dies ist jedoch nur dann möglich, wenn die drei oben genannten Anwendungsvoraussetzungen erfüllt sind und die relativen Bedeutungsgewichte als „initial“ betrachtet werden. Bei der DEA-Technik gibt es keine derartigen Anwendungsvoraussetzungen³⁰⁾ für die modellendogene Bestimmung relativer Bedeutungsgewichte und die relativen Bedeutungsgewichte, die im Rahmen der DEA-Technik ermittelt werden, können als final angesehen werden. Vor diesem Hintergrund erscheint es umso wünschenswerter, die DEA-Technik um die Berücksichtigung von Satisfizierungsgrenzen für Inputs und für Outputs zu erweitern.

29) Vgl. PARKAN (1999), S. 128; PARKAN (2003), S. 733; PARKAN (2005), S. 693; PARKAN/LAM/HANG (1997), S. 895; PARKAN/WU (1999b), S. 205.

30) Zwar wird in „grundlegenden“ DEA-Modellen (vgl. z. B. CHARNES/COOPER/RHODES (1978), S. 430 ff.; DYCKHOFF/ALLEN (1999), S. 420 f.; LIM/BAE/LEE (2011), S. 7666) analog zur oben erwähnten dritten Anwendungsvoraussetzung für die OCRA-Technik präsupponiert, dass Input- und Outputquantitäten stets auf kardinalen Skalenniveau gemessen werden; vgl. z. B. COOK/KRESS/SEIFORD (1993), S. 133. Selbst dann, wenn die Input- oder die Outputquantitäten lediglich auf ordinalem Skalenniveau vorliegen, werden sie wie Quantitäten auf kardinalen Skalenniveau behandelt; vgl. COOK/KRESS/SEIFORD (1996), S. 946 f. Jedoch sind DEA-Modelle auch für Quantitäten auf ordinalem Skalenniveau konzipiert worden; vgl. z. B. COOK/KRESS/SEIFORD (1996), S. 947 ff.; COOK/KRESS/SEIFORD (1993), S. 136 ff.

Literatur

ADLER/FRIEDMAN/SINUANY-STERN (2002)

Adler, N.; Friedman, L.; Sinuany-Stern, Z.: Review of ranking methods in the data envelopment analysis context. In: *European Journal of Operational Research*, Vol. 140 (2002), No. 2, S. 249-265.

AGRAWAL/KOHLI/GUPTA (1991)

Agrawal, V. P.; Kohli, V.; Gupta, S.: Computer aided robot selection: the 'multiple attribute decision making' approach. In: *International Journal of Production Research*, Vol. 29 (1991), No. 8, S. 1629-1644.

AGRAWAL/VERMA/AGARWAL (1992)

Agrawal, V. P.; Verma, A.; Agarwal, S.: Computer-aided evaluation and selection of optimum grippers. In: *International Journal of Production Research*, Vol. 30 (1992), No. 11, S. 2713-2732.

CHAMODRAKAS/BATIS/MARTAKOS (2010)

Chamodrakas, I.; Batis, D.; Martakos, D.: Supplier selection in electronic marketplaces using satisficing and fuzzy AHP. In: *Expert Systems with Applications*, Vol. 37 (2010), No. 1, S. 490-498.

CHARNES/COOPER/RHODES (1978)

Charnes, A.; Cooper, W.; Rhodes, E.: Measuring the efficiency of decision making units. In: *European Journal of Operational Research*, Vol. 2 (1978), No. 6, S. 429-444.

CHARNES/COOPER/THRALL (1991)

Charnes, A.; Cooper, W. W.; Thrall, R. M.: A Structure for Classifying and Characterizing Efficiency and Inefficiency in Data Envelopment Analysis. In: *Journal of Productivity Analysis*, Vol. 2 (1991), No. 3, S. 197-237.

COOK/KRESS/SEIFORD (1993)

Cook, W. D.; Kress, M.; Seiford, L. M.: On the Use of Ordinal Data in Data Envelopment Analysis. In: *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 44 (1993), No. 2, S. 133-140.

COOK/KRESS/SEIFORD (1996)

Cook, W. D.; Kress, M.; Seiford, L. M.: Data Envelopment Analysis in the Presence of Both Quantitative and Qualitative Factors. In: Journal of the Operational Research Society, Vol. 47 (1996), No. 7, S. 945-953.

COOPER/HUANG/LI (1996)

Cooper, W. W.; Huang, Z.; Li, S. X.: Satisficing DEA models under chance constraints. In: Annals of Operations Research, Vol. 66 (1996), No. 4, S. 279-295.

COOPER/SEIFORD/TONE (2006)

Cooper, W. W.; Seiford, L. M.; Tone, K.: Introduction to Data Envelopment Analysis and Its Uses – With DEA-Solver Software and References. New York 2006.

DOYLE/GREEN (1993)

Doyle, J.; Green, R.: Data Envelopment Analysis and Multiple Criteria Decision Making. In: Omega, Vol. 21 (1993), No. 6, S. 713-715.

DYCKHOFF/AHN (2010)

Dyckhoff, H.; Ahn, H.: Verallgemeinerte DEA-Modelle zur Performanceanalyse. In: Zeitschrift für Betriebswirtschaft, 80. Jg. (2010), Heft 12, S. 1249-1276.

DYCKHOFF/ALLEN (1999)

Dyckhoff, H.; Allen, K.: Theoretische Begründung einer Effizienzanalyse mittels Data Envelopment Analysis (DEA). In: Schmalenbachs Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung, 51. Jg. (1999), Heft 5, S. 411-436.

HÜLSMANN/PETERS (2007)

Hülsmann, S.; Peters, M. L.: Data Envelopment Analysis im Bankgewerbe – Theorie und praktische Anwendung. Saarbrücken 2007.

HWANG/YOON (1981)

Hwang, C.-L.; Yoon, K.: Multiple Attribute Decision Making – Methods and Applications – A State-of-the-Art Survey. Berlin – Heidelberg – New York 1981.

ISHIZAKA/LABIB (2011)

Ishizaka, A.; Labib, A.: Review of the main developments in the analytic hierarchy process. In: Expert Systems with Applications, Vol. 38 (2011), No. 11, S. 14336-14345.

JAYANTHI/KOCHA/SINHA (1999)

Jayanthi, S.; Kocha, B.; Sinha, K. K.: Competitive analysis of manufacturing plants: An application to the US processed food industry. In: *European Journal of Operational Research*, Vol. 118 (1999), No. 2, S. 217-234.

LIM/BAE/LEE (2011)

Lim, S.; Bae, H.; Lee, L. H.: A study on the selection of benchmarking paths in DEA. In: *Expert Systems with Applications*, Vol. 38 (2011), No. 6, S. 7665-7673.

PARKAN (1994)

Parkan, C.: Operational Competitiveness Ratings of Production Units. In: *Managerial and Decision Economics*, Vol. 15 (1994), No. 3, S. 201-221.

PARKAN (1996)

Parkan, C.: Measuring the Performance of Hotel Operations. In: *Socio-Economic Planning Sciences*, Vol. 30 (1996), No. 4, S. 257-292.

PARKAN (1999)

Parkan, C.: Performance measurement in government services. In: *Managing Service Quality*, Vol. 9 (1999), No. 2, S. 121-135.

PARKAN (2003)

Parkan, C.: Measuring the effect of a new point of sale system on the performance of drug-store operations. In: *Computers & Operations Research*, Vol. 30 (2003), No. 5, S. 729-744.

PARKAN (2005)

Parkan, C.: Benchmarking operational performance: the case of two hotels. In: *International Journal of Productivity and Performance Management*, Vol. 54 (2005), No. 8, S. 679-696.

PARKAN/LAM/HANG (1997)

Parkan, C.; Lam, K.; Hang, G.: Operational competitiveness analysis on software development. In: *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 48 (1997), No. 9, S. 892-905.

PARKAN/WU (1997)

Parkan, C.; Wu, M. L.: On the equivalence of operational performance measurement and multiple attribute decision making. In: *International Journal of Production Research*, Vol. 35 (1997), No. 11, S. 2963-2988.

PARKAN/WU (1998)

Parkan, C.; Wu, M.-L.: Process selection with multiple objective and subjective attributes. In: *Production Planning & Control*, Vol. 9 (1998), No. 2, S. 189-200.

PARKAN/WU (1999a)

Parkan, C.; Wu, M.-L.: Decision-making and performance measurement models with applications to robot selection. In: *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 36 (1999), No. 3, S. 503-523.

PARKAN/WU (1999b)

Parkan, C.; Wu, M.-L.: Measurement of the performance of an investment bank using the operational competitiveness rating procedure. In: *Omega*, Vol. 27 (1999), No. 2, S. 201-217.

PARKAN/WU (1999c)

Parkan, C.; Wu, M.-L.: Measuring the performance of operations of Hong Kong's manufacturing industries. In: *European Journal of Operational Research*, Vol. 118 (1999), No. 2, S. 235-258.

PETERS (2008)

Peters, M. L.: Vertrauen in Wertschöpfungspartnerschaften zum Transfer von retentivem Wissen – Eine Analyse auf Basis realwissenschaftlicher Theorien und Operationalisierung mithilfe des Fuzzy Analytic Network Process und der Data Envelopment Analysis. Dissertation an der Universität Duisburg-Essen (Campus Essen) 2008, Wiesbaden 2008.

PETERS/ZELEWSKI (2006a)

Peters, M. L.; Zelewski, S.: Efficiency Analysis under Consideration of Satisficing Levels for Output Quantities. In: o. V.: *Proceedings of the 17th Annual Conference of the Production and Operations Management Society – Operations Management in the New World Uncertainties*, CD-ROM-Proceedings, Boston, USA, April 28-May 1. o. O. 2006.

PETERS/ZELEWSKI (2006b)

Peters, M. L.; Zelewski, S.: Effizienz-Analyse unter Berücksichtigung von Satisfizierungsgrenzen für Outputs – Die Effizienz-Analysetechnik EATWOS. Arbeitsbericht Nr. 33, Institut für Produktion und Industrielles Informationsmanagement, Universität Duisburg-Essen, Essen 2006.

PETERS/ZELEWSKI (2007a)

Peters, M. L.; Zelewski, S.: Effizienz-Analyse mit EATWOS – Eine Anwendung auf Wärmebehandlungsöfen. In: Controlling, 19. Jg. (2007), Heft 2, S. 75-81.

PETERS/ZELEWSKI (2007b)

Peters, M. L.; Zelewski, S.: TOPSIS als Technik zur Effizienzanalyse. In: Wirtschaftswissenschaftliches Studium, 36. Jg. (2007), Heft 1, S. 9-15.

PETERS/ZELEWSKI (2008)

Peters, M. L.; Zelewski, S.: Pitfalls in the application of analytic hierarchy process to performance measurement. In: Management Decision, Vol. 46 (2008), No. 7, S. 1039-1051.

PETERS/ZELEWSKI (2010a)

Peters, M. L.; Zelewski, S.: Analyse der Effizienzentwicklung von Bankfilialen mithilfe des Operational Competitiveness Ratings (OCRA). Arbeitsbericht Nr. 36, Institut für Produktion und Industrielles Informationsmanagement, Universität Duisburg-Essen, Essen 2010.

PETERS/ZELEWSKI (2010b)

Peters, M. L.; Zelewski, S.: Performance Measurement mithilfe des Operational Competitiveness Ratings (OCRA). In: Wirtschaftswissenschaftliches Studium, 39. Jg. (2010), Heft 5, S. 224-229.

REHMAN/ROMERO (1993)

Rehman, T.; Romero, C.: The Application of the MCDM Paradigm to the Management of Agricultural Systems: Some Basic Considerations. In: Agricultural Systems, Vol. 41 (1993), No. 3, S. 239-255.

SAATY (2001)

Saaty, T. L.: Decision Making for Leaders – The Analytic Hierarchy Process for Decisions in a Complex World. 3. Aufl., 4. Druck, Pittsburgh 2001.

SAATY (2004)

Saaty, T. L.: Decision Making – The Analytic Hierarchy and Network Processes (AHP/ANP). In: Journal of System Science and Systems Engineering, Vol. 13 (2004), No. 1, S. 1-35.

SATAPATHY/MAJUMDAR/TOMAR (2010)

Satapathy, B. K.; Majumdar, A.; Tomar, B. S.: Optimal design of flyash filled composite friction materials using combined Analytical Hierarchy Process and Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solutions approach. In: Materials & Design, Vol. 31 (2010), No. 4, S. 1937-1944.

SCHNIEDERJANS (1995)

Schniederjans, M. J.: Goal Programming: Methodology and Applications. Boston – Dordrecht – London 1995.

SHERMAN/ZHU (2006)

Sherman, H. D.; Zhu, J.: Service Productivity Management – Improving Service Performance using Data Envelopment Analysis (DEA). New York 2006.

SIMON (1979)

Simon, H. A.: Rational Decision Making in Business Organizations. In: American Economic Review, Vol. 69 (1979), No. 4, S. 493-513.

THANASSOULIS (2003)

Thanassoulis, E.: Introduction to the Theory and Application of Data Envelopment Analysis – A Foundation Text with Integrated Software. 2. Druck, Boston – Dordrecht – London 2003.

YAN/YU/CHENG (2003)

Yan, H.; Yu, Z.; Cheng, T. C. E.: A strategic model for supply chain design with logical constraints: formulation and solution. In: Computers & Operations Research, Vol. 30 (2003), No. 14, S. 2135-2155.

ZIONTS (1992)

Zionts, S.: The State of Multiple Criteria Decision Making: Past, Present, and Future. In: Goicoechea, A.; Duckstein, L.; Zionts, S. (Hrsg.): Multiple Criteria Decision Making – Proceedings of the Ninth International Conference: Theory and Applications in Business, Industry, and Government. New York – Berlin – Heidelberg et al. 1992, S. 33-43.

**Institut für Produktion und
Industrielles Informationsmanagement
Universität Duisburg-Essen / Campus Essen**

**Verzeichnis der Arbeitsberichte
(ISSN 1614-0842)**

- Nr. 1: Zelewski, S.: Stickels theoretische Begründung des Produktivitätsparadoxons der Informationstechnik. Universität Essen, Essen 1999.
- Nr. 2: Zelewski, S.: Flexibilitätsorientierte Koordinierung von Produktionsprozessen. Universität Essen, Essen 1999.
- Nr. 3: Zelewski, S.: Ontologien zur Strukturierung von Domänenwissen. Universität Essen, Essen 1999.
- Nr. 4: Siedentopf, J.; Schütte, R.; Zelewski, S.: Wirtschaftsinformatik und Wissenschaftstheorie. Universität Essen, Essen 1999.
- Nr. 5: Fischer, K.; Zelewski, S.: Ontologiebasierte Koordination von Anpassungsplanungen in Produktions- und Logistiknetzwerken mit Multi-Agenten-Systemen. Universität Essen, Essen 1999.
- Nr. 6: Weihermann, A. E.; Wöhlert, K.: Gentechnikakzeptanz und Kommunikationsmaßnahmen in der Lebensmittelindustrie. Universität Essen, Essen 1999.
- Nr. 7: Schütte, R.: Zum Realitätsbezug von Informationsmodellen. Universität Essen, Essen 2000.
- Nr. 8: Zelewski, S.: Erweiterungen eines Losgrößenmodells für betriebliche Entsorgungsprobleme. Universität Essen, Essen 2000.
- Nr. 9: Schütte, R.: Wissen, Zeichen, Information, Daten. Universität Essen, Essen 2000.
- Nr. 10: Hemmert, M.: The Impact of Internationalization and Externalization on the Technology Acquisition Performance of High-Tech Firms. Universität Essen, Essen 2001.
- Nr. 11: Hemmert, M.: Erfolgswirkungen der internationalen Organisation von Technologiegewinnungsaktivitäten. Universität Essen, Essen 2001.
- Nr. 12: Hemmert, M.: Erfolgsfaktoren der Technologiegewinnung von F&E-intensiven Großunternehmen. Universität Essen, Essen 2001.

- Nr. 13: Schütte, R.; Zelewski, S.: Epistemological Problems in Working with Ontologies. Universität Essen, Essen 2001.
- Nr. 14: Peters, M. L.; Zelewski, S.: Analytical Hierarchy Process (AHP) – dargestellt am Beispiel der Auswahl von Projektmanagement-Software zum Multiprojektmanagement. Universität Essen, Essen 2002.
- Nr. 15: Zelewski, S.: Wissensmanagement mit Ontologien. Universität Essen, Essen 2002.
- Nr. 16: Klumpp, M.; Krol, B.; Zug, S.: Management von Kompetenzprofilen im Gesundheitswesen. Universität Essen, Essen 2002.
- Nr. 17: Zelewski, S.: Der „non statement view“ – eine Herausforderung für die (Re-) Konstruktion wirtschaftswissenschaftlicher Theorien –. Universität Essen, Essen 2002.
- Nr. 18: Peters, M. L.; Zelewski, S.: A heuristic algorithm to improve the consistency of judgments in the Analytical Hierarchy Process (AHP). Universität Duisburg-Essen (Campus Essen), Essen 2003.
- Nr. 19: Peters, M. L.; Zelewski, S.: Fallstudie zur Lösung eines Standortplanungsproblems mit Hilfe des Analytical Hierarchy Process (AHP). Universität Duisburg-Essen (Campus Essen), Essen 2003.
- Nr. 20: Zelewski, S.: Konventionelle versus strukturalistische Produktionstheorie. Universität Duisburg-Essen (Campus Essen), Essen 2003.
- Nr. 21: Alparslan, A.; Zelewski, S.: Moral Hazard in JIT Production Settings. Universität Duisburg-Essen (Campus Essen), Essen 2004.
- Nr. 22: Dittmann, L.: Ontology-based Skills Management. Universität Duisburg-Essen (Campus Essen), Essen 2004.
- Nr. 23: Peters, M. L.; Zelewski, S.: Ein Modell zur Auswahl von Produktionsaufträgen unter Berücksichtigung von Synergien. Universität Duisburg-Essen (Campus Essen), Essen 2004.
- Nr. 24: Peters, M. L.; Zelewski, S.: Ein Modell zur Zuordnung ähnlicher Kundenbetreuer zu Kunden. Universität Duisburg-Essen (Campus Essen), Essen 2004.
- Nr. 25: Zelewski, S.: Kooperatives Wissensmanagement in Engineering-Netzwerken – (Vorläufiger) Abschlussbericht zum Verbundprojekt KOWIEN. Zugleich KOWIEN-Projektbericht 10/2004. Universität Duisburg-Essen (Campus Essen), Essen 2004.
- Nr. 26: Siemens, F.: Vorgehensmodell zur Auswahl einer Variante der Data Envelopment Analysis. Universität Duisburg-Essen (Campus Essen), Essen 2005.
- Nr. 27: Alan, Y.: Integrative Modellierung kooperativer Informationssysteme – Ein Konzept auf der Basis von Ontologien und Petri-Netzen. Dissertation, Universität Duisburg-Essen (Campus Essen), Essen 2005.
- Nr. 28: Akca, N.; Ilas, A.: Produktionsstrategien – Überblick und Systematisierung. Universität Duisburg-Essen (Campus Essen), Essen 2005.

- Nr. 29: Zelewski, S.: Relativer Fortschritt von Theorien – ein strukturalistisches Rahmenkonzept zur Beurteilung der Fortschrittlichkeit wirtschaftswissenschaftlicher Theorien (Langfassung). Universität Duisburg-Essen (Campus Essen), Essen 2005.
- Nr. 30: Peters, M. L.; Schütte, R.; Zelewski, S.: Erweiterte Wirtschaftlichkeitsanalyse mithilfe des Analytic Hierarchy Process (AHP) unter Berücksichtigung des Wissensmanagements zur Beurteilung von Filialen eines Handelsunternehmens. Universität Duisburg-Essen (Campus Essen), Essen 2006.
- Nr. 31: Zelewski, S.: Beurteilung betriebswirtschaftlichen Fortschritts – ein metatheoretischer Ansatz auf Basis des „non statement view“ (Langfassung). Universität Duisburg-Essen (Campus Essen), Essen 2006.
- Nr. 32: Kijewski, F.; Moog, M.; Niehammer, M.; Schmidt, H. ; Schröder, K.: Gestaltung eines Vorgehensmodells für die Durchführung eines Promotionsprojekts am Fachbereich Wirtschaftswissenschaften der Universität Duisburg-Essen, Campus Essen, zum Erwerb des „Dr. rer. pol.“ mithilfe von PETRI-Netzen. Universität Duisburg-Essen (Campus Essen), Essen 2006.
- Nr. 33: Peters, M. L.; Zelewski, S.: Effizienz-Analyse unter Berücksichtigung von Satisfizierungsgrenzen für Outputs – Die Effizienz-Analysetechnik EATWOS. Universität Duisburg-Essen (Campus Essen), Essen 2006.
- Nr. 34: Häselhoff, I.; Meves, Y.; Munsch, D.; Munsch, S.; Schulte-Euler, D.; Thorant, C.: Anforderung an eine verbesserte Lehrqualität – Qualitätsplanung mittels House of Quality. Universität Duisburg-Essen (Campus Essen), Essen 2007.
- Nr. 35: Zelewski, S.: Das ADL-Modell der Prinzipal-Agent-Theorie für die Just-in-Time-Produktionssteuerung – Darstellung, Analyse und Kritik. Universität Duisburg-Essen (Campus Essen), Essen 2008.
- Nr. 36: Peters, M. L.; Zelewski, S.: Analyse der Effizienzentwicklung von Bankfilialen mithilfe des Operational Competitiveness Ratings (OCRA). Universität Duisburg-Essen (Campus Essen), Essen 2010.
- Nr. 37: Peters, M. L.; Zelewski, S.: Fallstudie zu PORTERS generischen Wettbewerbsstrategien im Kontext nachhaltigen Wirtschaftens. Universität Duisburg-Essen (Campus Essen), Essen 2010.
- Nr. 38: Peters, M. L.; Zelewski, S.: Erweiterung von EATWOS um die Berücksichtigung von Satisfizierungsgrenzen für Inputs. Universität Duisburg-Essen (Campus Essen), Essen 2012.